

3D MRI bal pitvari hegtérkép által vezérelt anatómiai pulmonalis véna reizoláció

Fódi Eszter dr.¹ ■ van der Geest, Rob J. dr.²
Tóth Attila dr.³ ■ Simor Tamás dr.¹

¹Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar, Klinikai Központ, Szívgyógyászati Klinika, Pécs

²Leiden University Medical Center, Leiden, Hollandia

³Semmelweis Egyetem, Általános Orvostudományi Kar, Városmajori Szív- és Érgyógyászati Klinika, Budapest

Egy 58 éves hypertóniás nőbetegünk esetét ismertetjük, aki erős szubjektív panaszokat okozó, gyakori, dokumentált pitvarfibrillációs paroxizmusok miatt korábban két alkalommal pulmonalis véna izoláción esett át, de palpációérzései továbbra sem szűntek. Feltételezve a pulmonalis véna rekonnektiót, a tartós ritmuszavar-mentesség elérését célozva a tervezett harmadik pulmonalis véna izoláció előtt 3D MRI bal pitvari késői kontraszthalmozásos képalkotást végeztünk. A felvételeken először a vékony bal pitvarfal pontos endocardialis és epicardialis felszínét határoztuk meg manuálisan, majd a fali kontraszthalmozás transmuralitásának megfelelő színkódolást végeztünk. Az így nyert bal pitvari színkódolt felszíni rekonstrukció három dimenzióban jelenítette meg a bal pitvarfalban lévő heges területek elhelyezkedését. A felvételeket a tervezett harmadik beavatkozás során beolvasva az elektroanatómiai rendszerbe, a megjelölt antralis hegfolytonossági hiányok területében végeztünk szelektív ablatiókat, és teljes izolációt értünk el mind a négy vénában. A szövődménymentes beavatkozás után a beteg tartósan panaszmentessé vált. Esetünk az első olyan hazai ismételt pulmonalis véna izoláció, amelynek során a korábbi ablatiók hegek folytonossági hiányait 3D MRI-hegtérkép alkalmazásával láthatóvá tettük, és az innovatív módszerrel feldolgozott képek irányították az ablatiót, így módon szüntette meg a hegfolytonossági hiányokat.

Orv Hetil. 2022; 163(19): 767–772.

Kulcsszavak: pitvarfibrilláció, mágnesesrezonancia-vizsgálat, rádiófrekvenciás ablatio

3D MRI left atrial scar map guided anatomical pulmonary vein reisolation

We present the case of a 58-year-old woman, suffering from high blood pressure, who presented with documented frequently occurring paroxysmal atrial fibrillation attacks. She underwent two prior pulmonary vein isolations, but her palpitations did not cease. We aimed to achieve a long period free of symptoms, and a 3D MRI late enhancement scar map of the left atrium was obtained before the planned third pulmonary vein isolation procedure to visualize the assumed pulmonary vein reconnection sites. First, the endocardial and epicardial contours of the thin left atrial wall were manually determined on the images, then color-coding was added based on the transmural contrast enhancement in the wall. The reconstructed 3D color-coded left atrial surface revealed the localization of left atrial antral wall scars. These images were integrated into the electroanatomical mapping system and ablation was carried out selectively on the spots showing gaps in the antral scar. Isolation was achieved in all four veins without any complications. The patient has become symptom-free for years now. The reconstructed left atrial 3D MRI images gained in an innovative process visualized the gaps in the previous ablation lines and these images were integrated to guide the first gap-closure redo pulmonary vein isolation procedure in Hungary.

Keywords: atrial fibrillation, magnetic resonance imaging, radiofrequency ablation

Fódi E, van der Geest RJ, Tóth A, Simor T. [3D MRI left atrial scar map guided anatomical pulmonary vein reisolation]. Orv Hetil. 2022; 163(19): 767–772.

(Beérkezett: 2021. december 7.; elfogadva: 2022. január 20.)

Rövidítések

3D = háromdimenziós; CT = (computed tomography) komputertomográfia; EHRA= (European Heart Rhythm Association) Európai Szívritmus Társaság; EKG = elektrokardiográfia; FOV = (field of view) vizsgálati mező; MRI = (magnetic resonance imaging) mágnesesrezonancia-képköztetés

A pitvarfibrilláció napjaink leggyakoribb ritmuszavara, melynek az életkor növekedésével egyre nő az előfordulási gyakorisága. Hazánkban népbetegségnek tekinthető, közel 300 000 embert is érinthet [1]. Epidemiológiai becslések alapján a népesség átlagéletkorának növekedésével és a szív-ér rendszeri betegségek prevalenciájának emelkedésével az érintett betegek számának további növekedése várható [2]. Tünettana igen változatos lehet, sajnos gyakori, hogy a panaszok lehetetlenné teszik a megszokott életvitelt. A klasszikus gyógyszeres ritmus szabályozás mellett több mint 20 éve elérhető világszerte, így hazánkban is egy invazív katéteres kezelési eljárás, a pulmonalis véna izoláció, mely kifejezetten a jelentős életminőséget rontó pitvarfibrilláció kezelésére szolgál. A beavatkozás elvégzésével jó eséllyel érhető el életminőség-javulás. A kezeléssel a tünetek csökkenhetnek vagy teljesen meg is szűnhetnek, hosszú ritmuszavarmentes időszakot eredményezve [3]. Hangsúlyozandó, hogy a pitvarfibrillációban szenvedő szívelégtelen betegcsoportban a katéteres kezelés eredményeként még az elhalálozási rizikót csökkentő hatás is kimutatható [4].

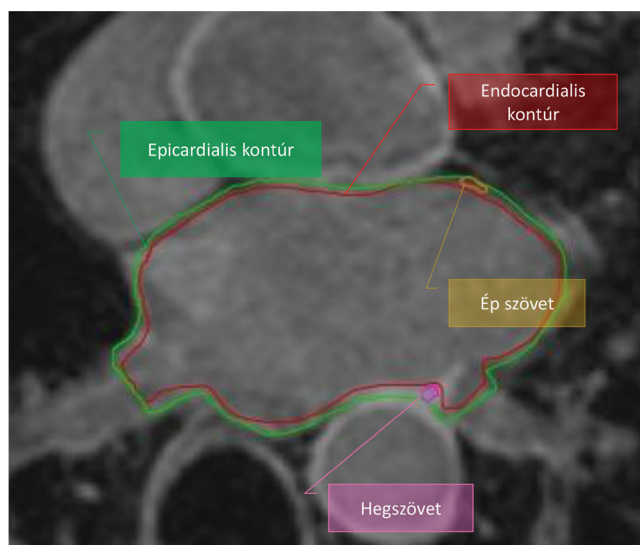
A pulmonális vénák elsősorban anatómiai okokból, mégpedig a vénákba nyúló izomnyalábok révén játszhatnak szerepet a pitvarfibrilláció kialakulásában [5]. Ezek az izomnyalábok kóros elektromos aktivitást kelthetnek, melyek a pitvari munkaizomzatra vezetődve kaotikus ingerképzéshez, pitvarfibrillációhoz vezethetnek. A pulmonalis véna izoláció célja, hogy közvetlenül a vénák szájadékában hasznos munkaizomzat jelentős sértése nélkül roncsolja ezen nyalábokat. A vénaszájadékokban végzett roncsolás révén ugyanis hegszövet alakul ki, mely az elektromos aktivitást már nem vezeti, azaz izolálja a vénát a benne elektromos ingerület képzésére képes izomnyalábokkal együtt. Így megszűnik a vénák kóros szerepe [3, 4]. A transzkatéteres beavatkozás során a vénaszájadékokban végzett szövetroncsolásra a technika kidolgozása közben legelsőként alkalmazott és jelenleg legjobban elterjedt módszer a rádiófrekvenciás ablatio. A vékony, pár milliméteres domború hegyvel rendelkező ablatios katétert pontról pontra vezetve célzott kezelés végezhető. A kezelés sikeressége nagyban függ attól, hogy az adott pontokon, ahol a mozgó szíven a katéter érintkezik a felülettel, az ablatio teljes falvastagságot érintően roncsolja-e a szövetet. Amennyiben az ablatio nem transmuralis, azaz a bal pitvar falában marad életképes, elektromos aktivitást vezető réteg, a szigetelésen rés marad, és ez táptalajul szolgál a ritmuszavar kiújulásához. Mivel egyelőre sem a hegfolytonosság, sem pedig a transmuralitas mértéke nem vizualizálható direkt módon

a beavatkozás alatt, folyamatos kutatás tárgyát képezi a technika további fejlesztése. A kezelést a kezdetekben egyedül képerősítő ellenőrzése alatt végezték, napjainkban azonban elektromágneses elven működő eszközök is rendelkezésre állnak. Ezen elektroanatómiai rendszerek a műtőasztalon fekvő beteg mellkasára felhelyezett elektrodák segítségével kis mágneses mezőt képeznek. A kialakult mágneses mezőben a beteg femoralis vénáján keresztül bevezetett speciális kezelőkatéterek mozgása komplex számítógépes rendszerek segítségével láthatóvá tehető. Ezzel a szív-elektrofiziológiában ma már rutinszerűen alkalmazott módszerrel a betegnek és a beavatkozást végző személyzetnek a képerősítő használatából eredő sugárterhelése jelentősen csökkenthető vagy akár teljesen kiküszöbölhető. Segíti a kezelést végző orvos munkáját a beavatkozást megelőzően elvégzett bal pitvari MRI, illetve CT-angiográfiás vizsgálat, mely információt nyújt a kezelés során érintett terület anatómiai viszonyairól, jó előre felderítheti a beavatkozást technikailag nehezítő esetleges pulmonalis véna beszájadzási rendellenességeket, vagy felfedhet a bal pitvari fülcsében lévő vérrögöt, mely a beavatkozás elvégzésének ellenjavallatát képezi. Ígéretes, még nem rutinszerűen alkalmazott technika a bal pitvari MRI esetén kontrasztanyag adása után kiegészítő késői fázisban végzett képköztetés. Ennek során a bal pitvarfal hegesedése is láthatóvá tehető. Mivel a pulmonalis véna izoláció során is végső soron heg képződik, nemcsak a társbetegségek okán bekövetkező, már az ablatio előtt jelen lévő bal pitvari hegesedés, hanem az ablatióval kezelt heges terület és annak folytonossága is ellenőrizhető.

Esetismertetés

Egy 58 éves nőbeteg esetét ismertetjük, akinél két korábbi pulmonalis véna izolációt követően is tartósan, napi szinten jelentkeztek EKG-val dokumentált pitvarfibrillációs paroxizmusok, melyek szapora szívverésszéllel jártak; egy harmadik pulmonalis véna izoláció eredményezte a teljes panaszmentességet, melyet rutinszerűen alkalmazott módszereink mellett 3D MRI bal pitvari hegtérkép felhasználásával végeztünk el.

Betegünknek a kezelt hypertonián kívül egyéb társbetegsége nem volt, echokardiográfiás vizsgálata organikus szívbetegséget nem igazolt. A paroxizmálisan jelentkező pitvarfibrilláció erős szubjektív panaszokat okozott (a panaszok erőssége az EHRA-osztály alapján 3-as osztályzatúnak, azaz súlyosnak felelt meg). Mivel feltételeztük, hogy az előző két ablatio nem eredményezett folytonos hegeket, a rések azonosítására a tervezett harmadik pulmonalis véna izoláció előtt 3D MRI gadóliniumalapú késői típusú kontraszthalmozásos vizsgálatot végeztünk a bal pitvarról (a vizsgálóberendezés típusa: Philips 1,5 T, Amszterdam, Hollandia; a vizsgálat technikai részletei: transzverz felvételezési technika, szabad légvételes, légzésnavigátorral kapuzott, pitvari diastolében, 3D inversion recovery turbo fast echo, echo time: 2,53 ms,



1. ábra Késői típusú kontrasztthalmozásos felvétel a bal pitvarról a bal alsó és jobb alsó pulmonalis vénát metsző transzverzális síkban. A bal pitvar epicardialis kontúrját a zöld, endocardialis kontúrját a piros körvonal ábrázolja. A rózsaszín minta a hegszövet, a sárga az ép szövet szignálintenzitásainak meghatározására szolgál. A vörös zónák már a szoftveresen meghatározott hegzónát ábrázolják

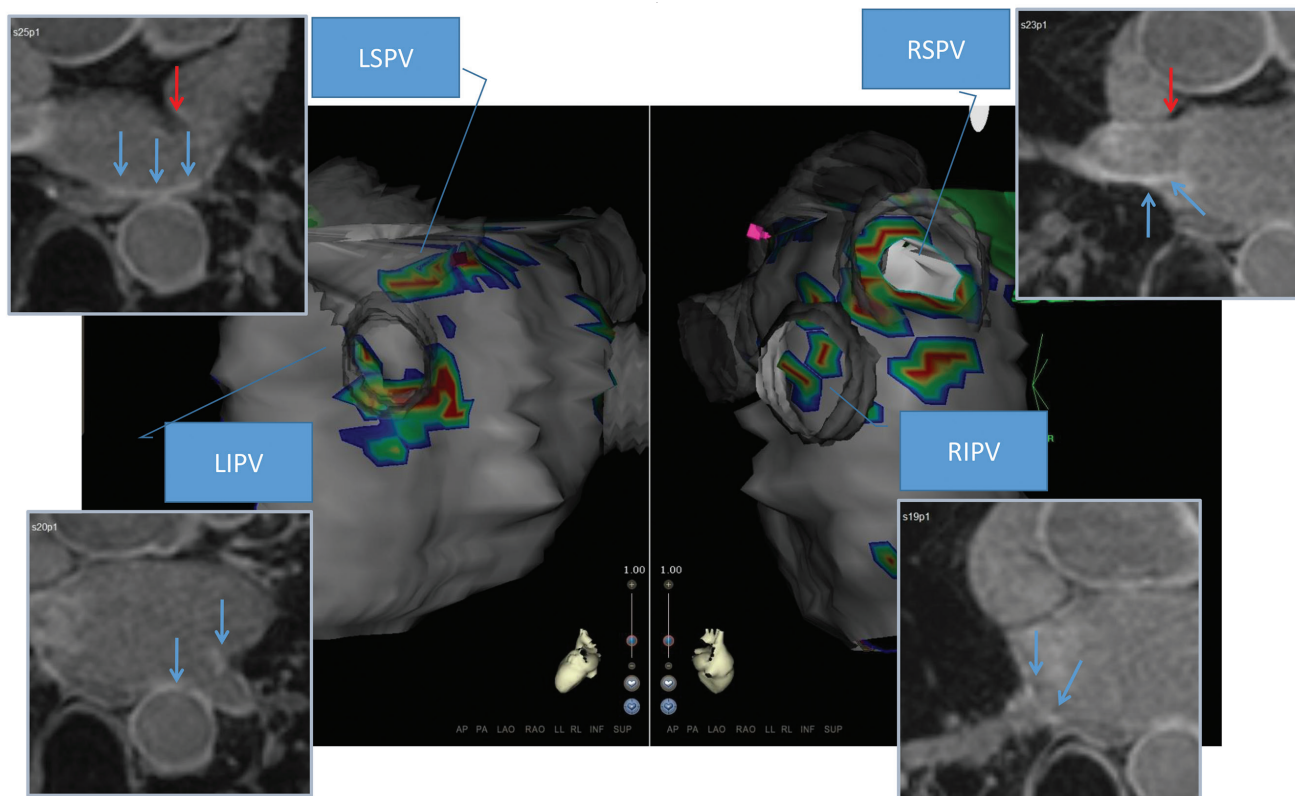
repetition time: 5,26 ms, inversion time: 300 ms, image matrix: 288 × 288, FOV: 340 mm, pixel size: 1,18 × 1,18, slice thickness: 2,5 mm, slice gap: 0 mm). A beteg a vizsgálat alatt sinusritmusban volt (ez az optimális képminőség előfeltétele is egyben) 59/min kamrafrekvencia mellett. Majd a felvételek utólagos feldolgozását végeztük el (a képelemzéshez használt kísérleti számítógépes program típusa: MASS, v2020 EXP, Leiden University Medical Center, Leiden, Hollandia) és a bal pitvarfalban látható jelintenzitások alapján képzett 3D térképet készítettünk a bal pitvarról. Először manuális kontúrozással meghatároztuk a bal pitvar endocardialis és epicardialis határait (1. ábra) mind a 32, transzverzális síkban metszett bal pitvari szeletben. Mivel a hegek a fibroticus szövetben tovább bennragadó kontrasztanyagoknak köszönhetően magas jelintenzitásúak, és az életképes részek kontrasztmentesek, a szeletekben leképezett bal pitvarról kapott adatok a különböző jelintenzitások alapján színekkel kódolhatók voltak. Az endocardialis felszínt kirajzoló színes térkép így három dimenzióban ábrázolta a bal pitvarban fellelhető hegeket, olyan arányban színezve őket, amilyen arányban érintették a bal pitvari falvastagságot (a 3D színekkel kódolt térkép készítéséhez használt számítógépes program: ParaView; Kitware, Clifton Park, NY, USA). A 4 pulmonalis véna szájadékát és a bal pitvari fülcsét külön-külön körberajzolva jelenítettük meg a színekkel kódolt képen, így biztosítva pontos anatómiai tájékoztató pontokat a tervezett beavatkozáshoz. A beavatkozást anatómiai anomália nem nehezítette, a betegnél 4, szabályosan beszájradzó pulmonalis véna igazolódott az ablatiók előtt végzett 3D bal pitvari MR-angiográfia során.

A beavatkozás során katéteresen tapogattuk le pontról pontra a mozgó bal pitvar endocardialis felszínét, így módon készítve el a bal pitvari elektroanatómiai térképet, amely a katéter hegyén észlelt elektromos jeleket és azok helyzetét rögzítette, és kirajzolta a bal pitvar endocardialis felületét három dimenzióban (a beavatkozáshoz használt berendezés típusa: CARTO, Biosense Webster, Diamond Bar, CA, USA). Majd egyedülálló módon, a zajló beavatkozás közben olvastuk be a beavatkozáshoz használt számítógépes rendszerbe az előzőleg elkészített színekkel kódolt bal pitvari hegtérképet: az anatómiai tájékoztató pontokra támaszkodva pontosan illesztettük, és egyesítettük a katéter által leképezett felülettel (2. ábra). A színekkel kódolt térkép alapján vizuálisan azonosítani lehetett a hegfolytonossági hiányokat a bal felső pulmonalis véna tetején, valamint a bal felső pulmonalis véna és a bal pitvari fülcse közötti területen, a bal pitvar posterior fala felőli részen, továbbá a jobb felső pulmonalis véna tetején és a jobb alsó pulmonalis véna szájadék alsó szegletének megfelelően is. Katéterrel felkerestük ezeket a hézagokat, és elektromos vezetésre képes, élő területeknek megfelelő éles potenciálokat regisztráltunk a katéter hegyén. A beavatkozás során csak célzottan ezeken a területeken végeztünk rádiófrekvenciás ablatiót (3. ábra). A szövődmenymentes beavatkozás után a beteg a kontrollok során életminőség-javulásról számolt be, szapora szívverésérzései megszűntek, és a 24 órás Holter-monitorozások során is tartósan sinusritmusban volt 10 évvel a beavatkozás után is. Esetünkben nem vizsgáltuk a tünetmentes recidíva lehetőségét; a harmadik beavatkozás után a hosszú éveken keresztül tartó szubjektív panaszmentességet értékeltük sikerként.

Megbeszélés

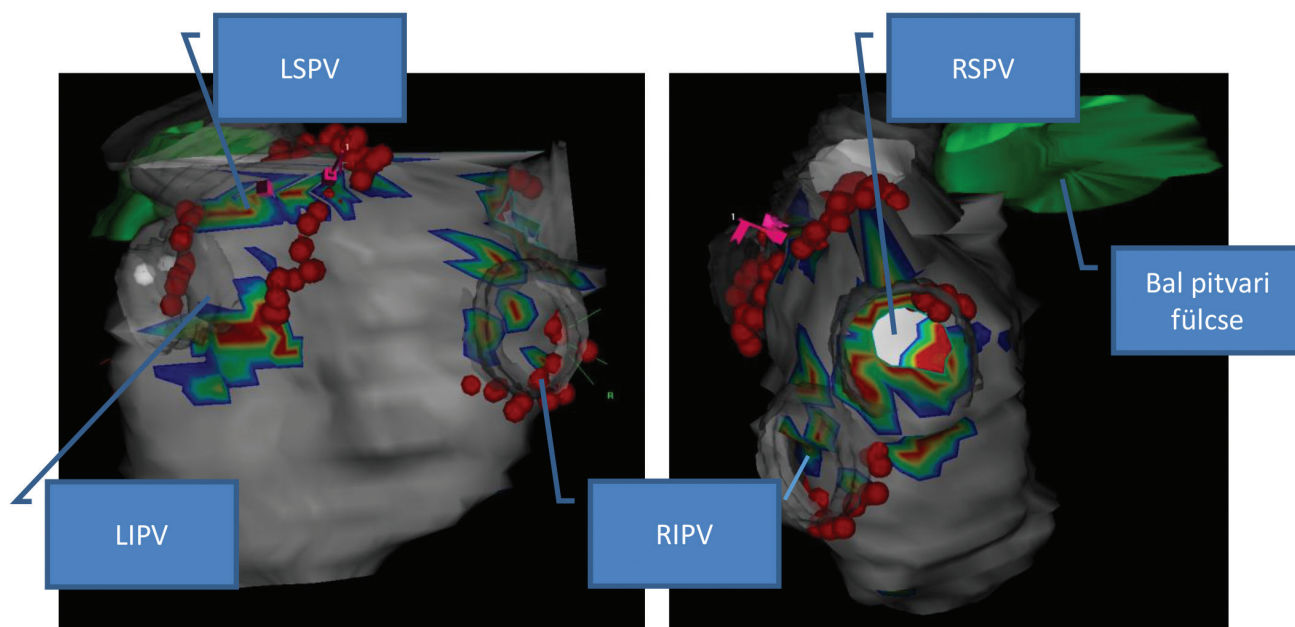
A közleményben prezentált eset az első hazai, 3D MRI-hegtérkép alapján végzett anatómiai alapon komplettált pulmonalis véna izoláció. Betegünknek az első két ablatió ellenére továbbra is jelentkeztek paroxizmális pitvarfibrillációs epizódjai. A pulmonalis izoláció utáni visszatérő ritmuszavarok nagy részét az ún. pulmonalis véna rekonnekció, azaz a pulmonalis véna izoláció hegének folytonossági hiánya okozza [6]. Az akut sikeres elektromos izoláció ellenére a beavatkozás után elektromos rekonnekció jöhet létre, melynek hátterében gyakran a technikai okok (például elégtelen érintkezés az ablatio alatt vagy az átlagnál vastagabb falrészlet) miatt idővel inkompletté váló, pulmonalis szájadék körüli hegvonalak állnak [7]. Az ismételt beavatkozás (azaz reisoláció) során az a cél, hogy a képzett hegek újra folytonossá, transmuralissá váljanak. Kimutathatóan több esély van a sinusritmus megtartására több beavatkozás elvégzésével [8].

Különösen értékes, ha a hegfolytonossági hiányok ténylegesen láthatóvá tehetőek. A késői, gadolíniumos kontrasztanyag-halmozásos szív-MRI által vizualizálható a szívizom heges területei. A kezdetben a bal kamrai



2. ábra | Az elektroanatómiai térképpel integrált, színekódolt hegtérkép látható a kép bal oldalán bal ferde, a kép jobb oldalán jobb ferde nézetből. Mind a 4 véna mellett csatolva látható az eredeti MRI-felvétel transzverzális metszetekben. A középső két képen a szürke terület a viabilis. A színes területek heges területeket jelölnek a transmuralitás fokának megfelelően. A piros a teljesen transmuralis laesio. A széli négy képen kék nyilak jelzik a heges, a piros nyilak az ép területeket, azaz a hegfolytonossági hiányokat

LIPV = bal alsó pulmonalis véna; LSP = bal felső pulmonalis véna; MRI = mágnesesrezonancia-képkalkotás; RIPV = jobb alsó pulmonalis véna; RSPV = jobb felső pulmonalis véna



3. ábra | Az elektroanatómiai térképpel integrált, színekódolt hegtérkép látható a képen az ablatiós pontokkal, amelyeket piros gyöngyök jelölnek. A kép bal oldalán a bal pitvar posterior, a kép jobb oldalán jobb ferde nézetből látható. Az ablatiós pontokat a hegfolytonossági hiányokra helyeztük

LIPV = bal alsó pulmonalis véna; LSP = bal felső pulmonalis véna; RIPV = jobb alsó pulmonalis véna; RSPV = jobb felső pulmonalis véna

hegesedés vizsgálatára kidolgozott módszert [9, 10] a bal pitvarra optimalizálva a heg (fibrosis) mértéke a vékony pitvarfalban is értékelhető. Úttörő munkát végeztek a bal pitvari hegek térképezésében *Oakes és mtsai* a technika kidolgozásával. Pitvarfibrilláló betegeken végzett vizsgálataik kimutatták, hogy a bal pitvar spontán is hegesedik. Kidolgozták az ún. Utah-klasszifikációt, mely osztályozza a bal pitvari szerkezeti remodeling (szöveti átépülés, azaz hegesedés) mértékét [11]. Megállapítást nyert, hogy minél hegesebb a bal pitvar, annál nagyobb a stroke-rizikó és a pulmonalis véna izolációt követő, ismételten jelentkező ritmuszavar veszélye is [12, 13]. Az említett munkacsoport mutatott rá, hogy a bal pitvari hegesedés progrediálhat, akár sikeres pulmonalis véna izolációt követően is [14], felvetve annak lehetőségét, hogy a pitvarfibrilláció mint szindróma valójában a bal pitvari hegesedés következménye is lehet [15]. A fibrosis mértékéből becsülhető a recidívaarány, és haszon/kockázat mérlegelés végezhető már a tervezett ablatio előtt. Amennyiben az ablatiót megelőző képkalkotás során a bal pitvar diffúz hegesedésével járó, Utah III. és IV. stádiumra derül fény, a pulmonalis véna izoláció elvégzése nem is javasolt. Az utánkövetés során azonban ábrázolhatók a pulmonalis véna szájadék körül az ablatióval képzett hegek is, és felderíthetők a hegfolytonossági hiányok is [11, 16, 17]. E látható hiányok korrelálnak az elektroanatómiai térkép adataival, azaz jelzik, hogy a pulmonalis véna ismét elektromosan vezet [18–20]. Posztinfarktusos betegcsoportban már sikeresen alkalmazott gyakorlat a bal kamrai 3D hegtérkép alapján végzett, pusztán anatómiai ún. „dechanneling”, azaz a posztinfarktusos hegszövetben fellelhető életképes csatornák ablatiója [21, 22]. Nagyobb kihívás a bal pitvar sokkal vékonyabb falában fellelhető, hegalapú aritmiaszubsztrátok pontos vizsgálata, hiszen az így nyert rekonstrukciók felhasználhatóságát egyelőre a szív-MRI felbontóképessége limitálja. A pulmonalis véna izoláció után utólagosan végzett bal pitvari elektroanatómiai és hegtérkép egyesítésének lehetőségeiről már több adat, illetve esetismertetés van. A kétfajta térképezési eljárásból nyert információk ígéretes módon korrelálnak egymással [23, 24]. Az esetünkben végzett valós idejű, anatómiai irányított bal pitvari ablatio azonban még ritkaság a nemzetközi irodalomban [25]. Betegünknel szív-MRI-vel igazolható volt, hogy az első pulmonalis véna izolációk által képzett laesiók nem folytonosak, a bal pitvari izomzat egyéb területei a képzett hegeken kívül viszont életképesek voltak, előrevetítve, hogy hatékony, folytonossági hiányoktól mentes izoláció esetén a ritmuszavar-mentesség nagy eséllyel elérhető. A használható információtartalommal bíró hegtérkép elkészítése viszont rendkívül időigényes és speciális szakértelmet igénylő folyamat. Már az MRI-felvételezési technika is gondos előkészítést igényel (alappfeltétel a normofrekvens sinusritmus és a légzését jól koordináló, együttműködő beteg). A kiértékelés során a vékony bal pitvari izomzat precíz körberajzolása kulcsfontosságú, szív-MRI-értékelésben járatos szakember

által végzendő feladat. A folyamat standardizálására ugyan világszerte van törekvés, de a különböző képalkotó centrumok eltérő felvételezési technikái miatt a képanyagok minősége nem egységes, így a reprodukálhatóságot vizsgáló és javítandó, nagy esetszámú multicentrikus vizsgálatok hiányoznak. Szemiautomatika bevezetésére készültek ugyan kis esetszámú tanulmányok, de a minden mozzanatánál nélkülözhetetlen egyedi szaktudás miatt tömeges felhasználásának napjainkban még nincs realitása. Az esetünkben alkalmazott képgenerálási folyamat is egyedi innováció, a kísérleti MASS, szív-MRI-hez használt számítógépes programból exportált információt a ParaView nyílt forráskódú képszerkesztő programmal megszerkesztve tettük a beavatkozás során alkalmazott elektroanatómiai térképezőrendszerrel (CARTO) kompatibilissé.

A pulmonalis véna izoláció nagyon sok betegnek nyújt életminőség-javulást; az utóbbi évek adatai alapján a Magyarország szív-elektrofiziológiai centrumaiban elvégzett beavatkozások száma exponenciális növekedést mutat [26]. Az ismertetett technikákkal a beavatkozás biztonságos [27]. A bemutatott esetből is látható, hogy hazánkban is intenzív kutatást végzünk ezen beavatkozás további tökéletesítésére. Mégis, annak ellenére, hogy a jelen szakmai irányelvek alapján a transzkatóteres pulmonalis véna izoláció ritmuszavar-ellenes gyógyszerre refrakter, tünetes pitvarfibrilláló betegeken életminőség-javító céllal végzendő [28], és számos tanulmány igazolja, hogy az ablatió stratégia hatékonyabb az önálló gyógyszeres kezelésnél [29–31], sok beteg csak megkésve, hosszú tünetes esztendőket után kerül referálásra pulmonalis véna izolációra.

Következtetés

Esetünk alátámasztja, hogy paroxizmális pitvarfibrilláló betegeknél jelentős életminőség-javulás érhető el a pulmonalis vénák elektromos elszigetelését biztosító, folytonos, tartós laesiót képző ablatió kezelésével. A laesiók formálásának elősegítésében, a pulmonalis véna reisoláció irányításában a bal pitvari 3D MRI-hegtérkép segítségül hívható.

Anyagi támogatás: A szerzők anyagi támogatásban nem részesültek.

Szerzői munkamegosztás: F. E.: A kézirat szövegezése, a beavatkozásban asszisztens operatőr, a képi anyag feldolgozása. R. J. G.: A szív-MR-vizsgálat képi anyagának feldolgozása. T. A.: A szív-MR-vizsgálat kivitelezése. S. T.: A beavatkozást végző első operatőr, a szív-MR-vizsgálat kivitelezése, a szív-MR-vizsgálat képi anyagának feldolgozása, a kézirat szövegezése.

Érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Tomcsányi J, Bózsik B, Rokszin G, et al. The prevalence of atrial fibrillation in Hungary. [A pitvarfibrilláció prevalenciája Magyarországon.] *Orv Hetil.* 2012; 153: 339–342. [Hungarian]
- [2] Miyasaka Y, Barnes ME, Gersh BJ, et al. Secular trends in incidence of atrial fibrillation in Olmsted County, Minnesota, 1980 to 2000, and implications on the projections for future prevalence. *Circulation* 2006; 114: 119–125. [Erratum: *Circulation* 2006; 114: e498.]
- [3] Shah DC, Haïssaguerre M, Jais P. Catheter ablation of pulmonary vein foci for atrial fibrillation: PV foci ablation for atrial fibrillation. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1999; 47(Suppl 3): 352–356.
- [4] Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, et al. Catheter ablation for atrial fibrillation with heart failure. *N Engl J Med.* 2018; 378: 417–427.
- [5] Haïssaguerre M, Jais P, Shah DC, et al. Spontaneous initiation of atrial fibrillation by ectopic beats originating in the pulmonary veins. *N Engl J Med.* 1998; 339: 659–666.
- [6] Ouyang F, Antz M, Ernst S, et al. Recovered pulmonary vein conduction as a dominant factor for recurrent atrial tachyarrhythmias after complete circular isolation of the pulmonary veins: lessons from double lasso technique. *Circulation* 2005; 111: 127–135.
- [7] Park CI, Lehrmann H, Keyl C, et al. Mechanisms of pulmonary vein reconnection after radiofrequency ablation of atrial fibrillation: the deterministic role of contact force and interlesion distance. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2014; 25: 701–708.
- [8] Teunissen C, Kassenberg W, Van Der Heijden JF, et al. Five-year efficacy of pulmonary vein antrum isolation as a primary ablation strategy for atrial fibrillation: a single-centre cohort study. *Europace* 2016; 18: 1335–1342.
- [9] Kim RJ, Fieno DS, Parrish TB, et al. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999; 100: 1992–2002.
- [10] Major GyP, Halász S, Simor T, et al. Experience with cardiac magnetic resonance imaging in patient management at the Markusovszky Hospital, County Vas, Hungary. [A szív mágneses rezonanciás vizsgálata a Markusovszky Kórház, Kardiológiai Osztály betegellátásában.] *Orv Hetil.* 2012; 153: 1638–1644. [Hungarian]
- [11] Oakes RS, Badger TJ, Kholmovski EG, et al. Detection and quantification of left atrial structural remodeling with delayed-enhancement magnetic resonance imaging in patients with atrial fibrillation. *Circulation* 2009; 119: 1758–1767.
- [12] Daccarett M, Badger TJ, Akoum N, et al. Association of left atrial fibrosis detected by delayed-enhancement magnetic resonance imaging and the risk of stroke in patients with atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 57: 831–838.
- [13] Peters DC, Wylie JV, Hauser TH, et al. Recurrence of atrial fibrillation correlates with extent of post-procedural late gadolinium enhancement: a pilot study. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009; 2: 308–316.
- [14] Akoum N, Wilber D, Hindricks G, et al. MRI assessment of ablation-induced scarring in atrial fibrillation: analysis from the DECAAF study. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2015; 26: 473–480.
- [15] Gal P, Marrouche NF. Magnetic resonance imaging of atrial fibrosis: redefining atrial fibrillation to a syndrome. *Eur Heart J.* 2017; 38: 14–19.
- [16] Chubb H, Karim R, Roujol S, et al. The reproducibility of late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance imaging of post-ablation atrial scar: a cross-over study. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2018; 20: 21.
- [17] McGann C, Kholmovski E, Blauer J, et al. Dark regions of no-reflow on late gadolinium enhancement magnetic resonance imaging result in scar formation after atrial fibrillation ablation. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58: 177–185.
- [18] Linhart M, Alarcon F, Borràs R, et al. Delayed gadolinium enhancement magnetic resonance imaging detected anatomic gap length in wide circumferential pulmonary vein ablation lesions is associated with recurrence of atrial fibrillation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2018; 11: e006659.
- [19] Bisbal F, Guiu E, Cabanas-Grandío P, et al. CMR-guided approach to localize and ablate gaps in repeat AF ablation procedure. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014; 7: 653–663.
- [20] Badger TJ, Daccarett M, Akoum NW, et al. Evaluation of left atrial lesions after initial and repeat atrial fibrillation ablation: lessons learned from delayed-enhancement MRI in repeat ablation procedures. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2010; 3: 249–259.
- [21] Berrueto A, Fernández-Armenta J, Andreu D, et al. Scar dechanneling. New method for scar-related left ventricular tachycardia substrate ablation. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2015; 8: 326–336.
- [22] Bilchick KC. Integration of CMR scar imaging and electroanatomic mapping: the future of VT ablation? *JACC Cardiovascular Imaging* 2012; 5: 211–213.
- [23] Malcolm-Lawes LC, Juli C, Karim R, et al. Automated analysis of atrial late gadolinium enhancement imaging that correlates with endocardial voltage and clinical outcomes: a 2-center study. *Heart Rhythm.* 2013; 10: 1184–1191.
- [24] Spragg DD, Khurram I, Zimmerman SL, et al. Initial experience with magnetic resonance imaging of atrial scar and co-registration with electroanatomic voltage mapping during atrial fibrillation: success and limitations. *Heart Rhythm.* 2012; 9: 2003–2009.
- [25] Kiuchi K, Okajima K, Shimane A, et al. Visualization of pulmonary vein-left atrium reconnection site on delayed-enhancement magnetic resonance imaging in the second atrial fibrillation catheter ablation. *Circul J.* 2014; 78: 2993–2995.
- [26] Tahin T, Riba Á, Clemens M, et al. Numbers of cardiac electrophysiology studies and catheter ablations in Hungary between 2014–2016. [Szív-elektrofiziológiai vizsgálatok és katéterabblációk számának alakulása Magyarországon 2014 és 2016 között.] *Cardiol Hung.* 2017; 47: 195–199. [Hungarian]
- [27] Ignacio DM, Jarma JJ, Nicolas V, et al. Current safety of pulmonary vein isolation in paroxysmal atrial fibrillation: first experience of same day discharge. *J Atr Fibrillation* 2018; 11: 2077.
- [28] Hindricks G, Potpara T, Dagres N, et al. 2020 ESC guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J.* 2021; 42: 373–498. Erratum: *Eur Heart J.* 2021; 42: 507. Erratum: *Eur Heart J.* 2021; 42: 546–547. [Erratum: *Eur Heart J.* 2021; 42: 4194.]
- [29] Calkins H, Reynolds MR, Spector P, et al. Treatment of atrial fibrillation with antiarrhythmic drugs or radiofrequency ablation: two systematic literature reviews and meta-analyses. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2009; 2: 349–361.
- [30] Eckard N, Davidson T, Walfridsson H, et al. Cost-effectiveness of catheter ablation treatment for patients with symptomatic atrial fibrillation. *J Atr Fibrillation* 2009; 2: 195.
- [31] Oral H, Pappone C, Chugh A, et al. Circumferential pulmonary-vein ablation for chronic atrial fibrillation. *N Engl J Med.* 2006; 354: 934–941.

(Földi Eszter dr.,
Pécs, Ifjúság út 13., 7624
e-mail: eszterfodi@gmail.com)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)