

The value of transthoracic echocardiography in patients with left ventricular assist devices

Význam transtorakálneho echokardiografického vyšetrenia u pacientov s implantovaným mechanickým podporným systémom ľavej komory

Dlesk A, Lesný P, Beňačka O, Gonçalvesová E

Kardiologická klinika LFUK a NÚSCH, a. s., Bratislava, Slovenská republika

Dlesk A, Lesný P, Benacka O, Gonçalvesova E. **The value of transthoracic echocardiography in patients with left ventricular assist devices.** Cardiology Lett. 2021;30(2):126–133

Abstract. Progress in the development of left ventricular assist devices in the last decade has resulted in a constantly increasing number of patients with these devices. Although this therapeutic modality is reserved for a small number of patients with advanced heart failure, an increasing number of left ventricular assist device implantations causes these patients to be seen more often by cardiologists in various health care providers due to a worsening health condition for various reasons. Further improvement and miniaturization of these devices is expected in the near future, which will allow their wider use. Transthoracic echocardiography plays a key role in the rapid and correct identification and subsequent treatment of complications associated with left ventricular assist devices. Examination by a physician with lack of experience in this area can be quite stressful and difficult. In our opinion it is necessary to bring the principles of echocardiographic examination closer to these specialists. Specific aspects of echocardiographic examination of potential candidates for left ventricular assist device implantation, as well as key elements of echocardiography in the early postoperative period and long-term follow-up, are discussed in this paper. Fig. 7, Tab. 1, Ref. 17, on-line full text (Free, PDF) www.cardiologyletters.sk
Key words: left ventricular assist device – heart failure – echocardiographic examination

Dlesk A, Lesný P, Beňačka O, Gonçalvesová E. **Význam transtorakálneho echokardiografického vyšetrenia u pacientov s implantovaným mechanickým podporným systémom ľavej komory.** Cardiology Lett. 2021;30(2):126–133

Abstrakt. Pokrok vo vývoji dlhodobých mechanických podporných systémov ľavej komory v poslednej dekáde má za následok neustále stúpajúci počet pacientov s týmito zariadeniami. Napriek tomu, že ide o terapeutickú modalitu určenú pre malý počet pacientov s pokročilým srdcovým zlyhávaním, neustále sa zvyšujúci počet implantácií dlhodobých mechanických podporných systémov ľavej komory spôsobuje, že títo pacienti v dôsledku zhoršenia zdravotného stavu z rôznych príčin čoraz častejšie prichádzajú do kontaktu s kardiológmi v rôznych zdravotníckych zariadeniach. V blízkej budúcnosti sa očakáva ďalšie zdokonaľovanie a miniaturizácia týchto prístrojov, čo umožní ich širšie používanie. Transtorakálne echokardiografické vyšetrenie predstavuje kľúčovú úlohu v rýchlej a správnej identifikácii a následnej liečbe komplikácií asociovaných s mechanickými podpornými systémami ľavej komory. Vyšetrenie lekárom, ktorý nie je špecialistom v tejto problematike, môže byť značne stresujúce a obťažné. Považujeme preto za potrebné priblížiť princípy echokardiografického vyšetrenia týmto špecialistom. V tejto publikácii sa zameriame na špecifické aspekty echokardiografického vyšetrenia pacientov, ktorí predstavujú potenciálnych kandidátov na implantáciu mechanickej podpory ľavej komory, ako aj na špecifické aspekty echokardiografie v skorom pooperačnom období a pri dlhodobom sledovaní. Obr. 7, Tab. 1, Lit. 17, on-line full text (Free, PDF) www.cardiologyletters.sk

Kľúčové slová: dlhodobá mechanická podpora ľavej komory – srdcové zlyhávanie – echokardiografické vyšetrenie

Dlhodobé mechanické podpory ľavej komory (LVAD) predstavujú terapeutickú modalitu určenú selektovaným pacientom s pokročilým srdcovým zlyhávaním. Sú schopné zabezpečiť adekvátnu podporu cirkulácie v trvaní niekoľko týždňov až rokov, predovšetkým v indikácii premostenia do transplantácie srdca (1, 2). V prípade, keď je transplantácia srdca kontraindikovaná, môže byť indikovaná implantácia LVAD v indikácii destinačnej liečby (3 – 6). Zlepšenie hemodynamických pomerov po implantácii LVAD vo väčšine prípadov zlepšuje funkčnú kapacitu a kvalitu života (7, 8). Hoci ide o pomerne malé zariadenia, dokážu vyprodukovať minútový objem postačujúci na zabezpečenie hemodynamickej podpory aj veľkému jedincovi.

V súčasnosti sa na našom pracovisku dominantne využívajú dva typy LVAD: Heartmate III a HeartWare (9). Tieto zariadenia pozostávajú z mobilnej časti, ktorou je otáčajúci sa rotor, vtokovej a výtokovej kanyly a externe vyvedeného kábla spojeného s riadiacou jednotkou (10, 11). Otáčajúci sa rotor nasáva krv cez vtokovú kanylu a vypudzuje ju cez výtokovú kanylu do aorty počas systoly aj diastoly. Vtoková kanyla je umiestnená v hrote ľavej komory (LK), výtoková kanyla je našitá na ascendentnú aortu. Perkutánný kábel, ktorým sa zabezpečuje energetický pohon čerpadla LVAD a monitorovanie jeho funkcie je vyvedený perkutánne v oblasti ľavého mezogastricia a je spojený s riadiacou jednotkou a batériami (**obrázok 1**). Riadiaca jednotka aj batérie týchto zariadení sú v súčasnosti pomerne malé, čo umožňuje ich nosenie v puzdre, ktoré má pacient pripevnené okolo pásu alebo ich nosí v taške na ramene.

1. Echokardiografia u potenciálnych kandidátov na implantáciu LVAD

U každého pacienta s rozvinutým syndrómom srdcového zlyhávania, u ktorého je reálna úvaha o implantácii LVAD, je nevyhnutným krokom komplexné transtorakálne echokardiografické vyšetrenie, ktoré posúdi, či je pacient vhodným kandidátom takejto terapie a taktiež preukáže prítomnosť klinicky signifikantných nálezov, ktoré sú asociované so zvýšeným rizikom pooperačných komplikácií. Pri vyšetrení je nevyhnutné posúdiť veľkosť a funkciu ľavej a pravej komory (PK), posúdiť prítomnosť a závažnosť aortálnej, mitrálnej a trikuspidálnej regurgitácie (TR). K ďalším špecifickým aspektom patrí vylúčenie perzistujúceho foramen ovale a trombotických mäs v dutine LK, ktoré rutinne vyšetrujeme transezofágovým vyšetrením, pretože je pri zodpovedaní týchto otázok oveľa spoľahlivejšie.

Vyšetrenie ľavostranných srdcových dutín a hodnotenie mitrálnej regurgitácie

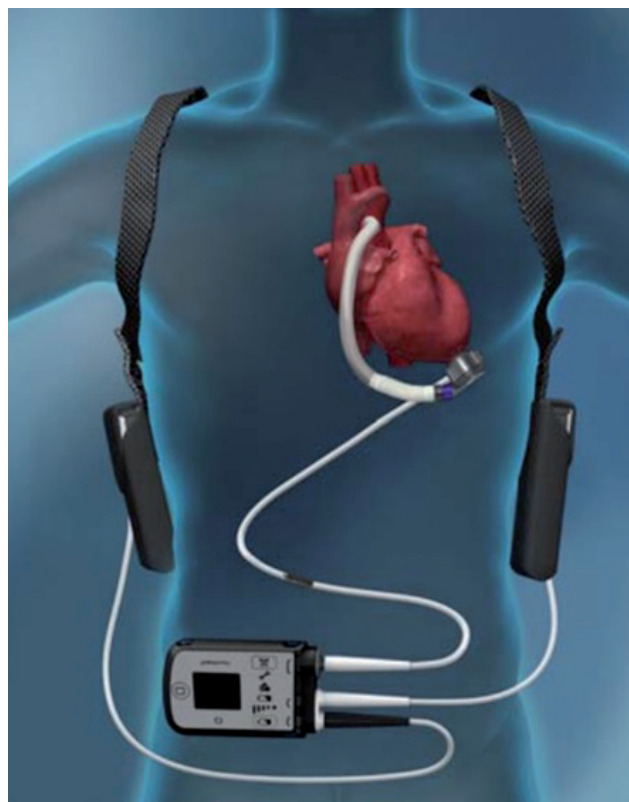
Systolická funkcia LK je u pacientov indikovaných na implantáciu LVAD väčšinou závažne znížená, typicky je

ejekčná frakcia LK menej ako 25 % – 30 %. V prípade uspokojivej kvality zobrazenia sa uprednostňuje biplanárna kvantifikácia ejekčnej frakcie LK podľa Simpsona. LK je u väčšiny pacientov dilatovaná, môže však mať aj normálnu veľkosť.

Ďalším častým nálezom je závažná funkčná mitrálna regurgitácia (MR) v dôsledku dilatácie mitrálneho prstenca a ťahu závesného aparátu mitrálnej chlopne, ktorý vzniká v dôsledku remodelácie LK. MR nie je nevyhnutné korigovať pred implantáciou LVAD.

Hodnotenie aortálnej regurgitácie

Rutinne sa závažnosť aortálnej regurgitácie (AR) hodnotí najčastejšie kvalitatívne (vizuálne) z veľkosti regurgitačnej trysky. V prípade nejednoznačného nálezu možno použiť semikvantitatívne hodnotenie pomocou diametra vena contracta, prípadne pomeru šírky vena contracta a diametra výtokového traktu LK v parasternálnej dlhej osi. Podrobné vyjadrenie sa k závažnosti AR má byť súčasťou každého vyšetrenia pacienta pri zvažovaní implantácie LVAD, pretože prítomnosť AR väčšej ako ľahkej je indikáciou k náhrade aortálnej chlopne biologickou protézou.



Obrázok 1 Schematické znázornenie implantovaného LVAD u pacienta
LVAD – mechanická podpora ľavej komory

Výšetrenie pravej komory a hodnotenie trikuspidálnej regurgitácie

Rôzny stupeň dysfunkcie PK je častým nálezom u pacientov s chronickým srdcovým zlyháváním. Kľúčovým aspektom echokardiografického vyšetrenia pred implantáciou LVAD je čo možno najpresnejšie zhodnotenie funkcie PK s cieľom vylúčiť závažnejší stupeň dysfunkcie PK. PK má v porovnaní s LK zložitý geometrický tvar, čo pri rutinnom 2D vyšetrení znemožňuje hodnotenie ejekčnej frakcie. Veľkosť PK sa hodnotí z apikálnej štvordutinovej projekcie, pričom sa odporúča meranie priečného diametra na báze a v strednej časti dutiny PK, longitudinálny rozmer PK od bázy k apexu a pomer veľkosti PK a LK. Ďalším aspektom vyšetrenia je hodnotenie kinetiky voľnej steny PK. V prípade absencie závažných porúch kinetiky voľnej steny PK nie je vo väčšine prípadov systolická funkcia PK významnejšie znížená. Z kvantitatívnych meraní sa na hodnotenie funkcie PK využíva meranie systolickej exkurzie laterálnej časti trikuspidálneho anulu (TAPSE – tricuspid annular plane systolic excursion), tkanivovej rýchlosti v oblasti bázy pravej komory (s'), zmeny frakčnej plochy (FAC – fractional area change) a deformácie (strainu) voľnej steny pravej komory (RVFWS – right ventricular free wall strain). Uvedené kvantitatívne parametre však nie sú nositeľmi totožnej informácie. TAPSE, ako aj s' informujú výlučne o longitudinálnej funkcii PK. Najspoľahlivejšiu informáciu o systolickej funkcii PK získavame z parametrov, ktoré hodnotia globálnu systolickú funkciu PK, predovšetkým FAC. Z ďalších meraní, ktoré odrážajú globálnu systolickú funkciu PK, je meranie cTRD (corrected tricuspid regurgitation duration). V rutínnej echokardiografickej praxi sa toto meranie používa zriedkavo, avšak podľa dostupných prác tento parameter koreluje s ejekčnou frakciou PK hodnotenej pri magnetickej rezonancii. cTRD sa meria použitím kontinuálneho Dopplera zmeraním dĺžky trvania TR v milisekundách, pričom sa táto hodnota vydelená druhou odmocninou R-R intervalu na EKG v sekundách.

Tabuľka 1 Echokardiografické parametre asociované so zvýšeným pooperačným rizikom zlyhania pravej komory po implantácii LVAD

FAC (< 20 %)
TAPSE (< 8 mm)
S/L (> 0,6)
PK/LK (< 0,72)
RV FWS (< 9,6 %)
cTRD $\geq$ 460
TR (závažná)

LVAD – mechanická podpora ľavej komory, FAC – zmena frakčnej plochy, TAPSE – systolická exkurzia laterálnej časti trikuspidálneho anulu, S/L – pomer šírky a dĺžky pravej komory, PK – pravá komora, LK – ľavá komora, RV FWS – deformácia voľnej steny pravej komory, cTRD – korigovaná dĺžka trvania trikuspidálnej regurgitácie, TR – trikuspidálna regurgitácia

Prítomnosť TR je u pacientov podstupujúcich implantáciu LVAD častým nálezom. Závažnosť TR často možno určiť z veľkosti trysky regurgitácie. V sporných prípadoch možno použiť semikvantitatívne hodnotenie pomocou merania vena contracta regurgitačnej trysky, alebo kvantitatívne hodnotenie pomocou PISA metódy. Echokardiografické parametre spojené so zvýšeným rizikom pooperačného zlyhania PK sú uvedené v **tabuľke 1**.

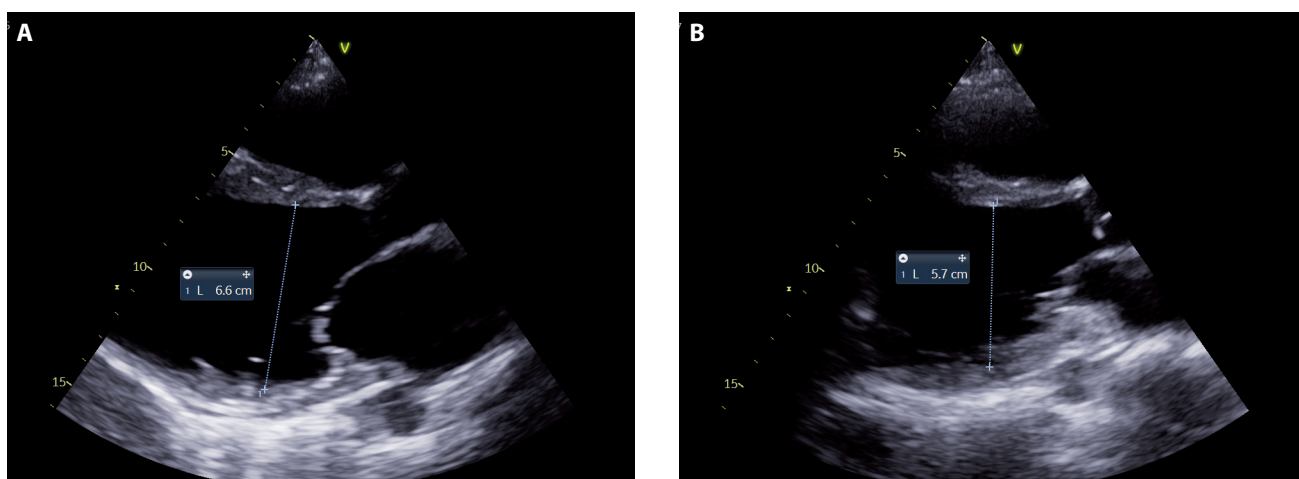
Hodnotenie funkcie PK je komplexné a skladá sa z viacerých aspektov, akými sú klinický obraz pacienta (prejavy kongescie vo veľkom obehu), echokardiografické charakteristiky, ako aj hemodynamické ukazovatele (centrálny venózný tlak, index práce pravej komory). Nález závažnej dysfunkcie PK kontraindikuje pacienta k implantácii LVAD. Vzťah medzi nálezom dysfunkcie PK a pooperačným zlyhaním PK je pomerne voľný. Okrem stavu PK pred operačným výkonom riziko zlyhania PK zvyšujú rôzne peri- a pooperačné komplikácie, akými sú krvácanie, sepsa, či bronchopneumónia. Zásadnou úlohou echokardiografie je vylúčiť z procesu indikácie LVAD pacientov so zjavne a ireverzibilne dysfunkčnou PK. Sú to predovšetkým pacienti s výrazne dilatovanou PK a závažnou TR pri normálnom tlaku v pľúcnici.

2. Echokardiografia vo včasnom pooperačnom období po implantácii LVAD

Význam echokardiografie vo včasnom pooperačnom období sa zakladá na posúdení morfológie ľavostranných dutín, funkcie PK, závažnosti MR a TR, stavu aortálnej chlopne, pozície vtokovej kanyly, prietoku vo výtokovej kanyle a prítomnosti perikardiálneho výpotku. Na základe vyšetrenia možno optimalizovať nastavenie otáčok LVAD s cieľom dosiahnuť adekvátnu dekompresiu LK. Vyšetrenie má kľúčový význam aj pri zisťovaní príčin abnormálnej funkcie LVAD alebo v prípade hemodynamickej kompromitácie pacienta. Pri vyšetrení je často potrebné použiť neštandardné projekcie, pretože čerpadlo LVAD je zdrojom artefaktov a zhoršuje zobrazenie najmä z apikálnej projekcie. Dôležitá je aj informácia o krvnom tlaku počas vyšetrenia. Keďže ide o zariadenia, ktoré vypudzujú krv do aorty počas systoly aj diastoly, je potrebné myslieť na to, že namerané hodnoty krvného tlaku sa približujú hodnotám stredného artériového tlaku a neinformujú o systolickom alebo diastolickom krvnom tlaku. Z uvedeného dôvodu by sa hodnoty krvného tlaku mali pohybovať okolo 90 mmHg, jednoznačne však pod 100 mmHg.

Hodnotenie morfológie ľavostranných dutín

Po implantácii LVAD dochádza k zmenšeniu dutiny ľavej predsene aj LK (**obrázky 2A a 2B**) (12). Účinnosť dekompresie LK možno hodnotiť na základe postavenia medzikomorového septa. Indikátorom účinnej dekompresie LK je neutrálne (**obrázok 3A**) alebo mierne dolava (**obrázok 3B**) vyklenuté



Obrázok 2 (A) Veľkosť dutiny LK pred implantáciou a (B) dva mesiace po implantácii mechanickej podpory LK. V dôsledku zlepšenia srdcového výdaja dochádza po implantácii mechanickej podpory LK k zmenšeniu diametra dutiny LK
LK – ľavá komora

medzikomorové septum. V prípade nedostatočnej dekompresie LK je medzikomorové septum vyklenuté doprava (**obrázok 3C**). V niektorých situáciách môže dochádzať k extrémnemu vyklenovaniu medzikomorového septa doľava, akými sú excesívne odsávanie krvi z LK pri nastavení vysokých otáčok LVAD, závažná TR a závažná dysfunkcia PK. Hodnotenie ejekčnej frakcie LK sa neodporúča, pretože ejekcia krvi z ľavej komory nie je fyziologická.

Hodnotenie mitrálnnej regurgitácie

V prípade správnej funkcie LVAD možno predpokladať signifikantnú regresiu závažnosti MR. Ak pretrváva závažná MR aj po implantácii LVAD, je potrebné vyšetrenie zamerať na posúdenie mechanizmu regurgitácie. Pretrvávanie závažnej funkčnej MR môže mať viaceré príčiny. Môže ísť o následok suboptimálneho nastavenia otáčok LVAD, kedy nedochádza k dostatočnej dekompresii LK ani k zmenšeniu ťahu závesného aparátu. V tomto prípade je potrebné pokúsiť sa o optimalizáciu nastavenia otáčok LVAD pod echokardiografickou kontrolou. Optimalizácia nastavenia otáčok LVAD je rutinnou súčasťou včasného pooperačného manažmentu pacienta v špecializovaných centrách. Ďalšou príčinou progresie závažnosti MR môže byť trombóza čerpadla LVAD.

Vyšetrenie pravej komory a hodnotenie trikuspidálnej regurgitácie

Približne u jednej tretiny pacientov sa po implantácii LVAD stretávame s rôznym stupňom dysfunkcie PK (13). Dysfunkcia PK predstavuje hlavnú príčinu morbidít a mortality týchto pacientov. V dôsledku zvýšeného minútového objemu a venózneho návratu do PK sa v prípade preexistujúcej dysfunkcie PK môže jej funkcia ešte zhoršiť. Preto má

opakovaná reevaluácia funkcie PK a závažnosti TR veľký význam. Spôsob hodnotenia veľkosti a funkcie PK pred a po implantácii LVAD je totožný. Štandardným meraním je aj hodnotenie systolického tlaku v a. pulmonalis z Dopplerovského merania vrcholovej rýchlosti TR, diametra dolnej dutej žily a jej respiračne podmienenej variability.

Vyšetrenie vtokovej kanyly

Pozíciu vtokovej kanyly LVAD hodnotíme zo štvor- a dvojduťinovej apikálnej projekcie v oblasti hrotu LK. V optimálnom prípade smeruje vtoková kanyla LVAD do oblasti výtokového traktu LK. Farebným dopplerom vyšetrujeme charakter prúdenia krvi cez vtokovú kanylu. Ak je funkcia LVAD správna, prietok vo vtokovej kanyle je laminárny. Turbulentný tok poukazuje na obštrukciu vtokovej kanyly. Najčastejšími príčinami obštrukcie vtokovej kanyly je trombus alebo intermitentné prisávanie kanyly o stenu LK. Z apikálnej štvor- a dvojduťinovej projekcie vyšetrujeme pulzným dopplerom prietok krvi cez vtokovú kanylu. Prietok krvi by mal byť laminárny, jednosmerný bez regurgitácie, rýchlosť prúdenia krvi v kanyle je nízka, nepresahuje 150 cm/s (**obrázok 4**). Kontinuálnym dopplerom dokumentujeme maximálnu rýchlosť v rámci roviny vtokovej kanyly. Zachytenie vysokorýchlostného prúdenia krvi vo vtokovej kanyle poukazuje na obštrukciu vtokovej kanyly. Prítomnosť regurgitačného prúdenia krvi z vtokovej kanyly do LK taktiež poukazuje na obštrukciu kanyly alebo trombózu čerpadla LVAD.

Vyšetrenie výtokovej kanyly

Zobrazenie výtokovej kanyly LVAD je pri transtorakálnom echokardiografickom vyšetrení často problematické. Odporúča sa použiť parasternálnu dlhú os s umiestnením sondy do vyššieho

medzirebrového priestoru, odkiaľ môžeme zobraziť end-to-side anastomózu výtokovej kanyly do ascendentnej aorty, prípadne parasternálnu projekciu u pacienta v polohe na pravom boku, ktorou môžeme zobraziť výtokovú kanylu v pozdĺžnej osi. Pri vyšetrení výtokovej kanyly využívame pulzný, kontinuálny aj farebný doppler. Pri vyšetrení výtokovej kanyly LVAD pulzným dopplerom je potrebné umiestniť vzorkovací objem aspoň 1 cm proximálne do anastomózy. Vrcholová rýchlosť vo výtokovej kanyle zvyčajne dosahuje 0,5 – 2,0 m/s (**obrázok 5**), krivka vykazuje miernu pulzatilitu (14) v závislosti od minútového objemu generovaného LVAD a nastavenia jeho otáčok.

3. Echokardiografia pri hemodynamickej instabilite po operačnom výkone

Najčastejšími príčinami hemodynamickej instability vo včasnom pooperačnom období sú hypovolémia v dôsledku

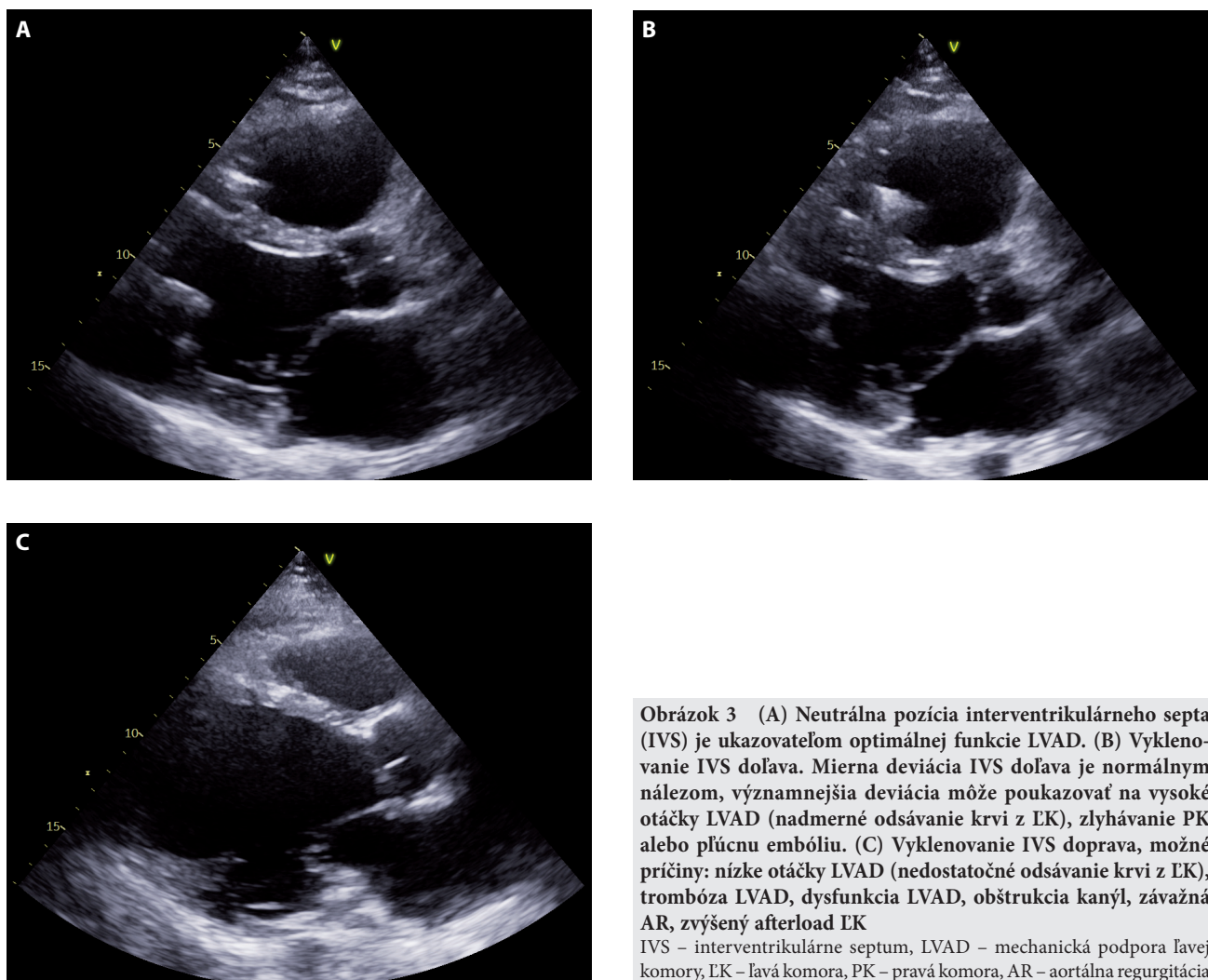
pooperačného krvácania, akútna dysfunkcia PK, srdcová tamponáda, pľúcna embólia a dysfunkcia LVAD najčastejšie v dôsledku trombózy čerpadla LVAD (15).

Dysfunkcia pravej komory

Akútna dysfunkcia PK sa prejavuje dilatáciou a hypokontraktilitou PK, závažnou TR, malou dutinou LK a intermitentnou obštrukciou výtokovej kanyly kolabovanou LK. V závislosti od stupňa dysfunkcie PK môžu byť pri vyšetrení prítomné len niektoré z vyššie uvedených nálezov.

Pľúcna embólia

Pri pľúcnej embólii môže byť nález podobný ako pri akútnej dysfunkcii PK. Podozrenie na pľúcnu embóliu vzbudzuje aj nález pľúcnej hypertenzie, keďže po implantácii LVAD sa očakáva pokles pľúcnej hypertenzie, prípadne až normalizácia hemodynamických parametrov v malom obehu.



Srdcová tamponáda

Diagnostika srdcovej tamponády môže byť v niektorých prípadoch veľmi obťažná, pretože krvácanie do perikardu môže byť lokalizované len za určitou srdcovou dutinou a môže spôsobovať kompresiu len tejto dutiny. Tamponádu ľavej alebo pravej predsene môže spôsobiť už veľmi malé množstvo krvi. Takýto echokardiografický nález sa preto vyšetrojúcemu môže javiť ako nevýznamný.

Trombóza LVAD

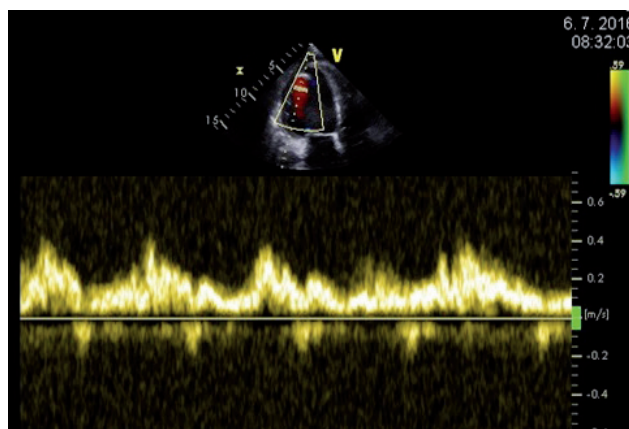
Trombóza LVAD patrí medzi najobávanejšie komplikácie. Jej diagnostika je väčšinou nepriama, pretože trombus sa vo väčšine prípadov zobrazovacími vyšetreniami nepodarí vizualizovať pre artefakty z metalických častí LVAD (16). Na trombózu nás upozornia symptómy a znaky suspektné z trombózy LVAD, hemolýza a zmena parametrov LVAD. Symptómy a znaky suspektné z trombózy zahŕňajú zmenu zvuku LVAD, pokles funkčnej kapacity, dýchavicu, arytmiu, novovzniknutú chlopňovú insuficienciu, znaky srdcového zlyhávania, permanentné otváranie aortálnej chlopne a dilatáciu dutiny EK. Na hemolýzu poukazuje tmavé sfarbenie moča a laboratórny nález nekonjugovanej hyperbilirubinémie, vysokej aktivity laktátdehydrogenázy v sére (viac než trojnásobok horného referenčného rozmedzia), nízkej hladiny haptoglobínu v sére alebo hemoglobinúrie. Údaj o zvýšenom výkone pumpy (množstvo dodávanej energie do motora pumpy) taktiež patrí do obrazu trombózy LVAD. Klinický obraz pacienta môže varírovať od asymptomatického stavu až po šokový stav v dôsledku obštrukcie prietoku LVAD. Kým pri trombóze čerpadla LVAD môže byť jediným klinickým prejavom tmavé sfarbenie moču v dôsledku hemolýzy, pri obštrukcii vtokovej (obrázky 6A a 6B) alebo výtokovej kanyly je pacient väčšinou výrazne symptomatický. Pacienta s podozrením na trombózu LVAD je nevyhnutné ihneď hospitalizovať.

Dysfunkcia LVAD

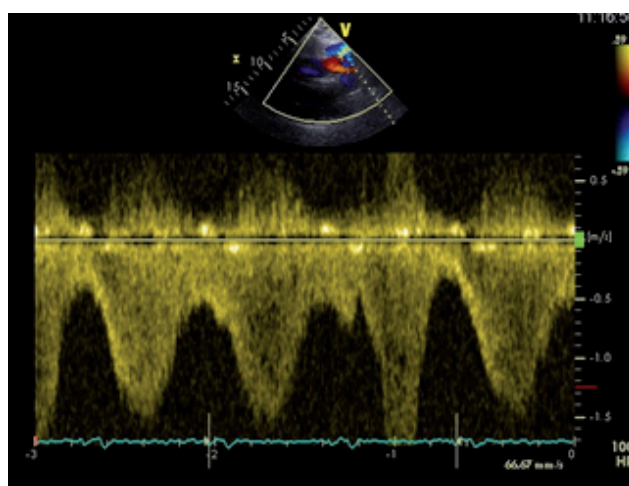
K mechanickej dysfunkcii samotného čerpadla LVAD v súčasnosti prakticky nedochádza, môže však dôjsť k dysfunkcii LVAD pri poruche riadiacej jednotky, poškodení externého kábla spájajúceho riadiacu jednotku s LVAD, prípadne pri vybití batérií.

Kinking výtokovej kanyly

Podozrenie na kinking výtokovej kanyly vzbudzuje absencia Dopplerovského signálu vo výtokovej kanyle z akejkoľvek projekcie (14, 15). Definitívnu diagnózu možno určiť pomocou angiografie (17). Taktiež dochádza k otváraniu aortálnej chlopne, pretože pokles prietoku krvi cez LVAD je asociovaný so vzostupom systolického tlaku v EK a poklesom systolického tlaku v aorte, čo sa prejaví otváraním aortálnej chlopne.



Obrázok 4 Normálny laminárny tok na vtokovej kanyle



Obrázok 5 Normálny turbulentný tok na distálnej časti výtokovej kanyly

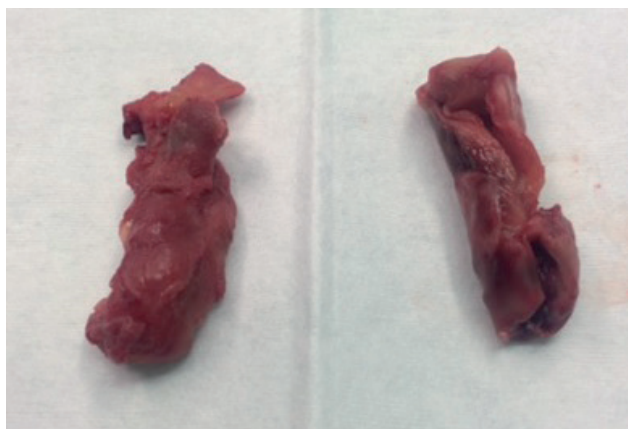
4. Význam echokardiografie pri ambulantných vyšetreniach po implantácii LVAD

Transtorakálne echokardiografické vyšetrenia u ambulantných pacientov po implantácii LVAD realizujeme predovšetkým z dvoch hlavných dôvodov: prvým je optimalizácia nastavenia LVAD (túto je možné realizovať len v špecializovaných centrách po pripojení riadiacej jednotky na systémový monitor); druhým je pátranie po príčinách, ktoré viedli k zhoršeniu klinického stavu a tiež identifikácia príčin abnormálnych parametrov LVAD asociovaných s dysfunkciou LVAD.

Pri rutinných echokardiografických kontrolách pacientov s implantovaným LVAD sa zameriavame na nasledovné štruktúry a parametre: 1. otváranie aortálnej chlopne a posúdenie prítomnosti AR (obrázok 7); 2. pozíciu medzipredsieňového



Obrázok 6 Trombóza vtokovej kanyly LVAD
LVAD – mechanická podpora ľavej komory



septa (a v menšej miere aj medzikomorového septa); 3. veľkosť a funkciu PK; 4. posúdenie závažnosti TR; 5. odhad tlaku v pravej predsieni.

Otváranie aortálnej chlopne

Keď systolický tlak v LK prevýši systolický tlak v aorte, dôjde k otvoreniu aortálnej chlopne a ekejii krvi cez aortálnu chlopňu. V prípade normálnej funkcie LVAD môže byť aortálna chlopňa stále zatvorená, prípadne pri vyššej miere pulzatility sa môže intermitentne parciálne otvárať. Pri permanentnom otváraní aortálnej chlopne počas každej systoly je potrebné pátrať, prečo k tejto situácii dochádza. Príčiny sú rôzne, od zvýšeného preloadu, cez vzostup kontrakti-

ty ľavej komory (pri strese, inotropnej podpore, zlepšení systolickej funkcie LK) až po zvýšený afterload. Otváranie aortálnej chlopne závisí aj od príčiny zvýšeného afterloadu. Ak je príčinou zvýšeného afterloadu kinking, obštrukcia kanyly alebo trombóza čerpadla LVAD, dôjde k vzostupu systolického tlaku v ľavej komore a poklesu tlaku v aorte, čo sa prejaví otváraním aortálnej chlopne počas každej systoly. Ak dôjde k zvýšeniu afterloadu v dôsledku vazokonstrikcie, respektíve vysokého tlaku krvi, stúpne systolický tlak v LK aj v aorte a aortálna chlopňa zostane zatvorená.

Pozícia medzipredsieňového a medzikomorového septa

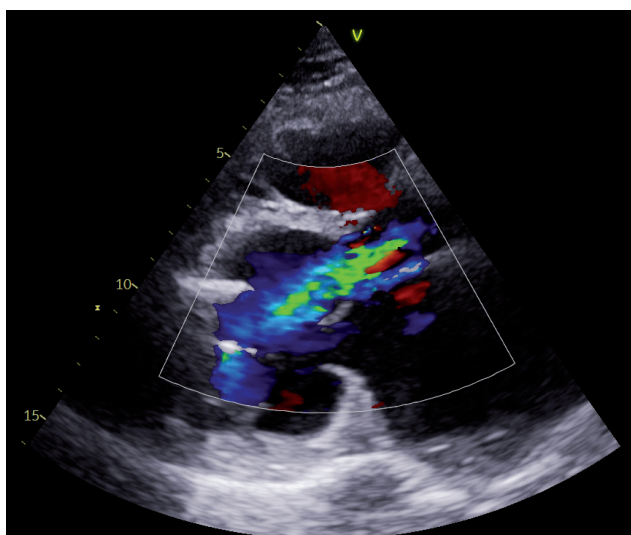
Najcitlivejším ukazovateľom účinnosti dekompresie LK je pozícia medzipredsieňového septa. Medzipredsieňové septum by malo byť v neutrálnej pozícii, prípadne mierne vyklenuté doľava. Medzikomorové septum by malo byť v neutrálnej pozícii.

Vrcholová rýchlosť trikuspidálnej regurgitácie

U pacientov po implantácii LVAD očakávame významný pokles pľúcnej hypertenzie, u väčšiny dokonca dochádza k normalizácii hemodynamických parametrov v malom obeh. Hodnota vrcholovej rýchlosti TR by preto mala byť významne nižšia v porovnaní s echokardiografickým vyšetrením pred implantáciou LVAD. V prípade, že nedôjde k významnému poklesu vrcholovej rýchlosti TR, prípadne jej hodnota vzrastie, je potrebné hľadať príčiny tohto stavu (dysfunkcia PK, pľúcna embólia, trombóza čerpadla LVAD).

Odhad tlaku v pravej predsieni

Okrem samotnej pozície medzipredsieňového septa je vždy potrebné hodnotiť aj odhadovaný tlak v pravej predsieni (na základe diametra a respiračne podmienenej variability dolnej dutej žily), pretože zvýšený tlak v pravej predsieni môže byť dôsledkom vysokého plniaceho tlaku LK, čo môže taktiež viesť



Obrázok 7 Progresia AR po implantácii LVAD
AR – aortálna regurgitácia, LVAD – mechanická podpora LK

k vyklenovaniu medzipredsieňového septa dolava. V takom prípade je potrebné hľadať príčiny, ktoré vedú k neúčinnnej dekompresii LK (suboptimálne nastavenie otáčok LVAD, obštrukcia kanýl, trombóza čerpadla LVAD).

Záver

Transtorakálne echokardiografické vyšetrenie má nezastupiteľný význam v manažmente pacientov s implantovaným LVAD. Cieľom tejto publikácie bolo priblížiť princípy tohto vyšetrenia kardiológom, ktorí neprichádzajú do častého kontaktu s touto špecifickou problematikou. Sme toho názoru, že vzhľadom na stúpajúci trend implantácií LVAD, či už v indikácii premostenia k transplantácii srdca alebo v indikácii destinačnej terapie je dôležité pre kardiologickú prax poznať aspoň základné aspekty echokardiografického vyšetrenia po implantácii LVAD s cieľom posúdiť správnosť funkcie LVAD a identifikovať základné patologické nálezy.

Čestne vyhlasujem, že neexistuje žiadny konflikt záujmov medzi zúčastnenými stranami.

Literatúra

- Goncalvesová E, Hulman M, Olejárová I, et al. Iniciálne skúsenosti s implantabilnými mechanickými podporami ľavej komory v programe transplantácie srdca v Národnom ústave srdcových a cievnych chorôb. *Cardiol* 2008;17:101–108.
- Danková M, Lesný P, Luknár M, et al. Implantácia mechanickej podpory ľavej komory ako premostenie k zaradeniu na čakaciu listinu. *Kardiol. Prax* 2017;15:205–207.
- Park SJ, Tector A, Piccioni W, et al. Left ventricular assist devices as destination therapy: a new look at survival. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;129:9–17.
- Frazier OH, Rose EA, Dz MC, et al. Multicenter clinical evaluation of the HeartMate vented electric left ventricular assist system in patients awaiting heart transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:1186–1195.
- Frazier OH, Rose EA, Dz MC, et al. Multicenter clinical evaluation of the heartmate vented electric left ventricular assist system in patients awaiting heart transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2001;20:201–202.
- Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. *N Engl J Med* 2001;345:1435–1443.
- Miller LW, Pagani FD, Russell SD, et al. Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *N Engl J Med* 2007;357:885–896.
- Siegenthaler MP, Westaby S, Frazier OH, et al. Advanced heart failure: feasibility study of long-term continuous axial flow pump support. *Eur Heart J* 2005;26:1031–1038.
- Lesný P, Hulman M, Olejárová I, et al. Dlhodobé mechanické podpory ľavej komory v liečbe srdcového zlyhávania na Slovensku. *Cardiology Lett.* 2020;29:50–56.
- Griffith BP, Kormos RL, Borovetz HS, et al. HeartMate II left ventricular assist system: from concept to first clinical use. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S116–S120.
- Frazier OH, Delgado RM, Kar B, et al. First clinical use of the redesigned HeartMate II left ventricular assist system in the United States: a case report. *Tex Heart Inst J* 2004;31:157–159.
- 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.
- Dang NC, Topkara VK, Mercado M, et al. Right heart failure after left ventricular assist device implantation in patients with chronic congestive heart failure. *J Heart Lung Transplant* 2006;25:1–6.
- Catena E, Milazzo F, Merli M, et al. Echocardiographic evaluation of patients receiving a new left ventricular assist device: the Impella recover 100. *Eur J Echocardiogr* 2004;5:430–437.
- Catena E, Milazzo F, Montorsi E, et al. Left ventricular support by axialflow pump: the echocardiographic approach to device malfunction. *J Am Soc Echocardiogr* 2005;18:1422.e7–1422.e13.
- Lesný P, Luknár M, Goncalvesová E. Ambulantné sledovanie pacientov s dlhodobou mechanickou podporou obehu. *Kardiol Prax* 2017;15:201–204.
- Horton SC, Khodaverdian R, Powers A, et al. Left ventricular assist device malfunction: a systematic approach to diagnosis. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:1574–1583.