

A multimodális képalkotás szerepe új típusú felnőtt kongenitális intervenciók tervezésében – SVASD, TricValve, VenusP-valve

Pataki Szabina, Vértesaljai Márton, Ablonczy László,
Környei László, Fontos Géza, Andréka Péter, Bálint Olga Hajnalka



A szerző
video-összefoglalója

Gottsegen György Országos Kardiovaszkuláris Intézet,
Kardiológiai Képalkotó Diagnosztikai Osztály, Budapest

Levelezési cím:

Dr. Pataki Szabina, 1096 Budapest, Haller utca 29. 1028 Budapest, Leshegy utca 1.

E-mail: szabina.pataki@gokvi.hu

A veleszületett szívbetegségek heterogén betegcsoportot képeznek a kardiológiai betegellátásban, a háttérben álló anatómiai okok széles spektruma, a korábbi műtétek, intervenciók változatossága, a reziduális eltérések sokszínűsége, javuló túlélési adatok mellett, egyúttal újabb kihívásokat is jelentenek gondozásuk során. A kongenitális betegcsoportban a hosszú távú utánkövetés során, a reziduális eltérések felismerésében, nyomonkövetésében, az újfajta katéterintervenció eszközökkel való megoldás kivitelezhetőségének megítélésében egyre inkább az az irányvonal érvényesül, hogy a különböző képalkotó eszközök együttes alkalmazása szükséges az információk beszerzéséhez, hiszen minden beteg egyedi mérlegelést igényel, sok esetben az anatómia komplexitása nélkülözhetetlenné teszi a multimodális megközelítést. A többféle képalkotó módszer más-más aspektusból vizsgálja az eltéréseket, és jól kiegészítik egymást. Szív-MR-vizsgálattal precízebb intervencióindikációt tudunk felállítani (jobbkamra-volumen, illetve -funkció, aorta- vagy pulmonalis billentyűregurgitáció foka, söntvolumenek stb.), a CT-angiográfia pontosabb intervenció tervezést, eszköz kiválasztást tesz lehetővé, tekintettel a jobb felbontásra a kiáramlási pályák, valamint az extrakardiális anatómiai viszonyok feltérképezésében.

Jelen értekezés célja a felnőtt kongenitális betegek körében, az utóbbi években elérhetővé vált katéterintervenciók közül három beavatkozás bemutatása a képalkotó vizsgálatok tükrében, amely kiválóan szemlélteti a multimodális képalkotás szükségességét ezen beavatkozások során.

Kulcsszavak: kardiális képalkotás, strukturális intervenciók, felnőtt veleszületett szívbetegség

Role of multimodality imaging for planning novel interventions in adults with congenital heart disease – SVASD, TricValve, VenusP-valve

Congenital heart disease is a heterogeneous group of patients in cardiology care, with a wide spectrum of underlying anatomical causes, a variety of previous surgeries and interventions, a diversity of residual abnormalities, improving survival rates and new challenges in their care. In congenital patient population, long-term follow-up, detection and investigation of residual abnormalities, assessment of the feasibility of a solution with novel catheter interventional devices are increasingly driven by the need to use a combination of different imaging tools to obtain information, as each patient requires individual consideration, in many cases the complexity of the anatomy makes the multimodal approach essential. The various imaging methods can evaluate the differences from other aspects and complement each other well. With cardiac MR, we can set up a more accurate indication for intervention (right ventricle volume and function, degree of aortic or pulmonary valve regurgitation, shunt volumes, etc.). Cardiac CT enables more precise intervention planning and device selection due to the better resolution of the outflow tracts and the mapping of extracardial anatomical conditions.

The aim of this thesis is to present three interventions among the various catheter interventions that recently have become available in patients with congenital heart disease from the perspective of cardiac imaging studies, which provide an excellent illustration of the need for multimodal imaging in these procedures.

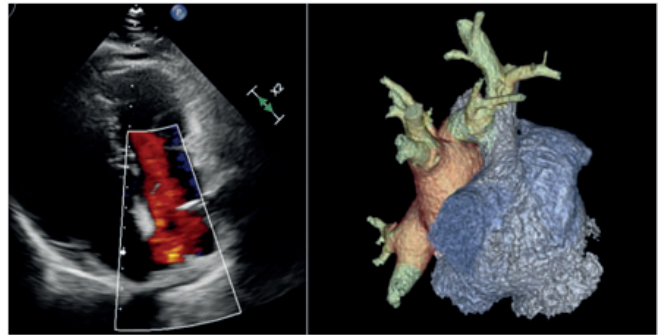
Keywords: cardiac imaging, structural interventions, adult congenital heart disease

A sinus venosus pitvari defektus transzkatóteres megoldása és a képalkotók szerepe

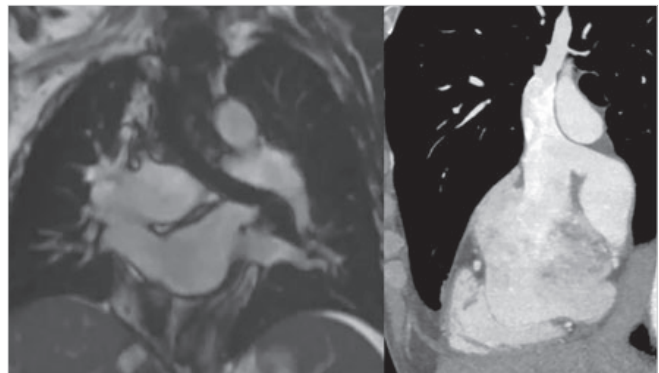
A sinus venosus típusú pitvari septumdefektus (SVASD) egy ritkább megjelenési formája a pitvari sövényhiálynak (a pitvari defektusok kb. 5-10%-a), a vena cava superior abnormális csatlakozását jelenti a pitvari septum felső pólusának megfelelően, amely gyakran társul a tüdővénák rendellenes beömlésével (1). A jelentős bal-jobb söntáramlás a jobb szívfél volumenterhelésén túl kedvez pitvari ritmuszavarok kialakulásának (2). A transthoracalis echokardiográfia sok esetben nem elegendő a diagnózis felállításához, SVASD-ra gyanús áramlás vagy egyéb okkal nem magyarázható jobbszívfél-tágulat esetén így további képalkotó vizsgálatok elvégzése szükséges, mint transoesophagealis echokardiográfia (TEE), kardiális MR- vagy CT-vizsgálat, ritkábban szívkatéteres vizsgálat (2). A kezelése elsősorban szívbézszereti, azonban az elmúlt években katéterintervenciós megoldások is lehetővé váltak. A transzkatóteres zárás tervezése szempontjából a szív-CT szerepe kiemelendő, különös tekintettel az együttesen fennálló tüdővéna-transzpozíció megítélésére céljából. A transthoracalis echokardiográfia mint alapvető képalkotó modalitás használatos a jobbszívfél-volumenterhelés jeleinek kimutatására (tág jobb kamra, paradox septummozgás, D-jel), felvetheti sinus venosus ASD gyanúját, az utánkötésben nem elhanyagolható a szerepe. A transoesophagealis echo a defektus azonosításában, a morfológiában, a méretezésben, a pozícióban, egyéb patológiák kimutatásában fontos szerepet játszik, a 3D-technika alkalmazása a diagnosztikát még inkább elősegíti. Kardiális MR-vizsgálat elsősorban kiegészítő vizsgálat a volumenterhelés megítélésére, Qp/Qs meghatározására (1–2. ábra). Hemodinamikai vizsgálat elvégzése szükséges magasabb pulmonális vaszkuláris rezisztencia gyanúja esetén (3).

A pitvari sövényhiányok zárásának indikációja a jelentős söntáramlás ($Q_p:Q_s > 1,5$), a jobbszívfél-terhelés echokardiográfiai jelei vagy jobbszívfél-elégtelenség tünetei, az anamnézisben szereplő paradox embolizáció vagy ritmuszavar; relatív kontraindikációt képez a pulmonális vaszkuláris rezisztencia (PVR) 3 Wood egység felé emelkedése, abszolút kontraindikáció a PVR 5 WU feletti értéke (4).

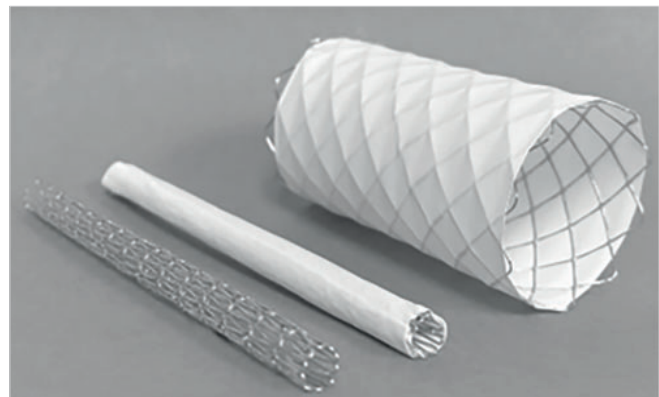
A katéterintervenció alapja egy speciális fedett stent behelyezésével a vena cava superior (VCS) falának pótlása, amely önmagában lehetővé teszi a tüdővénák bal pitvarba való visszaterelését (3. ábra). A transzkatóteres zárás alkalmasságának feltétele, hogy a defektus és a jobb felső tüdővéna beömlése a vena cava superior-jobb pitvar átmenet magasságára korlátozódjon, más lokalizációjú sövényhiány hiánya mellett (5). Technikai nehézségeket képez a vena cava superior tágulékonyasága, a VCS és VCS-jobb pitvar átmenet átmérőinek diszkrepanciája, járulékos tüdővéna jelenléte, ez



1. ÁBRA. A sinus venosus ASD-echokardiográfiai és 3D CT-angiográfiai képe (a jobb felső tüdővéna transzpozíciójával)

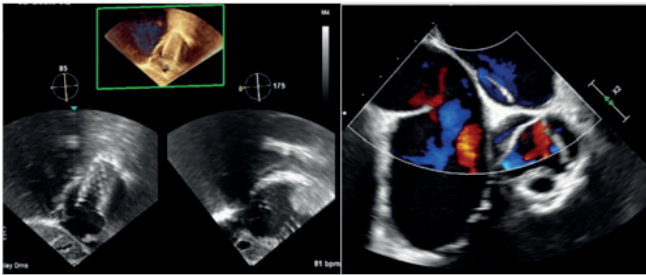


2. ÁBRA. A sinus venosus ASD MR- és CT-képe

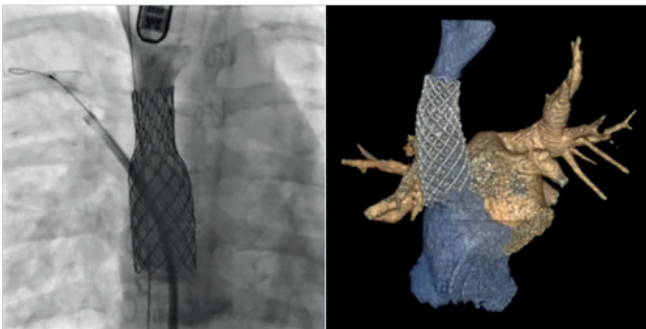


3. ÁBRA. Sinus venosus ASD-záróeszköz – CP-stent (20)

esetben a jobb felső tüdővéna beömlése magasabbra eshet, amely a cavastent beültetésével vagy lezárhatja azt, vagy reziduális sönt lehetőségét rejtheti magában. A beavatkozás során a tüdővéna védelme külön figyelmet igényel, az intervenció sikeressége angiogram és TEE segítségével is ellenőrzésre kerül, annak megerősítésére, hogy a bal-jobb söntáramlás megszűnése mellett a tüdővénában az áramlás megtartott, valamint nyomásmérés alapján a jobb felső tüdővénában nem észlelhető 2 Hgmm-nél magasabb grádiensemelkedés; a beavatkozást követően CT-képalkotással ábrázolható a beültetett stent, valamint a tüdővéna viszonya (6) (4–5. ábra).



4. ÁBRA. Sinus venosus ASD-záróeszköz (stent) TEE-képe



5 ÁBRA. Vena cava superior stent angiográfias és CT-ábrázolása a sinus venosus ASD-zárását követően

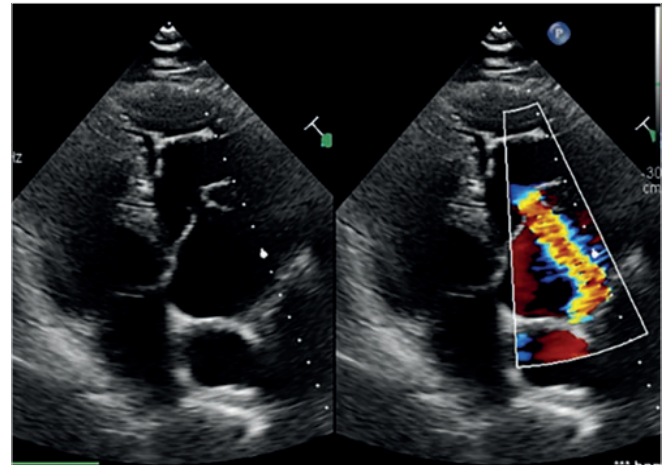
TricValve-implantáció és képalkotás

A TricValve bicavalis rendszer két öntáguló, transzkatéteres úton beültethető bioprotézist foglal magába, amely a hemodinamikailag szignifikáns tricuspidalis regurgitáció megoldására szolgál a natív billentyű megtartásával, azáltal, hogy a vena cava superiorba és inferiorba történő implantációjával csökkenthető a visszaáramló volumen mennyisége és a cava rendszeren át a szekunder szervi pangás mértéke (7) (6. ábra).

A súlyos fokú tricuspidalis insuficiencia jelentősen növeli a morbiditást és mortalitást (8). A megfelelő kezelés kiválasztásában számos kihívást jelent a szignifikáns TI mellett fennálló jobbkamra-elégtelenség és -tágulat szerepe. Nem elhanyagolható az a kondíció sem, hogy a betegek gyakran már előrehaladott stádiumban vagy életkorban kerülnek látókörbe, ahol több társbetegség is jelen van (9). Kezelését illetően a gyógyszeres terápia ellenére tünetes betegcsoportban (NYHA



6. ÁBRA. TricValve stentek (21)



7. ÁBRA. Jelentős tricuspidalis regurgitáció echokardiográfias képe

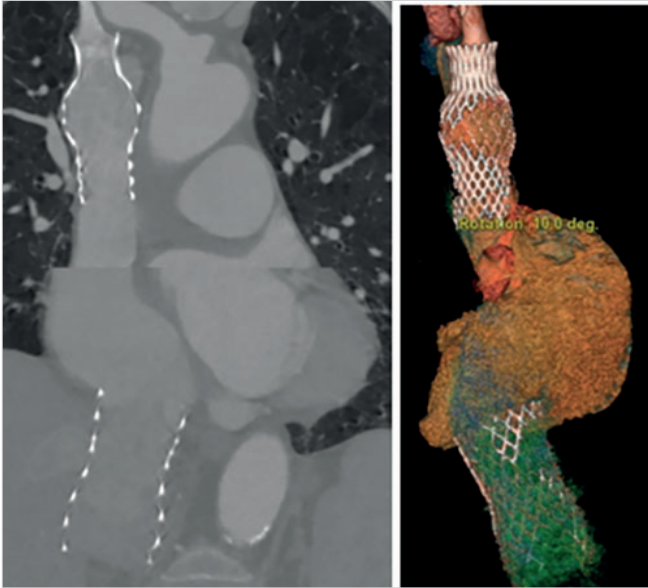
funkcionális stádium III–IV.), a szívsebészeti beavatkozás szempontjából túl magas kockázati csoportba tartozó betegek körében csak limitált lehetőségek álltak rendelkezésre (10).

A preprocedurális kivizsgálás részét képezi a szívultrahang, a jobbszívfél-katéterezés, valamint a szív-CT-vizsgálat (7. ábra). Echokardiográfián leírt súlyos fokú tricuspidalis regurgitáció, jelentős koaptációs hiány (>10 mm, effektív orificium area >60 mm²) meglétéén túl jobbszívfél-katéterezéssel szükséges igazolni a cavák felé történő szignifikáns refluxot (v-hullám >25 Hgmm) (11). Kardiális CT-vizsgálat nélkülözhetetlen a billentyű méretezéséhez, a centrális vénás rendszer anatómiája mellett a környező struktúrákhoz való viszonyát is kitűnően ábrázolja. A beavatkozás elvégzésének kontraindikációi közül kiemelendő egyéb ismert intrakardiális sőt jelenléte, pulmonalis hipertónia (>65 Hgmm), a jelentős jobbkamra-diszfunkció (TAPSE <13 mm) vagy májcirrózis kialakulása (Child C) (12).

A szív-CT-n elvégzett mérési eredmények alapján kiválasztott bioprotézisek fluoroszkópiás vezérlés mellett, transfemorális behatolásból, előbb az SVC-be, majd az IVC-be kerülnek beültetésre, az intervenció sikerességének ellenőrzésére szükség esetén azonnali TEE-kontroll, valamint a későbbiekben a stentek helyzete ismételt CT-felvételezéssel revizionálható (12) (8. ábra).

A jobb kamra kiáramlási pályájának katéterintervenció rehabilitációja és képalkotási modellje

Jelentős innováció volt az elmúlt évtizedekben a jobb kamra kiáramlási pályájának (RVOT) diszfunkciójához kapcsolódóan a transzkatéteres úton elvégezhető pulmonalis billentyűbeültetés lehetősége, különösen az öntáguló (self-expandable) billentyűk megjelenése. Utóbbiak olyan esetben is használhatóak, amikor



8. ÁBRA. TricValve rendszer beültetését követő CT-felvétel

a primer műtét során nem került be billentyű (csak transanularis folt). A korábbi műtétek során beültetett bioprotézisek, konduitek limitált élettartama hosszú távon újabb intervenciókat tesz szükségessé, a következményes pulmonalis regurgitáció, stenosis növeli a jobbkamra-elégtelenség, kamrai ritmuszavarok, valamint hirtelen szívhalál kockázatát (13, 14). A jobb kamrai kiáramlási pálya diszfunkciójának kialakulásával számolhatunk a következő anatómiai helyzetekben:

- Fallot-tetralógia rekonstrukciója után;
- kamrai sövényhiánnyal társuló pulmonalis atresia korrekciója után;
- kettős kiáramlású jobb kamra, malponált nagyerekkel, kamrai sövényhiánnyal, pulmonalis stenosis Rastelli-típusú műtét után;
- truncus arteriosus communis palliációját követően;
- pulmonalis stenosis társult korrigált nagyértanszpozíció műtéti megoldását követően;
- (vagy) aortabillentyű-betegség Ross-típusú korrekciója után (13).

A perkután implantálható pulmonalis billentyűk jelentős változást hoztak ebben a betegcsoportban, azáltal, hogy ismételt mellkasnyitások elkerülésével lehetővé teszik a jobb kamrai kiáramlási pálya funkciójának helyreállítását.

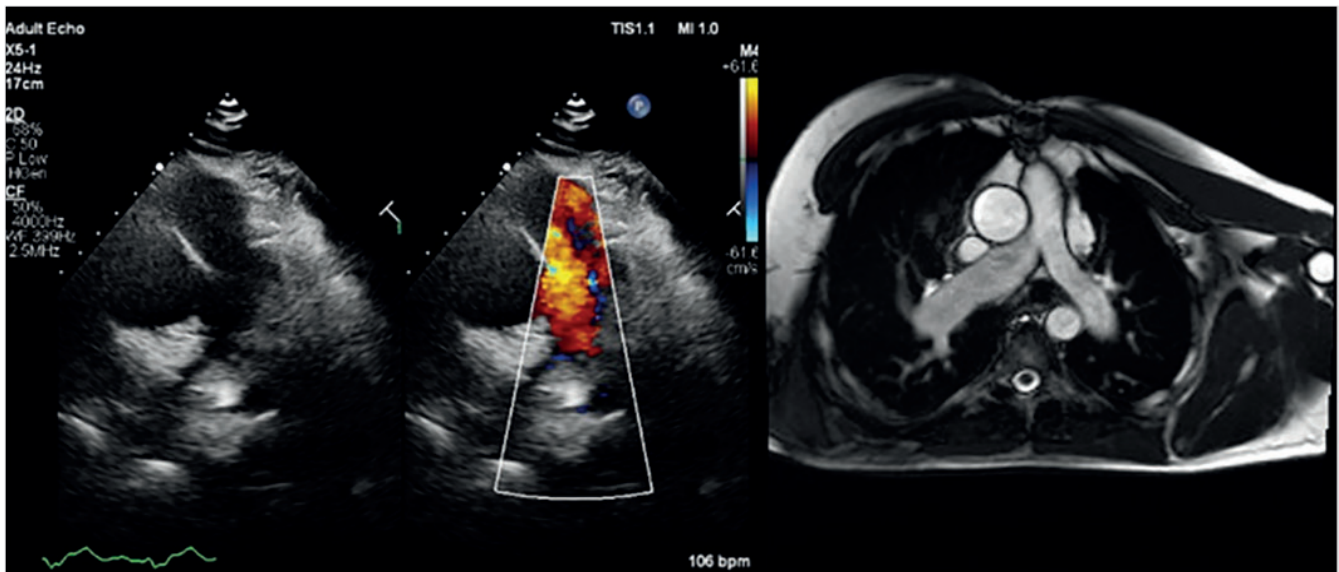
A jobb kamra kiáramlási traktusának diszfunkciójáról beszélünk echokardiográfia során legalább közepes fokú pulmonalis insuficiencia, a pulmonalis billentyűn mért emelkedett csúcsgradiens esetén (>50 Hgmm), ehhez kapcsolódóan megjelenő jobbszívfél-elégtelenségi tünetek (a NYHA III/IV. funkcionális stádiuma), legalább közepes súlyos tricuspidalis regurgitáció egyidejű fennállásakor. Kardiális MR-vizsgálat szükséges a fenti echokardiográfiai értékek pontos meghatározásához, azaz indokolt a billentyűbeültetés, ha a jobb kamra ejekciós frakciója billentyűelég-



9. ÁBRA. VenusP-billentyű (22)

telenség kapcsán szignifikánsan csökkent (RV-EF <45%), vagy a regurgitációs frakció 30%-ot meghaladja és jelentősen emelkedett a jobb kamrai végdiasztolés volumen (RVEDV >150ml/m²) (15) (9. ábra).

A perkután beültethető pulmonalis billentyűk első képviselője, a Melody-billentyű (marha jugularis vénája – platinum-irídium stent), amelynek hosszú távú utánkövetéses vizsgálata jó eredményeket mutatott 10 évvel a beültetést követően mind az eseménymentes túlélés (90%), mind olyan klinikai tulajdonságok szempontjából, mint a pulmonalis insuficiencia (nincs vagy enyhe fokú; <97%), alacsony infektívendocarditis-ráta (2%/beteg/év) és reintervenció szükségessége (55%) (16). Tekintettel arra, hogy alkalmazhatósága szűkebb mérettartományban (18-22 mm) és korábban implantált konduitekban, illetve sebészi bioprotézisek esetében elérhető, további billentyűbeültetési eljárásokat hívott életre, mint például az öntáguló billentyűk és preszterek kifejlesztését a nagy átmérőjű natív vagy foltzott jobb kamrai kiáramlási pályák kezelésére (17). A nemrégiben hazánkban is hozzáférhetővé vált VenusP rendszer egy többszintes nitinolvázra épített, sertés-pericardium felhasználásával készült háromtasakos, öntáguló billentyű, kifejezetten dilatált jobb kamra kiáramlási traktusok megoldására, amelynek további előnye, hogy visszahúzható, repozicionálható, valamint natív pálya és konduit diszfunkció esetén is alkalmazható (18) (10. ábra). A jobb kamrai kiáramlási pálya morfológiája és mérete nagyban meghatározza az alkalmazható perkután billentyű típusát, a preszterelést és ballontágítást igénylő billentyűk esetében a fordított piramis vagy homokóra, míg az öntáguló rendszerek esetében a cső alakú vagy többszörös, kisebb szűkületet mutató formák preferálandóak, ennek megítélésében szív-CT- és -MR-vizsgálatok szükségesek (18) (11. ábra). A pulmonalis bifurkáció alakja, együttesen fennálló perifériás pulmonalis ágszűkület vagy már előzetesen az ágba ültetett stent(ek) nehezítő körülmények az intervenció kivitelezhetősége szempontjából, az anatómia pontos feltérképezése céljából elsősorban kardiális CT-vizsgálat javasolt, szintén kiemelendő a további komplikációk elkerülése végett a koronáriaefutás és RVOT relációjának értékelése ezen modalitás alkalmazásával (12. ábra). A koronáriakompresszió kockázatának felmérése céljából ugyancsak javasolt a hemodinamikai laborban az RVOT maximális ballondilatáció mellett szelektív koronáriaangiográfia elvégzése (18,



10. ÁBRA. A pulmonalis regurgitáció megítélése echokardiográfia és szív-MR segítségével

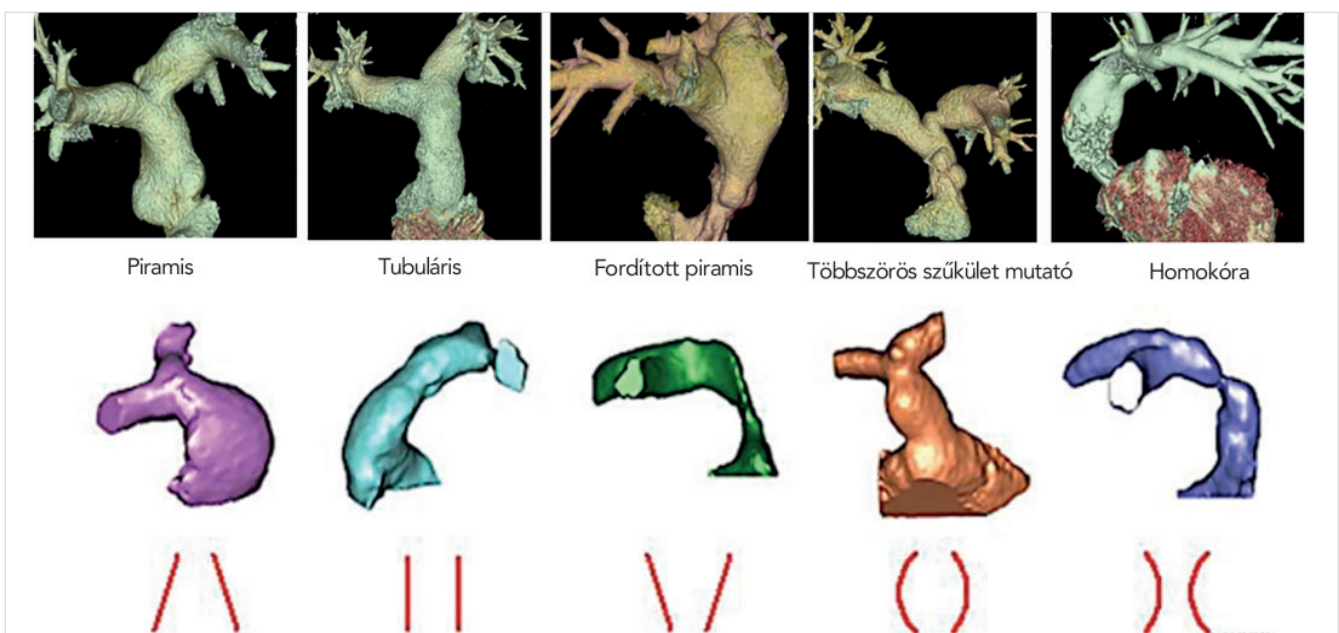
19). A felsorolt kritériumok alapján ideális kandidátus az RVOT tubuláris morfológiája (az átmérők közel egyezők az annulus, a pulmonalis törzs középső és disztális harmadi szakaszán), ha a maximális diaméter nem haladja meg a 32-34 mm-t, a hossza 20 mm-nél nagyobb, a pulmonalis bifurkáció szimmetrikus alakja, proximális ágszűkület hiánya, illetve akinél a már említett koronáriakompresszió nem igazolható (20).

A beavatkozás során transfemorális behatolásból egy speciális felvezetési rendszeren keresztül, a bal pulmonalis ág proximális szakaszába helyezett vezetődrt alkalmazásával történik a billentyű pozicionálása, majd ismételt jobb oldali ventriculogram és pulmonalis angiogram mellett ellenőrzésre kerül a billentyű optimális el-

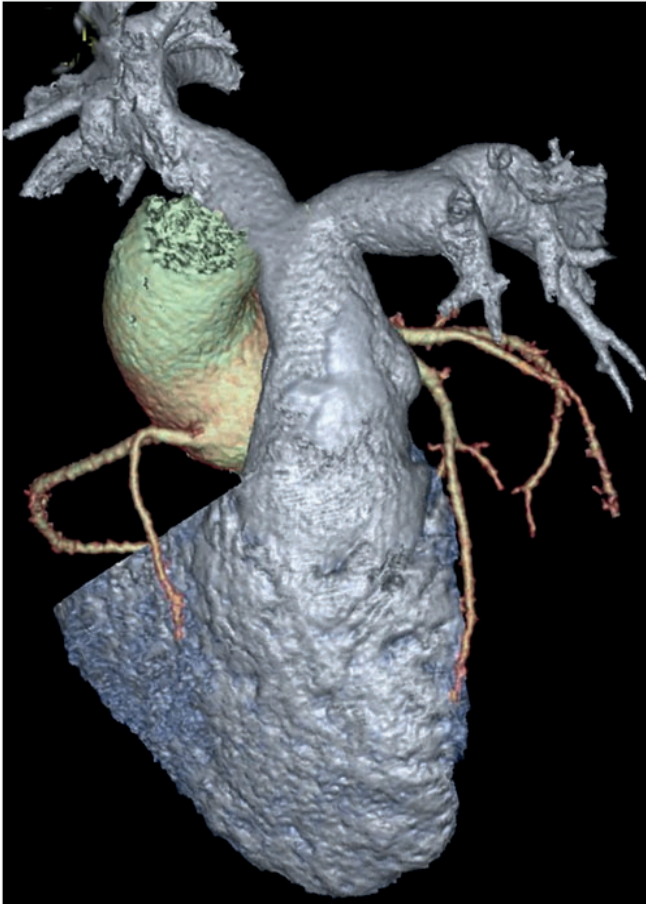
helyezkedése, funkciója, valamint a pulmonalis ágak felé történő adekvát áramlás megléte. Posztprocedurálisan echokardiográfias kontroll szükséges, egyéb ferromágneses stent hiányában a későbbiekben MR-vizsgálat elvégzése javasolt az intervenció sikerességének felmérése céljából (18).

Következtetések

A fentiekben is részletezett katéterintervenciós eszközök forradalmi változást hoztak a veleszületett szívbetegséggel élők kezelési stratégiájának megválasztásában, egyre inkább szélesedik azon betegek spektruma,



11. ÁBRA. A jobb kamrai kiáramlási pálya morfológiájának klasszifikációja kardiális CT segítségével (22)



12. ÁBRA. A jobb kamrai kiáramlás és koronáriareláció 3D CT-vizualizációja

ahol elkerülhető a többszöri szívsebészeti beavatkozás. A perkután alkalmazható technikák már a kezdeti tapasztalatok alapján is ígéretes lehetőséget biztosítanak, hosszú távú klinikai előnyeik azonban még további értékelést igényelnek. Mindazonáltal a kongenitális betegcsoport esetében még inkább érvényesül az a szemlélet, hogy a túlélés javulása mellett elkerülhetetlen invazív beavatkozások száma, ha érdeemben nem is redukálható, azonban a kisebb megterheléssel, rövidebb hospitalizációval és gyorsabb felépüléssel kecsgetető katéterintervenciók megoldások előnyben részesítése alapvető cél. Mivel ezen beavatkozások komplexitása sokszor technikailag is nagyobb kihívást jelent, a multimodális képalkotó vizsgálatok szerepe mind a diagnosztikában, mind az alkalmasság megállapításában, illetve a beavatkozások vezetésében is elengedhetetlen.

Nyilatkozat

A szerzők kijelentik, hogy az összefoglaló közlemény megírásával kapcsolatban nem áll fenn velük szemben pénzügyi vagy egyéb lényeges összeütközés, összeférhetetlenségi ok, amely befolyásolhatja a közleményben bemutatott eredményeket, az abból levont következtetéseket vagy azok értelmezését.

Irodalom

- Li J, Al Zagal AM, Anderson RH. The nature of the superior sinus venosus defect. *Clin Anat* 1998; 11: 349–352. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2353\(1998\)11:5%3C349:aid-ca11%3E3.0.co;2-j](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2353(1998)11:5%3C349:aid-ca11%3E3.0.co;2-j)
- Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, et al. ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Writing Committee to Develop Guidelines on the Management of Adults With Congenital Heart Disease. Developed in Collaboration With the American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 143–263. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.10.001>
- Martin SS, Shapiro EP, Mukherjee M. Atrial septal defects – clinical manifestations, echo assessment, and intervention. *Clin Med Insights Cardiol* 2014; 8: 93–98. <https://doi.org/10.4137/cmc.s15715>
- D'Alto M, Romeo E, Argiento P, et al. Hemodynamics of patients developing pulmonary arterial hypertension after shunt closure. *Int J Cardiol* 2013; 168: 3797–3801. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.06.036>
- Mounir Riahi, et al. Early experience of transcatheter correction of superior sinus venosus atrial septal defect with partial anomalous pulmonary venous drainage. *EuroIntervention* 2018; 14: 868–876. <https://doi.org/10.4244/eij-d-18-00304>
- Kothandam Sivakumar, et al. Simple Diagnostic Tools May Guide Transcatheter Closure of Superior Sinus Venosus Defects Without Advanced Imaging Techniques. *Circulation Cardiovascular Interventions* 2020; 13: e009833.
- Kothandam Sivakumar, et al. Simple Diagnostic Tools May Guide Transcatheter Closure of Superior Sinus Venosus Defects Without Advanced Imaging Techniques. *Circulation Cardiovascular Interventions* 2020; 13: e009833.
- Lauten A, et al. Heterotopic Valve Replacement as an Interventional Approach to Tricuspid Regurgitation. *Journal of the American College of Cardiology* 2 February 2010; 55(5): 499–500. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2009.09.034>
- Topilsky Y, Nkomo VT, Vatury O, et al. Clinical outcome of isolated tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014; 7: 1185–94. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.07.018>
- Russo G, Taramasso M, Pedicino D, et al. Challenges and future perspectives of transcatheter tricuspid valve interventions: adopt old strategies or adapt to new opportunities? *Eur J Heart Fail* 2022; 24: 442–54. <https://doi.org/10.1002/ehf.2398>
- Taramasso M, et al. The International Multicenter TriValve Registry: Which Patients Are Undergoing Transcatheter Tricuspid Repair? *JACC Cardiovasc Interv* 2017; 10: 1982–90. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.08.011>
- Ningyan Wong, Ignasius Aditya Jappara, Jien Sze Ho, et al. Torrential Tricuspid Regurgitation Treated with TricValve. *Journal of Asian Pacific Society of Cardiology* 2022; 1: e29. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.08.011>
- Abdul-Jawad Altisent O, et al. Caval Valve Implantation CAVI: An Emerging Therapy for Treating Severe Tricuspid Regurgitation. *J Clin Med* 2021 Oct 7; 10(19): 4601. <https://doi.org/10.3390/jcm10194601>
- Silversides CK, Marelli A, Beaulac L, et al. Conference on the management of adults with congenital heart disease: executive summary. *Can J Cardiol Canadian Cardiovascular Society 2009 Consensus* 2010; 26: 143–150. [https://doi.org/10.1016/s0828-282x\(10\)70352-4](https://doi.org/10.1016/s0828-282x(10)70352-4)
- Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, et al. ESC guidelines for the management of grown-up congenital heart disease new version 2010. *Eur Heart J* 2010; 31: 2915–2957. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehq249>
- Giugno L, Faccini A, Carminati M. Percutaneous Pulmonary Valve Implantation. *Korean Circ J* 2020 Apr; 50(4): 302–316. PMID: 32157831; PMCID: PMC7067602. <https://doi.org/10.4070/kcj.2019.0291>
- Jones TK, et al. Long-Term Outcomes After Melody Transcatheter Pulmonary Valve Replacement in the US Investigational Device Exemption Trial. *Circ Cardiovasc Interv* 2022 Jan; 15(1): e010852. Epub 2021 Dec 21. PMID: 34930015; PMCID: PMC8765216. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.121.010852>
- McElhinney DB, Hennesen JT. The Melody® valve and Ensemble® delivery system for transcatheter pulmonary valve replacement. *Ann N Y Acad Sci* 2013 Jul; 1291(1): 77–85. Epub 2013 Jul 8. PMID: 23834411; PMCID: PMC3910161. <https://doi.org/10.1111/nyas.12194>
- Morgan G, Prachasilchai P, Promphan W, et al. Medium-term results of percutaneous pulmonary valve implantation using the Venus P-valve: International experience. *EuroIntervention* 2019; 14: 1363–70. <https://doi.org/10.4244/eij-d-18-00299>
- Law MA, Chatterjee A. Transcatheter pulmonic valve implantation: Techniques, current roles, and future implications. *World J Cardiol* 2021 May 26; 13(5): 117–129. PMID: 34131475; PMCID: PMC8173335. <https://doi.org/10.4330/wjc.v13.i5.117>
- Rosenthal E, Qureshi SA, Jones M, et al. Correction of sinus venosus atrial septal defects with the 10 zig covered Cheatham-platinum stent – An international registry. *Catheter Cardiovasc Interv* 2021; 98: 128–136. <https://doi.org/10.1002/ccd.29750>
- <https://productsandfeatures.com/patients-and-care-workers/information-of-disease-and-possible-treatments/treatment-methods/tricvalve-transcatheter-bicaval-valves/>
- <https://www.venusmedtech.com/index.php/list-45>