

Role echokardiografie v péči o pacienty s mechanickou srdeční podporou HeartMate II

Tomáš Marek¹, Zora Dorazilová¹, František Straka², Ivan Netuka², Jan Pirk², Ivo Skalský²

¹ Klinika kardiologie, ² Klinika kardiovaskulární chirurgie, Institut klinické a experimentální medicíny, Praha, Česká republika

Marek T, Dorazilová Z, Straka F, et al. **Role echokardiografie v péči o pacienty s mechanickou srdeční podporou HeartMate II.** *Cor Vasa* 2011;53:55–59.

Mechanické srdeční podpory se dnes stávají běžnou součástí péče o pacienty v terminální fázi srdečního selhání. Echokardiografie je základní zobrazovací metodou, která pomáhá s touto péčí od fáze rozhodování až po dlouhodobé sledování po implantaci. Autoři tohoto přehledu vycházejí z vlastní praxe echokardiografického vyšetřování více než 50 pacientů s mechanickou srdeční podporou HeartMate II během pěti let.

Klíčová slova: Echokardiografie – Mechanická srdeční podpora – Srdeční selhání

Marek T, Dorazilová Z, Straka F, et al. **The role of echocardiography in the care of patients with the HeartMate II left ventricular assist device.** *Cor Vasa* 2011;53:55–59.

Mechanical cardiac support devices are gradually becoming an integral part of care of patients with end-stage heart failure. Echocardiography is the main imaging technique helpful in providing this type of care from the decision-making process to long-term follow-up after implantation. The authors of this overview report on their own experience with echocardiography in assessing more than 50 patients with HeartMate II device implantation over a period of five years.

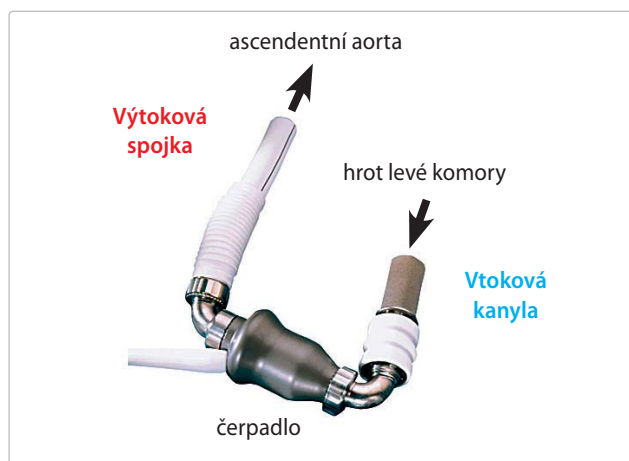
Key words: Echocardiography – Mechanical cardiac support – Heart failure

Adresa: MUDr. Tomáš Marek, CSc., Klinika kardiologie, IKEM, Vídeňská 1958/9, 140 21 Praha 4, e-mail: toma@ikem.cz

Na začátku 21. století narůstá výrazně počet pacientů se srdečním selháním na podkladě těžké systolické dysfunkce levé komory srdeční. Přes veškerý pokrok ve farmakoterapii srdečního selhání je prognóza řady nemocných závažná. Chirurgické výkony, používané u nemocných se srdečním selháním, jako jsou plastika mitrální chlopně nebo antiremodelační výkony, mají omezené možnosti. Zatím jediným kvalitním řešením je ortotopická transplantace srdce, která nabízí průměrně deset let hodnotného života. Kromě po-transplantačních problémů je však zásadním problémem tohoto programu nedostatek vhodných dárců a jejich okamžitá nedostupnost v případě emergentní potřeby. Proto je třeba hledat jiná, technická řešení k překlenutí kritického období pacienta do doby nalezení vhodného dárce (indikace: „bridge-to-transplantation“) a v budoucnu i řešení trvalá (indikace: „destination therapy“). Toto řešení nabízí mechanické srdeční podpory, zejména implantabilní modely. Vývoj došel do stadia, kdy jsou již komerčně dostupné. V Kardiocentru IKEM se od roku 2005 používá implantabilní mechanická srdeční podpora HeartMate II. Patří mezi nepulsatilní (rotační), implantabilní, univentrikulární (většinou levostranné) a dlouhodobé mechanické srdeční

podpory. Vývoj začal počátkem 90. let minulého století a první implantace u člověka byla provedena v roce 2000. Výrobce je firma Thoratec Corporation (Pleasanton, USA). Podpora HeartMate II (obrázek 1) se skládá z vtokové kanyly, implantované do hrotu levé komory, dále z vlastní turbíny poháněné elektromotorem a výtokové kanyly ústící do ascendentní aorty. Turbína je implantována do oblasti levého podžebří, mezi břišní svalovinou, tzv. preperitoneálně. Z pravého podžebří pacienta vychází pouze elektrický kabel, ostatní části jsou tedy implantovány v těle pacienta. Kabel je připojen k zevním bateriím a řídicí jednotce. Turbína se otáčí rychlostí 8 000–15 000 otáček za minutu s výdejem maximálně 10 litrů za minutu a je schopna generovat střední systémový tlak okolo 70–90 mm Hg. Výhodou HeartMate II oproti starším typům je malý rozměr, tichý provoz, jedna pohonná jednotka, žádné chlopně a žádný rezervoár krve. Mechanická srdeční podpora HeartMate II má v současné době povolení amerického FDA jako podpora v indikaci „bridge-to-transplantation“ i pro „destination therapy“.

Echokardiografické vyšetření je nedílnou a důležitou součástí péče o pacienty před a po implantaci mechanické srdeční podpory HeartMate II.^{1–3} Přehled potenciálních



Obrázek 1 Mechanická srdeční podpora HeartMate II

problémů této léčby přináší *tabulka 1*. Z hlediska časového sledu událostí je vhodné echokardiografická vyšetření rozdělit na tři základní období, jak uvádí *tabulka 2*, kdy je kladen důraz na odlišné problémy.

Předoperační vyšetření

První echokardiografické vyšetření před zvažovanou implantací mechanické srdeční podpory HeartMate II má důležité cíle, které shrnuje *tabulka 3*. Je především nutné vyloučit trombus v hrotu levé komory srdeční, aby během implantace vtokové kanyly nedošlo k jeho uvolnění nebo nasátí do čerpadla a k systémové embolizaci. Běžně se totiž kanyla do hrotu implantuje bez revize dutiny levé komory. Stejně tak je nutné znát charakter tkáně hrotu a event. rozsah aneurysmatu, aby byla implantace hrotové kanyly bezproblémová. Důležité je vyloučit levostranné chlopenní vady, především mitrální stenózu a aortální regurgitaci. Pokud jsou přítomny, je nutno je řešit již ve stadiu střední významnosti, nejčastěji bioprotetickou náhradou. Mitrální regurgitace příliš nevádí, protože vyšší dekomprese levé

Tabulka 2 Echokardiografická vyšetření v jednotlivých fázích péče

- vyšetření kandidáta mechanické podpory před implantací
- perioperační vyšetření:
 - TEE
 - při implantaci
 - při definitivní sutuře sternu
- pooperační vyšetření:
 - časné období:
 - tamponáda
 - dysfunkce pravé komory
 - vtoková kanyla (malpozice, trombóza)
 - pozdní období:
 - vtoková kanyla (malpozice, trombóza)
 - monitorace vlivu mechanické podpory
 - progresse aortální regurgitace
 - optimalizace počtu otáček
 - odhalení „recovery“ (načasování explantace)

TEE – transezofageální echokardiografie

komory je eliminován hemodynamický dopad vady. Nutné je znát velikost a kvalitu tkáně ascendentní aorty v místě, kam se implantuje výtoková kanyla. Případné aneurysma se řeší náhradou ascendentní aorty. Kalcifikovaná, křehká ascendentní aorta vyžaduje také modifikaci přístupu. Pečlivé vyšetření mezisíňové přepážky musí vyloučit foramen ovale patens nebo defekt síňového septa. Po zapojení mechanické podpory totiž dochází ke vzniku pravolevého zkratu s rizikem paradoxní embolizace nebo systémové desaturace krve. Zásadní informací je hodnocení velikosti a funkce pravé komory, přítomnosti středně významné nebo významné trikuspidální regurgitace. Průkaz dysfunkce pravé komory před implantací nutí k úvaze o dočasné nebo trvalé mechanické podpoře pravé komory. Definitivní postup je však většinou stanoven až během operace na základě hemodynamického stavu a perioperačního echokardiografického nálezu po implantaci mechanické levostranné srdeční podpory. Významná trikuspidální regurgitace je řešena chirurgickou plastikou trikuspidální chlopně během implantace.

Perioperační vyšetření

Velmi důležitým a nezastupitelným vyšetřením je perioperační echokardiografické vyšetření jícnovou sondou.^{4,5} Bezprostředně po implantaci mechanické srdeční podpory, ještě před uzavřením hrudníku a ukončením operace, je nutné poskytnout informace o poloze kanyl, funkci čerpadla,

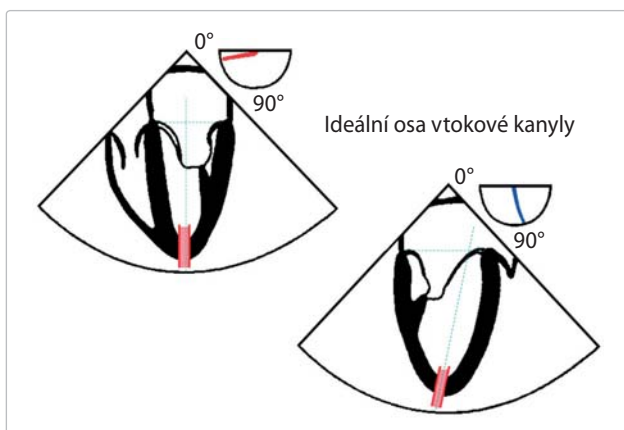
Tabulka 1 Problémy hodnotitelné pomocí echokardiografie u mechanických srdečních podpor

Inflow cannula (vtoková kanyla)	■ deviace kanyly (na IVS) s obstrukcí ■ trombóza kanyly
Outflow graft (výtoková kanyla)	■ deviace, zalomení (kinking) ■ obstrukce
Aortální chlopeň	■ aortální regurgitace ■ srůst cípů ■ trombóza cípů
Ascendentní aorta	■ disekce aorty
Pravá komora	■ systolická dysfunkce (selhání pravé komory), TR
Foramen ovale patens nebo defekt septa síní	
Perikardiální výpotek/hemoperikard	■ tamponáda
IVS – intraventrikulární septum, TR – trikuspidální regurgitace	

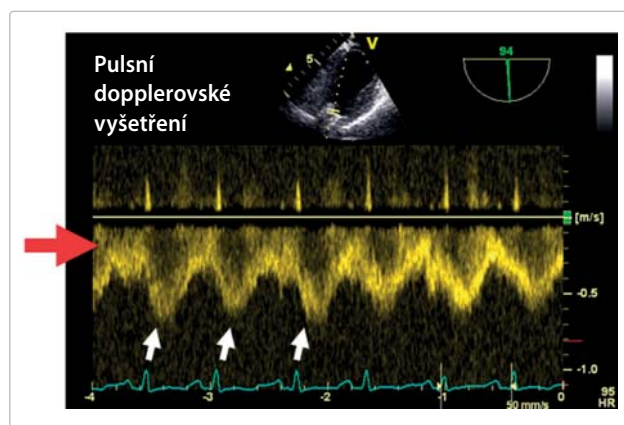
Tabulka 3 Základní otázky na echokardiografické vyšetření před implantací HeartMate II

- Intrakardiální tromby (tromby v hrotu levé komory)
- Lokalizace jizvy levé komory v oblasti kanylace vtokové kanyly
- Aortální regurgitace
- Ateroskleróza/aneurysma ascendentní aorty
- Velikost a systolická funkce pravé komory
- Trikuspidální regurgitace
- Přítomnost zkratu v oblasti mezisíňové (foramen ovale patens) či mezikomorové přepážky
- Mitrální stenóza

funkci pravé komory, vyloučit pravolevý zkrat a aortální regurgitaci. Správná poloha vtokové kanyly je taková, kdy osa kanyly protíná v obou základních projekcích (čtyřdutinové a dvoudutinové) rovinu mitrálního prstence, ideálně ve středu (obrázek 2). U výrazně dilatovaných levých komor dochází často k deviaci osy kanyly směrem anterolaterálně, u malých komor, zvláště při významnější dekompresi levé komory, zase k deviaci směrem septálně nebo anteroseptálně. Přísátí stěny či septa ke kanyle omezuje průtok, vede k poruše funkce čerpadla a zvyšuje riziko trombózy okolo kanyly nebo přímo v kanyle či čerpadle. Důležité je vyšetřit i okolí vtokové kanyly, zda nejsou přítomny větší trabekuly nebo tromby. V případě hlubšího zavedení kanyly je nutné posoudit i případnou interferenci s papilárními svaly. Kromě polohy je nutné vyšetřit pomocí dopplerovské echokardiografie i průtok vtokovou kanylou. Normální je laminární a jednosměrný tok z mitrálního ústí přímo do kanyly, kdy se rychlosti pohybují v rozmezí 50–80 cm/s (obrázek 3). Průtok má lehce pulsatilní charakter s maximem v systole především v závislosti na reziduální funkci levé komory. Výtoková kanyla je většinou našita kolmo na dlouhou osu ascendentní aorty, v oblasti proximální nebo střední části (obrázek 4). Z výtokové kanyly vychází turbulentní a jednosměrný tok o rychlostech 100 a 200 cm/s. Pulsatilita, která má maximum v systole, je závislá na reziduální funkci levé komory, a dále na preloadu (funkce pravé komory) a afterloadu levé komory. Samozřejmě závisí i na funkci čerpadla samotného (obrázek 5). Všíáme si také aortální chlopně, jejíž ústí se při správné funkci podpory vůbec neotvírá, případně jen minimálně nebo intermitentně. Velmi důležité je vyloučit středně významnou, či dokonce významnou aortální regurgitaci. Aortální regurgitace totiž při stejné velkém regurgitačním otvoru po implantaci mechanické podpory vždy progreduje. Dochází k ní nejen v diastole, ale při správné funkci čerpadla i v systole. Významnější aortální regurgitaci je tedy nutné vždy řešit, buď náhradou aortální chlopně bioprotézou, nebo zašitím aortálního ústí (sešítí cípů chlopně nebo implantací záplaty). Po implantaci bioprotézy do aortálního ústí je však vyšší riziko trombu na protéze z komorové i aortální strany a riziko srůstu cípů. V oblasti ascendentní aorty je též nutné vyloučit iatrogenní



Obrázek 2 Jícnové echokardiografické pohledy na levou komoru a polohu vtokové kanyly

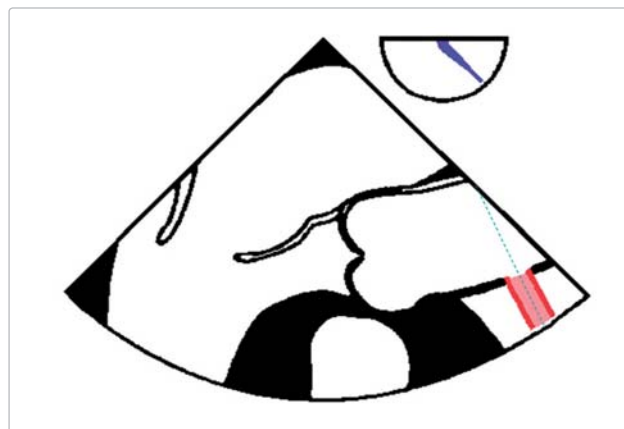


Obrázek 3 Základní charakteristika krevního toku ve vtokové kanyle

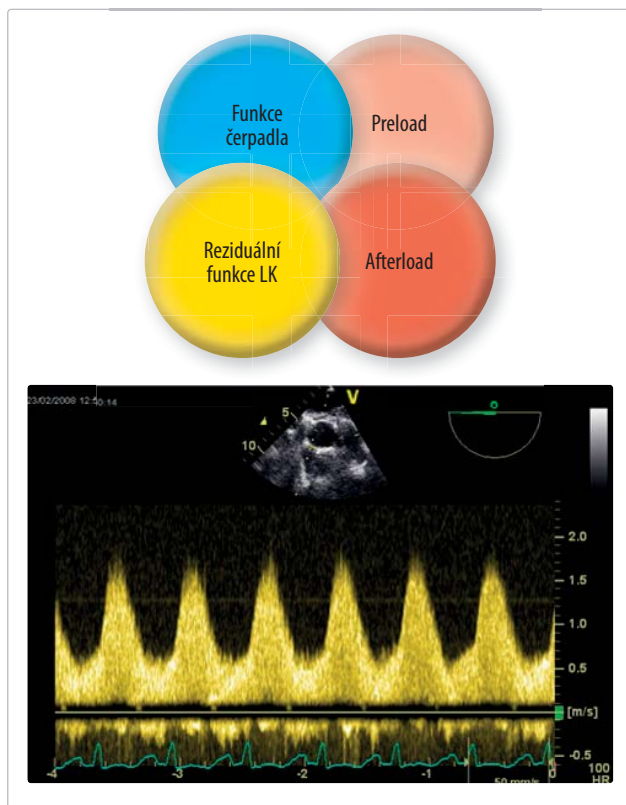
- přímý tok z mitrálního ústí do vtokové kanyly v hrotu LK
- laminární a jednosměrný tok
- nízké maximální rychlosti (50–80 cm/s) – dle preloadu a funkce LK
- kontinuální tok s nasedajícími systolickými maximy (synchronní s EKG)

disekci, která může vzniknout po implantaci výtokové kanyly.

Zásadní perioperační echokardiografickou informací je hodnocení funkce pravé komory. Většina pacientů má totiž po implantaci mechanické podpory systolickou dysfunkci pravé komory různého stupně. Hodnocení systolické funkce pravé komory je velmi obtížné. Nejčastěji se používá ke kvantifikaci metoda „fractional area change“ ve čtyřdutinové projekci, kdy hodnoty < 20 % jsou varující (obrázek 6). V praxi však častěji využíváme vizuální komplexní hodnocení ve čtyřdutinové a vtokové-výtokové projekci na pravou komoru s přihlédnutím k velikosti, tvaru pravé komory, ztlušťování myokardu a významnosti sekundární trikuspidální regurgitace. Přibližně jedna třetina pacientů má dysfunkci pravé komory vyžadující intervenci. Prvním krokem je farmakologická inotropní podpora a optimalizace preloadu a afterloadu pravé komory. Jinými slovy, jde o doplnění objemu cirkulující krve a farmakologické snížení úrovně plicní hypertenze (NO, sildenafil). Pokud se nezlepší parametry pravé komory, lze uvažovat o dočasných mecha-



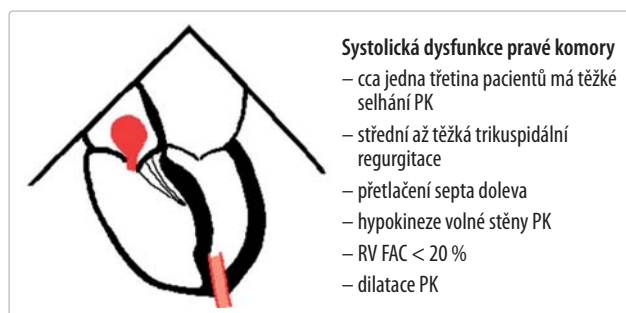
Obrázek 4 Jícnový echokardiografický pohled na kořen aorty a ascendentní aortu s výtokovou kanylou



Obrázek 5 Základní charakteristika krevního toku ve výtokové kanyle

- lehce turbulentní tok
- vrcholové rychlosti (1,0–2,0 m/s)
- jednosměrný tok
- kontinuální tok s nasedajícími systolickými maximy (synchronní s EKG)

nické podpoře pravé komory (Levitronix). Významnost trikuspidální regurgitace a funkce pravé komory jsou závislé též na poloze mezikomorového septa. Vyšší počet otáček čerpadla vede k tzv. dekompresi levé komory a k posunu mezikomorového septa doleva (tzv. shift), což zhoršuje parametry pravé komory a trikuspidální regurgitaci. Konečně též znovu vylučujeme přítomnost pravolevého zkratu na úrovni mezisíňové přepážky. Spolehlivé vyloučení je často možné až po implantaci a zapnutí mechanické podpory,



Obrázek 6 Jícnový echokardiografický pohled na pravou komoru ve čtyřdutinové projekci s vyklenutím IVS doleva („shift“)

FAC – fraction area change, IVS – intraventrikulární septum, RV – pravá komora

kdy dojde k vyklenutí fossa ovalis doleva. Nejspolehlivější je za této situace podání malého množství natřepaného fyziologického roztoku do centrální žilní kanyly. Pokud je vše v pořádku a provede se definitivní sutura sternu, je nutné znovu zkontrolovat polohu vtokové kanyly, zda při uzavěru hrudníku nedošlo k deviaci její polohy.

Pooperační sledování

V časném pooperačním období je kromě výše uvedené dysfunkce pravé komory závažným problémem krvácení a vznik srdeční tamponády. Echokardiografická diagnostika je někdy obtížná, protože zde nelze uplatnit obvyklá kritéria, fázické kardiorepirační známky neplatí. Problémem mohou být lokalizované tamponády, kdy je utlačen jeden srdeční oddíl. Například útlak levé síně je třeba odlišit od „dekompresi síně“, vyvolané vyššími otáčkami čerpadla nebo nízkým preloadem levé komory při dysfunkci pravé komory či hypovolemii. Útlak pravé síně se při dysfunkci pravé komory nemusí projevit zmenšením pravé komory a při současné hypovolemii není dilatována ani dutá žíla. Podobně se útlak komor při dysfunkci pravé komory často projeví pouze zmenšením levé komory. Pokud se od předchozí echokardiografické kontroly nezvyšovaly otáčky pumpy a vyloučíme hypovolemii, vzniká při zmenšení levé komory vážné podezření na útlak komor. Souhrnně lze říci, že si při klinickém podezření na srdeční tamponádu všímáme v echokardiografickém obraze velikosti separace a charakteru perikardiálního prostoru (volná tekutina, koagula, hemoperikard, organizují se hmoty), lokalizace separace a velikosti přilehlých srdečních oddílů (dekonfigurace). Dále analyzujeme celkový obraz velikosti a funkce obou komor a funkci čerpadla. Při nejednoznačném nálezů manipulujeme s počtem otáček čerpadla a všímáme si odezvy – velikosti komor, postavení mezikomorového septa, funkce pravé komory. Pokud nelze vyloučit hypovolemii, podáme intravenózně objemovou nálož (např. 500 ml fyziologického roztoku) a sledujeme odezvu, jak je uvedeno výše.

Metodika vyšetření

Perioperační echokardiografické vyšetření a většina časně pooperačních vyšetření se provádějí jícnovou sondou. Naproti tomu „pozdě“ pooperační echokardiografická vyšetření^{2,3} (v situaci, kdy pacient rehabilituje na lůžkovém oddělení nebo již doma čeká na transplantaci srdce) jsou obvykle transthorakální. Tato vyšetření jsou pro echokardiografistu obtížnější, zejména při omezené vyšetřitelnosti většiny pacientů, kdy nelze zobrazit apikální projekce přes stíny vtokové kanyly. Též zobrazení pravé komory a nalezení výtokové kanyly je náročnější. Cílem pravidelných echokardiografických kontrol je vyloučení případných komplikací, optimalizace počtu otáček a event. zachycení zlepšení funkce levé komory. Pravidelné rutinní echokardiografické kontroly provádíme po propuštění do domácí péče u pacientů v dobrém klinickém stavu jednou za tři měsíce. Při vyšetření si všímáme hrotové vtokové kanyly, její

polohy a vztahu k septu nebo volné stěně levé komory a dále průtoku kanylou, jak bylo uvedeno výše. Posuzujeme riziko přísátí kanyly a vylučujeme přítomnost trombů v jejím okolí.⁶ Hodnotíme velikost a funkci levé komory, tvar a pohyb mezikomorového septa. Všímáme si významnosti a event. příčiny mitrální regurgitace. Důležité je hodnotit aortální chlopeň, zda se neotvírá v systole a zda je přítomna aortální regurgitace. Je-li aortální chlopeň v době implantace mechanické podpory morfologicky změněna a je přítomna malá aortální regurgitace, existuje riziko postupné progresse této vady. Toto riziko se zvyšuje zejména tehdy, pokud krevní proud směřuje z výtokové kanyly do aortálního bulbu. Je-li v aortální pozici implantována bioprotéza, je při vyšetření nutné pátrat po přítomnosti trombů. Výjimečně dochází ke vzniku trombózy na nativní chlopni. V oblasti ascendentní aorty hodnotíme polohu a průtok výtokové kanyly a všímáme si velikosti i morfologie vlastní aorty. Důležité je hodnocení funkce pravé komory. Všímáme si kinetiky volné stěny, tvaru pravé komory a hodnotíme významnost a příčinu trikuspidální regurgitace. V prospektivním sledování využíváme hodnocení rychlosti vlny „S“ u trikuspidálního anulu pomocí pulsního tkáňového dopplerovského zobrazení. Pro využití tohoto parametru nemáme sice dostatek důkazů, ale pokud vyloučíme riziko úhlové chyby, zdá se v prospektivním individuálním hodnocení tento parametr přínosným. Nedílnou součástí hodnocení pravostranných srdečních oddílů je posouzení velikosti dolní duté žíly a dopplerovské hodnocení průtoku horní dutou žilou. Při posuzování perikardu hodnotíme event. přítomnost perikardiálního výpotku, častěji se však vyskytuje organizující se hematom. Ten nacházíme u většiny pacientů v oblasti hrotu levé komory, u vtokové kanyly a dále okolo pravé komory. Srdeční konstrikci jsme dosud nepozorovali, ale její diagnostika bude obtížná, dosti podobná hodnocení tamponády, jak je uvedeno výše.

Pacientům, jimž se na mechanické srdeční podpoře klinicky nebo laboratorně „nedaří“, mají dilatovanou levou komoru nebo se jim otevírá aortální chlopeň, případně mají významnější mitrální regurgitaci, lze pomoci zvýšením počtu otáček. Echokardiograficky sledujeme odezvu na zvýšení počtu otáček čerpadla a vylučujeme riziko přísátí vtokové kanyly nebo progresi dysfunkce pravé komory.

U některých pacientů se může po určité době od zavedení mechanické srdeční podpory zlepšit funkce levé

komory. Těchto pacientů je však velmi málo. Pokud při echokardiografických kontrolách takového pacienta zachytíme, je namístě úvaha o explantaci mechanické srdeční podpory bez nutnosti transplantace srdce. V takovém případě začínáme s tréninkem levé komory, kdy postupně snižujeme počty otáček čerpadla v průběhu několika měsíců a sledujeme odezvu – především velikost a funkci levé komory a významnost mitrální regurgitace. Před vlastní explantací je vhodné doplnit ještě zátěžovou echokardiografii ke zhodnocení funkční rezervy levé komory. Dosud existuje málo informací o tom, při jakých parametrech je explantace mechanické podpory bezpečná.

Závěr

Echokardiografické vyšetření je u pacientů s mechanickou srdeční podporou HeartMate II nedílnou a důležitou součástí péče o tyto pacienty. Zahrnuje dobu před implantací, důležité perioperační období a dlouhodobé pooperační sledování. Výše popsané praktické zkušenosti vycházejí z vyšetřování více než 50 pacientů v průběhu posledních pěti let.

Literatura

1. Scalia GM, McCarthy PM, Savage RM, et al. Clinical utility of echocardiography in the management of implantable ventricular assist devices. *J Am Soc Echocardiogr* 2000;13:754–763.
2. Horton SC, Khodaverdian R, Chatelain P, et al. Left ventricular assist device malfunction: an approach to diagnosis by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2005;45:1435–1440.
3. Catena E, Milazzo F, Montorsi E, et al. Left ventricular support by axial flow pump: the echocardiographic approach to device malfunction. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1422.
4. Chumanvej S, Wood MJ, MacGillivray TE, et al. Perioperative echocardiographic examination for ventricular assist device implantation. *Anesth Analg* 2007;105:583–601.
5. Augoustides J, Joshua Mancini DJ, et al. The use of intraoperative echocardiography during insertion of ventricular assist device. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2003;17:113–120.
6. Meyer AL, Kuehn C, Weidemann J, et al. Thrombus formation in a HeartMate II left ventricular assist device. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:203–204.

Došlo do redakce 2. 1. 2011

Přijato 2. 1. 2011