

Mechanická srdeční podpora

Říha Hynek^{1,2}, Kramář Petr¹, Syrovátka Petr¹, Rzyman Robert¹, Říhová Leona¹,
Netuka Ivan³, Malý Jiří³, Kettner Jiří⁴, Pirk Jan³, Kotulák Tomáš^{1,2}

¹Klinika anesteziologie a resuscitace, Kardiocentrum IKEM, Praha

²Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 1. LF UK, Praha

³Klinika kardiiovaskulární chirurgie, Kardiocentrum IKEM, Praha

⁴Klinika kardiologie, Kardiocentrum IKEM, Praha

Souhrn

Mechanické srdeční podpory (mechanical circulatory support, MCS) představují důležitou součást léčby akutního i chronického srdečního selhání. Základním cílem zavedení MCS je obnova adekvátní cirkulace s optimální dodávkou krve do metabolizujících tkání s následnou normalizací orgánových funkcí. Nejčastějšími indikacemi k zavedení MCS jsou most k transplantaci srdce a most k zotavení myokardu po infarktu různé etiologie (např. akutní infarkt myokardu, myokarditida, komplexní kardiokirurgický výkon). V ČR jsou nejčastěji používanými MCS systémy intraaortální balonková kontrapulzace, aktivní podpůrné systémy pro srdeční komory (ventricular assist device [VAD]) a extrakorporální membránová oxygenace (ECMO).

Klíčová slova: mechanické srdeční podpory – podpůrné systémy pro srdeční komory – extrakorporální membránová oxygenace – srdeční selhání – echokardiografie – antikoagulace

Abstract

Mechanical circulatory support devices

Mechanical circulatory support devices (MCS) constitute an important part of acute and chronic heart failure therapy. The principal objective of the MCS implantation is to restore adequate circulation including optimal oxygen delivery to the tissues with subsequent normalization of tissue functions. The most frequent indications for MCS implantation are bridge-to-heart transplantation, and bridge-to-recovery after various types of myocardial injury (e.g., acute myocardial infarction, myocarditis, extensive cardiac surgical procedures). In the Czech Republic, the most frequently used MCS devices are the intraaortic balloon pump, ventricular assist devices (VAD) and extracorporeal membrane oxygenation (ECMO).

Keywords: mechanical circulatory support – ventricular assist devices – extracorporeal membrane oxygenation – heart failure – echocardiography – anticoagulation therapy

Anest. intenziv. Med., 23, 2012, č. 3, s. 133–136

Úvod

Mechanické srdeční podpory (mechanical circulatory support, MCS) dnes představují nedílnou součást terapie akutního i chronického srdečního selhání, a v posledních letech velmi rychle narůstá počet pacientů, u nichž jsou využívány [1]. Základním cílem zavedení MCS je obnova adekvátní cirkulace s optimální dodávkou krve do metabolizujících tkání s následnou normalizací orgánových funkcí, a v některých případech umožnění obnovy funkce myokardu po infarktu různé etiologie (akutní infarkt myokardu – AIM, myokarditida, komplexní kardiokirurgický výkon apod.).

I když doménou využití MCS je kardiokirurgie a intervenční kardiologie, základní znalosti o typech MCS, indikacích k jejich zavedení a nejčastějších problémech spojených s jejich funkcí jsou důležité i pro ty anesteziology a intenzivisty, kteří se přímo nepodílejí na péči o pacienty s MCS.

Základní dělení MCS

Jako MCS označujeme všechna mechanická zařízení, která napomáhají ejekční funkci srdce (funkce krevní pumpy). Základní dělení je na zařízení pasivní, která sama o sobě žádnou krev nepřečerpávají, a aktivní, která jsou schopna zajistit buď část, anebo celý srdeční výdej.

Příkladem pasivní MCS je nejdéle a nejčastěji využívaná mechanická srdeční podpora, a to intraaortální balonková kontrapulzace (intraaortic balloon pump, IABP), která se používá v klinické praxi od 60. let minulého století [2].

Aktivní MCS lze rozdělit do tří základních skupin:

- extrakorporální membránová oxygenace s veno-arteriální konfigurací (V-A ECMO),
- aktivní podpůrné systémy pro srdeční komory (ventricular assist device [VAD] nebo ventricular assist system [VAS]),

- kompletní srdeční náhrada (total artificial heart, TAH).

Skupina VAD zařízení se dělí podle řady dalších kritérií:

- charakter generovaného krevního průtoku (pulzatilní vs. nepulzatilní),
- umístění krevní pumpy (extrakorporální vs. implantabilní),
- podporovaná srdeční komora (pravá, RVAD; levá, LVAD; obě, BiVAD),
- způsob zavedení (chirurgický [sternotomie nebo torakotomie] vs. perkutánní katetrizace),
- časové hledisko trvání mechanické podpory (krátkodobé do 1 měsíce, střednědobé v řádu měsíců a dlouhodobé v řádu let).

V kardiocentrech v ČR jsou u dospělých pacientů nejčastěji využívány typy MCS: IABP, různé typy VAD zařízení [3, 4] a V-A ECMO [5]. Moderní systémy kompletní srdeční náhrady nebyly u nás dosud implantovány.

Indikace pro použití MCS

Léčba terminální fáze chronického srdečního selhání zahrnuje MCS ve třech indikacích:

- most k ortotopické transplantaci srdce (OTS; bridge-to-transplantation) [3],
- most k zařazení na čekací listinu pro OTS u pacientů s vysokou plicní hypertenzí nebo těžkou kardiální kachexií (bridge-to-candidacy) [6, 7],
- permanentní léčba (destination therapy) v případě kontraindikací k OTS.

V případě akutního srdečního selhání se jedná především o indikace typu bridge-to-recovery tam, kde lze očekávat zlepšení srdeční funkce v průběhu času (AIM, myokarditida, komplexní kardiokirurgický výkon apod.), eventuálně bridge-to-decision, kdy MCS zajistí adekvátní srdeční výdej (a v případě ECMO i výměnu krevních plynů) s postupnou obnovou orgánových funkcí, což umožní další řešení příčin akutního srdečního selhání.

Menší skupinu indikací představuje zajištění vysoce rizikových pacientů během perkutánních koronárních intervencí [8] nebo katetrizačních výkonů pro závažné arytmie.

Systémy MCS nejčastěji využívané v ČR

V ČR je u dospělých pacientů využíváno V-A ECMO [9, 10] a různé typy VAD zařízení [2, 11–13], která generují jak pulzatilní [3, 14], tak i nepulzatilní krevní průtok [4, 15], mají krevní pumpu umístěnou parakorporálně [3] nebo implantovanou do těla pacienta [4] a jsou zaváděna buď chirurgicky, nebo katetrizačně (nejčastěji periferní kanylací femorálních cév). Stran schémat zapojení a vlastního principu funkce různých zařízení MCS odkazujeme na výše uvedené literární odkazy a webové stránky jednotlivých výrobců.

Načasování zavedení MCS

Načasování implantace MCS má zcela zásadní význam pro klinické výsledky. U pacientů se signifikantním poškozením orgánových funkcí nebo v těžkém nezvladatelném kardiogenním šoku, bez naděje na úspěšné přemostění do doby zotavení myokardu nebo OTS, není zavedení MCS indikováno. Na druhou stranu platí, že při akutním terminálním zhroucení srdeční funkce by nemělo být zavedení MCS oddalováno diagnostikou stupně orgánového poškození.

V našem souboru pacientů s implantovanými dlouhodobými VAD systémy v indikaci most k OTS jsme potvrdili, že předoperační hodnoty některých hemodynamických a laboratorních parametrů, které odrážely dysfunkci různých orgánových systémů, byly v počátcích systematického VAD programu horší, jednalo se tedy o akutní indikace u pacientů v počínajícím kardiogenním šoku (proto BiVAD konfigurace). Postupně došlo k posunu indikací k časnějším stádiím dekompenzovaného srdečního selhání s počínající mírnou deteriorací orgánových funkcí, kdy bylo implantováno pouze LVAD zařízení namísto BiVAD systému [16].

Vzhledem k adekvátnímu srdečnímu výdeji zajištěnému mechanicky (plně funkční MCS) dochází po implantaci postupně k normalizaci dříve postižených orgánových funkcí. Doba nutná k zotavení jednotlivých orgánových systémů je samozřejmě výrazně delší u pacientů, kterým je MCS zařízení zaváděno již ve fázi pokročilého srdečního selhání, kdy bývá přítomna i srdeční kachexie.

V poslední době byly popsány i případy využití ECMO během kardiopulmonální resuscitace (ECMO-assisted CPR/E-CPR) nebo při jejím selhání, a dokonce využití ECMO mobilní jednotky [17].

MCS a kardiovaskulární systém

Plně funkční MCS zařízení zajistí dekompresi (unloading) podporované srdeční komory, a tedy významný pokles napětí ve stěně myokardu spojený se snížením spotřeby kyslíku; to představuje jeden ze základních předpokladů pro eventuální zotavení (recovery) srdeční funkce. V případě, že jednou z příčin epizod maligních komorových arytmií bylo významné selhávání srdeční komory/komor, vede dekomprese komory/komor u většiny pacientů k vymizení výskytu těchto arytmií.

V případě BiVAD konfigurace je možné ukončit farmakologickou inotropní podporu. U unilaterálních VAD zařízení je nutné zajistit adekvátní srdeční výdej druhé, mechanicky nepodporované komory, tzn. typicky určitý stupeň inotropní podpory časně po implantaci VAD. V případě zavedení LVAD zařízení je funkce pravé komory negativně ovlivňována faktory, které lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- postižení funkce pravé komory základním onemocněním (dilatační kardiomyopatie apod.),
- vliv vlastní implantace LVAD (kardiokirurgický vý-

kon s použitím mimotělního oběhu, aplikace většího množství transfuzních přípravků apod.),
– patofyziologické změny navozené funkcí LVAD (pokles postkapilární plicní hypertenze [pozitivní vliv], změna polohy interventrikulárního septa [IVS], vzestup žilního návratu směrem k pravé komoře atd.).
Všechny výše uvedené faktory vedou k nutnosti podporovat funkci pravé komory farmakologicky, eventuálně v některých případech mechanicky (RVAD), a to do doby obnovy její adekvátní funkce. V případě významnější plicní hypertenze a systolické dysfunkce pravé komory se běžně využívají selektivní vazodilatacia plicního řečiště (např. inhalační oxid dusnatý). Po extubaci a obnově perorálního příjmu je součástí následné léčby sildenafil [18].

U většiny pacientů dochází po implantaci MCS zařízení k obnově systémové cévní rezistence, takže vazopresorická podpora noradrenalinem bývá při funkčním MCS zařízení výrazně nižší než před jeho zavedením. V některých případech se ale i při funkčním MCS zařízení rozvíjí tzv. vazoplegický šok (abnormálně nízká systémová cévní rezistence), kdy k udržení adekvátního perfuzního tlaku je nutná vyšší dávka noradrenalinu ($> 0,6\text{--}0,8 \mu\text{g/kg/min}$). V těchto situacích je indikována rescue aplikace dalších farmak zvyšujících systémovou cévní rezistenci, např. vazopresinu nebo metylénové modři [19].

U V-A ECMO systémů je stupeň dekomprese srdečních oddílů přímo ovlivněn nastavením rychlosti krevní pumpy. U pacientů s výrazně omezenou systolickou funkcí levé komory nebo maligními komorovými arytmiemi a periferně zavedeným V-A ECMO systémem je třeba pamatovat na riziko vzniku plicního edému (návrat krve do levé síně především bronchiální cirkulací); v některých případech je nezbytné zajistit dekompresi levostranných srdečních oddílů [20].

V oblasti monitorování kardiovaskulárního systému u pacientů s MCS má nezastupitelné místo jícnová echokardiografie, která umožňuje sledovat funkci mechanicky nepodporované komory, stupeň regurgitace na atrioventrikulárních chlopních, polohu interventrikulárního septa, polohu vtokových a výtokových kanyl a rychlost spolu s charakterem krevního průtoku kanylami VAD systému; slouží také k hodnocení zotavení srdeční funkce (průtok krve MCS zařízením je během vyšetření dočasně snížen) [21, 22].

U MCS systémů generujících nepulzatilní krevní průtok je při monitorování kardiovaskulárního aparátu nezbytné pamatovat na to, že neinvazivní měření krevního tlaku [23] a sledování saturace hemoglobinu kyslíkem pulzním oxymetrem může být nepřesné, eventuálně nemožné [24].

MCS a hemokoagulační systém

Časně po chirurgickém zavedení VAD zařízení může představovat problém významné krvácení. To je způsobeno kombinací dvou faktorů – jednak negativním ovlivněním hemokoagulačního systému srdečním

selháním, eventuálně kardiogenním šokem s multiorgánovou dysfunkcí (městnání v játrech, zhoršená funkce GIT), a dále samotným kardiochirurgickým výkonem (použití mimotělního oběhu, reoperace).

Vzhledem ke styku krve s nebiologickým povrchem MCS zařízení je v dalším průběhu nezbytně nutná antikoagulační terapie. Každé MCS zařízení má výrobcem definovány cílové parametry antikoagulačního režimu (např. INR [international normalized ratio], aPTT [aktivovaný parciální tromboplastinový čas]) a rámcový způsob jejich dosažení (např. heparinizace s postupným dosažením určitého aPTT poměru a následná warfarinizace k cílové hodnotě INR).

Velkou výhodou moderních VAD zařízení generujících nepulzatilní průtok je jejich nízká trombogenicita, což umožňuje zahájit antikoagulaci pacientů s časovým odstupem (hodiny, dny) od implantace [25, 26]. Je samozřejmé, že za některých okolností, např. při závažném krvácení z gastrointestinálního traktu nebo při nutnosti provést chirurgický výkon (cholecystektomii, appendektomii apod.), je nezbytné na určitou dobu úroveň antikoagulace snížit, eventuálně antikoagulaci úplně přerušit [24].

Krevní pumpy ve VAD zařízeních a ECMO (kde je navíc v okruhu ještě membránový oxygenátor) v různé míře negativně ovlivňují krevní elementy (především erytrocyty a trombocyty). Hemolýza bývá detekována (volný hemoglobin, LDH, bilirubin) především u starších VAD systémů, které využívaly pneumatický pohon a umělé chlopně k zajištění jednosměrného průtoku krve; nové centrifugální VAD zařízení nezpůsobují téměř žádnou hemolýzu [27] a podobné je to u moderních krevních pump využívaných v ECMO systémech [28].

Jiným problémem, se kterým se lze u některých pacientů s dlouhodobými VAD systémy setkat, je získaný von Willebrandův syndrom [29]. Příčinou tohoto krvácivého stavu, který se velmi často projevuje na sliznicích gastrointestinálního traktu, je destrukce vysokomolekulárních multimer von Willebrandova faktoru; zachycen byl jak u VAD zařízení [30], tak ECMO systémů [31].

Další problém v antikoagulaci pacientů s MCS zařízeními může představovat výskyt heparinem indukované trombocytopenie (HIT), která významně zvyšuje riziko tromboembolických komplikací [32]. V takovém případě je nezbytné ukončit podávání heparinu a antikoagulaci zajistit alternativními antikoagulanci [33].

Závěr

MCS zařízení představují výrazný přínos v terapii akutního i chronického srdečního selhání. Četnost jejich použití v ČR se v posledních letech výrazně zvýšila. Oblast MCS přináší pro anesteziology a intensivisty řadu výzev, např. léčbu dysfunkce pravé komory po zavedení LVAD, monitorování kardiovaskulárního systému při plně funkčním nepulzatilním LVAD nebo V-A ECMO anebo komplexní zajištění v případě

nutnosti chirurgického výkonu při funkčním MCS včetně nutnosti snížit nebo úplně přerušit antikoagulaci.

Práce byla podpořena výzkumným záměrem MZ ČR č. MZO 00023001.

Literatura

1. Augoustides, J. G., Říha, H. Recent progress in heart failure treatment and heart transplantation. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2009, 23, 5, p. 738–748.
2. Březina, A., Říha, H., Mašíň, J. Současné možnosti mechanické podpory cirkulace. *Anest. intenziv. Med.*, 2006, 17, 1, s. 38–44.
3. Netuka, I., Malý, J., Říha, H. et al. Přínos dlouhodobé pulzatilní mechanické srdeční podpory u multiorgánové selhávání pacientů v terminálním srdečním selhání. *Čas. Lék. česk.*, 2011, 150, 1, s. 44–48.
4. Říha, H., Netuka, I., Kotulák, T. et al. Dysfunkce pravé komory po implantaci levostranné mechanické srdeční podpory. *Vnitř. Lék.*, 2010, 56, 1, s. 30–36.
5. Bělohávek, J., Rohn, V., Jansa, P. et al. Veno-arterial ECMO in severe acute right ventricular failure with pulmonary obstructive hemodynamic pattern. *J. Invasive Cardiol.*, 2010, 22, 8, p. 365–369.
6. Kettner, J., Dorazilová, Z., Netuka, I. et al. Is severe pulmonary hypertension a contraindication for orthotopic heart transplantation? Not any more. *Physiol. Res.*, 2011, 60, 5, p. 769–775.
7. Dorazilová, Z., Kettner, J., Netuka, I. et al. Levostranná mechanická srdeční podpora v léčbě závažné plicní hypertenze u kandidátů srdeční transplantace v IKEM. *Cor Vasa*, 2011, 53, 1–2, s. 48–54.
8. Krüger, A., Ošťádal, P., Kmoníček, P. et al. Profylaktické použití mimotělní podpory oběhu s membránovým oxygenátorem u rizikové perkutánní koronární intervence. *Cor Vasa*, 2010, 52, 3, s. 141–144.
9. Bělohávek, J., Rohn, V., Tošovský, J. et al. A review of a newly established ECMO program in a university affiliated cardiac center. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*, 2011, 52, 3, p. 445–451.
10. Bělohávek, J., Rohn, V., Kunstýř, J. et al. Profil pacientů léčených extrakorporální membránovou oxygenací (ECMO). *Interv. akut. Kardiolog.*, 2010, 9, 3, s. 121–128.
11. Netuka, I., Malý, J., Szarszoi, O. Mechanické srdeční podpory v terapii terminálního srdečního selhání. *Cor Vasa*, 2008, 50, 5, s. 207–214.
12. Březina, A., Říha, H. Kardiogenní šok a současné možnosti jeho léčby. *Anest. intenziv. Med.*, 2007, 18, 5, s. 301–304.
13. Stone, M. E. Current status of mechanical circulatory assistance. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2007, 11, 3, p. 185–204.
14. Kettner, J., Pirk, J., Netuka, I. et al. Použití mechanické srdeční podpory – první zkušenosti v České republice. *Čas. Lék. česk.*, 2005, 144, 1, s. 38–42.
15. Netuka, I., Malý, J., Szarszoi, O. et al. Technika implantace a zkušenosti s dočasnou mechanickou srdeční podporou při selhání pravé komory. *Rozhl. Chir.*, 2011, 90, 2, s. 88–94.
16. Říha, H., Kotulák, T., Netuka, I. et al. Intenzivní péče o pacienty po implantaci mechanických srdečních podpor. *Cor Vasa*, 2011, 53, 1–2, s. 94–98.
17. Gariboldi, V., Grisoli, D., Tarmiz, A. et al. Mobile extracorporeal membrane oxygenation unit expands cardiac assist surgical programs. *Ann. Thorac. Surg.*, 2010, 90, 5, p. 1548–1552.
18. Al-Hiti, H., Melenovský, V., Syrovátka, P. et al. Sildenafil is more selective pulmonary vasodilator than prostaglandin E1 in patients with pulmonary hypertension due to heart failure. *Physiol. Res.*, 2011, 60, 2, p. 303–308.
19. Říha, H., Říhová, L., Pindák, M. et al. Metylénová modř v léčbě vazoplegického syndromu po kardiokirurgické operaci. *Čas. Lék. česk.*, 2006, 145, 4, s. 322–324.
20. Guirgis, M., Kumar, K., Menkis, A. H. et al. Minimally invasive left-heart decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an alternative to a percutaneous approach. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*, 2010, 10, 5, p. 672–674.
21. Chumnanvej, S., Wood, M. J., MacGillivray, T. E. et al. Perioperative echocardiographic examination for ventricular assist device implantation. *Anesth. Analg.*, 2007, 105, 3, p. 583–601.
22. Marek, T., Dorazilová, Z., Straka, F. et al. Role echokardiografie v péči o pacienty s mechanickou srdeční podporou HeartMate II. *Cor Vasa*, 2011, 53, 1–2, s. 55–59.
23. Myers, T. J., Bolmers, M., Gregoric, I. D. et al. Assessment of arterial blood pressure during support with an axial flow left ventricular assist device. *J. Heart Lung Transplant.*, 2009, 28, 5, p. 423–427.
24. Říha, H., Netuka, I., Kotulák, T. et al. Anesthesia management of a patient with a ventricular assist device for noncardiac surgery. *Semin. Cardiothorac. Vasc. Anesth.*, 2010, 14, 1, s. 29–31.
25. John, R., Kamdar, F., Liao, K. et al. Low thromboembolic risk for patients with the Heartmate II left ventricular assist device. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2008, 136, 5, p. 1318–1323.
26. Slaughter, M. S., Naka, Y., John, R. et al. Post-operative heparin may not be required for transitioning patients with a HeartMate II left ventricular assist system to long-term warfarin therapy. *J. Heart Lung Transplant.*, 2010, 29, 6, s. 616–624.
27. Heilmann, C., Geisen, U., Benk, C. et al. Haemolysis in patients with ventricular assist devices: major differences between systems. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*, 2009, 36, 3, s. 580–584.
28. Aziz, T. A., Singh, G., Popjes, E. et al. Initial experience with CentriMag extracorporeal membrane oxygenation for support of critically ill patients with refractory cardiogenic shock. *J. Heart Lung Transplant.*, 2010, 29, 1, s. 66–71.
29. Mohri, H. Acquired von Willebrand syndrome: features and management. *Am. J. Hematol.*, 2006, 81, 8, p. 616–623.
30. Crow, S., Chen, D., Milano, C. et al. Acquired von Willebrand syndrome in continuous-flow ventricular assist device recipients. *Ann. Thorac. Surg.*, 2010, 90, 4, p. 1263–1269; discussion 1269.
31. Heilmann, C., Geisen, U., Beyersdorf, F. et al. Acquired von Willebrand syndrome in patients with extracorporeal life support (ECLS). *Inten. Care Med.*, 2012, 38, 1, p. 62–68.
32. Koster, A., Huebler, S., Potapov, E. et al. Impact of heparin-induced thrombocytopenia on outcome in patients with ventricular assist device support: single-institution experience in 358 consecutive patients. *Ann. Thorac. Surg.*, 2007, 83, 1, p. 72–76.
33. Barzaghi, N., Locatelli, A., Ranucci, M. Ventricular assist device implantation and the risk for heparin-induced thrombocytopenia. *Ann. Thorac. Surg.*, 2008, 85, 1, p. 360–361.

Podpořeno výzkumným záměrem
MZ ČR č. MZO 00023001.

Do redakce došlo dne 30. 4. 2012.
Do tisku přijato dne 31. 5. 2012.

Adresa pro korespondenci:
MUDr. Hynek Říha, D.E.A.A., F.C.C.P.
Klinika anesteziologie a resuscitace
Kardiocentrum IKEM
Videňská 1958/9
140 21 Praha 4
e-mail: hynek.riha@ikem.cz