

## Trodimenzionalna transezofagusna ehokardiografija: nova intraoperacijska perspektiva u praćenju kardijalnih bolesnika

Stjepan Barišin <sup>1</sup>, Katarina Šakić-Zdravčević <sup>2</sup>, Ana Barišin <sup>3</sup>, Danijela Gulam <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Odjel kardiovaskularne anestezije, Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje, KB Dubrava Zagreb;

<sup>2</sup>Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje, KB Sveti Duh Zagreb;

<sup>3</sup>Kardiologija – djelatnost za internu medicinu, Poliklinika Medikol Zagreb;

<sup>4</sup>Odjel kardijalne anestezije, Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje, KBC Osijek.

Kontakt adresa:

Prim. dr. sc. Stjepan Barišin, dr. med.

Odjel kardiovaskularne anestezije

Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje

KB Dubrava, Zagreb, Av. Gojka Šuška 6, 10 000 Zagreb

tel: 01/2902938

abarisin@kdb.hr

Pregledni članak

UDK 616.12-073.7:616-089

Prispjelo: 6. rujna 2011.

Trodimenzionalna transezofagusna ehokardiografija u stvarnom vremenu (RT 3D-TEE) temelji se na novoj matričnoj tehnologiji uz pomoć koje se može rekonstruirati 3D živa slika srca piramidnoga oblika i punoga volumena. Postala je integralni dio intraoperacijske procjene lijeve klijetke, mitralne valvule i kongenitalnih abnormalnosti srca. Prednosti su preciznost, sekcija 3D žive slike, prostorna rezolucija, tele-obrađena i virtualna stvarnost. Ograničenja su slabost planarne i vremenske rezolucije, procjena endokarda desne klijetke, izostanak prikaza epikarda srca. Buduća klinička uloga RT 3D-TEE jest analiza regionalne deformacije miokarda - 3D speckle tracking, resinhronizacijska terapija, te razvoj softvera za procjenu ostalih srčanih zalistaka.

**Ključne riječi:** ultrazvuk srca, 3D transezofagusna ehokardiografija, 3D u stvarnom vremenu

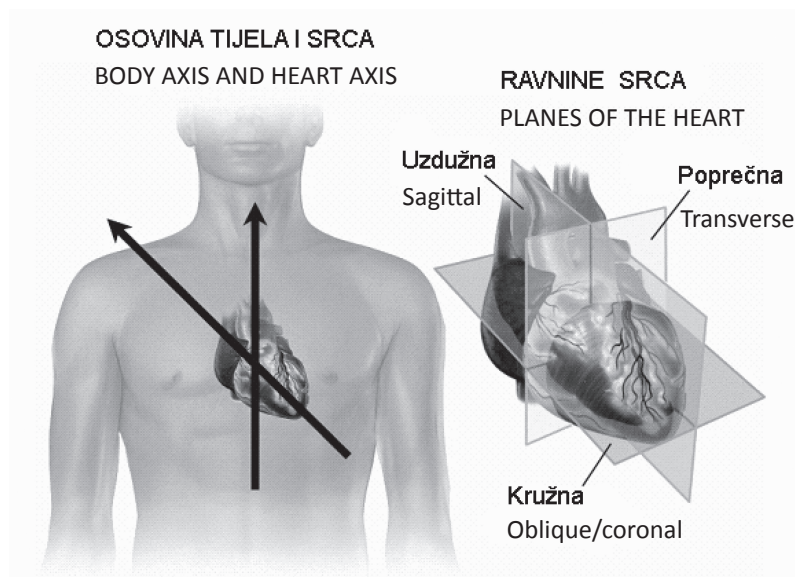
### Povijesni prikaz transezofagusne ehokardiografije

Ehokardiografija je u kliničku uporabu ušla 1950-tih godina isključivo za procjenu stenoze mitralne valvule (MV) i efuzije perikarda (5). Intraoperacijski je prvi puta primijenjena 1972. godine kada se epikardijalnom sondom potvrdila uspješnost komisurotomije MV-a. Tri godine kasnije, po prvi puta se u intraoperacijskim uvjetima pomoću transezofagusne sonde mjeri brzina protoka i veličina MV-a (6). U ranim 80-tim godinama dvodimenzionalna transezofagusna ehokardiografija (2D-TEE) postaje sve važnija u intraoperacijskim uvjetima zahvaljujući razvoju doplerske tehnologije. Transezofagusna sonda od rigidne postaje fleksibilna. Od sonde koja prikazuje srce u jednoj ravnini, potom u dvije ravnine, danas je u primjeni "multiplane" sonda koja rotacijom od 0 do 180 stupnjeva prikazuje sve standardizirane ravnine srca. Kao rutinska intraoperacijska dijagnostička metoda kojom kardijalni anesteziolog slijedi tijekom kardiokirur-

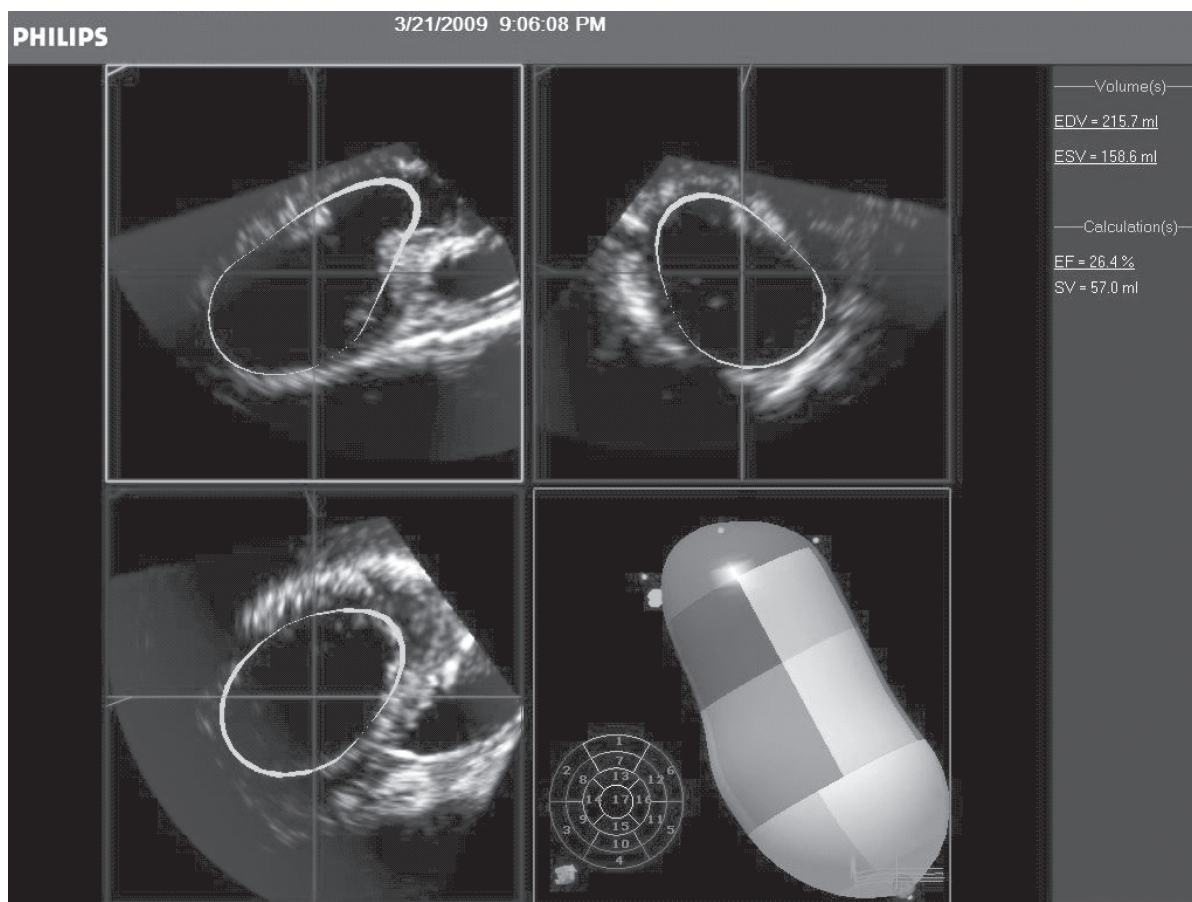
škoga operacijskog zahvata, 2D-TEE ima važnu ulogu i u praćenju hemodinamski nestabilnih bolesnika u nekardijalnoj kirurgiji i kritičnih bolesnika u jedinicama intenzivnoga liječenja (24).

### Načela 3D transezofagusne ehokardiografije

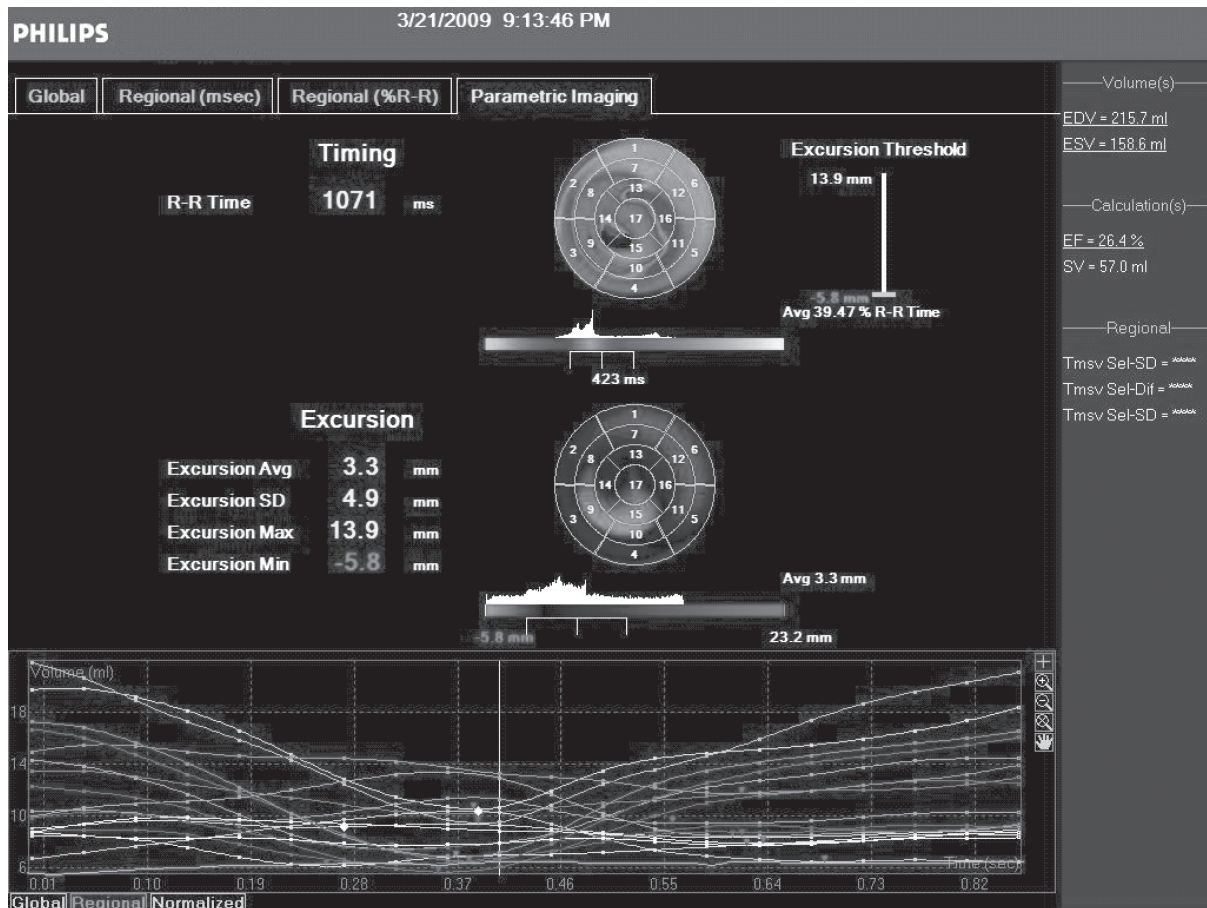
Tehnološki razvoj trodimenzionalne transezofagusne ehokardiografije u stvarnom vremenu (RT 3D-TEE) temelji se na rekonstrukciji žive slike srca kroz tri srčana ciklusa koju odlikuje objektivnija anatomija i funkcija. Inovativna matrična 3D sonda, razvijena na Duke Sveučilištu u SAD-u, sadrži 512 piezoelektičnih kristala porredanih u tri prostorne ravnine što ukupno iznosi 4096 linija koje tvore sliku piramidnoga oblika (13,32). 2D zapis daje samo djelomičnu informaciju o anatomiji i funkciji srca zbog linearne sonde koja u 2 ravnine može proizvesti svega 128 linija, pa se kompleksni odnosi između šupljina i zalistaka, te specifične abnormalnosti



SLIKA 1.  
Osnovne 3D ravnine srca s prikazom 3D žive slike punog volumena  
FIGURE 1  
Basic 3D heart sections with 3D live full volume images



SLIKA 2.  
3D poluautomatsko određivanje vanjske granice lijeve klijetke punog volumena  
FIGURE 2  
3D semiautomatic measurement of the outer border of a full volume left ventricle



SLIKA 3.

17-segmentalna podjela lijeve klijetke prikazana kao kružni modeli «bull's eyes» vremena (gore), snage pomaka (sredina) i grafikonom volumen-vrijeme (dolje)

FIGURE 3

17-segment model of the left ventricle, portrayed as a "bull's eye" model with time (upper image), excursion (middle image) and volume-time graph (lower image)

srca ne mogu precizno prikazati serijom konvencionalnih 2D zapisa. Zahvaljujući revolucionarnom razvoju 3D sonde u kojoj svaki aktivirani kristal stvara ultrazvučni val dobije se zbroj svih akustičnih informacija. Svaki se segment separatno analizira, dobije se živa slika, odnosno slika u stvarnom vremenu, koja se može odmah analizirati na ultrazvučnom aparatu ili nakon pohrane, na računalnom QLAB programu. S rekonstrukcijskom 3D slikom punoga volumena može se manipulirati, povećati detalj slike, uporabiti 3D kolor dopler, te rotirati i sjeći živu sliku u kriške unutar 3 ravnine uzimajući u obzir 6 standardnih pravokutnih ravnina tako da se mogu dobiti ciljani anatomske ili funkcionalni detalji srca (10,30).

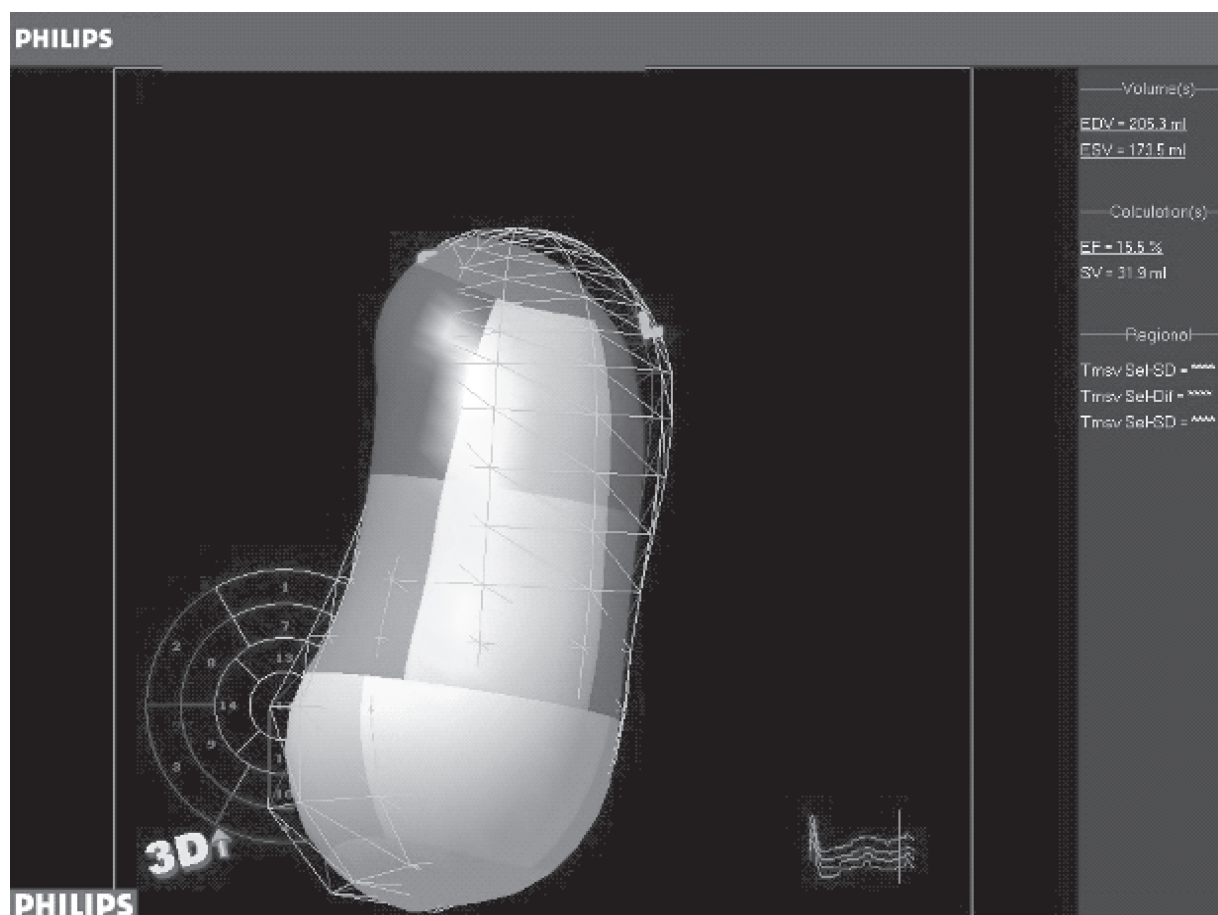
Uz navedene mogućnosti postoje i trenutačna ograničenja nove tehnologije kao što su slabost planarne rezolucije (oko 2 mm) u odnosu na lateralnu ili kružnu (oko 3 mm) na 7-cm dubine, te osjetljivost u definiranju endokarda desne klijetke. Sporost brzine slike može ograničiti procjenu volumena srca s vrlo brzom frekvencijom ili

volumena maloga dječjeg srca. Tijekom rekonstrukcije 3D slike, zbog piramidnoga oblika, može ostati neprikazan epikard srca zbog dilatirane lijeve klijetke (LK).

### Standardni 3D TEE protokol pregleda srca

Zbog jednostavnije 3D vizualizacije i rekonstrukcije žive slike srca potreban je standardizirani protokol pregleda srca u odnosu na tradicionalni 2D prikaz. Naime, 2D ehokardiografija usmjerena je na pregled srca u odnosu na poziciju lijeve klijetke. "Multiplane" sondom tijekom TEE pregleda pronađu se 2 osnovne ravnine srca (uzdužna i poprečna) te se uz 20 standardnih prikaza dobije kompletna analiza srca (24). Ta kompleksnost 2D TEE analize može se jednostavno nadomjestiti RT 3D-TEE prikazom jednoga zapisa koji, kao i ostale digitalne dijagnostičke tehnike (RTG, CT, MR), prikazuje srce u punom volumenu i u pravoj anatomskej poziciji.

Postoje 3 osnovne 3D ravnine srca: uzdužna (longitudi-



SLIKA 4.  
Aneurizmatско proširenje apeksа lijeve klijetke  
FIGURE 4  
Aneurysmatic dilation of the left ventricular apex

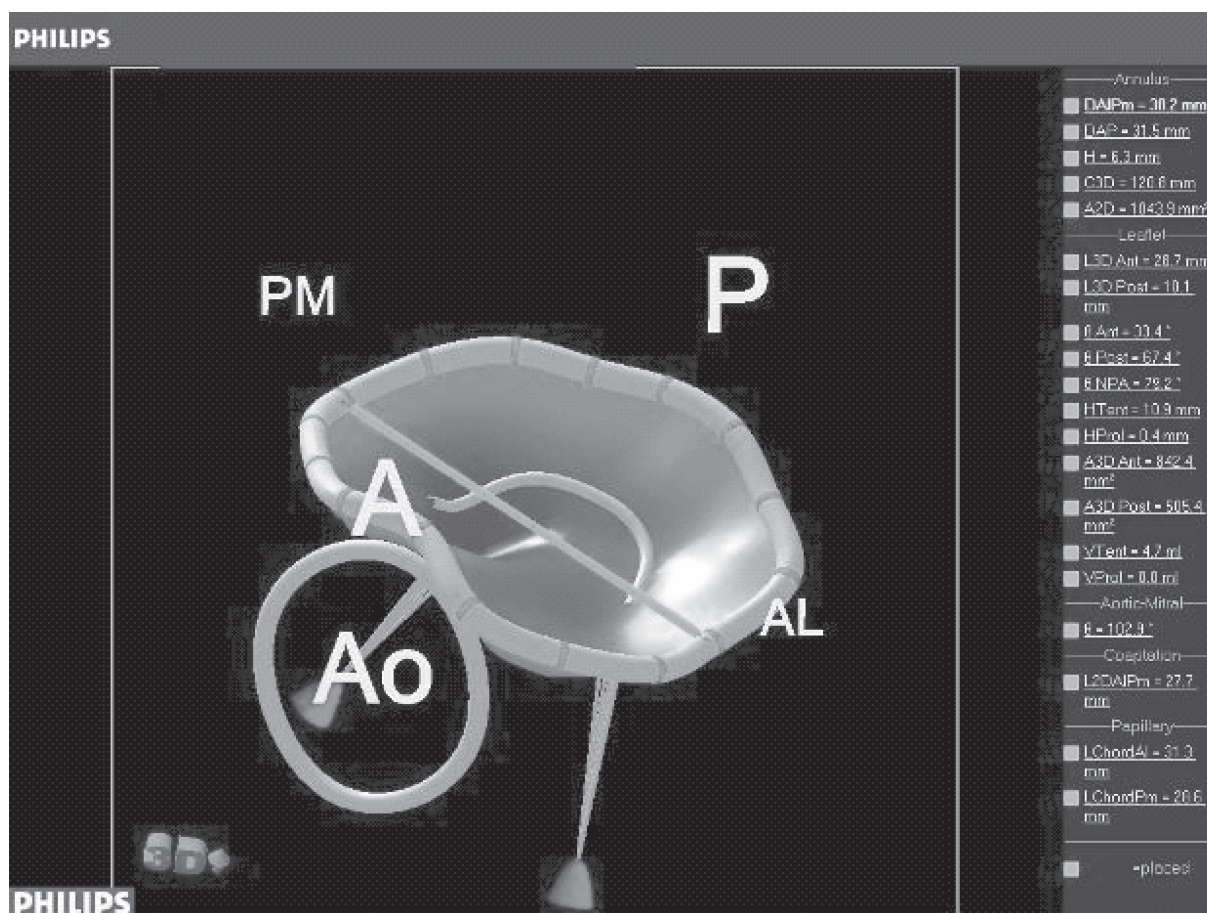
nalna), kosa (krunasta) i poprečna (transverzalna). One su zamišljene kao tomografski dijelovi srca koji se mogu otvoriti poput stranica knjige. Uzdužna ravnina okomito prolazi kroz srce i dijeli ga na lijevu i desnu stranu. Kosa ravnina, također, okomito prolazi kroz srce i dijeli ga na prednju i stražnju stranu. Tim se presjekom dobije prikaz četiri šupljine. Poprečna ili transverzalna ravnina paralelno pada na tlo i dijeli srce na gornji i donji dio. Tim se presjekom dobije prikaz kratke osi kroz LK (Slika 1.). Svaka ravnina može se promatrati s dvije strane, odnosno iz dvije suprotne perspektive (npr. s lijeva na desno, straga prema naprijed, od vrha prema bazi srca). Izbor širine kuta gledanja ovisi o morfologiji srca koja se analizira (npr. široki je kut potreban za prikaz četiri šupljine u koji je uključen i vanjski dio srca, uski je kut najprimjereniji za promatranje manjih struktura kao što je aortna valvula) (21).

#### **Klinička primjena RT 3D transezofagusne ehokardiografije**

Kao kvalitativno nova i neinvazivna tehnologija s odlič-

nom prostornom i limitiranom vremenskom rezolucijom RT 3D-TEE nema namjeru zamijeniti već upotpuniti dosadašnji 2D TEE ehokardiografski pregled. Zbog nedostatka 3D-TEE perioperacijskoga protokola, umjesto rutinskoga pregleda fokus najčešće 3D-TEE primjene jest specifična intraoperacijska patologija srca.

*3D kvantifikacija volumena i funkcije lijeve klijetke* preciznija je i reproducibilnija metoda od konvencionalne 2D metode (16). 3D kvantifikacija volumena i izračun istisne frakcije LK danas je standardna tehnika jer ima visoku usporedivost s MR srca i radionukleoidnom ventrikulografijom (22,29). 2D poprečnim prikazom srednjeg segmenta LK može se dobiti uvid u područje opskrbe sve tri koronarne arterije, a za kompletni prikaz svih segmenata LK potrebna su 3 uzdužna i 2 poprečna presjeka. S druge strane, u jednom 3D prikazu nakon rekonstrukcije žive slike može se analizirati svih 17 segmenata, ako je zbog širokog kuta gledanja uključena vanjska granica LK. 3D kvantifikacija LK temelji se na poluautomatskom određivanju pune vanjske granice LK u 3 dimenzije za svaku sliku. U kreiranju punog volu-



SLIKA 5.

3D TEE slika mitralne valvule i analiza njenih segmenata (desno na slici); A- prednji zalistak, P – stražnji zalistak, PM – posteromedijalna komisura, AL – anterolateralna komisura, Ao – aortna valvula.

FIGURE 5

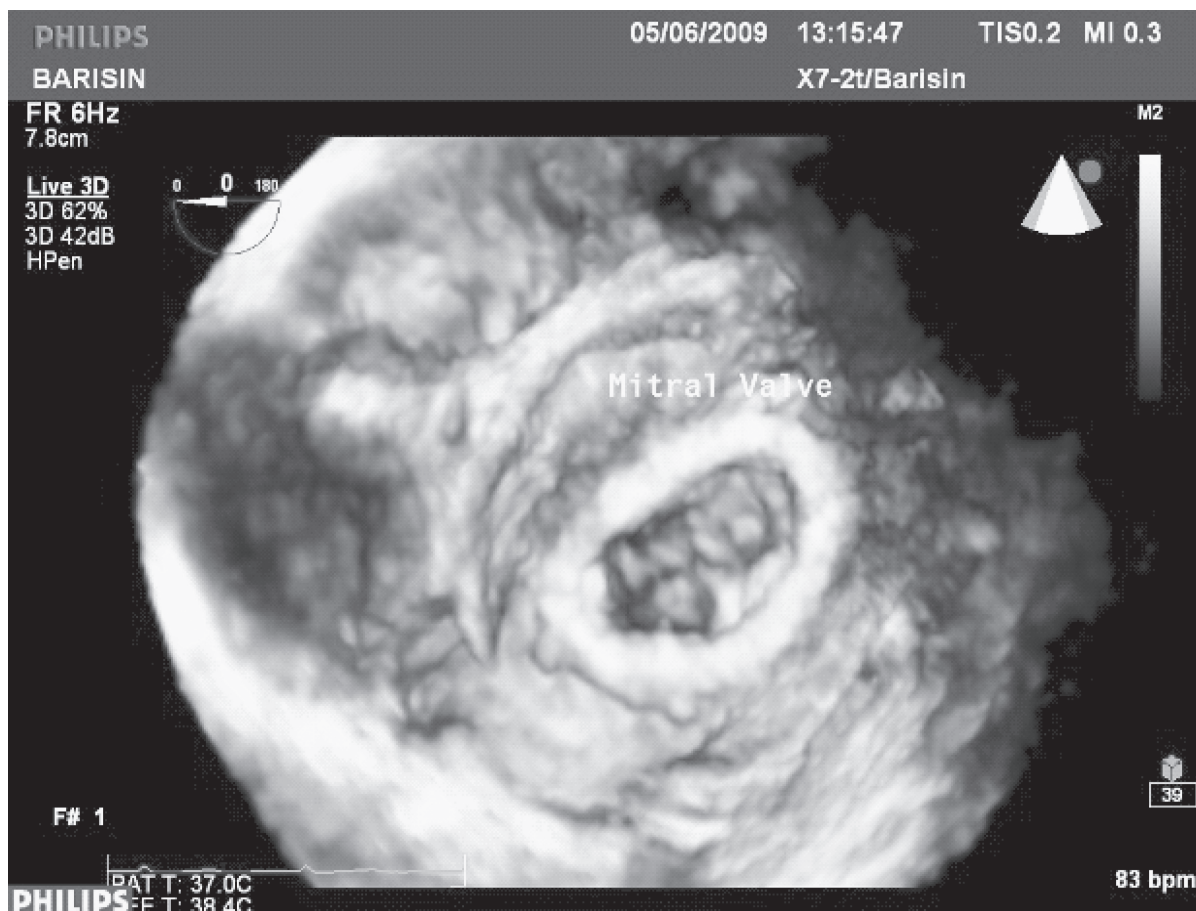
3D TEE image of the mitral valve with segment analysis (right); A - anterior leaflet, P - posterior leaflet, PM - posteromedial commissure, AL – anterolateral commissure, Ao – aortic valve

mena sudjeluju 3 presjeka: presjek kroz sredinu jednjaka s 2 šupljine, uzdužni presjek, te poprečni presjek kroz želudac (Slika 2.).

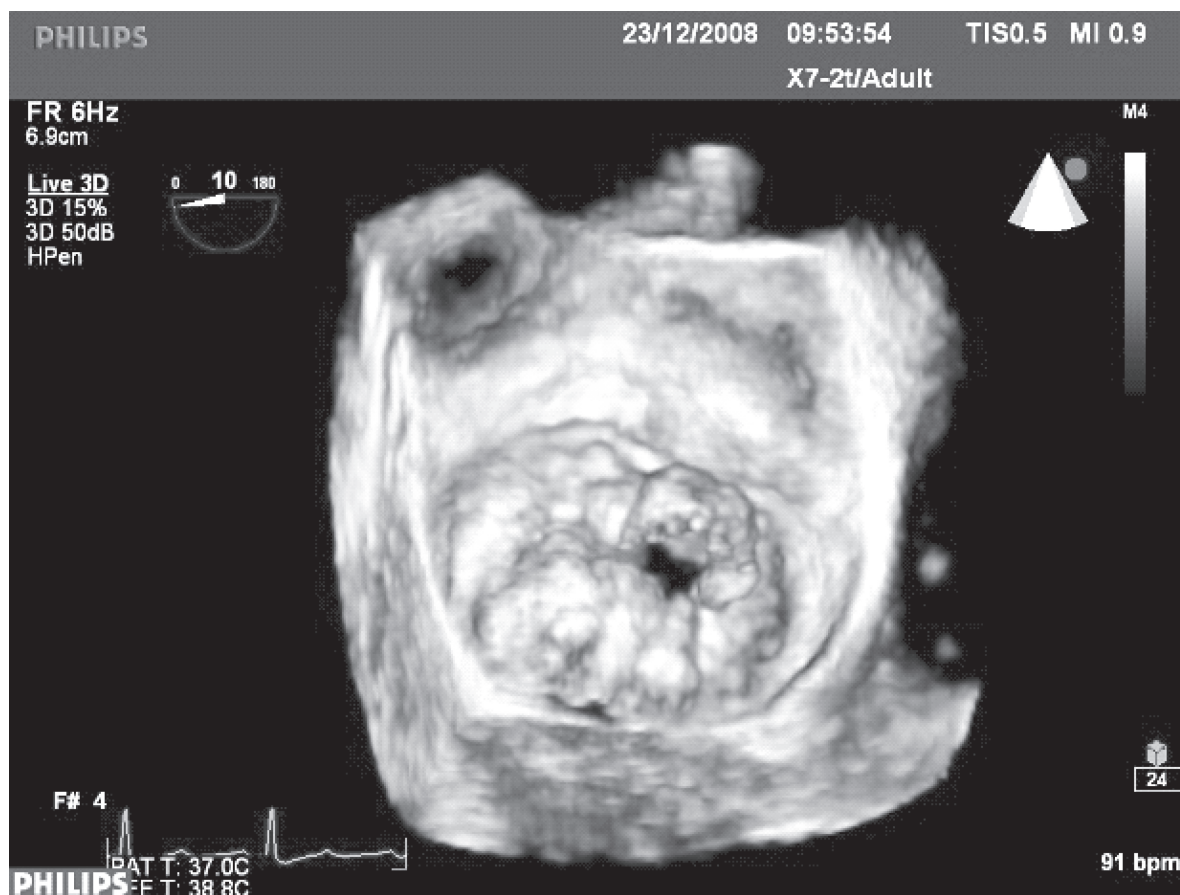
Regionalna 17-segmentalna podjela se intraoperacijski može kvalitativno prikazati kao «bull's eye» kružni model s imenom, lokalizacijom i sinkronošću segmenata, te s izmjerenim vrijednostima volumena u sistoli/dijastoli što prikazuje donji grafikon (Slika 3.). Na slici 3. u prikazu «Parametric Imaging» u gornjem kružnom dijelu «Timing» mjeri se vrijeme pomaka svakoga segmenta miokarda LK unutar zadanoga R-R intervala od 1 sekunde. Dolje na poprečnoj crti nalazi se «Histogram» s bijelim valovima koji ukazuje na prosječnu brzinu pomaka. Crveno-žuta boja označava zakašnjetu, odnosno plava raniju kontraktilnost. Zbog odlične vremenske rezolucije tkivni dopler (TDI) danas se koristi za točno kvantificiranje intraventrikulske dissinkronije. RT 3D, za razliku od TDI, može simultano prikazati više segmenata u različitim ravninama i također može biti alterna-

tivni odabir u resinkronizacijskoj terapiji LK. Kolorom obilježene regije prikazuju segmente sa zakašnjetom kontrakcijom koje bi mogle biti izbor za primjenu resinkronizacijskih elektroda LK (20). Na istoj slici u donjem kružnom dijelu «Excursion» prikazana je snaga pomaka, odnosno kontraktilnosti, za svaki segment miokarda posebno unutar zadanoga R-R intervala od 1 sekunde. «Histogram» s bijelim valovima prikazuje prosječnu kontraktilnost. Plava boja govori o normalnoj kontraktilnosti, crvena o negativnoj kontraktilnosti ili diskineziji, a crna o izostanku kontraktilnosti ili akineziji (12,26,30).

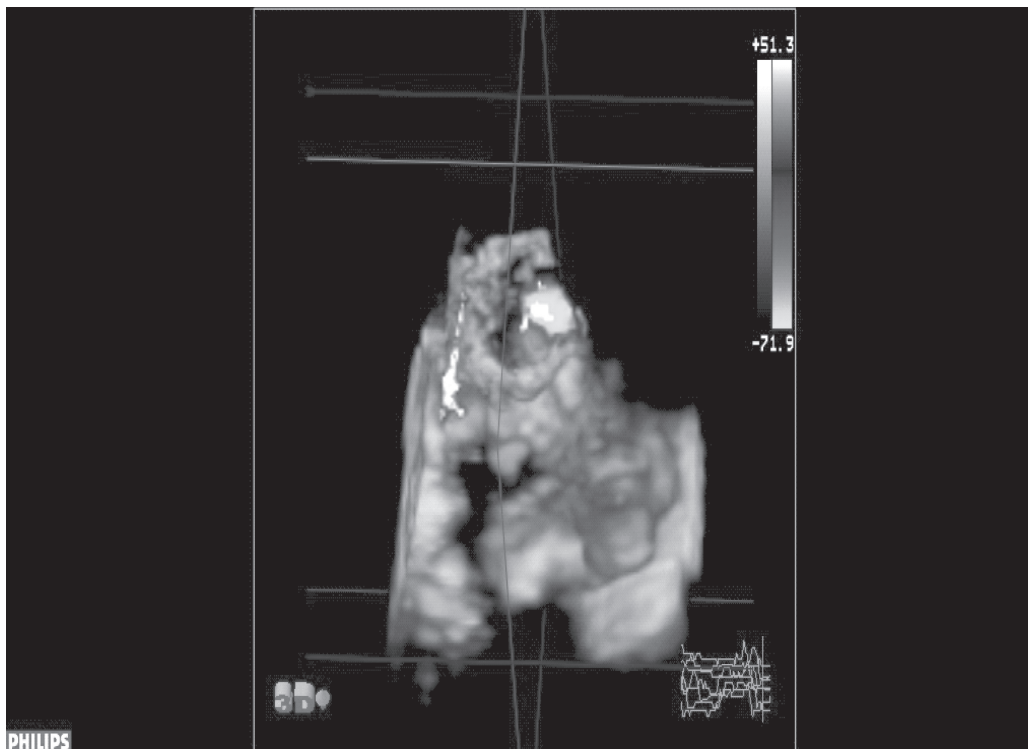
U kliničkoj praksi, RT 3D TEE-om može se vizualizacijom endokarda ili epikarda odlično prikazati trombotska ili tumorska masa. Nakon značajnog infarkta miokarda funkcija LK često se pogoršava te se uz dilataciju klijetke, koja od eliptičnoga oblika postaje sve više sferična, može stvoriti aneurizmatički apeks. On je pomaknut u smjeru kazaljke na satu prema mitralnom zalistku. In-



SLIKA 6.



SLIKA 7.



SLIKA 8.

SLIKA 6.

3D TEE slika anuloplastike mitralne valvule

FIGURE 6

3D TEE image of mitral valve annuloplasty

SLIKA 7.

3D TEE prijeoperacijski prikaz prolapsa P2 skalopa mitralne valvule

FIGURE 7

3D TEE intraoperative display of mitral valve prolapse of the P2 scallop

SLIKA 8.

3D TEE slika poslijeoperacijske dehiscencije anulusa mitralne valvule

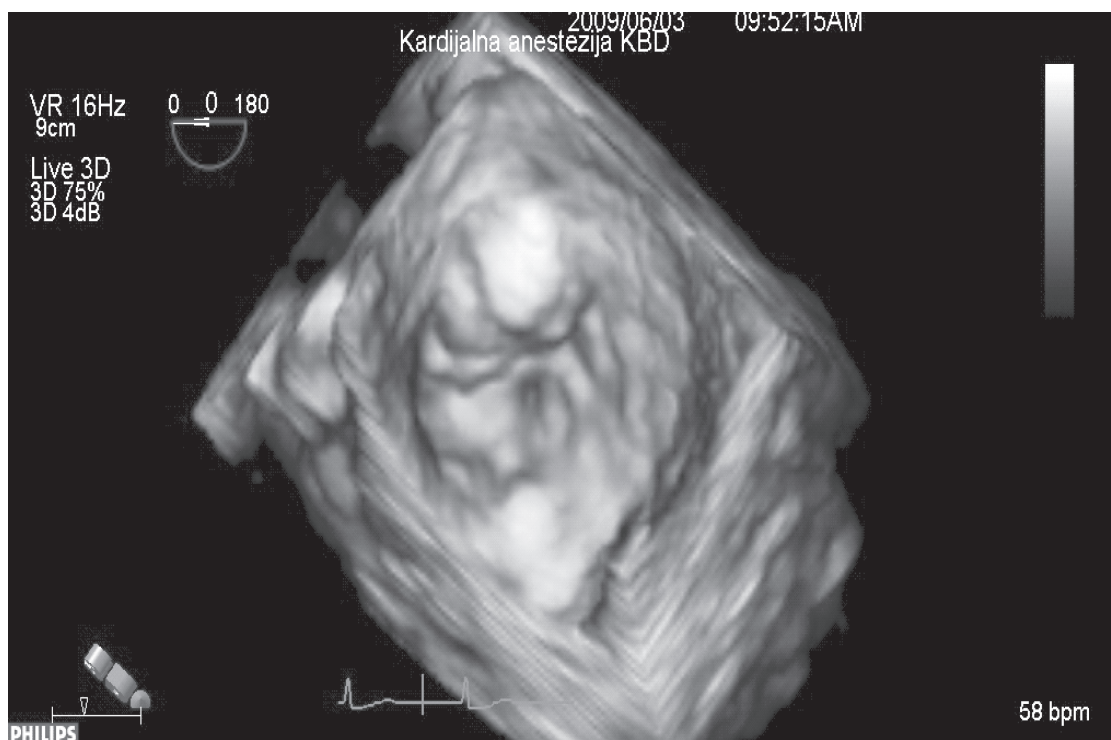
FIGURE 8

3D TEE image of postoperative dehiscence of the mitral valve annulus

deks sfericiteta prediktor je rane odluke o operacijskom zahvatu remodeliranja LK (19) (Slika 4.).

*3D morfološka i funkcijska analiza mitralne valvule.* Poznato je da se mitralna valvula zbog anatomskoga odnosa u srcu i blizine jednjaka može lakše i preciznije analizirati TEE-om u odnosu na transtorakalnu ehokardiografiju. MV se sastoji od anulusa, prednjega i stražnjega zalistka i subvalvularnoga aparata (korde, papilarni mišići i zid LK) (9). Anulus MV-a jest nepotpuni fibrozni prsten, nalik sedlu koji mijenja svoj oblik tijekom srčanoga ciklusa. Prednji i stražnji zalistak podijeljen je prema Carpentierovoj nomenklaturi u 3 segmenta ili skalopa (od lateralno prema medijalno: prednji A1-3

i stražnji P1-3) (3). Stražnji zalistak uključuje 70% anulusa, dok prednji s malom bazom ima istu površinu jer je dva puta viši od stražnjega. Normalna anatomija kao i različite bolesti MV-a (stenoza, regurgitacija, Barlowljeva bolest) mogu se intraoperacijski uz prostorno impresivnu kvalitetu RT 3D-TEE-om precizno analizirati, te se svaki segment MV-a može detaljno izmjeriti i izračunati (Slika 5.) (2,31). 3D pogled na MV iz perspektive LK ili lijevoga atrija jedinstven je i znatno precizniji prikaz morfologije MV-a u odnosu na 2D prikaz. Odlična je vizualizacija ugradnje anuloplastike i arteficialnoga MV-a (Slika 6.). Intraoperacijski 3D prikaz iz kirurške perspektive kroz lijevi atrij često može promijeniti plan reparacije MV-a (8,28). Tako se s velikom preciznošću



SLIKA 9.  
3D TEE slika teške stenozе mitralne valvule  
FIGURE 9  
3D TEE display of a severe mitral valve stenosis

može dijagnosticirati npr. prijeoperacijski prolaps P2 skalopa ili točna lokalizacija dehiscencije anulusa MV-a 3D kolor doplerskim prikazom neposredno nakon operacijskoga zahvata (15) (Slike 7. i 8.). 3D planimetrijski prikaz teške kalcificirane stenozе MV-a ima bolju korelaciju s invazivnim mjerenjem od 2D PHT mjerenja, te se preporuča kao zlatni standard (Slika 9.) (17).

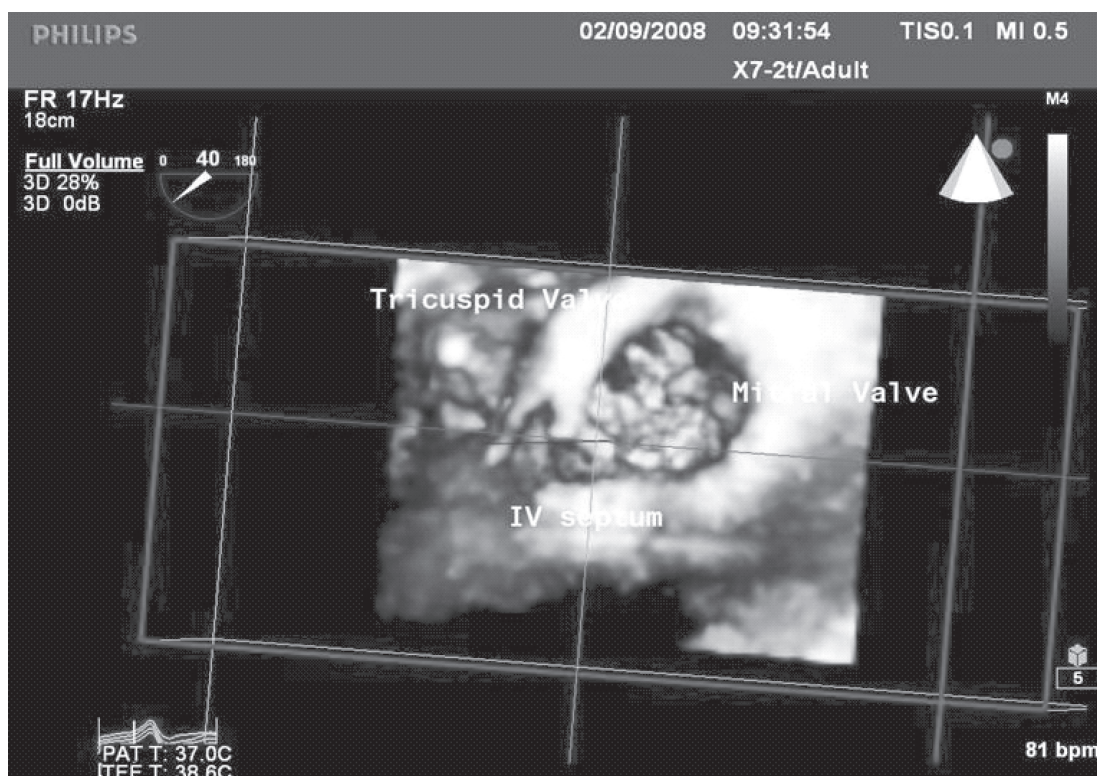
*3D intraoperacijska procjena ostalih srčanih patologija.* Postoje ograničenja u optimalnom intraoperacijskom prikazu aortne valvule radi njene prednje pozicije i tankih, savitljivih kuspisa. Pomoću 3D-TEE-a može se precizno planimetrijski procijeniti stenotična aortna valvula koju karakterizira eliptični oblik, a u tzv. „xPlane poziciji“, i uspješno prikazati tijekom transkateterske implantacije aortne valvule, tzv. TAVI (7,11). U usporedbi s 3D transtorakalnom ehokardiografijom postoji ograničenje u 3D-TEE objektivizaciji trikuspidne valvule zbog nepovoljnoga kuta gledanja i njene prednje pozicije. Gore navedene valvule optimalno se intraoperacijski mogu vizualizirati svega u 18% (aortna valvula), odnosno 11% slučajeva (trikuspidna valvula). Za razliku od precizne procjene MV-a, analitički programi za prikaz drugih srčanih valvula još nisu u kliničkoj uporabi (16,27,30). Zbog kompleksnije morfologije multilobarnoga apendiksa lijevoga atrija, za razliku od 2D prikaza, 3D-TEE točnije prikazuje anatomiju i funkciju apendiksa. S dru-

ge strane, 2D intraoperacijskim prikazom često se precijeni incidencija nastanka tromba u apendiksu (1,18). 3D prikaz i analiza kompleksnih anatomija kongenitalnih srčanih anomalija kao i gubitak kontinuiteta između atrija (ASD) i klijetki (VSD) pruža bolju vizualizaciju i funkcionalno razumijevanje navedenih anomalija od 2D prikaza. Kod kombinirane kongenitalne anomalije i značajne plućne hipertenzije važno je procijeniti funkciju desne klijetke. Zbog polumjesečastoga oblika i anatomske pozicije desne klijetke 3D, u odnosu na 2D procjenu, u usporedbi s MR srca nije se pokazala boljom metodom (14). 3D-TEE pokazuje precizniju morfologiju ASD-a i prostornu povezanost s okolnim strukturama kao što su aortna valvula i velike krvne žile, što je od posebnoga kliničkog značenja kod perkutanoga zatvaranja te šupljine. Kao i kod ASD-a, odličan prikaz VSD-a osiguran je povećanjem 3D slike punoga volumena, koja ima odličan suodnos s intraoperacijskim kirurškim nalazom (Slika 10.) (4,23,25).

#### **Buduća perspektiva primjene RT 3D ehokardiografije**

Inovativna 3D intraoperacijska tehnologija koja je već u kliničkoj primjeni, iako još nerazvijena u punom potencijalu, nudi novo intraoperacijsko okruženje. Kako bi





SLIKA 10.

3D «E—slice» prikaz četiri šupljine s defektom interventrikulskog septuma (VSD), 15 mm ispod mitralne valvule  
FIGURE 10

3D «E—slice» four-chamber view portraying a interventricular septal defect (VSD), 15 mm beneath the mitral valve annulus

kardijalni anesteziolog ili kardiolog mogao dobiti brzo i precizno sve relevantne kliničke podatke nužno je novu ekspertizu obuhvatiti studioznom edukacijom. Potrebno je još jednom naglasiti prednosti nove tehnologije kao što su preciznost, sekcija žive 3D slike, zbog odlične prostorne rezolucije precizna kvantifikacija, tele-obrađa i virtualna stvarnost. Integracija RT 3D i TDI u novoj tzv. 3D «speckle tracking» tehnologiji već je postignuta. Za očekivati je fuziju te tehnologije s drugim 3D digitalnim tehnologijama. Nova RT 3D TEE tehnologija donijela je potpuni zaokret u tradicionalnom kliničkom razmišljanju. Naime, sada se o anatomiji srca razmišlja iznutra prema vani.

#### LITERATURA

1. Agoston I, Xie T, Tiller FL, Rahman AM, Ahmad M. Assessment of left atrial appendage by live three-dimensional echocardiography: early experience and comparison with transesophageal echocardiography. *Echocardiography*. 2006;23:127-32.
2. Agricola E, Oppizzi M, Pisani M, Maisano F, Margonato A. Accuracy of real-time 3D echocardiography in the evaluation of functional anatomy of mitral regurgitation. *Int J Cardiol*. 2008;127:342-9.
3. Carpentier A, Relland J, Deloche A, Fabiani JN, D'Allaines C, Blondeau P, i sur. Conservative management of the prolapsed mitral valvule. *Ann Thorac Surg*. 1978;26:294-302.
4. Chen FL, Hsiung MC, Nanda N, Hsieh KS, Chou MC. Real time three-dimensional echocardiography in assessing ventricular septal defects: an echocardiographic-surgical correlative study. *Echocardiography*. 2006;23:562-8.
5. Edler I, Hertz CH. Use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of movements of heart walls. *Kungl Fysiogr Sallsk Lung Forth*. 1954;24:40.
6. Frazin L, Talano JV, Stephanides L. Esophageal echocardiography. *Circulation*. 1976;54:102-8.
7. Goland S, Trento A, Iida K, Czer LSC, De Robertis M, Naqvi TZ, i sur. Assessment of aortic stenosis by three-dimensional echocardiography: an accurate and novel approach. *Heart*. 2007;93:801-7.
8. Grewal J, Mankad S, Freeman WK, Click RL, Suri RM, Abel MD, i sur. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the intraoperative assessment of mitral valve disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:34-41.
9. Ho SY. Anatomy of the mitral valve. *Heart*. 2002;88 (Suppl 4):5-10.
10. Hung J, Lang R, Fläschkamp F, Sherman SK, McCulloch ML, Adams DB, i sur. 3D echocardiography: a review of the current status and future directions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20:213-33.
11. Janosi RA, Kahlert P, Plicht B, Bose D, Wendt D, Thielmann M, i sur. Guidance of percutaneous transcatheter aortic valve implantation by real-time three-dimensional transesophageal echocardiography – a single-center experience. *Minim Invasive Ther Allied Technol*. 2009;18:142-8.
12. Jenkins C, Chan J, Hanekom L, Marwick TH. Accuracy and feasibility of online 3-dimensional echocardiography for measu-

- rement of left ventricular parameters. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19:1119-28.
13. Kisslo J, Firek B, Ota T, Kang DH, Fleishman CE, Stetten G, i sur. Real-time volumetric echocardiography: the technology and the possibilities. *Echocardiography.* 2000;17:773-80.
  14. Kjaergaard J, Petersen CL, Kjaer A, Schaadt BK, Oh JK, Hassager C. Evaluation of right ventricular volume and function by 2D and 3D echocardiography compared to MRI. *Eur J Echocardiogr.* 2006;7:430-8.
  15. Kronzon J, Sugeng L, Perk G, Hirsh D, Weinert L, Garcia F, i sur. Real-time 3-dimensional transeophageal echocardiography in the evaluation of post-operative mitral annuloplasty ring and prosthetic valve dehiscence. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1543-7.
  16. Mackensen GB, Swaminathan M, Mathew JP. Pro: three-dimensional transeophageal echocardiography is a major advance for intraoperative clinical management of patients undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2010;110:1574-8.
  17. Mannaerts HF, Kamp O, Visser CA. Should mitral valve area assessment in patients with mitral stenosis be based on anatomical or on functional evaluation? A plea for 3D echocardiography as the new clinical standard. *Eur Heart J.* 2004;25:2073-4.
  18. Mizuguchi KA, Burch TM, Bulwer BE, Fox AA, Rizzo RJ, Shernan SK. Thrombus or bilobar left atrial appendage? Diagnosis by real-time three-dimensional transeophageal echocardiography. *Anesth Analg.* 2009;108:70-2.
  19. Monaghan MJ. Role of real time 3D echocardiography in evaluating the left ventricle. *Heart.* 2006;92:131-6.
  20. Mor-Avi V, Sugeng L, Lang RM. Real-time 3-dimensional echocardiography: an integral component of the routine echocardiographic examination in adult patients? *Circulation.* 2009;119:314-29.
  21. Nanda NC, Kisslo J, Lang R, Pandian N, Marwick T, Shirali G i sur. Examination protocol for three-dimensional echocardiography. *Echocardiography.* 2004;21:763-8.
  22. Nikitin NP, Constantin C, Loh PH, Ghosh J, Lukaschuk EI, Bennett A, i sur. New generation 3-dimensional echocardiography for left ventricular volumetric and functional measurements: comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur J Echocardiogr.* 2006;7:365-72.
  23. Russell IA, Rouine-Rapp K, Stratmann G, Miller-Hance WC. Congenital heart disease in the adult: a review with internet-accessible transeophageal echocardiographic images. *Anesth Analg.* 2006;102:694-723.
  24. Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, Stewart WJ, Weiss RL, Mark JB, i sur. ASE/SCA guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transeophageal echocardiography examination: recommendation of the American Society of Echocardiography Council for Intraoperative Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transeophageal Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12:884-900.
  25. Skolnick A, Vavas E, Kronzon I. Optimization of ASD assessment using real time three-dimensional transeophageal echocardiography. *Echocardiography.* 2009;26:233-5.
  26. Soliman OI, Krenning BJ, Geleijnse ML, Nemes A, van Geuns RJ, Baks T, i sur. A comparison between QLAB and TomTec full volume reconstruction for real time three-dimensional echocardiographic quantification of left ventricular volumes. *Echocardiography.* 2007;24:967-74.
  27. Sugeng L, Shernan SK, Salgo IS, Weinert L, Shook D, Raman J, i sur. Live 3-dimensional transeophageal echocardiography initial experience using the fully-sampled matrix array probe. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52:446-9.
  28. Sugeng L, Shernan SK, Weinert L, Shook D, Raman J, Jeevan-
- dam V, i sur. Real-time three-dimensional transeophageal echocardiography in valve disease: comparison with surgical findings and evaluation of prosthetic valves. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21:1347-54.
  29. Tighe DA, Rosetti M, Vinch CS, Chandok D, Muldoon D, Wiggin B, i sur. Influence of image quality on the accuracy of real time three-dimensional echocardiography to measure left ventricular volumes in unselected patients: a comparison with gated-SPECT imaging. *Echocardiography.* 2007;24:1073-80.
  30. Vegas A, Meineri M. Three-dimensional transeophageal echocardiography is a major advance for intraoperative clinical management of patients undergoing cardiac surgery: a core review. *Anesth Analg.* 2010;110:1548-73.
  31. Veronesi F, Corsi C, Sugeng L, Caiani EG, Weinert L, Mor-Avi V, i sur. Quantification of mitral apparatus dynamics in functional and ischemic mitral regurgitation using real-time 3-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21:347-54.
  32. von Ramm OT, Smith SW. Real-time volumetric ultrasound imaging system. *J Digit Imaging.* 1990;3:261-6.

## THREE-DIMENSIONAL TRANSOESOPHAGEAL ECHOCARDIOGRAPHY: NEW INTRAOPERATIVE PERSPECTIVE IN FOLLOW-UP OF CARDIAC PATIENTS

Barišin Stjepan<sup>1</sup>, Šakić-Zdravčević Katarina<sup>2</sup>, Barišin Ana<sup>3</sup>, Gulam Danijela<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Department of Cardiovascular Anesthesia, University Clinic for Anesthesiology, Reanimatology and Intensive Care, Dubrava University Hospital in Zagreb;

<sup>2</sup>University Clinic for Anesthesiology, Reanimatology and Intensive Care, Sveti Duh University Hospital in Zagreb;

<sup>3</sup>Cardiology – Unit for Internal Medicine, Medikol Polyclinic Zagreb;

<sup>4</sup>Department of Cardiac Anesthesia, University Clinic for Anesthesiology, Reanimatology and Intensive Care, University Hospital Centre Osijek

Correspondence to:

Prim. dr. sc. Stjepan Barišin, dr. med.

Odjel kardiovaskularne anestezije

Klinika za anesteziologiju, reanimatologiju i intenzivno liječenje

KB Dubrava, Zagreb

Av. Gojka Šuška 6, 10 000 Zagreb

tel: 01/2902938 / abarisin@kdb.hr

Preview

### ABSTRACT

Three dimensional real-time transoesophageal echocardiography (RT 3D-TEE) is founded on a new matrix technology by which we can reconstruct a live 3D pyramidal and full volume image of the heart. It has become an integral part of intraoperative left ventricle, mitral valve and congenital anomaly assessment. Its advantages are: precision, 3D live section views, spatial resolution, tele-processing and virtual reality. Limits are: poor planar and time resolution, right ventricle endocardium assessment, absence of epicardial view. Future role of RT 3D-TEE is regional myocardial deformation assessment - 3D speckle tracking, resynchronization therapy and software development for assessment of other valves.

**Key words:** cardiac ultrasound, 3D transoesophageal echocardiography, real-time 3D