

DOČASNÁ RESYNCHRONIZAČNÍ STIMULACE V LÉČBĚ AKUTNÍHO SRDEČNÍHO SELHÁNÍ

Jan Janoušek, Pavel Vojtovič, Roman Antonín Gebauer

Dětské kardiocentrum, FN v Motole, Praha

Srdeční resynchronizační terapie je akceptovanou metodou léčby chronického levostranného srdečního selhání u pacientů s dilatační kardiomyopatií spojenou s elektromechanickou dyssynchronií. Příznivé akutní hemodynamické efekty umožňují dočasné použití resynchronizační stimulace v terapii akutního srdečního selhání po kardiochirurgických výkonech. V dostupných pracích provedených u pacientů po operacích vrozených srdečních vad byl dokumentován nárůst arteriálního tlaku, srdečního indexu a komorového maximálního $+dP/dt$ při úspěšně provedené resynchronizaci. Resynchronizační stimulace byla použita jako alternativní metoda k mechanické podpoře cirkulace při nemožnosti odpojení od mimotělního oběhu. Dočasná srdeční resynchronizační terapie představuje účinný doplněk léčby akutního srdečního selhání. Na rozdíl od katecholaminů nezvyšuje spotřebu kyslíku v myokardu.

Klíčová slova: srdeční resynchronizační terapie, akutní srdeční selhání, vrozená srdeční vada.

TEMPORARY RESYNCHRONIZATION PACING FOR THE TREATMENT OF ACUTE HEART FAILURE

Cardiac resynchronization therapy is an accepted method for the treatment of chronic left ventricular failure in dilated cardiomyopathy associated with electromechanical dyssynchrony. Beneficial acute hemodynamic effects may be used in the treatment of acute heart failure following cardiac surgery. Available data from patients after surgical correction of congenital heart defects have shown multiple effects of resynchronization pacing in terms of increased arterial pressure, cardiac index and maximum ventricular $+dP/dt$. Temporary resynchronization pacing has been used as an alternative to mechanical circulatory support in patients who failed weaning from cardiopulmonary bypass. Temporary cardiac resynchronization therapy is a useful adjunct to the treatment of selected patients with acute heart failure following cardiac surgery. Compared to catecholamines such therapy does not increase myocardial oxygen consumption.

Key words: cardiac resynchronization therapy, acute heart failure, congenital heart disease.

Interv Akut Kardiolog 2004;3:185–188

Úvod

Srdeční resynchronizační terapie (SRT) se stala akceptovanou metodou léčby chronického levostranného srdečního selhání u pacientů s idiopatickou nebo ischemickou dilatační kardiomyopatií spojenou s elektromechanickou dyssynchronií. Byla publikována řada studií dokládajících příznivý akutní hemodynamický efekt i dlouhodobé funkční zlepšení^(1,2). Právě příznivý akutní efekt SRT může hrát důležitou roli při léčbě akutního srdečního selhání spojeného se spontánní nebo konvenční stimulací indukovanou elektromechanickou dyssynchronií. SRT přitom neoptimalizuje jenom nitrokomorovou^(3,4,5), ale také síňokomorovou⁽⁶⁾ synchronii a zlepšuje tak diastolické plnění komor. O klinickém použití dočasné resynchronizační terapie v léčbě akutního srdečního selhání existuje překvapivě málo prací^(7,8,9,10,11,12,13,14,15). Tyto studie se týkají výhradně pacientů po srdečních operacích, kde je multifokální stimulace technicky relativně snadno dosažitelná pomocí epikardiálních elektrod umístěných během operačního výkonu chirurgem. Právě u těchto pacientů má dočasná resynchronizační léčba racionální indikaci vycházející z poznatku

přechodného zhoršení myokardiální funkce v období prvních 24 hodin po kardioplegické srdeční zástavě^(16,17). K překlenutí kritické situace po operaci nestačí v případě přítomnosti významné síňokomorové a nitrokomorové dyssynchronie standardní léčba srdečního selhání zahrnující manipulaci předtřížením a dotížením a podávání pozitivně inotropních léků. Katecholaminy a inhibitory fosfodiesterázy zvyšují srdeční frekvenci a nemusí vést k žádoucímu zvýšení srdečního výdeje, protože mohou:

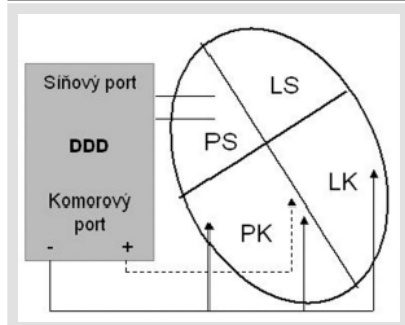
- a) potenciálně zkracovat dobu diastolického plnění komor a
- b) jejich pozitivní vliv na kontraktilitu myokardu je z větší části promarněn v důsledku mechanické nitrokomorové dyssynchronie.

Výsledkem takové léčby může být pouze zvýšení spotřeby kyslíku v myokardu při současném poklesu efektivity srdeční práce. SRT zlepšuje globální systolickou funkci levé komory bez současného zvýšení spotřeby kyslíku v myokardu^(18,19) a jeví se tak jako ideální metoda léčby pooperačního akutního srdečního selhání, jejíž potenciál byl dlouho přehlížen. Výsledkem úspěšné

resynchronizace je mimo jiné snížení srdeční frekvence v důsledku nižší potřeby inotropní podpory. Ve spojení se současnou optimalizací mechanické atrioventrikulární (AV) synchronie⁽²⁰⁾ to vede ke zlepšení diastolického plnění komor. Dočasná SRT tak může rozetnout zakletý kruh katecholaminů – sinusová tachykardie – porucha diastolického plnění.

Specifickou poruchou rytmu vhodnou k aplikaci dočasné resynchronizační stimulace je kromě přítomnosti AV a inter/intraventrikulárního (IV) převodního zpoždění také v kardiochirurgii vrozených srdečních vad často se vyskytující časná pooperační junkční ektopická tachykardie. Její negativní hemodynamický dopad spočívá v kombinaci vysokých srdečních frekvencí a poruchy AV synchronie při AV disociaci nebo retrográdní aktivaci síní. Standardní protokol léčby této arytmie zahrnuje podávání antiarytmik (amiodaron i. v.), celkovou hypotermii a dočasnou srdeční stimulaci k obnovení AV synchronie⁽²¹⁾, která často umožní významně snížit inotropní podporu mající jinak nevhodný pozitivně chronotropní efekt na ektopický fokus.

Obrázek 1. Umístění epikardiálních elektrod pro dočasnou atriobiventrikulární stimulaci a jejich zapojení do externího dvoudutinového kardiostimulátoru. DDD = externí dvoudutinový kardiostimulátor, LS = levá síň, LK = levá komora, PK = pravá komora, PS = pravá síň

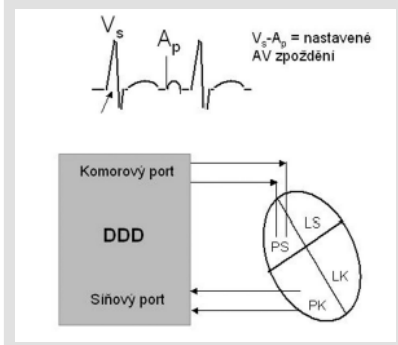


Vzhledem k tomu, že technické aspekty a přínos dočasné resynchronizační stimulace byly až na výjimky^(13, 14, 15) popsány spíše u pacientů po operacích vrozených srdečních vad^(7, 8, 9, 10, 11, 12), je nutno přistupovat k aplikaci této metody u jiných skupin nemocných s určitou opatrností.

Technické aspekty dočasné resynchronizační stimulace

V publikovaných pracích^(7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15) byla dočasná SRT většinou aplikována pomocí epikardiálních elektrod umístěných torakotomickou cestou v rámci kardiochirurgického výkonu. Správná pozice a funkce těchto elektrod je pro resynchronizační stimulaci vitální a je jí proto potřeba věnovat náležitou pozornost. Ta začíná již u předoperačního výběru potenciálních kandidátů s možnou potřebou dočasné SRT (pacienti s existující síňokomorovou nebo nitrokomorovou převodní poruchou nebo předpokládaným vznikem takové poruchy během výkonu ve spojení se sníženou funkcí komor) a pokračuje během kardiochirurgického výkonu, kdy definitivní indikace umístění elektrod vzniká nejlépe na základě dohody kardiochirurga, anesteziologa a intenzivisty. Umístění levokomorové elektrody je většinou snazší v době, kdy je pacient na mimotělním oběhu a manipulace se srdcem nevede k hemodynamickým problémům. Během výkonu je potřeba ověřit funkčnost elektrod měřením jednotlivých stimulačních prahů a kontrolou sensingu epikardiálních signálů. Optimální stimulační režim nastavujeme a stimulaci zahajujeme ještě před ukončením mimotělního oběhu. Lze se tím vyvarovat zbytečného podávání vysokých dávek katecholaminů, případně nutnosti použití kontrapulzace nebo jiné metody mechanické srdeční podpory^(9, 10, 11). Efekt stimulace je vhodné opakovaně kontrolovat sledováním změn arteriálního a plicních tlaků při krátkodobém vypnutí a zapnutí stimulatoru, přičemž je možno současně op-

Obrázek 2. Zapojení elektrod při komorami spouštěné síňové stimulaci. Ap = síňová stimulace, DDD = externí dvoudutinový kardiostimulátor v režimu VAT. LS = levá síň, LK = levá komora, PK = pravá komora, PS = pravá síň, Vs = komorové vnímání

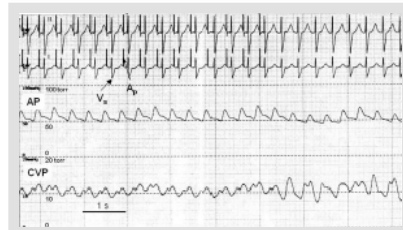


timalizovat AV zpoždění. V případě absence měření srdečního výdeje je nejlepším orientačním ukazatelem hodnota pulzního tlaku, která krátkodobě koreluje s tepovým objemem za předpokladu nezměněné systémové cévní rezistence⁽²²⁾. O ukončení stimulace uvažujeme v okamžiku, kdy je její krátkodobý hemodynamický efekt již zanedbatelný.

Umístění stimulačních elektrod. V publikované práci, která si kladla za cíl možnost resynchronizace pravé i levé komory spolu s možností optimalizace AV zpoždění⁽⁶⁾ byly elektrody umísťovány na pravou síň (bipolární elektroda), výtokový trakt pravé komory (bipolární elektroda) a vtokovou volnou stěnu pravé a levé komory asi do 1/3 vzdálenosti mezi prstencem trikuspidální, resp. mitrální chlopně a srdečním hrotem (unipolární elektrody) (obrázek 1). Ve standardním uspořádání byla jedna z elektrod na výtokovém traktu pravé komory použita jako indiferentní (+) a ostatní komorové elektrody byly spojeny pomocí speciálního kabelu do diferentního (-) pólu komorového portu externího dvoudutinového kardiostimulátoru (obrázek 1). Ve specifických situacích bylo toto uspořádání modifikováno podle klinické situace (viz dále).

Externí dvoudutinový kardiostimulátor. Ke stimulaci je vhodné použít kardiostimulátor s vysokou síňovou citlivostí v bipolární konfiguraci (<0,5 mV), širokým rozsahem AV zpoždění (5–300 ms), dostatečnou amplitudou komorového impulsu (>10 V), dostatečně vysokou maximální synchronizační frekvenci (až 230/min. u dětských pacientů), možností nastavení krátké postventrikulární síňové refrakterní periody (PVARP, <150 ms) a možností VAT režimu s potlačeným komorovým vnímáním. Uvedené vlastnosti dobře splňuje kardiostimulátor PACE 203 H, Dr. Osypka GmbH, Berlin, Germany v softwarové modifikaci 1.10 jji⁽¹⁰⁾. Důvodem použití přístroje s krátkou PVARP, případně VAT režimem, je

Obrázek 3. Komorami spouštěná síňová stimulace u pacienta s pooperační junkční ektopickou tachykardií. Spontánní rytmus je patrný v pravé části záznamu. Nápadné je kolísání arteriálního tlaku (AP) spolu s nepravidelnou křivkou centrálního žilního tlaku (CVP) způsobené AV disociací. V levé části záznamu dochází při stimulaci k podstatnému nárůstu arteriálního tlaku, křivka centrálního žilního tlaku je v důsledku obnovené síňo-komorové synchronie pravidelná a na EKG jsou patrné stimulované P vlny předcházející QRS komplex. Ap = síňová stimulace, Vs = komorové vnímání



především možnost použití síněmi spouštěné komorové stimulace u pacientů s dlouhým spontánním AV zpožděním, u kterých by jinak nebylo možné vnímání P vlny.

Stimulační režim. Základním stimulačním režimem je síněmi spouštěná biventrikulární stimulace s optimalizovaným AV zpožděním. Při izolované raménkové bloádě s normální délkou AV převodu může být použita síněmi spouštěná unifokální stimulace volné stěny komory na straně bloády časovaná tak, aby bylo dosaženo fúze mezi spontánní a stimulovanou aktivací komory rezultující v maximálním zúžení QRS komplexu⁽⁶⁾. Specifický stimulační režim je používán u pacientů s pooperační junkční ektopickou tachykardií, kde cílem stimulace je dosáhnout AV resynchronizace při junkčním ektopickým fokusem řízené akci komor spojené buď s AV disociací nebo retrográdním převodem na síně. Epikardiální komorové elektrody jsou v této situaci napojeny na síňový port stimulatoru a síňové elektrody naopak na komorový port (obrázek 2). Stimulátor je zapnut v režimu VAT, efektivně AVT – komorami spouštěná síňová stimulace^(10, 23) a AV (efektivně ventrikuloatriální) zpoždění nastaveno tak, aby docházelo ke stimulaci síně před následnou spontánní komorovou depolarizací (obrázek 3).

Výsledky dočasné resynchronizační stimulace

Vlastní zkušenosti. Ve studii z našeho pracoviště⁽⁶⁾ byl akutní hemodynamický efekt AV a IV resynchronizace vyšetřován u 20 pacientů časně po operaci VSV ve věku 3,4 měsíce až 14,0 let, kteří splňovali následující kritéria:

1. přítomnost AV a/nebo IV převodního zpoždění a
2. potřeba inotropní podpory.

AV resynchronizace ($n = 13$) bylo dosaženo pomocí optimalizace AV zpoždění během síňové synchronní stimulace ve výtokovém traktu pravé komory (PK). IV resynchronizace ($n = 14$) byla provedena pomocí síňové synchronní stimulace z volné stěny PK u sedmi pacientů s blokem pravého Tawarova raménka a normálním AV převodem a pomocí síňové synchronní biventrikulární stimulace u dalších sedmi pacientů s předchozí AV resynchronizací. V porovnání s výchozími hodnotami vedla AV resynchronizace ke vzestupu arteriálního systolického, středního a pulzního tlaku o $7,2 \pm 8,3 \%$ ($p < 0,01$), $8,6 \pm 8,1 \%$ ($p < 0,005$) a $6,9 \pm 13,5 \%$ (p NS). IV resynchronizace použitá buď izolovaně nebo v kombinaci s předchozí AV resynchronizací vedla (k dalšímu) tlakovému vzestupu o $7,0 \pm 4,7 \%$, $5,9 \pm 4,7 \%$ a $9,4 \pm 7,8 \%$ ($p < 0,001$ pro všechny proměnné). Kombinovaný efekt AV a IV resynchronizace rezultoval ve vzestupu systolického, středního a pulzního tlaku o průměrně (rozmezí) $10,2 \pm 5,0$ ($4,0$ – $19,1$), $8,6 \pm 5,4$ ($0,8$ – $14,8$) a $15,2 \pm 8,5$ ($6,1$ – $33,3$) %, $p < 0,001$ pro všechny proměnné. Vzestup

systolického arteriálního tlaku po IV resynchronizaci koreloval pozitivně s výchozí šířkou QRS komplexu ($R = 0,62$; $p < 0,05$) a mírou jejího zkrácení po resynchronizaci ($R = 0,66$; $p < 0,05$). Patrná byla také pozitivní korelace efektu dočasné IV resynchronizace se srdeční frekvencí (obrázek 4). Resynchronizační stimulace byla aplikována v průměru 36 hodin (rozpětí 3 hodiny–45 dní) po operaci. Normalizace spontánního AV zpoždění, pokles sinusové frekvence a celkové zlepšení funkce komor byly hlavními předpoklady úspěšného ukončení stimulace. Všichni sledovaní pacienti přežili.

Dále jsme vyšetřovali efekt komorami spouštěné síňové stimulace u pacientů s pooperační junkční ektopickou tachykardií⁽¹⁰⁾. Studováno bylo 10 po sobě jdoucích pacientů (medián maximální srdeční frekvence 185, rozsah 130–240/min.) ve věku 0,3–45 (medián 5,2) měsíců. Stimulace byla úspěšně provedena u všech pacientů po střední dobu 29 (rozmezí 10–96) hodin až do spontánního vymizení tachykardie a vedla k okamžitému vzestupu arteriálního systolického, středního a pulzního tlaku o $8,9 \pm 3,2$ ($p < 0,001$), $8,1 \pm 4,0$ ($p < 0,001$) a $11,9 \pm 7,8 \%$ ($p < 0,005$). U dvou pacientů vznikla kardiostimulátorem zprostředkovaná tachykardie, která byla zastavena prodloužením AV (efektivně VA) zpoždění, a u jednoho pacienta došlo k indukci flutteru síní řešeného overdrive.

Kazuistika

Tříměsíční chlapec s těžkou formou Fallotovy tetralogie spojené s obstrukcí defektu komorového septa tkání trikuspidální chlopně rezultující v těžké hypertrofii pravé komory se podrobil radikální korekci spočívající v odstranění obstrukce výtoku z pravé komory do plicnice s použitím transanulární záplaty a v uzávěru defektu komorového septa. Operační výsledek byl podle peroperačního echokardiografického vyšetření dobrý s výjimkou přítomnosti významné pulmonální

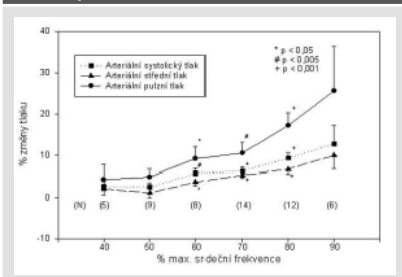
regurgitace, obvyklé při použití transanulární záplaty. Odpojení od mimotělního oběhu však nebylo možné pro nízký systémový tlak (40–50 torr) a vysoký centrální žilní tlak (16 torr) i přes kombinovanou inotropní podporu zahrnující adrenalin a milrinon. Na monitorovaném EKG byla patrná sinusová tachykardie 180/min., přítomnost AV bloku I. stupně s PR intervalem 200 ms a kompletní blok pravého raménka s šířkou QRS 110 ms. Jako alternativa k mechanické podpoře cirkulace byla zahájena síněmi spouštěná biventrikulární stimulace rezultující v okamžitém vzestupu arteriálního a poklesu centrálního žilního tlaku. Pacienta bylo možno odpojit od mimotělního oběhu a převést na pooperační JIP. Ve stimulaci bylo pokračováno celkem 10 dní, kdy byla při normalizaci spontánního AV intervalu a zlepšení funkce myokardu bez negativních důsledků ukončena. Obrázek 5 dokumentuje vliv různých typů stimulace na hemodynamiku po stabilizaci oběhu pátý pooperační den.

Literární údaje

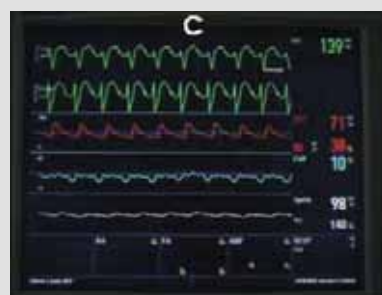
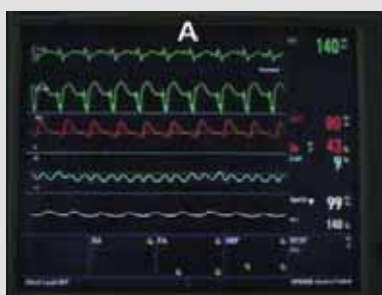
Zimmerman a spol.⁽⁹⁾ prokázal příznivý hemodynamický efekt dočasné resynchronizace u akutně pooperačně selhávající pravé nebo společné komory spojené s blokem pravého raménka pomocí síněmi spouštěné multifokální pravokomorové stimulace doložený okamžitým vzestupem srdečního indexu o 15,1 % ($p = 0,0001$). U dvou pacientů zahájil stimulaci již při odpojování od mimotělního oběhu a vyhnul se tak nutnosti použití mechanické podpory cirkulace.

Dubin a spol.⁽¹²⁾ testovala vliv dočasné resynchronizace pravé subpulmonální komory (6/7 pacientů mělo operovanou Fallotovu tetralogii) při diagnostické katetrizaci pomocí síněmi spouštěné pravokomorové stimulace s AV zpožděním nastaveným na 90 % spontánního PR intervalu. Pomocí fúze spontánní a stimulované aktivace komor tak dosáhla funkčního odstranění bloku pravého raménka

Obrázek 4. Závislost efektu dočasné intraventrikulární resynchronizace na srdeční frekvenci (vyjádřené v procentech maximální srdeční frekvence vypočtené podle rovnice $220 - \text{věk [roky]}$). Udána je akutní změna arteriálního tlaku po provedení intraventrikulární resynchronizace při trvale optimalizovaném AV zpoždění. Měření jsou prováděna v pooperačním období u hemodynamicky stabilních pacientů během maximálně 1 hod. při několika postupně stoupajících vnucených srdečních frekvencích



Obrázek 5. Dočasná resynchronizační stimulace. Záznam z monitoru. Shora dolů: 2 EKG svody, arteriální tlak, centrální žilní tlak, saturační křivka. A. Síněmi spouštěná biventrikulární stimulace vedoucí k významnému nárůstu arteriálního systolického tlaku o 10 torr oproti spontánnímu rytmu. B. Přepnutí do síněmi spouštěné pravokomorové stimulace s optimalizovaným AV intervalem. Je patrný okamžitý pokles arteriálního tlaku v důsledku levokomorové desynchronizace způsobené unifokální stimulací, které odpovídá nárůst šířky QRS komplexu s morfologií bloku levého Tawarova raménka. C. Spontánní rytmus s AV blokem I. stupně a blokem pravého Tawarova raménka



aniž by stimulací navodila desynchronizaci levé komory. Výsledkem byl signifikantní nárůst pravokomorového max. $+dP/dt$ o 22,0% ($p = 0,01$) a srdečního indexu o 17,0% ($p = 0,04$).

V české literatuře existuje kazuistické sdělení o úspěšném použití dočasné biventrikulární stimulace u pacientky s blokem levého Tawarova raménka po chirurgické revaskularizaci myokardu⁽¹⁵⁾. Ve srovnání s AAI stimulací došlo k významnému zvýšení srdečního indexu, poklesu tlaku v zaklínění a poklesu systémové cévní rezistence. U pacientky byl následně implantován trvalý biventrikulární kardiostimulátor.

Závěr

Dočasná resynchronizační stimulace je vhodnou doplňkovou metodou léčby akutního srdečního selhání u pacientů s AV a/nebo IV desynchronizací. Optimalizuje mechanické síňokomorové zpoždění a synchronizuje kontrakci systémové a případně i subpulmonální komory. Tím zlepšuje systolickou i diastolickou funkci srdce. Na rozdíl od katecholaminů nezvyšuje spotřebu kyslíku v myokardu. Její efekt narůstá se srdeční frekvencí. Z tohoto důvodu je potenciálně zvlášť účinná při těžkém akutním selhání srdce spojeném s vysokými hladinami interních i externě podávaných katecholaminů. Včasné použití resynchronizační stimulace po kardiochirurgických zákrocích může být u některých nemocných alternativou k mechanické podpoře cirkulace při nemožnosti odpojení od mimotělního oběhu. Dočasná biventrikulární stimulace může zároveň detekovat respondérny chronické SRT⁽¹⁵⁾.

Tato práce byla podpořena Výzkumným záměrem FN Motol č. 000 000 64 203.

Literatura

1. Abraham WT, Hayes DL. Cardiac resynchronization therapy for heart failure. *Circulation*. 2003; 108: 2596–2603.
2. Leclercq C, Hare JM. Ventricular resynchronization: current state of the art. *Circulation*. 2004; 109: 296–299.
3. Popovic ZB, Grimm RA, Perlic G, et al. Noninvasive assessment of cardiac resynchronization therapy for congestive heart failure using myocardial strain and left ventricular peak power as parameters of myocardial synchrony and function. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002; 13: 1203–1208.
4. Yu CM, Chau E, Sanderson JE, et al. Tissue Doppler echocardiographic evidence of reverse remodeling and improved synchronicity by simultaneously delaying regional contraction after biventricular pacing therapy in heart failure. *Circulation* 2002; 105: 438–445.
5. Sogaard P, Egeblad H, Kim WY, et al. Tissue Doppler imaging predicts improved systolic performance and reversed left ventricular remodeling during long-term cardiac resynchronization therapy. *J Am Coll Cardiol* 2002; 40: 723–730.
6. Auricchio A, Stellbrink C, Block M, et al. Effect of pacing chamber and atrioventricular delay on acute systolic function of paced patients with congestive heart failure. The Pacing Therapies for Congestive Heart Failure Study Group. The Guidant Congestive Heart Failure Research Group. *Circulation* 1999; 99: 2993–3001.
7. Janousek J, Vojtovic P, Chaloupecky V, et al. Hemodynamically optimized temporary cardiac pacing after surgery for congenital heart defects. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000; 23: 1250–1259.
8. Janoušek J, Vojtovič P, Hučín B, et al. Resynchronization pacing is a useful adjunct to the management of acute heart failure after surgery for congenital heart defects. *Am J Cardiol* 2001; 88: 145–152.
9. Zimmerman FJ, Starr JP, Koenig PR, et al. Acute hemodynamic benefit of multisite ventricular pacing after congenital heart surgery. *Ann Thorac Surg* 2003; 75: 1775–1780.
10. Janoušek J, Vojtovič P, Gebauer RA. Utility of a modified commercially available temporary pacemaker for R wave synchronized atrial pacing in postoperative junctional ectopic tachycardia. *Pacing and Clinical Electrophysiology* 2003; 26: 579–586.
11. Abdel-Rahman U, Kleine P, Seitz U, Moritz A. Biventricular pacing for successful weaning from extracorporeal circulation in an infant with complex tetralogy of fallot. *Pediatr Cardiol* 2002; 23: 553–554.
12. Dubin AM, Feinstein JA, Reddy M, et al. Electrical resynchronization. A novel therapy for failing right ventricle. *Circulation* 2003; 107: 2287–2289.
13. Gaudiani VA, Castro LJ, Fisher AL. Biventricular pacing during cardiac operations. *Heart Surg Forum* 2003; 6: E126–128.
14. Tanaka H, Okishige K, Mizuno T, et al. Temporary and permanent biventricular pacing via left ventricular epicardial leads implanted during primary cardiac surgery. *Jpn J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 50: 284–289.
15. Pazderková P, Šulda M, Mokráček A, Šetina M. Biventrikulární stimulace po koronárním bypassu u pacientky se systolickou dysfunkcí levé komory srdeční a poruchou nitrokomorového vedení vzruchu. *Cora Vasa* 2004; 46: 240–242.
16. Parr GV, Blackstone EH, Kirklin JW. Cardiac performance and mortality early after intracardiac surgery in infants and young children. *Circulation* 1975; 51: 867–874.
17. Wernovsky G, Wypij D, Jonas RA, et al. Postoperative course and hemodynamic profile after the arterial switch operation in neonates and infants. A comparison of low-flow cardiopulmonary bypass and circulatory arrest. *Circulation* 1995; 92: 2226–2235.
18. Nelson GS, Berger RD, Fetters BJ, et al. Left ventricular or biventricular pacing improves cardiac function at diminished energy cost in patients with dilated cardiomyopathy and left bundle-branch block. *Circulation* 2000; 102: 3053–3059.
19. Braunschweig F, Sörensen J, von Bibra H. Effects of biventricular pacing on myocardial blood flow and oxygen consumption using carbon-11 acetate positron emission tomography in patients with heart failure. *Amer J Cardiol* 2003; 92: 95–99.
20. Kindermann M, Frohlig G, Doerr T, Schieffer H. Optimizing the AV delay in DDD pacemaker patients with high degree AV block: mitral valve Doppler versus impedance cardiography. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997; 20: 2453–2462.
21. Walsh EP, Saul JP, Sholler GF, Friedman JK, Jonas RA, Mayer JE, Wessel DL. Evaluation of a staged treatment protocol for rapid automatic junctional tachycardia after operation for congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 1997; 29: 1046–1053.
22. Kass DA, Chen CH, Curry C, et al. Improved left ventricular mechanics from acute VDD pacing in patients with dilated cardiomyopathy and ventricular conduction delay. *Circulation* 1999; 99: 1567–1573.
23. Till JA, Rowland E. Atrial pacing as an adjunct to the management of post-surgical His bundle tachycardia. *Br Heart J* 1991; 66: 225–229.