

A transzkatéteres aortabillentyű-beültetés bővülő indikációs köre és az aortabillentyű-stenosis hosszú távú kezelésének stratégiai szempontjai

Gulyás Zalán, Kerecsen Gábor, Tóth-Zsámboki Emese,
Horváth Zsófia, Kiss Róbert Gábor, Duray Gábor Zoltán



Észak-pesti Centrumkórház – Honvédkórház, Kardiológia, Budapest

Szerzői video-összefoglaló és
CH-Live kerekasztal

Levelezési cím:

Dr. Gulyás Zalán, e-mail: gulyaszalan@gmail.com

A transzkatéteres aortabillentyű-implantáció (TAVI) az elmúlt két évtizedben egyre erősebb evidenciákkal rendelkező terápiás lehetősége lett a degeneratív súlyos aortabillentyű-stenosis kezelésének. Az indikációs kör függetlenné vált a szívsebészeti beavatkozás kockázatától, és egyre inkább a várható életkilátásokhoz igazodik. Az aktuális irányelvek a TAVI és a szívsebészeti aortabillentyű-csere (SAVR) egyértelmű javaslatai mellett hagynak „szürke zónákat” is, amelyek lehetőséget teremtenek a két beavatkozás előnyeinek és hátrányainak, valamint a beteg érdekeinek és a helyi viszonyoknak a figyelembevételével az optimális döntés meghozatalára. Minél fiatalabb betegcsoportra terjesztjük ki a TAVI-t, annál inkább figyelembe kell venni azokat a tényezőket és hosszú távú hatásokat, amelyek ezzel az intervenciótípussal együtt járnak. Az intraventrikuláris vezetési zavarok, a pacemakerimplantáció, a paravalvuláris leak mellett fontos kérdés a billentyű élettartama, valamint a TAVI utáni perkután koronáriaintervenciók és az esetleges aortabillentyű-reintervenciók elvégezhetősége. Az első intervenció – akár TAVI, akár SAVR – kiválasztása kulcsfontosságú, ugyanis meghatározhatja a beteg életminőségét, a billentyű élettartamát, valamint a későbbi, ismételt invazív beavatkozások lehetőségét.

Kulcsszavak: aortabillentyű-stenosis, transzkatéteres aortabillentyű-beültetés, TAVI-élettartam, aortabillentyű-reintervenció, lifetime management

Expanding indications of transcatheter aortic valve implantation and cornerstones of the lifetime management of patients with severe aortic stenosis

Over the past two decades, transcatheter aortic valve implantation (TAVI) for the treatment of degenerative severe aortic valve stenosis has become a well-established therapeutic option with increasing scientific evidence. TAVI procedure indications are not determined purely by the risk of cardiac surgery and progressively, more and more consider patient's life expectancy. Current guidelines leave "grey zones" alongside the first class recommendations for TAVI and surgical aortic valve replacement (SAVR), providing an opportunity to make optimal decision between different therapies, taking into account advantages and disadvantages of both interventions, patient's interests and local circumstances. Since patients treated with TAVI have come to be younger, several factors and different characteristics of the intervention must be considered individually (lifetime management). In addition to intraventricular conduction disturbances, pacemaker implantation, paravalvular leak, valve durability, the feasibility of percutaneous coronary interventions after TAVI and potential aortic valve reinterventions are the most important issues. The choice of the first intervention – whether it is TAVI or SAVR – is crucial, as it can determine the patient's quality of life, valve durability and the feasibility of subsequent invasive procedures.

Keywords: aortic valve stenosis, transcatheter aortic valve implantation, TAVI durability, aortic valve reintervention, lifetime management

A kézirat 2024. 08. 31-én érkezett a szerkesztőségbe, 2024. 10. 21-én került elfogadásra.

Bevezetés

A degeneratív súlyos aortabillentyű-stenosis a leggyakoribb szívbillentyű-betegség 65 éves kor felett. A várható élettartam növekedése miatt pedig prevalenciája feltehetőleg tovább fog emelkedni a következő évtizedekben (1). A kezelésben jelentős áttörést hozott a 2002-ben, *Alain Cribier és munkatársai* által elvégzett első transzkatóteres aortabillentyű-beültetés (TAVI) (2). Az eltelt több mint 20 év alatt számos klinikai vizsgálat igazolta mind a ballonnal tágítható (ún. ballon expandable, BEV) (3–9), mind az öntáguló (ún. self-expandable, SEV) (10–18) transzkatóteres billentyűk hatékonyságát és biztonságosságát. Ennek köszönhetően a TAVI indikációs köre egyre tágult mind az európai (19), mind az amerikai irányelvekben (20). Kezdetben a TAVI a társbetegségek miatt szívsebészeti kontraindikációval rendelkező betegcsoportnak jelentett alacsony procedurális kockázat árán mortalitást és rehospitalizációt csökkentő kiváló alternatív megoldást a konzervatív kezeléssel szemben (3). Emellett randomizált vizsgálatok hasonlították össze a magas, a közepes, végül az alacsony szívsebészeti kockázati csoportok elkülöníté-

sével a TAVI-t a szívsebészeti aortabillentyű-cserével – biograft-beültetéssel (SAVR) (1. táblázat). Nyilvánvalóvá vált, hogy a TAVI több éves utánkötésnél is olyan kemény végpontokban, mint a halálozás, a stroke vagy a rehospitalizáció, legalább egyenértékű az SAVR-rel, emellett pedig periprocedurálisan szignifikánsan kevesebb major vérzéses szövődémmel, új keletű pitvarfibrillációval vagy akut veseelégtelenséggel társul. A kisebb invazivitással, megterheléssel járó beavatkozásnak köszönhetően gyorsabb a felépülési idő, rövidebb a kórházi kezelés időtartama, valamint a funkcionális kapacitás javulása is hamarabb bekövetkezik (2. táblázat) (4–6, 10–12, 14, 18, 21). Érthető, hogy miért vált kockázati besorolástól függetlenül a TAVI az SAVR-nek megfelelő alternatívájává.

A jelenleg érvényben lévő európai és amerikai irányelvek a TAVI és a SAVR közötti döntést leginkább a beteg életkorától, a várható élettartamától, valamint a szívsebészeti beavatkozás kockázatától (Society of Thoracic Surgeons [STS] score, Euroscore II) teszik függővé.

Az európai ajánlás alapján TAVI javasolt 75 év felett kockázati besorolástól függetlenül, ha a beteg transzfemorális beavatkozásra alkalmas, valamint 75 év alatt,

1. TÁBLÁZAT. TAVI-t és SAVR-t összehasonlító randomizált vizsgálatok. Rövid távú utánkötés során a TAVI előnyösebb vagy egyenértékű volt az elsődleges kemény végpontokban. Hosszabb távú utánkötés során ugyanezen végpontokban nem volt szignifikáns különbség

Randomizált vizsgálat	Év	Betegszám	Átlag-életkor	Kockázati besorolás (STS score)	Elsődleges végpont	Eredmény	Leghosszabb utánkötési idő és elsődleges végpont szerinti eredmény
PARTNER 1A (4, 7)	2011	699	84,1	Magas	Összhalálozás (1 év)	TAVI = SAVR (HR: 0,93; 95% CI: 0,71–1,22; p=0,62)	5 év, TAVI = SAVR (HR: 1,04; 95% CI: 0,86–1,24; p=0,76)
CoreValve high-risk (10, 13)	2014	795	83,2	Magas	Összhalálozás (1 év)	TAVI < SAVR (HR: 0,70; 95% CI: 0,50–0,97; p=0,04)	5 év, TAVI = SAVR (HR: 0,93; 95% CI: 0,77–1,14; p=0,50)
NOTION (14, 15)	2015	280	79,1	Alacsony	Összhalálozás, stroke és miokardiális infarktus (1 év)	TAVI = SAVR (13,1% vs. 16,3%; p=0,43)	10 év, TAVI = SAVR (HR: 0,93; 95% CI: 0,74–1,32; p=0,93)
PARTNER 2 (5, 8)	2016	2032	81,6	Közepes	Összhalálozás, stroke (2 év)	TAVI = SAVR (HR: 0,89; 95% CI: 0,73–1,09; p=0,25)	5 év, TAVI = SAVR (HR: 1,09; 95% CI: 0,95–1,25; p=0,21)
SURTAVI (11, 16)	2017	1746	79,8	Közepes	Összhalálozás, stroke (2 év)	TAVI = SAVR (12,6% vs. 14,0%; p=0,97)	5 év, TAVI = SAVR (HR: 1,02; 95% CI: 0,85–1,22; p=0,85)
PARTNER 3 (6, 9)	2019	1000	73,3	Alacsony	Összhalálozás, stroke, rehospitalizáció (1 év)	TAVI < SAVR (HR: 0,54; 95% CI: 0,37–0,79; p=0,001)	5 év, TAVI = SAVR (HR: 0,79; 95% CI: 0,61–1,02; p=0,07)
CoreValve low-risk (12, 17)	2019	1468	74,0	Alacsony	Összhalálozás, stroke (2 év)	TAVI = SAVR (5,3% vs. 6,7%; p=0,084)	4 év, TAVI = SAVR (HR: 0,74; 95% CI: 0,54–1,00; p=0,05)
DEDICATE-DZHK6 (18)	2024	1414	74,0	Alacsony	Összhalálozás, stroke (1 év)	TAVI = SAVR (HR: 0,53; 95% CI: 0,35–0,79; p<0,001)	–

Rövidítések: STS: Society of Thoracic Surgeons; TAVI: transzkatóteres aortabillentyű-implantáció; SAVR: szívsebészeti aortabillentyű-csere; HR: hazard ratio; CI: konfidenciaintervallum

Megjegyzés: Ha a HR és a CI adatai nem elérhetők, úgy az események gyakoriságát adtuk meg.

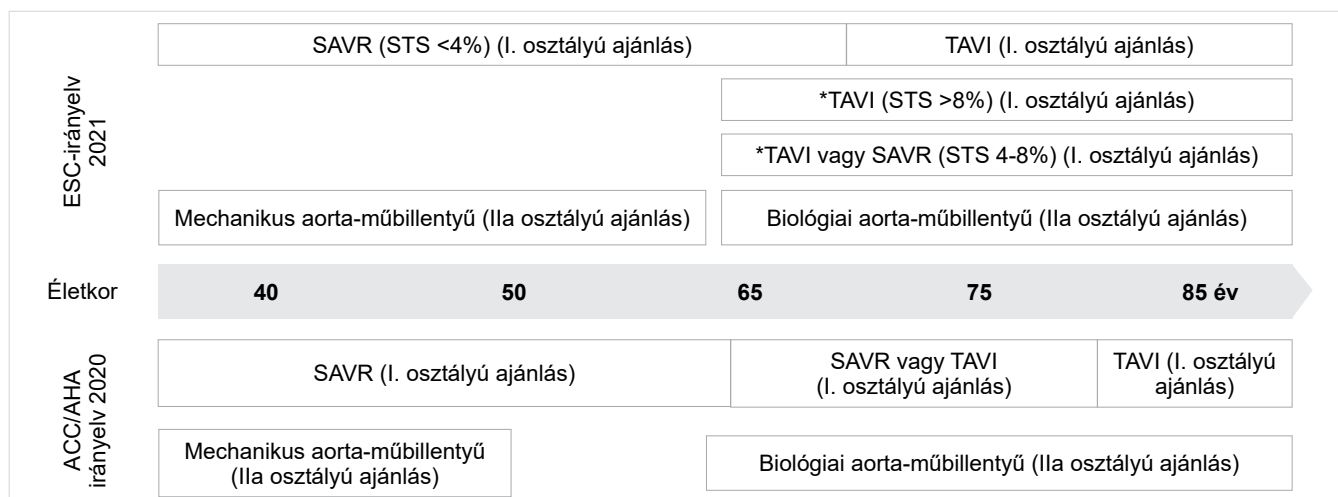
2. TÁBLÁZAT. Jelentős peri- és posztoperatív különbségek tapasztalhatóak a két típusú aortabillentyű-intervenció között a randomizált vizsgálatokból készült metaanalízis alapján (21). A HR a TAVI beavatkozás SAVR-hez viszonyított rizikóját adja meg.

Aortabillentyű-intervenciók során jelentkező peri- és posztoperatív tényezők		
Stroke	TAVI < SAVR	(HR: 0,35; 95% CI: 0,15–0,82; p=0,016)
Major vérzéses szövődmény	TAVI < SAVR	(HR: 0,37; 95% CI: 0,29–0,45; p<0,001)
Akut vesekárosodás	TAVI < SAVR	(HR: 0,21; 95% CI: 0,13–0,35; p<0,001)
Új keletű pitvarfibrilláció	TAVI < SAVR	(HR: 0,25; 95% CI: 0,17–0,36; p<0,001)
1 éven belüli rehospitalizáció	TAVI < SAVR	(HR: 0,63; 95% CI: 0,46–0,87; p=0,005)
Intenzív osztályon töltött napok száma	TAVI < SAVR	2,0 vs. 3,5 nap
Teljes kórházi kezelés ideje	TAVI < SAVR	5,75 nap vs. 9,0 nap
Új pacemakerimplantáció	TAVI > SAVR	(HR: 2,98; 95% CI: 1,19–7,47; p=0,020)
Major vaszkuláris szövődmények	TAVI > SAVR	(HR: 1,92; 95% CI: 1,00–3,67; p=0,050)
Közepesenél nagyobb paravalvuláris leak	TAVI > SAVR	(HR: 4,67; 95% CI: 2,27–9,59; p<0,001)

Rövidítések: TAVI: transzkatóteres aortabillentyű-implantáció; SAVR: szívsebészeti aortabillentyű-csere

ha magas a szívsebészeti beavatkozás kockázata (19). Az amerikai irányelv ennél megengedőbb azzal, hogy már 65 éves kor felett javasolható TAVI a várható életkilátások figyelembevételével (20). Fontos még kiemelni az élethossziglan tartó K-vitamin-antagonistával történő antikoagulációt igénylő mechanikus műbillentyűről tett megfontolásokat, tekintve, hogy az európai irányelv szerint ez 60 év alatt, addig az amerikai ajánlás szerint 50 év alatt részesítendő előnyben. 65 év felett biológiai billentyű beültetése mellett foglal mindkét társaság állást (19, 20) (1. ábra). Ezek a különbségek, illetve szürke zónák lehetőséget teremtenek az egyénre szabott, legmegfelelőbbnek tartott aortabillentyű-intervenció kiválasztására. Ennek megfelelően évről évre egyre több TAVI beavatkozás történik világszerte, és hazánkban is, valamint egyre fiatalabb, akár már a 65–75 éves korosztályban is (22, 23).

Azonban mint minden beavatkozásnak, a TAVI-nak is vannak „Achilles-sarkai”, úgymint az intraventrikuláris vezetési zavarok kialakulása, a végleges pacemaker-(PM-) beültetések magasabb száma, valamint a paravalvuláris leak (PVL) gyakoribb előfordulása. Ezek az idősebb korosztály esetén kevésbé adnak okot aggodalomra, ezzel szemben a fiatalabb korosztály esetén a várhatóan hosszabb élettartam miatt jelentős hatással bírhatnak. Fontos továbbá a megfelelő terápiás döntés meghozatalakor tisztábban lenni a beültetendő biograft várható élettartamával, tartósságával, valamint fel kell mérni a szükségességét és a kivitelezhetőségét egy esetleges ismételt billentyűbeültetésnek, vagy egy későbbi invazív koronarográfiás beavatkozásnak. A következőkben ezeknek a sarkalatos pontoknak a részleteit mutatjuk be, ezáltal próbálva racionális alapokra helyezni a TAVI és az SAVR jelenlegi és jövőbeli kapcsolatát.



1. ÁBRA. Aortastenosis esetén választandó intervenciók az aktuális irányelvek szerint. A *-gal jelölt csoportokban alsó életkorhatár nincs megadva. Életkor, kockázati csoport, valamint billentyűtípus- (mechanikus vagy biológiai) választás szempontjából is lehetőség van egyéni mérlegelésre a beteg várható élettartamának, társbetegségeinek és anatómiai tényezőinek figyelembevételével.

Rövidítések: ESC: European Society of Cardiology; ACC/AHA: American College of Cardiology/American Heart Association; STS: Society of Thoracic Surgeons; TAVI: transzkatóteres aortabillentyű-implantáció; SAVR: szívsebészeti aortabillentyű-csere

Intraventrikuláris vezetési zavarok és végleges pacemakerimplantáció

A bal kamra kiáramlási pályájának (LVOT) része a septum membranosum, amelynek alsó peremén futnak az atrioventrikuláris (AV) csomó felől a His-kötegek. Ez az anatómiai közelség a magyarázata az aortabillentyű-beültetések során keletkező mechanikai károsodás következtében fellépő átmeneti vagy tartós intraventrikuláris vezetési zavaroknak, valamint PM-et igénylő AV-blokkoknak. Mind a bal Tawara-szár-blokk (BTSZB), mind a magas jobb kamrai pacemakerarány elektromechanikus disszinkroniához vezet. Ennek következtében gyakoribb a szívelégtelenség előfordulása, valamint megnő a betegek mortalitása is (24–26). TAVI során szignifikánsan gyakrabban alakul ki BTSZB, valamint magasabb a PM-beültetések száma is, mint SAVR esetén (21, 26). TAVI-billentyűplatformok között is jelentős különbségek lehetnek. Általánosságban elmondható, hogy BEV esetén ritkábban fordul elő bármilyen ingerületvezetési zavar, mint SEV esetén (27). Az alacsony kockázati csoportokkal készült vizsgálatok során BEV esetén 6,6%-ban, míg SEV esetén 17,4%-ban volt szükség PM-implantációra; BTSZB több mint 20%-ban fordult elő (6, 12). Rizikótényező a már korábban meglévő intraventrikuláris vezetési zavar (pl. beavatkozás előtti EKG-n észlelt jobb Tawara-szár-blokk), rövid septum membranosum, súlyosan kalcifikált aorta-anulus és LVOT, továbbá a billentyű mély implantációja (28, 29). A fentiek figyelembevételével, a megfelelő TAVI-billentyű kiválasztásával, valamint a megfelelő implantációs technikával (pl. bizonyos billentyűtípusnál nem 3-5 mm, hanem 1-3 mm implantációs mélységet választva) jelentősen csökkenthető a PM-ek száma, és közelíthető az SAVR-nél tapasztalt arányokhoz (30). Ha mégis PM beültetése válik szükségessé, megfontolandó lehet a napjainkban egyre inkább terjedőben lévő fiziológias, His-köteg vagy bal Tawara-szár területi pacing használata (31).

Paravalvuláris leak

Az implantált biograft és a natív aortabillentyű-anulus közötti járatokon létrejövő regurgitációt paravalvuláris leaknek (PVL) nevezzük. SAVR esetén a PVL-t létrehozó anatómiai tényezőket (mint a beteg billentyűcuspisait és a környező kalcifikált területeket) eltávolítják. Ezzel szemben TAVI esetén a fentiek csak a biograft külső oldalára diszlokálódnak (32), emiatt PVL is gyakrabban fordul elő ennél az intervenciótípusnál. PVL esetén az addig nyomásterhelt bal kamra nehezen adaptálódik az ezt felváltó volumenterheléshez. Bár a betegek a billentyű intervenció után klinikailag sokat javulnak, de hosszú távon minél nagyobb a PVL, annál magasabb a szívelégtelenség miatti rehospitalizáció, valamint a mortalitás is (33). A TAVI-billentyűk újabb generáci-

ói már egy külső szoknyával rendelkeznek, amelyek a PVL kialakulásának esélyét csökkentik, és természetesen fontos a megfelelő implantációs technika (pl. súlyos vagy aszimmetrikus kalcifikáció, bicuspidalis billentyű azonosítása, a megfelelő billentyűtípus és -méret kiválasztása, alulexpanzált billentyű utótágítása) is (34). Enyhe PVL legalább az estek 30%-ban jelen van TAVI implantáció után, azonban közepes vagy súlyos PVL már ritkábban fordul elő (BEV: 0,8% vs. SEV: 3,5%) (6, 12). Kialakult közepes-súlyos PVL esetén ha intraoperatívan nem érhető el mérséklődés, úgy szóba jön gyakorlott centrumban végzett, perkután úton, pluggal történő zárás (35).

A billentyű élettartama

A szívsebészeti biograftok élettartamára vonatkozó megbízható adatok szerények, általában csak az aortabillentyű-reoperációban megfogalmazott végpontokkal, amelyek a valós adatokhoz képest feltehetőleg alábecsültek, ugyanis a betegek életkorából vagy társbetegségeiből adódóan egy újabb műtét sokszor már nem történhetett meg (36). TAVI-billentyű esetén hosszú távú adatokra egyelőre azért nem támaszkodhatunk, mert a kezdeti vizsgálatokban az átlagéletkor 80 év felett volt. SAVR esetén, mint említettük, a teljes natív patológiás billentyű eltávolítandó, a beültetés előtt és alatt a biograftleafletek sebészileg érintetlenek maradnak, kevesebb a PVL előfordulása, valamint a leafletek is vastagabbak, mint a TAVI-billentyűknél. TAVI esetében ráadásul a billentyűleafletek az implantáció előtt össze vannak gyúrva, valamint utótágítás során mechanikusan is sérülhetnek (37). Ugyanakkor kimondottan szupraanuláris SEV esetén jobb hemodinamikai hatás érhető el, valamint kevesebb patient-prosthesis mismatch (PPM) (vagyis amikor a biograft effektív orificum areája túl kicsi a beteg testfelszínéhez képest) alakul ki. Ezeknek a billentyűeknek a leafletei ugyanis az aortagyökben nem az egyébként is legszűkebb anularis átmérőt szűkítik tovább, hanem a tágasabb sinus Valsalva területén helyezkednek el. Emiatt akár az SAVR-hez, akár a BEV-hez képest nagyobb effektív orificium area és alacsonyabb átlaggradiens érhető el. A jobb hemodinamikai hatás pedig hozzájárulhat a billentyű élettartamának növekedéséhez (27, 38, 39).

A Valve Academic Research Consortium-3 (VARC-3) definícióira (40) hivatkozva érdemes a különböző billentyűkkel kapcsolatos 5-10 éves adatokat egymással összevetni. Ez alapján a billentyű élettartamát az határozza meg, hogy mikor alakul ki biograft-diszfunkció (BVD) talaján olyan biograft-elégtelenség (BVF), amely már klinikai következményekkel jár (pl. szignifikáns gradiensemelkedés vagy regurgitáció, reintervenció szükségessége vagy biografttal összefüggő halálozás). 5 éves utánkövetési idő alatt ritka eseménynek számít a BVF (1-4%), és a TAVI, valamint az SAVR között nincs

különbség (9, 41). A jelenleg még kevés 10 éves utánkövetési vizsgálat adatai sem találtak különbséget ebben a végpontban (15). Érdemes megvizsgálni a BVF-hez vezető legfontosabb tényezőket is, ugyanis ezek hamarabb jelezhetik a későbbi klinikai problémát. A leggyakoribb okok a már említett paravalvuláris leak, a PPM, valamint az ún. strukturális billentyűromlás (SVD). Összességében elmondható, hogy a PVL (általában enyhe formában és klinikai jelentőség nélkül) ugyan gyakoribb, de a PPM és az SVD tekintetében legalább azonos a TAVI az SAVR-rel. Szupraanuláris SEV esetén azonban a fent említett jobb hemodinamikai hatás miatt mind a PPM, mind az SVD szignifikánsan alacsonyabb számban fordul elő 5-10 éves utánkövetés során is (15, 38). Érdemes megemlíteni, hogy kis aortaanulus (23 mm alatt) esetén a supraanuláris SEV előnye nemcsak az SAVR-rel szemben, hanem a BEV-vel szemben is megmutatkozott (39). A preoperatív anatómia ismerete tehát segíthet a legmegfelelőbb – feltehetőleg legtovább funkcionáló – billentyű kiválasztásánál (pl. a PPM esélye a PVL-lel szemben).

Összességében kijelenthetjük, hogy a billentyű tartóssága tekintetében egyelőre nem kell általánosítható különbséget tennünk a TAVI és az SAVR között. Az eddigi adatok alapján legalább olyan tartósnak mondható, mint a hagyományosan arany standardnak tartott szívsebészeti biograftok. El kell fogadnunk, hogy ha a beteg várható élettartama több mint 10-15 év, akkor a biograft feltehetőleg elégtelenné fog válni. Ezt az időtartamot megfelelő preoperatív (pl. PPM- vagy PVL-rizikó felmérése), intraoperatív (pl. alulexpanzált-deformált billentyű utótágítása, commissuralis postok igazítása), valamint posztoperatív (pl. megfelelő antitrombotikus kezelés) tényezőkkel képesek lehetünk megnövelni (42). Mindemellett fontos azonban az is, hogy hagyjunk lehetőséget redobeavatkozás elvégzésére is.

Redobeavatkozás

BVF esetén ismételt aortabillentyű-beavatkozás, redointervenció szükséges. Ha korábban SAVR történt, úgy vagy redo-SAVR, vagy valve-in-valve (ViV) TAVI jön szóba. Regiszteradatok alapján a ViV TAVI alacsonyabb mortalitással és vérzéses szövődémmel jár a posztoperatív első 30 napban (43).

Ha előzőleg TAVI beavatkozás történt, úgy vagy TAVI-explantációval egybekötött SAVR, vagy redo-TAVI jön szóba. Az előbbi beavatkozásról fontos megemlíteni, hogy sok esetben a már endothelializálódott TAVI-billentyű eltávolítása teljes aortagyökcsere is igényel, ezáltal növelve a szívműtét komplexitását (44), emiatt magasabb perioperatív mortalitással is jár, mint egy redo-SAVR- vagy egy redo-TAVI beavatkozás (45). Regiszteradatokból azonban az is kiderül, hogy bármennyire is szeretnénk ezt a típusú szívsebészeti műtétet elkerülni, az esetek közel 20%-ában mégsem lehet,

ugyanis az anatómiai feltételek nem teszik lehetővé a redo-TAVI elvégzését (46).

Bármilyen ViV beavatkozást is végzünk, fontos tudni, hogy ezen esetekben megnő a koronáriaobstrukció, valamint a PPM kockázata (47, 48).

A megfelelő redobeavatkozás megválasztásához természetesen fontos tisztában lenni a korábban implantált biograft típusával, méretével, a posztoperatív echokardiográfia eredményével (pl. induláskor PPM fennállt-e), a BVD etiológiájával, az aortagyök anatómiájával, valamint a társbetegségekkel és a beteg életkorával.

Koronáriabetegség/invazív koronarográfia

Az aortastenosis akár 50%-ban is társulhat krónikus koronáriabetegséggel (49). A jelenlegi európai irányelv az aortaintervenciók előtt preoperatív koronarográfiát, valamint TAVI előtt a proximális 70%-osnál súlyosabb stenosisok esetében PCI-t javasol (19). Fontos ismerni a beteg koronáriastatuszát, de újabb adatok alapján ez akár már a TAVI-től függetlenül is. Általánosságban elmondható, hogy a vezető klinikai tényezőt javasolt kezelni (pl. akut koronáriaszindróma esetén koronáriarevaszkularizációt végezni, kritikus aortastenosis esetén a TAVI-t elvégezni) (50). A téma fontosságát az adja, hogy az implantált aortabiograftok a koronáriszájadékok szelektív kanulálását nehezíthetik, vagy akár lehetetlenné is tehetik egy, a későbbiekben szükségesé váló invazív koronarográfia (ICA) során (2. ábra). Az intraanuláris helyzetű SAVR-ek esetén általában nem jelent problémát, ugyanakkor TAVI-billentyű esetén a billentyű típusától függően ez akár 7-8% is lehet. Magas stentváz kis cellaméretekkkel, supraanuláris leafletek, magas implantációs pozíció, alacsony koronáriaeredés, szűk sinus Valsalva – ezek mind olyan tényezők amelyek nehezítik a koronária katéterrel történő szelektív kanulálását (51). Tovább súlyosbítja a problémát, ha az új billentyű commissurái pont a koronáriák eredése elé kerül, szintén akadályt képezve a katéter előtt. SAVR során a commissurák rutinszerűen az eredeti anatómiai viszonyokhoz vannak igazítva. Az utóbbi években pedig a TAVI beavatkozások során is megtörténik a commissuralis igazítás intraoperatíván. Ennek köszönhetően a supraanuláris SEV-ek esetén is kevesebb mint 3%-ban fordul már csak elő koronáriakanulálási sikertelenség (52).

Míg az idősebb TAVI-korcsoportban ritkán válik ICA szükségessé, addig a fiatalabb korosztálynál már számolnunk kell ezzel a fenti lehetséges problémával.

Ha ViV TAVI válik szükségessé, a korábbi biograft leafleteket az új billentyű oldalirányba kirekeszti, és ezzel akár a koronáriszájadékot, vagy a sinus Valsalvát elzárhatja, végzetes komplikációt okozva a beavatkozás során. Ez a leggyakoribb anatómiai oka, hogy a betegnél nem végezhető el a ViV TAVI. Természetesen

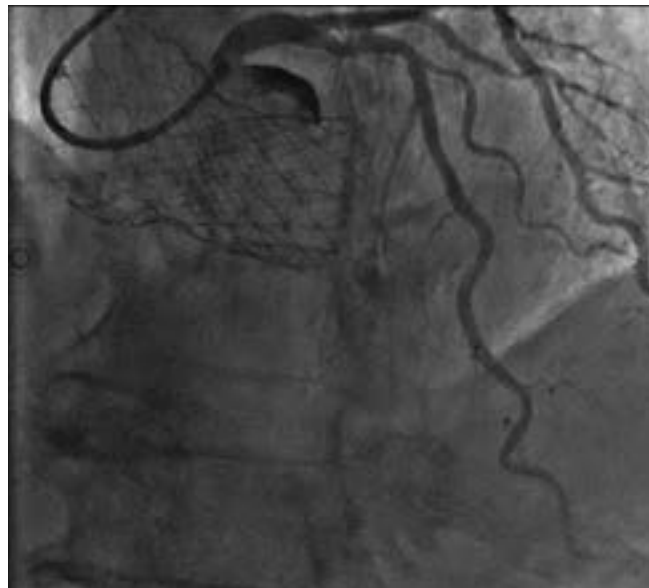
vannak intervenciós lehetőségek, amelyekkel a fenti kockázat csökkenthető (pl. szimultán koronáriastentelés – chimney technika, korábbi billentyűleafletek lace-rációja – BASILICA technika) (47).

A fentiek alapján láthatjuk, hogy az első – index – intervenció megtervezése kulcsfontosságú annak érdekében, hogy a későbbiekben, ha akár évek múlva is, de maradjon még megfelelő lehetőségünk a beteg kezelésére. Minél fiatalabb korcsoportot kezelünk, annál inkább szembesülhetünk a redo-billentyűintervenció, vagy pedig a koronáriaintervenciók szükségességével.

Lifetime management

Ezzel a két szóval tudjuk a legjobban kifejezni azt a hosszú távú kezelési stratégiát, amikor aortastenosis miatt intervenciót (SAVR vagy TAVI) tervezünk egy betegnél. Ennek során figyelembe vesszük a két módszer előnyeit és hátrányait, és ezek súlyát a beteg, valamint a billentyű várható élettartamához igazítjuk. Egy idős, 5-10 éves várható élettartammal rendelkező betegnél a TAVI előnyei nagyobbak, mint a fent részletezett „Achilles-sarkai”. Kicsi az esélye annak, hogy invazív koronarográfiára vagy ismételt billentyűbeavatkozásra legyen szükség. Ilyen időtávlatban a PM és a PVL is kisebb problémát jelent. Egy jól megtervezett és sikeres TAVI beavatkozás feltehetőleg biztosítani fogja a megfelelő életminőséget. Ha azonban a fiatalabb korosztály felé nyitjuk a kapukat, akkor egyrészt a fentiek nagyobb hangsúlyt kaphatnak a beteg várhatóan hosszabb életében, valamint 2 vagy akár 3 intervencióval is számolnunk kell (53). A tervezés nélkülözhetetlen eleme az EKG-kapuzott aortagyök-CT. Ennek során pontos képet kapunk az anulus, a sinus Valsalva, a sinotubularis junctio dimenzióiról, a koronáriaeredések magasságáról, a natív cuspisok számáról, illetve a kalcifikáció kiterjedéséről is. Korábban implantált biograft esetén kiszámolható az új billentyűbeültetés során létrejövő ún. neoskirt magassága, amelyet a korábbi billentyű kirekesztett leafletei hoznak létre az új billentyű stentvázán. A TAVI-billentyű méretezése az anulus területe, illetve kerülete alapján történik. Ennek mérete azonban SAVR esetén is fontos információval szolgálhat, ugyanis segítheti a szívsebészeti billentyűk méretezését is. Általánosságban elmondható, hogy minél szűkebb, illetve alacsonyabb dimenziók igazolódnak a CT-vizsgálat során, annál magasabb a PPM aránya, valamint a koronáriaobstrukció kockázata. Kimondottan igaz ez, ha redo-beavatkozásról van szó. A CT tehát kulcsfontosságú szerepet játszik minden aortabillentyű-intervenciónál, valamint az első billentyű kiválasztásánál a későbbi intervenciók lehetőségeit is meghatározza. A CT a fentiek mellett a tervezett behatolási kapuról és a felvezetni kívánt katéter útvjáról is információt nyújt. TAVI-CT méretezésére és tervezésére mutat példát a 3. ábra.

Az Egyesült Államokban 2021-ben a 65 évesnél fiatalabb

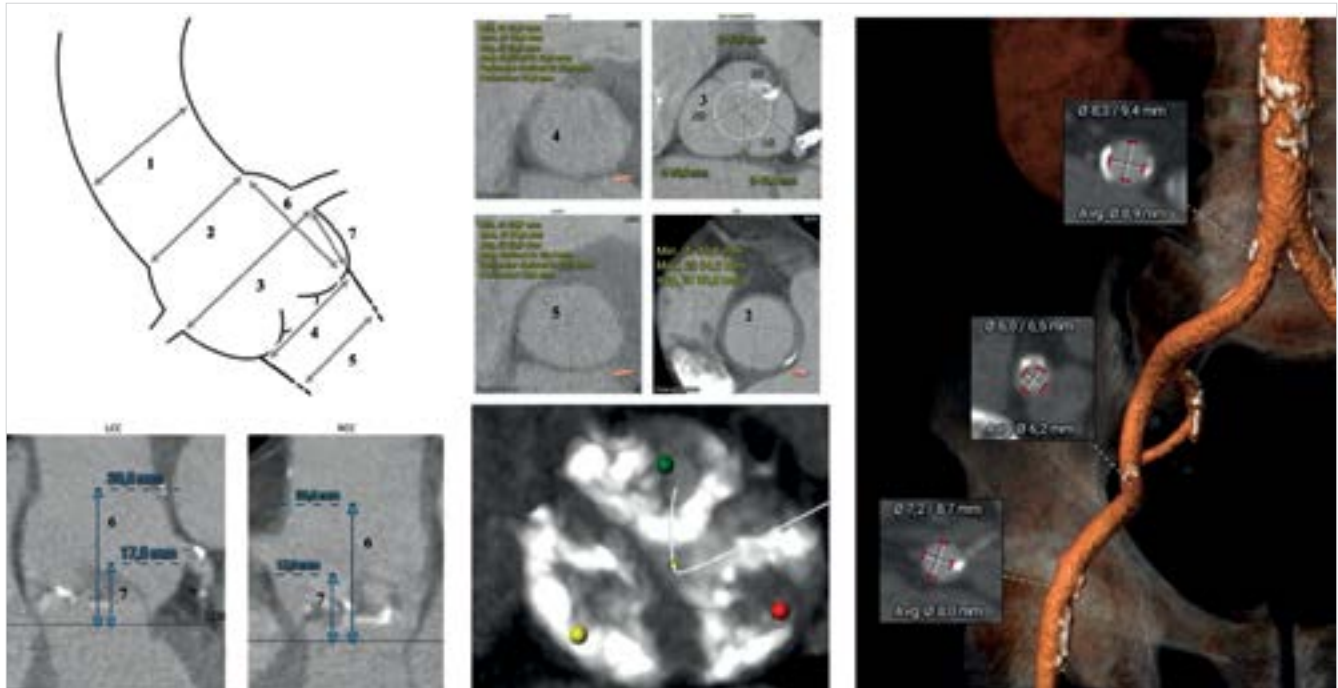


2. ÁBRA. Szupraanuláris, öntáguló transzkatéteres aortabillentyű celláin keresztül végzett, invazív koronarográfia

korábban említett irányelveknek a még szabadabb használatát mutatja. Ezzel párhuzamosan pedig a mechanikus billentyű életkorhatára is lefelé tolódott (22). Ennek a szemléletváltásnak a lehetséges előnyeit és hátrányait mutatja a 4. ábra aszerint, hogy mit választunk első beavatkozásnak. Ha a megelőző echokardiográfia vagy koronarográfia az aortastenosis mellett egyéb szívsebészeti indikációt képző eltérést igazol (pl. PCI-vel nem ellátható koronáriabetegség, mitrálisbillentyű-betegség), úgy lehetőség szerint érdemes ezeket egy ülésben, szívsebészeti úton megoldani, vagyis a döntés ilyen esetekben a szívsebészeti irányba tolódik el. Emellett általánosságban elmondható, hogy érdemes a szívműtétek számát egy alkalomra korlátozni, azt is inkább a fiatalabb életkorban, amikor a társbetegségek hiánya miatt az még alacsony kockázattal elvégezhető. A redo-SAVR-ek kockázata ugyanis magasabb, mintha a perkután utat választanánk. A PPM-ek elkerülésével (pl. aortagyök megnagyobbítása 23 mm alatti anulus esetén, SAVR során) a billentyű élettartamának növelése mellett jobb a lehetőségek egy későbbi TAVI beültetéshez is. Ha a szívsebészeti biograft kerete ballonnal repeszthető, az szintén előnyt jelent egy későbbi TAVI során. TAVI-in-TAVI-in-TAVI beavatkozások a koronáriaelzáródás veszélye, valamint a várható PPM miatt viszont a legtöbb esetben már nem elvégezhetőek. A szívsebészeti TAVI explantáció pedig a beavatkozások közül az egyik legkomplexebb és legkockázatosabb.

Posztoperatív gondozás

Az aortastenosis miatt végzett intervenciók ugyan definitív terápiát jelentenek, de a beavatkozás utáni gon-



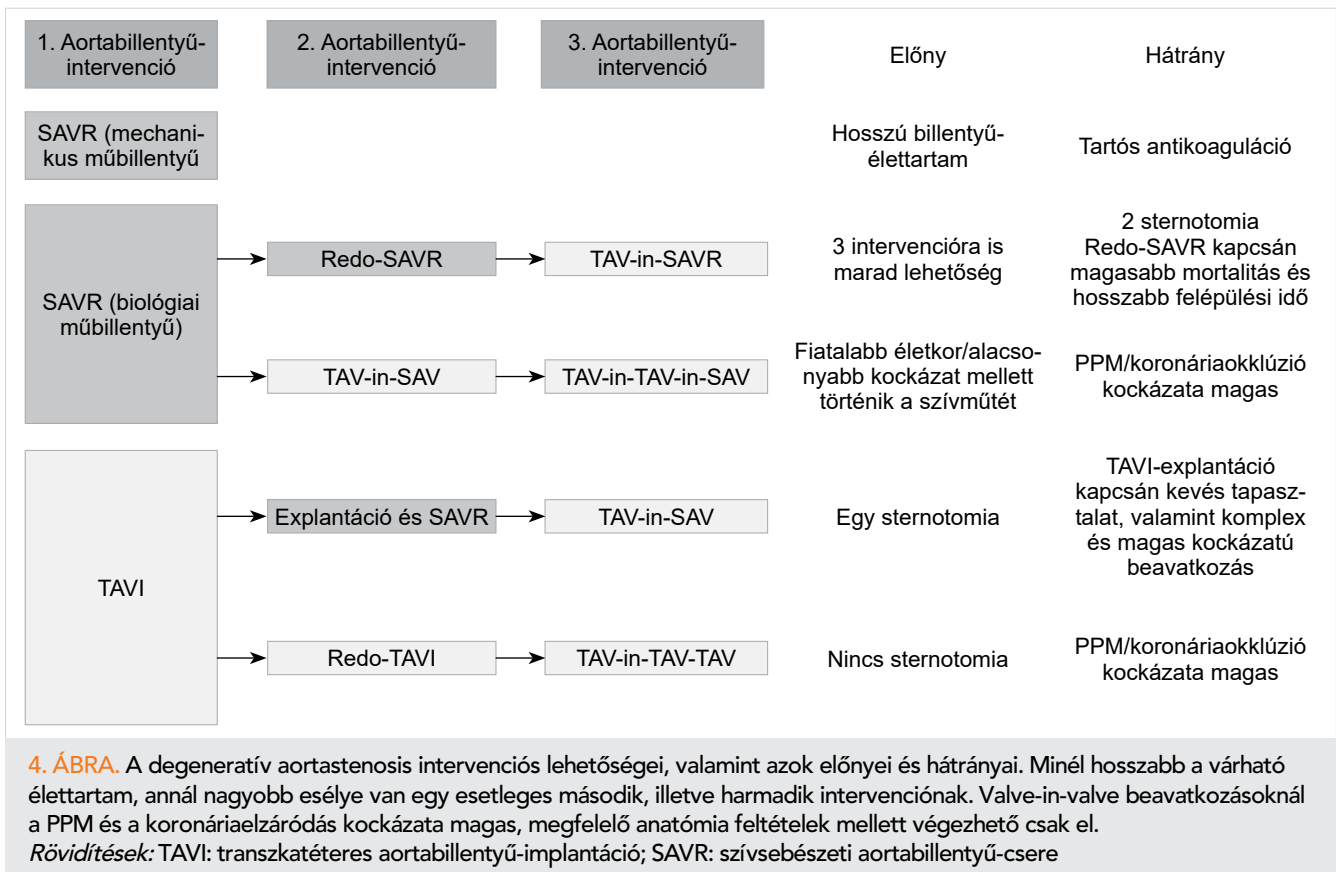
3. ÁBRA. TAVI tervezéséhez készült EKG-kapuzott aortagyök-CT, valamint hasi-kismedencei CT-angiográfia

1. az aorta ascendens átmérője, 2. a sinotubularis junctio átmérője, 3. a sinus Valsalva átmérője, 4. az aortaanulus átmérője, kerülete, illetve területe, 5. a balkamra-kiáramlási pálya (LVOT) átmérője, kerülete, illetve területe, 6. a sinus Valsalva magassága, 7. a koronáriaeredés magassága

A fenti betegnél az aortabillentyű súlyos kalcifikációja látható, azonban az LVOT-t már nem érinti. Az aortagyök dimenziói megfelelően szélesek, illetve mind a koronáriák eredése, mind a sinotubularis junctio magasan van, így a koronáriaobstrukció veszélye alacsony mind egy első, mind egy esetleges második beavatkozásnál. A koronáriák későbbi kanülálása sem fog problémát okozni. Az anulus kellően tág ahhoz, hogy PPM ne jöjjön létre megfelelő billentyűméret kiválasztása esetén. Az a. femoralis communis – a. iliaca rendszer megfelelő átmérőjű, és a behatolási pont is megkímélte a kalcifikációtól. Mindezek alapján a beteg transfemorális beavatkozásra alkalmas, és akár SEV-, akár BEV-billentyű várhatóan jó eredménnyel implantálható

dozásba vétel nem maradhat el, ugyanis ezáltal válik lehetővé az új beültetett biograft esetleges strukturális vagy nonstrukturális károsodásainak időben történő felismerése, illetve követésük. Javasolt a beavatkozás után, általában a kórházi időszakban, de legkésőbb az első 30 napig elvégezni az első ultrahangvizsgálatot. Az általános paraméterek mellett részét kell képeznie az új billentyű felett mérhető áramlás-gyorsulásnak, csúcs- és átlaggradiensnek, effektív orificium areának és a PVL mértékének. Ezután évente javasolt kontroll-szívultrahangvizsgálat elvégzése (19). Az antitrombotikus kezelés megválasztása szintén fontos szempont a biograft tromboembóliás szövődményeinek megelőzése, valamint az ezzel összefüggő billentyű-élettartam megnövelése céljából. Korábbi irányelvek TAVI beavatkozás után 3-6 hónapos időtartamban kettős terápiát javasoltak, azonban az ezt követő vizsgálatok alapján ez a vérzéses kockázat növekedése mellett tromboembóliás végpontokban nem jelentett előnyt rövid távú utánkötés során (54). Ha nem történt a közelmúltban koronáriaintervenció, úgy thrombocytaaggregációgátló-monoterápia elégséges TAVI beavatkozás után. Ha orális antikoaguláns-indi-

káció áll fenn, akkor ez alkalmazandó monoterápiaként (50). Fontos megemlíteni a TAVI után esetlegesen fellépő ingerületvezetési zavart, amely a kórházi elbocsájtást leginkább limitáló posztoperatív tényező. Ez leggyakrabban az első 7 napban fordul elő, de kockázata akár 30 napig is fennáll. Azok a betegek, akik már az intervenció előtt végleges kamrai pacemakerrel rendelkeznek, akár a beavatkozás napján vagy másnapján hazabocsájthatóak. Perzisztáló teljes AV-blokk esetén ugyanez a végleges pacemakerbeültetés után történhet meg. Ha a beavatkozás után sem az AV vezetési, sem az intraventriculáris vezetési idő nem növekszik, úgy szintén szóba jön a korai kórházi elbocsájtás. A betegek egy jelentős csoportja azonban nem tartozik a fentiek közé, így náluk a kórházi monitorizálás igénye és ezáltal a hospitalizáció ideje megnő. Ez a helyi lehetőségeknek és tapasztalatnak megfelelően lerövidülhet elektrofiziológiai vizsgálat során (pl. Wenckebach-pont vagy infra-His-vezetési idő meghatározása) észlelt alacsony rizikó esetén, illetve ambuláns monitorizálás segítségével (pl. implantábilis loop recorder vagy okosóra használata) (56, 57).



A TAVI további jövője

Feltehetőleg az aktuális indikációk mellett is egyre több betegnél végzünk majd TAVI-t. Ezen túlmenően vannak folyamatban olyan vizsgálatok, amelyek az indikációs kört kiszélesíthetik a közepes fokú (PROGRESS randomised control trial [NCT04889872], EXPAND TAVR II Pivotal trial [NCT05149755], TAVR-UNLOAD trial [NCT02661451]) vagy a teljesen aszimptomás aortastenosisos betegek (EARLY TAVR trial [NCT03042104]) is. Emellett fontos kérdés továbbra is, hogy a billentyű tartóssága hogyan befolyásolható esetleg gyógyszeresen. Mi a legoptimálisabb antikoaguláns vagy antitrombotikus terápia? A lipoprotein(a) csökkentése lassíthatja-e a progressziót? A TAVI beavatkozás során fellépő stroke a kimenetelt jelentősen rontja, ennek ellenére az intraoperatív alkalmazott katéteres cerebrális embóliaprotekció eddig kemény végpontokban nem igazolta a hatékonyságát (58). A végső választ a hamarosan lezáruló, nagy betegpopulációt bevonó, randomizált vizsgálat által (BHF PROTECT-TAVI trial [ISRCTN16665769]) kaphatjuk majd meg. Bár a legutóbbi adatok alapján az aortastenosis mellett fennálló szignifikáns koronáriabetegség revaszkularizációja előnyös (59), ennek TAVI-hoz viszonyított időrendisége még továbbra sem teljesen tisztázott. A redobeavatkozásoknál a koronáriaobstrukció veszélye megnő, gyakran emiatt nem végezhető el *ViV* TAVI beavatkozás. A közeljövőben feltehetőleg elérhető lesz dedikált katéteres eszköz, amely a leafletek lacerációját a jelenleginél könnyebbé te-

szí, ezáltal az eddig emiatt nem elvégezhető beavatkozások száma is csökkenthető lesz (60).

Összefoglalás

A TAVI előnyei elvitathatatlanok az idős vagy magas szívsebészeti kockázattal rendelkező betegeknél. Emellett azonban a fiatalabb betegcsoportban is egyre nagyobb szerepet kap, amely a következő években a hagyományos aortaintervencióról alkotott koncepciókat feltehetőleg nagyban meg fogja változtatni. Ez az átalakulás a betegellátás minőségét és biztonságát tudja növelni, ugyanis megnyílnak a lehetőségeink arra, hogy az egyénre szabott legbiztonságosabb, legmegfelelőbb és legtartósabb beavatkozást vagy beavatkozásokat tudjuk választani. Természetesen az elvi lehetőségeknek az egyes intervenciók elérhetőségeinek különbözősége miatt korlátai lehetnek, és a helyi viszonyokhoz is alkalmazkodnunk kell.

Nyilatkozat

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

Irodalom

1. Lung B. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *European Heart Journal* 2003; 24(13): 1231–43. [https://doi.org/10.1016/S0195-668X\(03\)00201-X](https://doi.org/10.1016/S0195-668X(03)00201-X)
2. Cribrier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous Transcatheter Implantation of an Aortic Valve Prosthesis for Calcific Aortic Stenosis: First Human Case Description. *Circulation* 2002; 106(24): 3006–8. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000047200.36165.B8>
3. Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter Aortic-Valve Implantation for Aortic Stenosis in Patients Who Cannot Undergo Surgery. *N Engl J Med* 2010; 363(17): 1597–607. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008232>
4. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, et al. Transcatheter versus Surgical Aortic-Valve Replacement in High-Risk Patients. *N Engl J Med* 2011; 364(23): 2187–98. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1103510>
5. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* 2016; 374(17): 1609–20. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1514616>
6. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Balloon-Expandable Valve in Low-Risk Patients. *N Engl J Med* 2019; 380(18): 1695–705. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1814052>
7. Mack MJ, Leon MB, Smith CR, et al. 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement or surgical aortic valve replacement for high surgical risk patients with aortic stenosis (PARTNER 1): a randomised controlled trial. *The Lancet* 2015; 385(9986): 2477–84. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60308-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60308-7)
8. Makkar RR, Thourani VH, Mack MJ, et al. Five-Year Outcomes of Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med* 2020; 382(9): 799–809. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1910555>
9. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Low-Risk Patients at Five Years. *N Engl J Med* 2023; 389(21): 1949–60. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2307447>
10. Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Prosthesis. *N Engl J Med* 2014; 370(19): 1790–8. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1400590>
11. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, et al. Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med* 2017; 376(14): 1321–31. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1700456>
12. Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Valve in Low-Risk Patients. *N Engl J Med* 2019; 380(18): 1706–15. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1816885>
13. Gleason TG, Reardon MJ, Popma JJ, et al. 5-Year Outcomes of Self-Expanding Transcatheter Versus Surgical Aortic Valve Replacement in High-Risk Patients. *Journal of the American College of Cardiology* 2018; 72(22): 2687–96. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.08.2146>
14. Thyregod HGH, Steinbrüchel DA, Ihlemann N, et al. Transcatheter Versus Surgical Aortic Valve Replacement in Patients With Severe Aortic Valve Stenosis. *Journal of the American College of Cardiology* 2015; 65(20): 2184–94. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.03.014>
15. Thyregod HGH, Jørgensen TH, Ihlemann N, et al. Transcatheter or surgical aortic valve implantation: 10-year outcomes of the NOTION trial. *European Heart Journal* 2024; 45(13): 1116–24. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae043>
16. Van Mieghem NM, Deeb GM, Søndergaard L, et al. Self-expanding Transcatheter vs. Surgical Aortic Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients: 5-Year Outcomes of the SURTAVI Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol* 2022; 7(10): 1000. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2022.2695>
17. Forrest JK, Deeb GM, Yakubov SJ, et al. 4-Year Outcomes of Patients With Aortic Stenosis in the Evolut Low Risk Trial. *Journal of the American College of Cardiology* 2023; 82(22): 2163–5. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.09.813>
18. Blankenberg S, Seiffert M, Vonthein R, et al. Transcatheter or Surgical Treatment of Aortic-Valve Stenosis. *N Engl J Med* 2024; 390(17): 1572–83. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2400685>
19. Vahanian A, Beyersdorf F, Pratz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *European Heart Journal* 2022; 43(7): 561–632. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
20. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2021; 143(5): e35–e71. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000923>
21. Ahmad Y, Howard JP, Arnold AD, et al. Transcatheter versus surgical aortic valve replacement in lower-risk and higher-risk patients: a meta-analysis of randomized trials. *European Heart Journal* 2023; 44(10): 836–52. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehac642>
22. Sharma T, Krishnan AM, Lahoud R, et al. National Trends in TAVR and SAVR for Patients With Severe Isolated Aortic Stenosis. *Journal of the American College of Cardiology* 2022; 80(21): 2054–6. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2022.08.787>
23. Prosperi-Porta G, Nguyen V, Willner N, et al. Association of Age and Sex With Use of Transcatheter Aortic Valve Replacement in France. *Journal of the American College of Cardiology* 2023; 82(20): 1889–902. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.08.044>
24. Urena M, Webb JG, Tamburino C, et al. Permanent Pacemaker Implantation After Transcatheter Aortic Valve Implantation: Impact on Late Clinical Outcomes and Left Ventricular Function. *Circulation* 2014; 129(11): 1233–43. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005479>
25. Jørgensen TH, De Backer O, Gerdts TA, et al. Mortality and Heart Failure Hospitalization in Patients With Conduction Abnormalities After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2019; 12(1): 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2018.10.053>
26. Zito A, Princi G, Lombardi M, et al. Long-term clinical impact of permanent pacemaker implantation in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a systematic review and meta-analysis. *EP Europace* 2022; 24(7): 1127–36. <https://doi.org/10.1093/europace/euac008>
27. Abdel-Wahab M, Mehili J, Frerker C, et al. Comparison of Balloon-Expandable vs. Self-expandable Valves in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement: The CHOICE Randomized Clinical Trial. *JAMA* 2014; 311(15): 1503. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3316>
28. Siontis GCM, Juni P, Pilgrim T, et al. Predictors of Permanent Pacemaker Implantation in Patients With Severe Aortic Stenosis Undergoing TAVR. *Journal of the American College of Cardiology* 2014; 64(2): 129–40. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.04.033>
29. Zaid S, Ahmad H, Kaple R, et al. Novel Predictors of New Persistent Left Bundle Branch Block After SAPIEN 3 Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2020; 13(9): 1141–3. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.10.053>
30. Pascual I, Almenázar M, Avanzas P, et al. Cusp-overlapping TAVI technique with a self-expanding device optimizes implantation depth and reduces permanent pacemaker requirement. *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2022; 75(5): 412–20. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2021.05.009>
31. Wang X, Xu Y, Zeng L, et al. Long-term outcomes of left bundle branch area pacing compared with right ventricular pacing in TAVI patients. *Heart Rhythm* 2024; S1547527124033186. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2024.09.021>
32. Athappan G, Patvardhan E, Tuzcu EM, et al. Incidence, Predictors, and Outcomes of Aortic Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology* 2013; 61(15): 1585–95. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.01.047>
33. Sá MP, Jacquemyn X, Van Den Eynde J, Tasoudis P, et al. Impact of Paravalvular Leak on Outcomes After Transcatheter Aortic Valve Implantation: Meta-Analysis of Kaplan-Meier-derived Individual Patient Data. *Structural Heart* 2023; 7(2): 100118. <https://doi.org/10.1016/j.shj.2022.100118>
34. Almeida JG, Ferreira SM, Fonseca P, et al. Comparison of self-expanding and balloon-expandable transcatheter aortic valves morphology and association with paravalvular regurgitation: Evaluation using multidetector computed tomography. *Catheter Cardio Intervent* 2018; 92(3): 533–41. <https://doi.org/10.1002/ccd.27401>
35. Flores-Umanzor E, Nogic J, Cepas-Guillén P, et al. Percutaneous paravalvular leak closure after transcatheter aortic valve implantation: the international PLUGinTAVI Registry. *EuroIntervention* 2023; 19(5): e442–9. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-22-01110>
36. Fatima B, Mohanany D, Khan FW, et al. Durability Data for Bioprosthetic Surgical Aortic Valve: A Systematic Review. *JAMA Cardiol* 2019; 4(1): 71. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.4045>
37. Alavi SH, Groves EM, Kheradvar A. The Effects of Transcatheter Valve Crimping on Pericardial Leaflets. *The Annals of Thoracic Surgery* 2014; 97(4): 1260–6. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.11.009>
38. Radhakrishnan S, Yakubov S, Van Mieghem N, et al. Five-Year Bioprosthetic Valve Dysfunction After Surgery Or Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Canadian Journal of Cardiology* 2023; 39(10): S40. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.06.054>
39. Herrmann HC, Mehran R, Blackman DJ, et al. Self-Expanding or Balloon-Expandable TAVR in Patients with a Small Aortic Annulus. *N Engl J Med* 2024; 390(21): 1959–71. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2312573>
40. Généreux P, Piazza N, Alu MC, et al. Valve Academic Research Consortium 3: Updated Endpoint Definitions for Aortic Valve Clinical Research. *Journal of the American College of Cardiology* 2021; 77(21): 2717–46. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.02.038>
41. Grubb KJ, Lisko JC, O'Hair D, et al. Reinterventions After CoreValve/Evolut Transcatheter or Surgical Aortic Valve Replacement for Treatment of Severe Aortic Stenosis. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2024; 17(8): 1007–16. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2024.01.292>
42. Montarello NJ, Willemen Y, Tirado-Conte G, et al. Transcatheter aortic valve durability: a contemporary clinical review. *Front Cardiovasc Med* 2023; 10: 1195397. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1195397>
43. Sá MPBO, Van Den Eynde J, Simonato M, et al. Valve-in-Valve Transcatheter Aortic Valve Replacement Versus Redo Surgical Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2021; 14(2): 211–20. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2020.10.020>
44. Fukuhara S, Brescia AA, Shiomi S, et al. Surgical explantation of transcatheter aortic bioprostheses: Results and clinical implications. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 2021; 162(2): 539–547.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.11.139>
45. Tang GHL, Zaid S, Kleiman NS, et al. Explant vs Redo-TAVR After Transcatheter Valve Failure. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2023; 16(8): 927–41. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2023.01.376>
46. Forrestal BJ, Case BC, Yerasi C, et al. Risk of Coronary Obstruction and Feasibility of Coronary Access After Repeat Transcatheter Aortic Valve Replacement With the Self-Expanding Evolut Valve: A Computed Tomography Simulation Study. *Circ: Cardiovascular Interventions* 2020; 13(12): e009496. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009496>
47. Prandi FR, Niv Granot Y, Margonato D, et al. Coronary Obstruction during Valve-in-Valve Transcatheter Aortic Valve Replacement: Pre-Procedure Risk Evaluation, Intra-Procedure Monitoring, and Follow-Up. *JCDD* 2023; 10(5): 187. <https://doi.org/10.3390/jcdd10050187>
48. Tang GHL, Sengupta A, Alexis SL, et al. Outcomes of Prosthesis-Patient Mismatch Following Supra-Annular Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2021; 14(9): 964–76. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.03.040>
49. Stefanini GG, Storckey S, Meier B, et al. Severe aortic stenosis and coronary artery disease. *EuroIntervention* 2013; 9(S): S63–8. <https://doi.org/10.4244/EIJV9SSA12>
50. Tarantini G, Tang G, Nai Fovino L, et al. Management of coronary artery disease in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. A clinical consensus statement from the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions in collaboration with the ESC Working Group on Cardiovascular Surgery. *EuroIntervention* 2023; 19(1): 37–52. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-22-00958>
51. Barbanti M, Costa G, Picci A, et al. Coronary Cannulation After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2020; 13(21): 2542–55. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2020.07.006>
52. Tarantini G, Nai Fovino L, Scotti A, et al. Coronary Access After Transcatheter Aortic Valve Replacement With Commissural Alignment: The ALIGN-ACCESS Study. *Circ: Cardiovascular Interventions* 2022; 15(2): e011045. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.121.011045>
53. Russo G, Tang GHL, Sangiorgi G, et al. Lifetime Management of Aortic Stenosis: Transcatheter Versus Surgical Treatment for Young and Low-Risk Patients. *Circ: Cardiovascular Interventions* 2022; 15(11): 915–27. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.122.012388>
54. Capodanno D, Collet J-P, Dangas G, Montalescot G, et al. Antithrombotic Therapy After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC: Cardiovascular Interventions* 2021; 14(15): 1688–703. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.06.020>
55. Ten Berg J, Sibbing D, Rocca B, et al. Management of antithrombotic therapy in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation: a consensus document of the ESC Working Group on Thrombosis and the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI), in collaboration with the ESC Council on Valvular Heart Disease. *European Heart Journal* 2021; 42(23): 2265–9. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab196>
56. Lilly SM, Deshmukh AJ, Epstein AE, et al. 2020 ACC Expert Consensus Decision Pathway on Management of Conduction Disturbances in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the American College of Cardiology* 2020; 76(20): 2391–411. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.08.050>
57. Fan J, Dai H, Guo Y, et al. Smartwatch-Detected Arrhythmias in Patients After Transcatheter Aortic Valve Replacement (TAVR): Analysis of the SMART TAVR Trial. *J Med Internet Res* 2024; 26: e41843. <https://doi.org/10.2196/41843>
58. Kapadia SR, Makkar R, Leon M, et al. Cerebral Embolic Protection during Transcatheter Aortic-Valve Replacement. *N Engl J Med* 2022; 387(14): 1253–63. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2204961>
59. Lønborg J, Jabbari R, Sabbah M, et al. PCI in Patients Undergoing Transcatheter Aortic-Valve Implantation. *N Engl J Med* 2024; NEJMoa2401513. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2401513>
60. Tchétché D, Kodali SK, Dvir D. First dedicated transcatheter leaflet splitting device: the ShortCut device. *EuroIntervention* 2022; 18(5): e428–9. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-22-00344>