

A sinus coronarius elektróda pozíciójának stabilizálása stent implantációval: új módszer a diszlokáció kezelésére és megelőzésére

Szilágyi Szabolcs,
Merkely Béla,
Zima Endre,
Róka Attila,
Gellér László

Semmelweis Egyetem,
Kardiológiai Központ, Budapest

Levelezési cím:
Dr. Gellér László
1122 Budapest, Gál József u. 9.
E-mail: laszlo.geller@gmail.com

Célkitűzés: A biventricularis ingerléshez szükséges sinus coronarius (SC) elektródák kimozdulási aránya jelenleg is magas (5-9%). A SC elektróda stenttel való rögzítésének hatékonyságát és biztonságosságát vizsgáltuk posztoperatív diszlokáció és az implantáció során észlelt instabil elektróda-pozíció esetén.

Módszer: 127 betegnél végeztünk stentelést (posztoperatív diszlokáció $n=10$, intraoperatív instabil pozíció $n=117$). Az elektróda pozícionálása után SC sheath-en keresztül vezetődrótot juttattunk a megfelelő SC oldalágba az elektróda mellé. Az ingerküszöb (LVT: $1,16 \pm 0,8$ V; 0,5 ms) és impedancia (611 ± 150 Ohm) kontrollja után koronária stentet (2,75-4,0 mm \times 8-15 mm) deponáltunk 5-30 mm távolságra az elektródavégtől.

Eredmények: Kontroll SC venográfia során áramlási akadályt nem találtunk. Szívultrahang-vizsgálat perikardiális folyadékgyülemet nem írt le. Az utánkövetés (10,5 \pm 9,8; 1-38 hónap) alatt egy esetben észleltünk jelentős LVT emelkedést (2,2 vs 5,6 V), röntgen átvilágítás diszlokációt nem mutatott. A többi betegnél klinikailag jelentős ingerküszöb növekedést nem találtunk ($1,20 \pm 1,0$ V, $p=ns$). Az elektróda sérülésére utaló impedanciaváltozást nem regisztráltunk (623 ± 153 Ohm, $p=ns$). Két betegnél három, illetve öt hónappal a beültetés után a biventricularis rendszert infekció miatt explantálni kellett. A stenttel rögzített elektródákat a vena subclavia felől szövődímentmentesen ki lehetett húzni. Diszlokáció miatt reoperációra a vizsgált betegcsoportban nem volt szükség.

Következtetés: Instabil elektróda-pozíció esetén a SC elektróda stenttel történő rögzítése a hatékony és biztonságos módszer.

Stabilization of the Coronary Sinus Electrode Position with Coronary Stent Implantation: a New Method to Prevent and Treat Dislocation.

Aim: Dislocation rate of coronary sinus (CS) leads used for biventricular stimulation is high (5-9%). We investigated the effectiveness and safety of stabilizing the CS lead with stent implantation in patients with postoperative lead dislocation or intraoperatively detected lead instability.

Methods: CS stenting was performed in 127 patients (postoperative dislocation $n=10$, instable lead position $n=117$). After lead reposition a bare metal coronary stent was introduced via another guide wire through the same CS sheath. Following pacing threshold (LVT: 1.16 ± 0.8 V; 0.5 ms) and impedance (611 ± 150 Ohm) measurements the stent (2.75-4.0 mm \times 8-15 mm) was deployed at 5 to 30 mm proximal to the tip of the electrode.

Results: Control venogram showed no blood flow compromise in any of the side branches or in the CS. Control echocardiography did not show pericardial effusion. During follow-up (10.5 \pm 9.8; 1-38 months) LVT increased from 2.2 to 5.6 V in one patient, but dislocation was not found by fluoroscopy. Clinically important LVT increase was not detected in the other cases (1.2 ± 1.0 V). Impedance measurements did not suggest lead insulation failure (623 ± 153 Ohm). In two cases the electrodes and the CRT devices were explanted due to infection three and five months after the implantation. The stented CS leads were extracted transvenously without any complications. Reoperation was not necessary because of lead dislocation.

Conclusion: Stent implantation to stabilize the left ventricular lead is a useful and safe procedure in the treatment of CS lead instability.

Kulcsszavak:

reszinkronizáció, sinus coronarius, stent

Keywords:

resynchronization, coronary sinus, stent

A mintegy tízéves múlta visszatekintő atriobiventricularis ingerlés (más néven reszinkronizációs terápia, Cardiac Resynchronization Therapy, CRT) új utat jelent a súlyos, gyógyszerrefrakter, inter- és/vagy intraventricularis ingervezetési zavarral társuló szívelégtelenség kezelésében. A biventricularis ingerlés hatására javul az életminőség, a funkcionális állapot, az ejekciós frakció, csökken a szívelégtelenség miatti hospitalizáció és az össz mortalitás (1, 2, 3).

A bal kamrai ingerlést az esetek túlnyomó többségében transzvenás úton a sinus coronarius egyik oldalágába felvezetett elektróda biztosítja, ritkábban thoracotomiás feltárásból helyeznek fel epikardiális csavaros elektródát. A transzvenás technika fő problémái az elektróda eljuttatása a célvénába, valamint az elektródadiszlokáció. Az elektródadiszlokáció gyakorisága irodalmi adatok szerint 5-9% (1, 4, 5). Különösen posztinfarktusos, vagy korábban szív műtéten átesett betegeknél már egészen kis fokú elmozdulás (mikrodiszlokáció) is jelentős ingerküszöb emelkedést okozhat, vagy a nervus phrenicus ingerlésével rekeszizomrángáshoz vezethet. Az elektródadiszlokáció gyakran reoperációt tesz szükségessé.

Bár a nagy vénák (pl. vena cava inferior és superior) stentelése régóta ismert és alkalmazott eljárás, az irodalomban csak néhány esetismertetés számol be rövid utánkötési idővel a szív vénás rendszerében történt stent implantációról a bal kamrai elektróda implantációjának vagy az elektródapozíció stabilizálásának elősegítésére (6-8).

Elsőként alkalmaztunk nagyszámú betegnél hosszabb utánkötéssel a bal kamrai elektróda rögzítésére a sinus coronarius megfelelő oldalágában stent implantációt.

Betegek, módszer

A sinus coronarius megfelelő oldalvénájának stentelését a bal kamrai elektróda rögzítésére csak speciális esetekben, a beteg előzetes tájékoztatása és írásos beleegyezése után alkalmaztuk, lehetséges alternatívaként a szívsebészeti módszerrel való implantációt minden betegnek felajánlottuk. Az első beavatkozást 2004 augusztusában végeztük. A vizsgálati protokollt, a beteg tájékoztatót és a beleegyező nyilatkozatot elfogadta az Egészségügyi Tudományos Tanács Tudományos és Kutatás-Értékelési Bizottsága.

Sinus coronarius stent implantációt 127 betegnél (34 nő, 93 férfi, életkor 66 ± 10 év) végeztünk, akiknél a súlyos szívelégtelenség (NYHA III: $n=113$, NYHA IV: $n=14$) bal kamrai mechanikus disszinkroniával társult. Valamennyi beteg gyógyszerelése optimalizálva volt (béta-blokkoló, ACE-gátló vagy AT II-receptor-blokkoló, diuretikum(ok)). Az alapbetegség iszkémiás szívbetegség volt 55, primer dilatatív cardiomyopathia 72 eset-

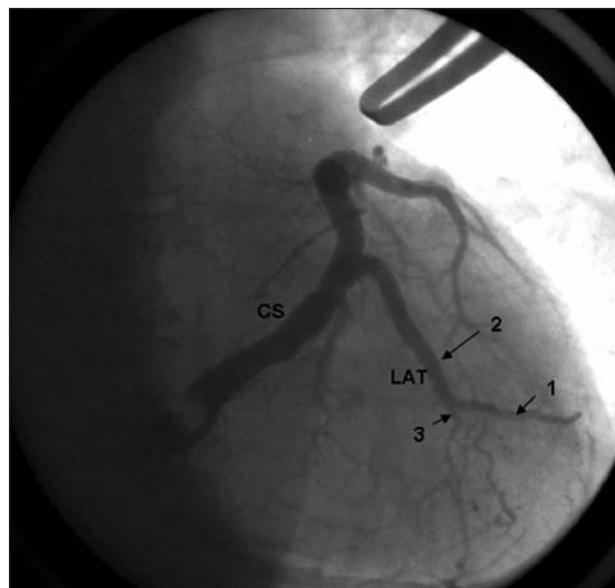
ben. 33 beteg krónikusan pitvarfibrillált, ilyenkor pitvari elektróda beültetésre nem került sor.

28 esetben szerepelt az anamnézisben igazolt tartós kamrai tachyarrhythmia, 10 esetben súlyos iszkémiás alapbetegség mellett nem tartós kamrai tachycardiák jelentkeztek, ezeknek a betegeknek biventricularis defibrillátort implantáltunk. A többi 89 betegnél biventricularis pacemakert ültettünk be.

Sinus coronarius oldalvéna stentelést 10 esetben végeztünk posztoperatív diszlokáció miatt. Négy beteg más intézetből érkezett, ahol egy vagy több alkalommal repozíciót is megkíséreltek, azonban az elektróda ismételtelen kimozdult. További három betegünkönél késői kimozdulás, három betegnél korai (első posztoperatív nap), magas ingerküszöbvel járó mikrodiszlokáció miatt döntöttünk az elektróda stabilizálása mellett. 117 betegnél a stentelést az első implantáció során végeztük. A beavatkozás indikációja intraoperatív diszlokáció, jelentős ingerküszöb-változással járó mikrodiszlokáció, illetve az anatómiailag stabil pozícióban vagy ahhoz közel alacsony ingerlési feszültség mellett jelentkező rekeszrángás volt.

A sinus coronarius kanülálását 8 F belső átmérőjű Scout Pro 8F (Biotronik GmbH&Co, Berlin, Németország) vagy 7 F belső átmérőjű Attain LDS 6216A MB2 (Medtronic Inc., Minneapolis, USA) SC-kanülökkel végeztük, majd okklúziós ballonkatéterrel sinus coronarius venogramot készítettünk (1. ábra). Minden esetben unipoláris passzív fixációs bal kamrai elektródát

1. ábra. Sinus coronarius venogram (CS: sinus coronarius, LAT: lateralis oldalvéna; 1: distalis elektródapozíció: alacsony ingerlési feszültségnél rekeszrángás; 2: proximális pozíció (az elektródát visszahúzva): magas ingerküszöb; 3: megfelelő pozíció: 10 V; 0,5 ms mellett rekeszrángás nincs, ingerküszöb 2,2 V

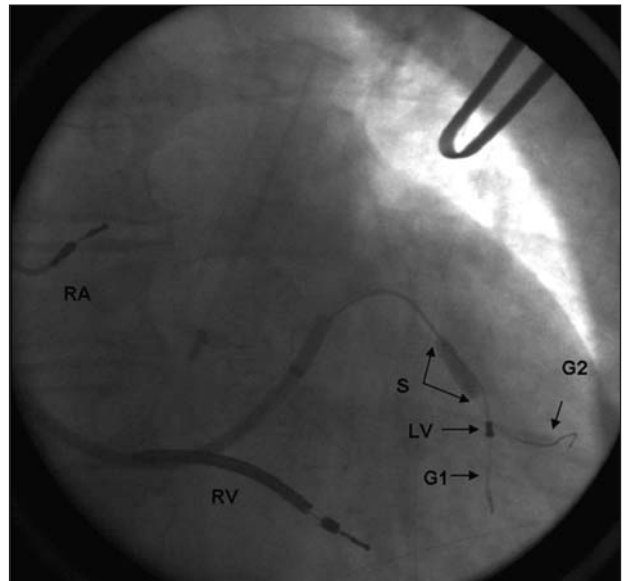


használtunk: Corox OTW 75 UP/Steroid (Biotronik; n=88), Attain OTW 4193-78 (Medtronic; n=38), Quicksite 1056K-86 (St. Jude, Sylmar, USA; n=1). Az elektróda implantációjához PT Graphix (Boston Scientific, Natick, USA), ATW (Cordis Co, Miami, USA), illetve Galeo MJ (Biotronik) vezetődrótokat használtunk. A bal kamrai elektródát a SC midlateralis (n=77), posterolateralis (n=43) anterolateralis (n=4) vagy posterior (3) oldalágába vezettük fel „over the wire” módszerrel. ERA 300 (Biotronik) típusú mérőműszerrel mértük az elektródán érzékelt jel nagyságát, 0,5 ms impulzusidő mellett az ingerküszöböt és 3,6 V, 0,5 ms mellett ingerelve a stimulációs impedanciát. Valamennyi esetben vizsgáltuk a nervus phrenicus ingerküszöbét is, amennyiben 10 V; 0,5 ms vagy ennél kisebb energiájú ingerlés mellett rekeszrágást észleltünk, további pozicionálást végeztünk.

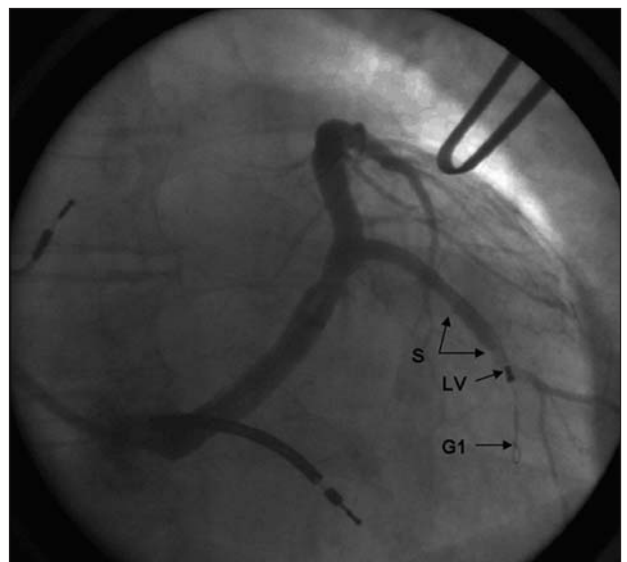
Amennyiben stent implantáció mellett döntöttünk, a SC-kanulón keresztül egy újabb vezetődrótot (Cordis ATW, Boston PT Graphix vagy Biotronik Galeo MJ) helyeztünk el az elektróda mellett a célvénában. A második vezetődróton normál, rövid (8-15 mm) „bare metal” koronária stentet pozicionáltunk az elektróda mellé. A stent distalis vége és az elektróda distalis vége közti távolság 5-30 mm volt. Elméletileg a distalis stent pozíció biztosíthatja a maximális stabilitást az ingerlő elektródacsúcs számára, de a stent sohasem fedte az elektromosan aktív elektródavéget. A stentek átmérője 2,75-4 mm között változott, a méretet a SC-venogramon látott célvéna vastagsága alapján választottuk ki. Az alábbi stent típusokat használtuk: Lekton Motion, ProKinetic (Biotronik), Trimaxx (Abott Vascular), Driver, MicroDriver, S670 (Medtronic), Liberte (Boston Scientific), Tsunami Gold (Terumo). Ellenőrző ingerküszöb és nervus phrenicus stimulációs küszöbmérés után a stentet 6-20 atmoszféra nyomással fűjtük fel 4-6 másodpercre (2. ábra). Biotronik SCOUT bevezető sheath használatakor kontroll venogramot készítettünk (3. ábra), az esetleges vénaperforáció, disszekció vagy vénaelzáródás kimutatására. A másik introducer nem volt alkalmas venogram készítésére.

Az implantáció után egy órával valamint az első posztoperatív nap reggelén szívultrahang-vizsgálatot végeztünk perikardiális folyadék kimutatására. A kontroll elektrofiziológiai méréseket (ingerküszöb, impedancia, nervus phrenicus stimulációs küszöb-meghatározás) közvetlenül az implantáció után, az első posztoperatív napon, majd félévente, illetve bármilyen okból bekövetkező beteg-vizit esetén elvégeztük.

A stent implantáció miatt külön véráldás-gátló gyógyszert nem adtunk, a korábban is alkalmazott antikoagulációs és/vagy tromboticitaaggregáció-gátló kezelést folytattuk. A betegek döntő többsége a jelentősen csökkent balkamra-funkció vagy pitvarfibrilláció miatt már beavatkozás előtt is Syncumar® terápián volt. Isz-



2. ábra. A stent felfűjtése a sinus coronarius laterális oldalvénájában (RA: jobb pitvari elektróda, RV: jobb kamrai ICD sokkelektroda, S: stent, LV: bal kamrai elektróda, G1: az elektróda vezetődrótja, G2: a stent vezetődrótja)



3. ábra. Kontroll venogram a stentelés után. Jó áramlási viszonyok a célvénában (S: stent, LV: bal kamrai elektróda, G1: az elektróda vezetődrótja)

kémiás alapbetegség esetén aszpirin és/vagy clopidogrel kezelésben részesültek.

A statisztikai eredményeket átlag \pm SD formájában adtuk meg. A bal kamrai ingerküszöb és impedanciaértékek változásait az utánkövetés alatt (implantáció, első posztoperatív nap, 6. hónap, utolsó kontroll) varianciaanalízis („ANOVA for repeated measurements”) módszerrel elemeztük. A statisztikai szignifikancia szintjét $p < 0,05$ -nél határoztuk meg. A statisztikai analízist SPSS 13 (Chicago, IL, USA) szoftverrel végeztük.

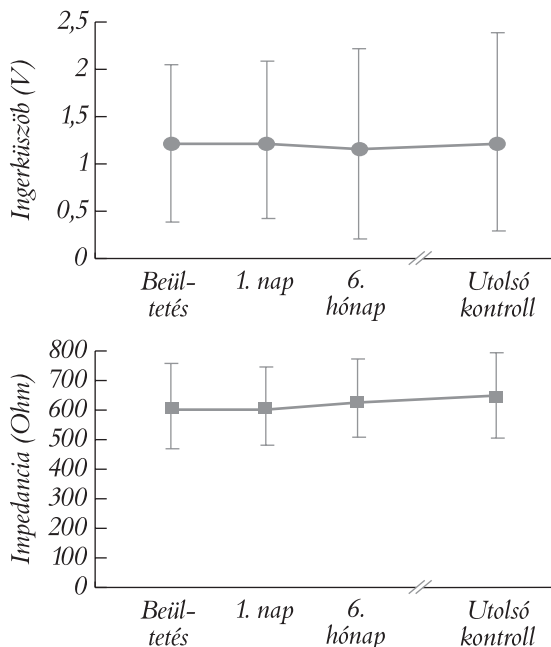
Eredmények

2004 augusztusa óta reszinkronizációs kezeléshez 358 transzvenás bal kamrai elektródát implantáltunk. Sinus coronarius oldalág stentelést a SC- elektróda stabilizálására 127 esetben (35%) végeztünk. A többi betegnél a konvencionális „over the wire” technikát alkalmaztuk az elektróda pozícionálására.

A stent implantációja után elvégzett kontroll sinus coronarius venogram egy esetben sem mutatott véna disszekciót, perforációt vagy okklúziót. Ismételt szívultrahang-vizsgálatok a stenteléssel összefüggésbe hozható perikardiális folyadékot nem írtak le. Egy betegnél feltehetőleg a sinus coronarius sheath felvezetésekor keletkező disszekció miatt alakult ki jelentős perikardiális folyadékgyülem a korai posztoperatív szakban (már az első SC-venogram kontrasztanyag extravazációt mutatott). Perkután leszívás után újraterelődést nem észleltünk. Az utánkövetési idő $10,5 \pm 9,8$ (1–38) hónap volt. Ezalatt három NYHA IV. és egy NYHA III. stádiumú beteget vesztettünk el a szívelégtelenség progressziója miatt a posztoperatív 1., 2., 5., illetve 23. hónapban. Egy idős NYHA III. stádiumú betegnél koponyatrauma volt a halál oka a 12. hónapban. A biventricularis ingerlés hatására a 6 hónapos kontrollnál betegeink 83%-a javult legalább 1 NYHA stádiumot.

A stent implantációja után elvégzett elektrofiziológiai mérések stabil ingerküszöböt ($1,16 \pm 0,8$ V) és ingerlési impedanciát (611 ± 150 Ohm) mutattak. Az utánkövetés alatt nem észleltük az ingerküszöb és impedancia-értékeknek a kontrollhoz képest statisztikailag szignifikáns változásait. Az utolsó vizit alkalmával az ingerküszöb $1,2 \pm 1,0$ V, az impedancia 623 ± 153 Ohm volt. A 4. ábra az implantációkor, az első posztoperatív napon, fél évnél és az utolsó kontrollvizsgálat során mért bal kamrai ingerküszöb és impedancia-értékek alakulását mutatja. Az impedancia-mérések eredményei egy esetben sem utaltak az SC- elektróda törésére vagy szigetelésének sérülésére. Egy betegnél észleltük az ingerküszöb megemelkedését (2,2 V vs. 5,6 V; 0,5 ms). Klinikailag jelentős ingerküszöb emelkedés a többi 126 esetben nem fordult elő. Négy betegnél jelentkezett testhelyzettel összefüggő rekeszrágás az ingerküszöb kétszeresénél magasabb ingerlési feszültségnél. Kontroll mellkas-átvilágítás makroszkópos elektróda diszlokációt nem mutatott. A készülék átprogramozásával a probléma mind a öt esetben megoldható volt.

Egy betegnél pacemakerzseb-infekció miatt 3 hónappal, egy másiknál decubitus miatt 5 hónappal a beültetés után a jól működő biventricularis rendszer explantációjára kényszerültünk. A stenttel rögzített SC- elektróda mindkét esetben transzvenás úton (a vena subclavia felől meghúzva) szövődménymentesen eltávolítható volt. Makroszkópos károsodás jeleit nem észleltük a kivett elektródákon.



4. ábra. A bal kamrai ingerküszöb és ingerlési impedancia értékek változása (átlag \pm szórás)

Megbeszélés

A sinus coronarius oldalvéna stentelés egy új módszer a bal kamrai elektróda optimális pozíciójának stabilizálására. Az irodalomban a közelmúltban néhány esetismertetés jelent meg a módszer sikeres alkalmazásáról rövid utánkövetési idővel (7, 8). Munkacsoportunk 127 esetről számolt be, csaknem egy éves átlagos utánkövetési idővel. Az általunk vizsgált betegcsoportban nem észleltünk a stent implantáció következtében szövődményt. Az utánkövetés során nem fordult elő a stenttel rögzített bal kamrai elektróda makroszkópos diszlokációja, nem találtunk klinikailag jelentős ingerküszöb emelkedést, illetve az elektróda szigetelési sérülésére utaló ingerlési impedancia változást.

A bal kamrai elektróda stenttel való stabilizálását először posztoperatív diszlokációk esetében végeztük. Ezzel a módszerrel az elektróda a kívánt helyen maradt olyan betegeknél is, ahol korábban több alkalommal fordult elő kimoszulás. Mivel szövődményt nem észleltünk, a stentelést intraoperatív diszlokáció vagy nervus phrenicus ingerlés előfordulásakor is alkalmazni kezdtük, amennyiben a SC-venogram alapján nem volt másik alkalmas célvéna. Ezekben az esetekben a későbbi potenciális posztoperatív diszlokáció megelőzése volt a célunk. Az utánkövetés ideje alatt reoperációra 127 betegünkönél nem volt szükség.

Felvetődik a kérdés, hogy az elektróda stenttel való stabilizálása nem vezethet-e az elektróda szigetelésének sérüléséhez vagy a célvéna disszekciójához, perforációjához esetleg elzáródásához. A szív vénás rendszerében a

bal kamrai elektróda felvezetését vagy reimplantációját akadályozó szűkület feltágítása miatt végzett ballonos angioplasztikáról vagy stent implantációról (6, 9, 10), illetve a már pozícionált elektróda rögzítésére végzett stentelésről (7, 8) esetismertetések jelentek meg. Saját tapasztalatainkkal megegyezően vénás disszekciót, perforációt, elzáródást a szerzők nem írtak le. Gyakorlatunkban a stent implantáció miatt külön véralvadásgátló (antikoaguláns, vagy trombocitaaggregáció-gátló) gyógyszer nem adtunk, a korábban is alkalmazott kezelést folytattuk (a betegek jelentős része a csökkent balkamra-funkció vagy pitvarfibrilláció miatt egyébként is antikoagulálva volt, illetve az iszkémiás betegek egy része korábbi koszorúér stentelés miatt trombocitaaggregáció-gátló kezelést kapott). A vénás kollaterális ágak miatt a sinus coronarius egy kisebb oldalvénájának esetleges elzáródása nem okoz elméletileg jelentős keringési változást. Egy közleményben SC-venogramok alapján a CRT-re kerülő betegek mintegy 10%-ánál találtak aszimptomás SC oldalág-szűkületet. Még a sinus coronarius hirtelen elzárása sem okozott jelentős akut változásokat a szív artériás keringésében kutyákban (11, 12). Egy másik állatkísérletes vizsgálat szerint a sinus coronariusban létrehozott jelentős nyomásnövekedés sem befolyásolja jelentősen a szív artériás keringését, a jobb pitvari, bal pitvari, bal kamrai és aortanyomást (13). Ezek az adatok is alátámasztják feltételezésünket, hogy SC oldalág-stentelésnél nem szükséges kiegészítő véralvadásgátló kezelés. Egy másik lehetséges probléma az elektróda szigetelésének sérülése a

stent mechanikus nyomása, illetve a sűrűlódás miatt. Betegeinknél a bal kamrai ingerlési impedancia mérések alapján nem találtunk az elektróda szigetelési sérülésére vagy törésére utaló jelet.

Sinus coronarius stentelést az elektróda rögzítésére csak speciális indikációk fennállásakor alkalmaztunk: az elektróda kimozdulása miatt végzett repozíciós műtét során, az implantáció alatt észlelt elektróda diszlokáció, illetve instabil elektróda-pozíció esetén, valamint akkor, ha az anatómiailag és elektromos paramétereit tekintve elfogadható helyhez közel rekeszrángást kapunk. Bár eredményeink biztatóak, a technika rutinszerű alkalmazása az elektróda-kimozdulás megelőzésére további vizsgálatokat igényel.

Következtetések

A bal kamrai elektróda pozíciójának stent implantációval történő stabilizálása hatékony, eredményes és biztonságos eljárás, az eddig rendelkezésre álló eredmények egyértelműen biztatóak. Alkalmazásával csökkenthető az elektróda-diszlokációk száma, az elektróda anatómiailag nem kellően stabil, de elektromos paramétereit tekintve megfelelő pozícióban is rögzíthető. A módszer alkalmazását posztoperatív vagy intraoperatív diszlokáció, illetve instabil elektródapozíció esetén javasoljuk, főként akkor, ha a választott lokalizációban az SC-venogram alapján nincs másik célvéna. A hosszú távú eredményesség megítéléséhez azonban további vizsgálatokra és hosszabb utánkövetési időre van szükség.

Irodalom

1. McAlister FA, Ezekowitz JA, Wiebe N, et al. Systematic review: cardiac resynchronization in patients with symptomatic heart failure. *Ann Intern Med* 2004; 141: 381–390.
2. Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, et al. Comparison of medical Therapy, Pacing, and Defibrillation in Heart Failure (COMPANION) Investigators: Cardiac-resynchronization therapy with or without an implantable defibrillator in advanced chronic heart failure. *N Engl J Med* 2004; 350: 2140–2150.
3. Cleland JG, Daubert JC, Erdmann E, et al. Cardiac Resynchronization-Heart Failure (CARE-HF) Investigators: The effect of cardiac resynchronization on morbidity and mortality in heart failure. *N Engl J Med* 2005; 352: 1539–1549.
4. Strickberger SA, Conti MD, Daoud EG, et al. Council on Clinical Cardiology Subcommittee on Electrocardiography and Arrhythmias and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group; Heart Rhythm Society: Patient Selection for Cardiac Resynchronization Therapy: from the Council on Clinical Cardiology Subcommittee on Electrocardiography and Arrhythmias and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group in collaboration with the Heart Rhythm Society. *Circulation* 2005; 111: 2146–2150.
5. Koos R, Sinha AM, Markus K, et al. Comparison of left ventricular lead placement via the coronary venous approach versus lateral thoracotomy in patients receiving cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2004; 94: 59–63.
6. Van Gelder BM, Meijer A, Basting P, et al. Successful implantation of a coronary sinus lead after stenting of a coronary vein stenosis. *Pacing Clin Electrophysiol* 2003; 26: 1904–1906.
7. Cesario DA, Shenoda M, Brar R, Shivkumar K. Left ventricular lead stabilization utilizing a coronary stent. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006; 29: 427–428.
8. Kowalski O, Pruszkowska-Skrzep P, Lenarczyk R, et al. Coronary sinus stenting for the stabilization of left ventricular lead during resynchronization therapy. *Europace* 2006; 8: 367–370.
9. Sandler DA, Feigenblum DY, Bernstein NE, et al. Cardiac vein angioplasty for biventricular pacing. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002; 25: 1788–1789.
10. Obergassel L, Meyer zu Vilsendorf D, Kuhn H, et al. Coronary-sinus-vein-angioplasty for implantation of left ventricular leads in cardiac resynchronization therapy. *Europace* 2005; (Suppl 1): S49.
11. Gregg DE, Shipley RE, Bidde TE. The anterior cardiac veins. Their functional importance in the drainage of the right heart. *Am J Physiol* 1943; 139: 732–741.
12. Gregg DE, Shipley RE. Studies of the venous drainage of the heart. *Am J Physiol* 1947; 151: 13–25.
13. Ward KE, Fisher DJ, Michael L. Elevated coronary sinus pressure does not alter myocardial blood flow or left ventricular contractile function in mature sheep. Implications after the Fontan operation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 98: 634–636.