Přehledový článek | Review article

Pumpy k trvalé podpoře funkce levé komory – minimum informací pro odesílající kardiology

(Durable left ventricular assist devices – the minimum for referring cardiologists)

Eva Goncalvesová

Oddelenie zlyhávania a transplantácie srdca, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb, Bratislava, Slovensko

INFORMACE O ČLÁNKU

Historie článku:

Došel do redakce: 22. 4. 2013

Přepřacován: 19. 6. 2013

Přiját: 24. 6. 2013

Dostupný online: 28. 6. 2013

Klíčová slova:

Indikace

Načasování

Pumpy k podpoře
funkce levé komory

Výsledky studií

SOUHRN

Zvětšující se populace pacientů s pokročilým srdečním selháním představuje jeden z hlavních problémů zdravotnictví. Při těžkém srdečním selhání je zlatým standardem transplantace srdce, ale zásadními překážkami pro její širší použití jsou kontraindikace a nedostatek dárců. V posledních letech byl zaznamenán obrovský rozmach náhrady srdce formou trvalé mechanické podpory oběhového systému, především pump k podpoře funkce levé komory s kontinuálním průtokem (continuous-flow left ventricular assist devices – CF LVAD). Logicky lze předpokládat, že počet implantací LVAD se i nadále bude zvyšovat a brzy překoná počet transplantací srdce. Cílem tohoto přehledu je poskytnout základní informace o výsledcích klinických studií s CF LVAD, o indikacích a načasování implantace. Jsou zde popsána obecná a specifická rizika implantace LVAD, krátkodobé i dlouhodobé výsledky i možnosti stanovení rizika perioperační mortality.

© 2013, ČKS. Published by Elsevier Urban and Partner Sp. z o.o. All rights reserved.

ABSTRACT

Growing population of advanced heart failure patients represents one of the major burdens for health care system. Heart transplantation is the gold standard for a severe HF but contraindications and lack of donors are ultimate hurdles for its widespread use. Heart replacement using durable mechanical circulatory support, e.g. continuous-flow left ventricular assist devices (LVAD), has grown fast in recent years. It is reasonable to assume that the number of LVAD implantations will continue to grow and will soon exceed the number of HTx. The review is intended to provide essential information on the results of clinical trials with continuous-flow left ventricular assist devices, indications and implantation timing. General and specific risks of LVAD surgery, short and long term courses are described, and risk assessment is outlined.

Keywords:

Indication

Left ventricular assist device

Timing

Trial results

Adresa: Doc. MUDr. Eva Goncalvesová, CSC., FESC, Oddelenie zlyhávania a transplantácie srdca, Národný ústav srdcových a cievnych chorôb, Pod Krásnou hôrkou 1, 833 48 Bratislava 37, Slovensko, e-mail: eva.goncalvesova@nusch.sk

DOI: 10.1016/j.crvasa.2013.06.004

Úvod

Počty pacientů se srdečním selháním (SS) stále rostou, a podle odhadů SS postihuje přibližně deset milionů dospělých v USA a Evropě. Z tohoto počtu je přibližně 10 % pacientů v pokročilém stadiu (stadium D podle klasifikace ACC a AHA [1,2]).

Pacienti ve stadiu D jsou jedinci s těžkou dysfunkcí levé komory se symptomy v klidu nebo při mírné fyzické aktivitě přes maximální léčbu. Prognóza těchto pacientů je špatná, je nutno je opakovaně hospitalizovat, a pokud neumírají náhlou smrtí, onemocnění progreduje do refrakterní a terminální fáze. Optimální konzervativní léčba zahrnuje omezený příjem soli a tekutin, podávání inhibitorů ACE nebo blokátorů receptorů AT₁ pro angiotensin II, beta-blokátorů, diuretik a inhibitorů aldosteronu. Bylo prokázáno, že ivabradin je užitečný u pacientů v sinusovém rytmu a podávání digoxinu by mohlo být přínosné u jedinců s fibrilací síní. Ve vybraných případech je indikováno použití implantabilních kardioverterů-defibrilátorů (ICD) a srdeční resynchronizační léčby.

S progresí onemocnění se snižuje snášenlivost vasodilatací a je nutno uvažovat o jiných způsobech léčby včetně transplantace srdce, chronického podávání inotropních látek a trvalé mechanické podpory. V některých případech je možné použít nekonvenční chirurgické výkony nebo léky v závislosti na projevech a preferencích každého pacienta. V současnosti většina pacientů v terminálních stádiích potřebuje paliativní léčbu.

Transplantace srdce (OTS) představuje zlatý standard léčby těžkého SS, ale hlavními překážkami v jejím větším rozšíření jsou kontraindikace a nedostatek dárců. V posledních letech byl zaznamenán obrovský rozmach náhrady srdce formou trvalé mechanické podpory oběhového systému, např. centrifugálních pump s kontinuálním průtokem k trvalé podpoře funkce levé komory (continuous-flow left ventricular assist devices – CF LVAD) (obr. 1) [3]. Logicky lze předpokládat, že počet implantací LVAD se i nadále bude zvyšovat a brzy překoná počet transplantací srdce.

Přehled výsledků implantace LVAD

První a jediná randomizovaná kontrolovaná studie zabývající se použitím implantabilní LVAD u pacientů se srdečním selháním stadia D (Randomized Evaluation of Mechanical Assistance for the Treatment of Congestive Heart Failure Trial) porovnávala farmakoterapii s implantací přístroje HeartMate XVE s pulsatilním průtokem. Studie prokázala jednoroční přežití 52 % u pacientů s implantací oproti 25 % u farmakologicky léčených pacientů [4]. Výsledkem této studie bylo schválení přístroje HeartMate XVE pro definitivní léčbu (destination therapy – DT) jako celoživotní formy oběhové podpory. Širší využití pulsatilních přístrojů omezily poměrně vysoká pooperační mortalita a vysoké procento komplikací po implantaci.

Nová éra LVAD se otevřela po zavedení nové generace pump, což byly přístroje s kontinuálním průtokem (CF LVAD).

Charakteristickým rysem těchto pump jsou významně menší rozměry a hmotnost oproti implantabilním pulsatilním pumpám. Navíc jsou CF LVAD tiché, minimálně hlučné či vibrující, poskytují pacientům větší pohodlí, zvyšují kvalitu

života a snižují riziko infekce. Přístroje LVAD s kontinuálním průtokem používají pumpy s centrifugálním nebo axiálním systémem. Základním konstrukčním rysem obou typů pump je, že jedinou pohyblivou součástí je rotor. Pumpy mohou zajistit průtok až 10 litrů za minutu. Průtok je regulován rychlostí rotoru, ale významně závisí na zátěži a může být účinně ovlivněn změnou předtížení a dotížení [5]. Pumpa je perkutánně propojena vodičem s vnějším ovladačem a bateriemi, které nosí samotný pacient (obr. 2).

Prospektivní multicentrická studie se 133 kandidáty na transplantaci srdce, jimž byla implantována CF LVAD (HeartMate II) [6], prokázala během mechanické podpory 75% přežití po šesti měsících a 68% přežití po dvanácti měsících. Po této studii byly publikovány aktualizované údaje o celkem 281 pacientech operovaných jako „bridge to transplant“ (BTT). Aktuální hodnoty přežití při použití mechanické podpory činily 72 % po 18 měsících [7].

Byla provedena i klinická studie implantace CF LVAD jako DT u pacientů nevhodných pro transplantaci [8]. V této studii bylo 134 pacientů zařazeno do skupiny s implantací CF LVAD (HeartMate II) a 66 pacientů do skupiny s implantací přístrojů s pulsatilním průtokem. Primární souhrnný sledovaný parametr bylo přežití bez invalidizující cévní mozkové příhody (CMP) a reoperace z důvodu opravy nebo výměny přístroje do dvou let. Tento parametr byl dosažen u 46 % pacientů s CF LVAD a pouze u 11 % nemocných s přístroji s pulsatilním průtokem. Dvouleté přežití dosáhlo hodnoty 58 % (CF) vs. 24 % (pulsatilní). Na základě této studie schválil FDA přístroj LVAD HeartMate II pro použití jako DT. Další studie provedené po schválení přístroje opět prokázaly přednosti LVAD HeartMate II oproti pulsatilním přístrojům u pacientů s BTT [9,10] i DT [11]. V případě DT se hodnota jednoročního přežití zlepšila ze 68 % na 73 % [11]. Podobné výsledky uvedlo několik evropských pracovišť [12,13]. V posledních letech byla do klinické praxe zavedena nová generace pump s kontinuálním průtokem. Rotor jako jediná pohyblivá část se vznášá pomocí pasivních magnetických a hydrodynamických ložisek, čímž vzniká bezkontaktní rotace. Pumpa je malá a lze ji umístit perikardiálně. V klinické studii, kterou provedl Aaronson [14], byly 140 kandidátům pro transplantaci srdce implantovány centrifugální pumpy a poimplantační průběh byl porovnán s průběhem u pacientů po implantaci komerčně dostupných přístrojů. Primární sledovaný parametr, tedy úspěšnost výkonu, byl definován jako přežití při použití původně implantovaného zařízení, transplantace nebo explantace pro zotavení komor do 180 dnů. Úspěch byl zaznamenán u 90,7 % pacientů s testovanou pumpou a u 90,1 % pacientů sloužících jako kontroly; tato čísla prokázala rovnocennost testované pumpy. Uvedená velká studie potvrdila pozitivní výsledky předchozích menších studií s implantací těchto přístrojů v Evropě i Austrálii [15,16]. V současné době probíhá klinické hodnocení několika dalších centrifugálních pump s kontinuálním průtokem. Evropská multicentrická studie prokázala, že implantabilní centrifugální přístroj DuraHeart (Terumo Heart Inc., Ann Arbor, MI, USA) s kontinuálním průtokem poskytuje spolehlivou mechanickou podporu jako BTT s hodnotou jednoročního přežití 77 % [17].

Přístroje LVAD s kontinuálním průtokem nejenže zlepšují velmi nepříznivou prognózu pacientů s pokročilým srdečním selháním, ale i kvalitu jejich života. Analýza souhrnných údajů ze studií s BTT a DT, do nichž bylo zařazeno více než 600 pacientů s implantovanou LVAD HeartMate II,

Obr. 1 – Počty pacientů s primární implantací pump pro podporu funkce levé komory (left ventricular assist device – LVAD) v databázi registru INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support) v období od 23. června 2006 do 30. června 2011, stratifikované podle typu přístroje a roku implantace [4].

LVAD – pumpa k podpoře funkce levé komory, TAH – kompletní srdeční náhrada (total artificial heart).

prokázala, že podle klasifikace NYHA došlo u 82 % (BTT) a 80 % (DT) pacientů do šesti měsíců, u 79 % (DT) do 24 měsíců ke zlepšení na funkční stupeň I nebo II [18].

Ve svých nedávno publikovaných doporučených postupech pro diagnostiku a léčbu akutního a chronického srdečního selhání konstatovala Evropská kardiologická společnost rostoucí úlohu LVAD v léčbě terminálního SS u vybrané skupiny pacientů [2]. Tyto postupy doporučují implantaci LVAD u vybraných pacientů s terminálním SS přes optimální farmakologickou a přístrojovou léčbu, kteří by jinak byli kandidáty pro transplantaci srdce, s cílem zmírnit symptomy a snížit riziko hospitalizace pro zhoršující se SS i riziko předčasného úmrtí během čekání na transplantaci (třída I, úroveň důkazů B). O implantaci LVAD je třeba uvažovat u pečlivě vybraných pacientů s terminálním SS přes optimální farmakologickou a přístrojovou léčbu, kteří sice nejsou vhodní pro transplantaci srdce, ale lze u nich předpokládat přežití delší než jeden rok v dobrém funkčním stavu, zmírnění symptomů a snížení rizika hospitalizace pro SS nebo předčasné smrti (třída IIa, úroveň důkazů B).

Ve prospěch těchto závěrů hovoří i nedávno publikované výsledky registru INTERMACS. Jeho výsledky prokazují, že v současné klinické praxi převyšuje aktuální přežití s pumpami s kontinuálním průtokem hodnotu 80 % do jednoho roku a 70 % do dvou let [3] (obr. 3).

Indikace a načasování implantace LVAD

Z hlediska obecných cílů léčby byly přijaty tři indikace pro trvalou implantaci LVAD; 1) bridge to transplantation (BTT), 2) bridge to candidacy (BTC) a 3) destination therapy (DT).

V případě indikace BTT je LVAD implantována k překonání období kritického zhoršení klinického stavu a hemodynamiky u pacienta s plánovanou transplantací srdce v době čekání na dárce. Přemostění ke kandidatuře (bridge to candidacy) je termín používaný k popsání situace, kdy se LVAD implantuje pacientovi, který nebyl původně z řady důvodů shledán vhodným k transplantaci. Nejčastějšími z těchto důvodů jsou plicní hypertenze, renální dysfunkce nebo obezita, které jsou považovány za kontraindikace transplantace srdce. Předpokládá se, že tyto kontraindikace vymizí po nějaké době úspěšné mechanické podpory oběhu. Termín definitivní léčba (DT) se používá pro stavy, kdy implantace LVAD představuje trvalý způsob řešení terminálního systolického srdečního selhání.

Pro úspěšnost výkonu a dlouhodobého výsledku má naprosto zásadní význam řádný výběr kandidáta a načasování implantace. Pacienti jsou vyšetřeni s cílem stanovit vhodnost implantace LVAD na základě určení krátkodobé prognózy nemocného a jeho schopnosti úspěšně absolvovat náročný výkon. Velmi důležité pro dlouhodobou úspěšnost je i posouzení psychosociálního stavu pacienta, jeho schopnosti se vypořádat s novou životní zkušeností a existence dostatečné podpory ze strany rodiny/poskytovatele péče.

První otázkou, kterou je nutno se zabývat při zvažování trvalé implantace LVAD, je možnost dosažení regrese SS a/nebo faktorů, které by mohly potenciálně přispívat k jeho zhoršování. Dočasnou podporu oběhu lze použít pro stabilizování pacienta a rozhodnutí o další optimální léčbě (bridge to decision). O implantaci LVAD je nutno uvažovat výhradně u nemocných bez perspektivy zotavení funkce srdečních komor a zachování hemodynamických

Obr. 2 – Přístroj HeartMate II

Tabulka 1 – Klasifikace registru INTERMACS

1. Kritický kardiogenní šok – pacienti s život ohrožující hypotenzí a nízkým srdečním výdejem s rychle eskalující podporou inotropních presorů („crushed and burn“)
2. Progredující úpadek – u pacientů závislých na podpoře inotropními látkami, nicméně vykazujících známky průběžného zhoršování
3. Stabilizování, ale závislí na inotropních látkách – pacienti jsou z klinického hlediska stabilizováni při intravenózní aplikaci nízkých až středně vysokých dávek inotropních látek nebo jim byl implantován přístroj dočasné podpory
4. Symptomy v klidu – pacienti jsou v domácí péči s perorální léčbou, ale mají vážné symptomy městnání v klidu nebo při běžných každodenních činnostech
5. Nesnášející zátěž – pacienti nemají v klidu problémy, ale mohou provádět jakoukoli činnost, pohybují se převážně v domě nebo v domácnosti
6. S omezenou snášenlivostí zátěže – pacienti nemají v klidu problémy, nevykazují nadměrné zatížení tekutinami, mohou provádět některé lehké činnosti
7. Pacienti s pokročilým selháním NYHA stupně III jsou z klinického hlediska stabilizováni s přijatelnou úrovní aktivity prováděnou bez problémů přes dekompenzaci v anamnéze

Obr. 3 – Aktuariální hodnoty přežití po primární implantaci pumpy pro podporu funkce levé komory (left ventricular assist device – LVAD), stratifikované podle implantace pumpy s kontinuálním průtokem (continuous-flow pumps – CFP) vs. pumpy s pulsatilním průtokem (pulsatile-flow pumps – PFP) [4]. m. – měsíc; RVAD – přístroj pro podporu funkce pravé komory (right ventricular assist device).

poměrů i funkce životně důležitých orgánů. K tomu lze použít řady kritérií a skórovacích systémů, které pomohou určit vhodný okamžik pro vyšetření pacienta pro případnou implantaci LVAD.

Vhodné načasování pro odeslání k výkonu je otázkou, která vyvstává, když je u pacienta diagnostikováno srdeční selhání stupně IIIB nebo IV a jsou přítomny rizikové faktory pro nepříznivou krátkodobou prognózu. Kromě výrazné fyzikální limitace lze jako charakteristické znaky těchto pacientů uvést hypotenzi, nesnášenlivost inhibitorů ACE, blokátorů receptorů AT_1 pro angiotensin II a/nebo beta-blokátorů i nutnost užívání diuretik ve vysokých dávkách s cílem zmírnit městnání (furosemid v dávkách nad 240 mg) [2]. Analýza laboratorních parametrů obvykle zjistí abnormality odpovídající městnání a hypoperfuzi v koncových orgánech, hypotermií, zvýšení hodnot du-

síku močoviny v krvi (BUN) a kreatininu v séru, bilirubinu i INR. Ve snaze o snížení rizika implantace LVAD je nutno pacienty odeslat k výkonu v době, kdy se objevují jen první známky dysfunkce/lézi životně důležitých orgánů (např. zvýšení jaterních enzymů, zhoršení ledvinových funkcí, hypoperfuze mozku).

Stanovení obecného a specifického rizika

Registr INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support) rozdělil pacienty léčné pomocí přístrojů pro podporu funkce komor do sedmi kategorií podle klinického profilu v době implantace (tabulka 1). Aktuální údaje o šestiměsíčním přežití pacientů s pulsatilní LVAD ukazují nejhorší hodnoty přežití pacientů s profilem 1, tedy v kardiogenním šoku („crushed and burn“), zatímco nejlepší hodnoty přežití lze pozorovat u pacientů s profilem 3 (stabilizovaní při užívání inotropních látek, „stable on inotropes“). Tyto údaje znamenají, že pacienti v kardiogenním šoku jsou v natolik špatném stavu, že riziko mortality při implantaci trvalé LVAD je extrémně vysoké. U těchto pacientů se proto zdá být vhodnější možností pokus o jejich stabilizování pomocí méně invazivních dočasných perkutánních nebo chirurgicky umístěných přístrojů. Podle poslední zprávy registru INTERMACS [4] jsou v časném období nejvíce ohroženi pacienti se stupněm INTERMACS 1 (kardiogenní šok) a pacienti s těžkým selháním pravé komory vyžadujícím biventrikulární podporu. Lietz a spol. [19] analyzovali předoperační údaje 222 pacientů s implantací pulsatilního přístroje a vypracovali systém skórování rizika pro přežití po implantaci. Multivariační analýza určila devět rizikových faktorů 90denní mortality (tabulka 2). Skóre > 17 nebo > 19 znamenalo kategorie vysokého, resp. velmi vysokého rizika úmrtí. V poslední době se objevil jednodušší postup pro predikci pooperačního rizika. Skóre MELD se používá pro predikci příhod u nemocných s cirhózou indikovaných k většímu chirurgickému výkonu; pro jeho výpočet je nutno znát pouze hodnoty kreatininu v séru, bilirubinu a INR [20,21]. Poměry šancí jako kritéria schopnosti skóre MELD předpovědět perioperační mortalitu dosáhly 1,5 (95% interval spolehlivosti; 1,1–2,0) na každých pět jednotek skóre MELD. U pacientů se skóre MELD ≥ 17 – ve srovnání s jedinci s hodnotami skóre

< 17 – byl poměr proporčního rizika šestiměsíční mortality adjustovaný na riziko v Coxově modelu 2,5.

Selhání pravé komory (right ventricular failure – RVF) po implantaci LVAD představuje pro úspěšné použití přístrojů s kontinuálním průtokem zásadní problém. Incidence RVF se pohybuje v rozmezí od 13 % do 44 %, a do velké míry závisí na různých definicích RVF v různých implantačních centrech. Byla provedena řada studií s cílem definovat prediktory RVF po implantaci LVAD. Pacienti s vyšším rizikem rozvoje RVF jsou ženy [4,22], se srdečním selháním neischemické etiologie [4] a s předoperační ventilační nebo mechanickou podporou oběhu [19,23]. Charakteristické jsou pro ně zvýšení koncentrace bilirubinu, kreatininu, BUN a vysoká spontánní hodnota INR [22,23]. Jako významné hemodynamicky rizikové faktory RVF byly stanoveny vysoký centrální žilní tlak, transpulmonální gradient, nízký index tepové práce pravé komory, srdeční index a vysoký poměr CVP/PCW ($> 0,63$) [24,25]. Echokardiografické známky vysokého rizika představují těžká nedostatečnost trojčipé chlopně, nízká hodnota TAPSE ($< 7,5$ mm), poměr krátké a dlouhé osy pravé komory $\geq 0,6$, poměr krátké osy pravé vs. levé komory $\geq 0,72$ a korigovaná hodnota délky regurgitace na trojčipé chlopni ≥ 461 ms [26–31].

Vcelku vzato mají pacienti s vysokým rizikem rozvoje RVF po implantaci LVAD primárně postižení pravé komory s nízkou pravděpodobností jejího zotavení, syndrom nízkého srdečního indexu a městnání splachnického řečiště. Existuje snaha o formulování predikčních modelů na základě skórovacích systémů [19,22–24], ale validace a reprodukovatelnost těchto skórovacích systémů je zřejmě problematická [32].

Léčba/optimalizace před implantací

Léčbu pacientů před implantací LVAD je nutno zvážit individuálně stejně jako riziko nežádoucích pooperačních příhod. Proto je nutno stanovit kritéria optimalizace předoperačního stavu a zabránit vzniku komplikací.

Zavedení těchto opatření trvá u těchto pacientů ve stupni 1–2 podle registru INTERMACS hodiny nebo několik dnů u pacientů ve stupni 3–4 podle klasifikace INTERMACS. Cíle léčby jsou individualizovány a dosud nebyly publikovány žádné kontrolní studie ohledně optimální přípravy pacienta na implantaci LVAD. Doporučení vycházejí z výsledků observačních studií a přenosu zkušeností z obecné akutní péče o kardiaky i jedince po kardiovaskulárních výkonech. Lze definovat několik oblastí terapeutické a preventivní intervence. Nejdůležitější jsou prevence přenosu infekce, dietní intervence, opatření zaměřená na hemodynamiku a funkci pravé komory, podporu renální a hepatální funkce a normalizaci koagulačních parametrů a krevního obrazu [5,33]. Popis bezprostřední perioperační péče a pravidel pro rozhodování je mimo rámec tohoto článku.

Závěr

Oblast náhrady srdeční funkce v podobě implantace pump pro trvalou podporu funkce levé komory prožívá období velkého rozmachu jak z hlediska rychlého nárůstu zkušeností, tak i dramatického vývoje nových moda-

Tabulka 2 – Rizikové faktory 90denní mortality a vážená skóre [19]

Rizikový faktor	Skóre
Počet destiček $< 148 \times 10^9/l$	7
Albumin v séru < 33 g/l	5
INR $> 1,1$	4
Vasodilatační léčba	4
Střední tlak v plicnici < 25 mm Hg	3
Aspartátaminotransferáza > 45 j/ml	2
Hematokrit < 34 %	2
Dusík močoviny v krvi (blood urea nitrogen – BUN) > 51 mg/dl	2
Bez nitrožilní aplikace inotropních látek	2

lit. Domníváme se, že vývoj povede k další miniaturizaci a technickému zdokonalování přístrojů, snížení perioperační mortality a posunu indikování směrem k méně závažným stádiím chronického srdečního selhání. Všechny tyto cíle zvýšily a budou dále zvyšovat požadavky ekonomických a lidských zdrojů na podporu programů implantace LVAD. Tyto programy jsou podle všeho dnes jedinou schůdnou cestou k léčbě a zlepšení vyhlídek stále se zvětšující populace pacientů se srdečním selháním stadia D.

Literatura

- [1] S.D. Russell, L.W. Miller, F.D. Pagani, Advanced heart failure: a call to action, *Congestive Heart Failure* 14 (2008) 316–321.
- [2] J.V. McMurray, S. Adamopoulos, S.D. Anker, et al., ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012, *European Heart Journal* 33 (2012) 1787–1847.
- [3] J.K. Kirklin, D.C. Naftel, R.L. Kormos, et al., The Fourth INTERMACS Annual Report: 4,000 implants and counting, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 31 (2012) 117–126.
- [4] E.A. Rose, A.C. Gelijns, A.J. Moskowitz, et al., Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure, *The New England Journal of Medicine* 345 (2001) 1435–1443.
- [5] M.S. Slaughter, F.D. Pagani, J.G. Rogers, et al., HeartMate II Clinical Investigators, Clinical management of continuous-flow left ventricular assist devices in advanced heart failure, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 29 (4 Suppl) (2010) S1–S39.
- [6] L.W. Miller, F.D. Pagani, S.D. Russell, et al., Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation, *The New England Journal of Medicine* 357 (2007) 885–896.
- [7] F.D. Pagani, L.W. Miller, S.D. Russell, et al., HeartMate II Investigators, Extended mechanical circulatory support with a continuous-flow rotary left ventricular assist device, *Journal of the American College of Cardiology* 54 (2009) 312–321.
- [8] M.S. Slaughter, J.G. Rogers, C.A. Milano, et al., HeartMate II Investigators, Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device, *The New England Journal of Medicine* 361 (2009) 2241–2251.
- [9] R.C. Starling, Y. Naka, A.J. Boyle, et al., Results of the post-U.S. Food and Drug Administration-approval study with a continuous flow left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation: a prospective study using the INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support), *Journal of the American College of Cardiology* 57 (19) (2011) 1890–1898.
- [10] R. John, Y. Naka, N.G. Smedira, et al., Continuous flow left ventricular assist device outcomes in commercial use compared with the prior clinical trial, *Annals of Thoracic Surgery* 92 (2011) 1406–1413.
- [11] S.J. Park, C.A. Milano, A.J. Tatroles, et al., HeartMate II Clinical Investigators, Outcomes in advanced heart failure patients with left ventricular assist devices for destination therapy, *Circulation: Heart Failure* 5 (2012) 241–248.
- [12] J. Lahpor, A. Khaghani, R. Hetzer, et al., European results with a continuous-flow ventricular assist device for advanced heart-failure patients, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 37 (2010) 357–361.
- [13] M. Strübe, K. Sander, J. Lahpor, et al., HeartMate II left ventricular assist device; early European experience, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 34 (2008) 289–294.
- [14] K.D. Aaronson, M.S. Slaughter, L.W. Miller, et al., HeartWare Ventricular Assist Device (HVAD) Bridge to Transplant ADVANCE Trial Investigators, Use of an intrapericardial, continuous-flow, centrifugal pump in patients awaiting heart transplantation, *Circulation* 125 (2012) 3191–3200.
- [15] M. Strueber, G. O'Driscoll, P. Jansz, et al., HeartWare Investigators, Multicenter evaluation of an intrapericardial left ventricular assist system, *Journal of the American College of Cardiology* 57 (2011) 1375–1382.
- [16] G.M. Wieselthaler, G. O'Driscoll, P. Jansz, et al., HVAD Clinical Investigators, Initial clinical experience with a novel left ventricular assist device with a magnetically levitated rotor in a multi-institutional trial, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 29 (11) (2010) 1218–1225.
- [17] M. Morshuis, A. El-Banayosy, L. Arusoglu, et al., European experience of DuraHeart magnetically levitated centrifugal left ventricular assist system, *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 35 (2009) 1020–1027.
- [18] J.G. Rogers, K.D. Aaronson, A.J. Boyle, et al., Continuous flow left ventricular assist device improves functional capacity and quality of life of advanced heart failure patients, *Journal of the American College of Cardiology* 55 (2010) 1826–1834.
- [19] K. Lietz, J.W. Long, A.G. Kfoury, et al., Outcomes of left ventricular assist device implantation as destination therapy in the post-REMATCH era: implications for patient selection, *Circulation* 116 (2007) 497–505.
- [20] J.C. Matthews, F.D. Pagani, J.W. Haft, et al., Model for end stage liver disease score predicts left ventricular assist device operative transfusion requirements, morbidity, and mortality, *Circulation* 12 (2010) 214–220.
- [21] J.A. Yang, T.S. Kato, B.P. Shulman, et al., Liver dysfunction as a predictor of outcomes in patients with advanced heart failure requiring ventricular assist device support: Use of the Model of End-stage Liver Disease (MELD) and MELD eXcluding INR (MELD-XI) scoring system, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 31 (6) (2012) 601–610.
- [22] J.C. Matthews, T.M. Koelling, F.D. Pagani, et al., The right ventricular failure risk score a pre-operative tool for assessing the risk of right ventricular failure in left ventricular assist device candidates, *Journal of the American College of Cardiology* 51 (2008) 2163–2172.
- [23] J.R. Fitzpatrick 3rd, J.R. Frederick, V.M. Hsu, et al., Risk score derived from pre-operative data analysis predicts the need for biventricular mechanical circulatory support, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 27 (2008) 1286–1292.
- [24] R.L. Kormos, J.J. Teuteberg, F.D. Pagani, et al., HeartMate II Clinical Investigators, Right ventricular failure in patients with the HeartMate II continuous-flow left ventricular assist device: incidence, risk factors, and effect on outcomes, *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 139 (2010) 1316–1324.
- [25] W.L. Holman, R.L. Kormos, D.C. Naftel, et al., Predictors of death and transplant in patients with a mechanical circulatory support device: a multiinstitutional study, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 28 (2009) 44–50.
- [26] Y. Topolsky, J.K. Oh, D.K. Shah, et al., Echocardiographic predictors of adverse outcomes after continuous left ventricular assist device implantation, *JACC Cardiovascular Imaging* 4 (2011) 211–222.
- [27] S.G. Drakos, L. Janicki, B.D. Horne, et al., Risk factors predictive of right ventricular failure after left ventricular assist device implantation, *American Journal of Cardiology* 105 (2010) 1030–1035.
- [28] S. Puwanant, K.K. Hamilton, C.T. Klodell, et al., Tricuspid annular motion as a predictor of severe right ventricular failure after left ventricular assist device implantation, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 27 (2008) 1102–1107.
- [29] E.V. Potapov, A. Stepanenko, M. Dandel, et al., Tricuspid incompetence and geometry of the right ventricle as predictors of right ventricular function after implantation of a left ventricular assist device, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 27 (2008) 1275–1281.
- [30] T.S. Kato, M. Farr, P.C. Schulze, et al., Usefulness of two-dimensional echocardiographic parameters of the left side of the heart to predict right ventricular failure after left ventricular assist device implantation, *American Journal of Cardiology* 109 (2012) 246–251.
- [31] M. Kukucka, A. Stepanenko, E. Potapov, et al., Right-to-left ventricular end-diastolic diameter ratio and prediction of right ventricular failure with continuous-flow left ventricular assist devices, *Journal of Heart and Lung Transplantation* 30 (2011) 64–69.
- [32] M. Pettinari, S. Jacobs, F. Rega, et al., Are right ventricular risk scores useful? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 42 (2012) 621–626.
- [33] E. Gonçalvesová, M. Hulman, I. Olejárová, et al., Initial experience with an implantable left ventricular assist device in the heart transplant programme of the National Institute of Cardiovascular Diseases, *Kardiologia Cardiology* 17 (2008) 101–108.

Z anglického originálu přeložil Mgr. René Prahel.