

Tkivni Doppler i *strain rate* ehokardiografija u proceni regionalne miokardne funkcije

Brane Lončarević¹, Đorđe Šunderić², Milan Lončarević³

¹Poliklinika „Corona“ Užice, ²Dom zdravlja Užice, ³Medicinski fakultet Univerzitet u Beogradu

Sažetak

Uvod Tkivni Doppler praćenjem malih tkivnih brzina, može sa solidnom pouzdanošću da kvantifikuje kretanje zdravog i obolelog miokarda. *Strain rate imaging* odslikava napregnutost i stepen deformacije miokarda tako da se može koristiti kao neinvazivna tehnika za kvantifikaciju sa većom preciznošću od tkivnog Doplera. Cilj rada je da se uporede mogućnosti tkivnog Doplera i *Strain rate imaging-a* u detekciji postinfarktne ožiljnih promena i proceni osetljivost svake metode ponaosob.

Metodi U ispitivanje je uključeno 35 pacijenta sa prebolelim infarktom, prosečne starosti 58,1±10,9 godina. Svim ispitanicima rađen je pored klasičnog ultrazvučnog pregleda i tkivni Doppler i *strain rate imaging* na aparatu *Esaote My lab 30 CV - X strain* softverski paket, u zoni infarktne ožiljke i suprotnog zida srca pri čemu su beležene maksimalne sistolne brzine tkivnim Dopplerom i maksimalni *strain/strain rate* u sistoli.

Rezultati Rezultati tkivnog Doplera za područje infarktne ožiljke iznosili su prosečno 0,08±0,01 m/sec, a za suprotni zid 0,09±0,02 m/sec (p<0,05). Sistolni *strain* u zoni infarktne ožiljke iznosio je 16,7±3,9%, a u zoni suprotnog zida 18,8±4,0%, (p<0,01). Za *strain rate* prosečna vrednost izmerena u zoni infarktne ožiljke je -0,8±0,2 1/sec, a u zoni suprotnog zida -1,1±0,2 1/sec (p<0,01).

Zaključak Tkivni Doppler i *strain rate* mogu pouzdano razlikovati ožiljni od zdravog miokarda sa većom osetljivošću u korist *strain rate* metode.

Ključne reči Tkivni Doppler, *strain rate*, infarkt miokarda

Uvod

Transtorakalna ehokardiografija u dvodimenzionalnom i M modu najčešće je korišćeno i pojedinačno najmoćnije dijagnostičko sredstvo za evaluaciju funkcije miokarda i valvularnog aparata.¹ Sama vitalnost miokarda, iskazana kroz funkciju kontrakcije i relaksacije, uslovljena je adekvatnom perfuzijom, uz očuvane metaboličke procese i normalan integritet ćelijske membrane. Redukovana perfuzija mišićnih ćelija ima za posledicu disfunkciju koja može biti prolazne prirode (hibernisani ili ošamućeni miokard), sposoban da se pod određenim okolnostima oporavi nakon reperfuzije, i trajne, kada dolazi do potpunog gutbitka funkcije i nekroze ćelija.²

Pouzdana, pravovremena analiza regionalne miokardne disfunkcije od ključne je važnosti za praćenje pacijenata sa koronarnom bolešću. Klasični ultrazvuk srca je semikvantitativan i zasniva se na vizuelnom posmatranju kretanja endokarda i debljanja zida leve komore što ima elemente subjektivnosti. Ljudsko oko registruje odstupanja u segmentnoj pokretljivosti tek ako je kašnjenje preko 70 msec.^{3,4}

Tkivni Doppler je metoda razvijena na principu kolor

kodirane analize tkivnog kretanja koja tačnije od dvodimenzionalnog ultrazvuka može proceniti neuniformnost miokardne kinetike i biti od pomoći u analizi ishemijski indukovane segmentne disfunkcije, posebno kad je reč o longitudinalnom kretanju.⁵ Ograničenja ove metode su u proceni radijalnog i cirkumferencijalnog kretanja i u fenomenu sumacije kinetike susednih segmenata duž ose snimanja.⁶

Najnovija tehnika za procenu stepena miokardne deformacije u toku srčanog ciklusa *Strain rate imaging* zasnovana je na markiranju specifičnih akustičnih uzoraka (speckle) i njihovom vektorskom praćenju u realnom vremenu.^{7,8} Na ovaj način moguće je pouzdanije nego tkivnim Dopplerom proceniti pored longitudinalnog i radijalnog i cirkumferencijalno kretanje, nezavisno od ugla sonde i steći uvid u vitalnost svih segmenata srčanog mišića.⁹⁻¹¹

Strain (napregnutost) reprezentuje frakciono ili delimično menjanje dužine vlakana, uključujući izduženje ili ekspanziju (pozitivni strejn), odnosno skraćivanje ili kompresiju (negativni strejn) i izražava se u procentima. Nulti **Strain** se računa kao početna dužina vlakana na kraju dijastole. **Strain rate** je vremenska funkcija strejna i znači stepen deformacije u sekundi 1/s.⁹⁻¹²

Miokardijalni sistolni strain je u direktnoj relaciji sa kontraktilnošću tako da se može koristiti kao neinvazivna tehnika za kvantifikaciju sa većom pouzdanošću od tkivnog Doplera.⁹⁻¹⁸

Prema dosadašnjim istraživanjima, *Strain rate imaging* tehnika može koristiti u sledećim situacijama: analiza regionalne funkcije miokarda, kvantitativna podrška stres ehokardiografiji, analiza dijasolne funkcije, rana detekcija poremećaja srčane funkcije u kardiomiopatijama,¹⁹⁻²² selekcija pacijenata za resinhronizacionu terapiju,^{23,24} analiza komorske funkcije kod bolesnika sa kongenitalnom patologijom, a unapređenjem metodologije indikaciono područje će se izvesno proširiti.^{25,26}

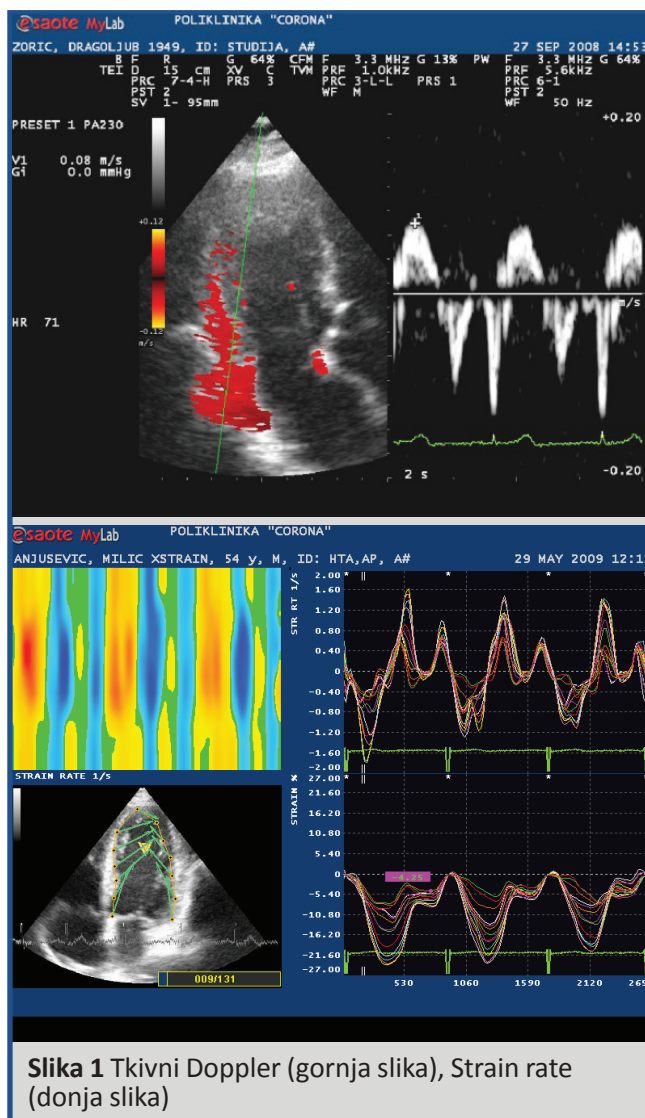
Cilj ove studije je da se uporede mogućnosti tkivnog Doplera i *Strain rate imaginga* u detekciji postinfarktnih ožiljnih promena, kod nekomplikovanih infarkta sa očuvanom globalnom funkcijom leve komore i proceni osetljivost svake metode ponaosob u razlikovanju kinetike ožiljnog miokarda i onog koji nije pretrpeo infarkt.

Metodi

U ispitivanje je uključeno 35 pacijenta sa prebolelim infarkt, koji je verifikovan pozitivnim EKG nalazom i porastom kardiospecifičnih enzima, prosečne starosti 58,1 godina, i to 21(60 %) muškarac starosti 57,3 godina i 14 (40 %) žena starosti 59,1 godina.

Svim ispitanicima rađen je pored klasičnog ultrazvučnog pregleda i tkivni Doppler i *strain rate imaging* (Slika 1) na aparatu *Esaote My lab 30 CV - X strain* softverski paket, sa sondom (*Phase Array probe 2,5-3,5 MHz*) u zoni infarktnog ožiljka i suprotnog zida srca pri čemu su beležene maksimalne sistolne brzine tkivnim Dopplerom i maksimalni *strain/strain rate* u sistoli. Merenja su vršena u apikalnom preseku sa 4 i 2 srčane šupljine, u toku tri uzastopna srčana ciklusa i uzimana je srednja vrednost. Podaci dobijeni na suprotnom zidu gde se nije odigrao infarkt služili su kao kontrola i tretirani su kao normalan nalaz. Svi dobijeni nalazi arhivirani su u *bmp* i *avi* formatu šifrirano radi dalje obrade. Kontrolna merenja sprovedena su na snimljenom materijalu od strane dva druga istraživača i poređenjem dobijenih rezultata nisu nađena značajnija međusobna odstupanja.

Svi prikupljeni podaci su tabelirani, grafički prikazani i analizirani savremenim statističkim metodama. Od de-



skriptivnih metoda korišćene su mere centralne tendencije i mere varijabiliteta, a od analitičkih metoda testiranje empirijskih raspodela i testiranje značajnosti razlike metodom t testa. Studentov t-test korišćen je za analizu značajnosti razlike između parametara dobijenih tkivnim Dopplerom i strain rate imaging tehnikom za infarktnu zonu i suprotni zid. Vrednost *p* manja od 0,05 smatrana je statistički značajnom.

Tabela 1. Struktura pacijenata po polu i lokalizaciji infarkta

	Muškarci	Žene	Ukupno
Broj	21 (60 %)	14 (40 %)	35 (100 %)
Godine života	57,3±11,1 35-78	59,1±10,9 45-77	58,1±10,9 35-78
Ejekciona frakcija %	56,2±8,2	58,4±7,6	57,1±7,8
Infarkt prednjeg zida	9 (42,9 %)	6 (42,9 %)	15 (42,9 %)
Infarkt donjeg zida	12 (57,1 %)	8 (57,1%)	20 (57,1 %)

Tabela 2. Prikaz rezultata tkivnog Dopplera i SR za infarktenu zonu i suprotni zid

	Muškarci	Žene	Ukupno
Tkivni Doppler infarktne zone (cm/sec)	8±2	7±1	8±1
Tkivni Doppler suprotnog zida (cm/sec)	9±2	9±2	9±2*
Strain inf. zone (%)	16,5±3,9	17,0±4,0	16,7±3,9
Strain suprotnog zida (%)	18,6±4,1	19,1±3,8	18,8±4,0**
Strain rate infarktne zone (1/sec)	-0,8±0,2	-0,8±0,2	-0,8±0,2
Strain rate suprotnog zida (1/sec)	-1,0±0,3	-1,1±0,2	-1,1±0,3**

* p<0.05, **p<0.01

Rezultati

Svih 35 pacijenata ispunjavali su kriterijume za uključanje u studiju. Lokalizacija infarkta kod 15 (42,9 %) pacijenta bila je na prednjem zidu a kod 20 (57,1 %) na zadnjem zidu.

Demografske i kliničke karakteristike su prikazane na Tabeli 1, a vrednosti tkivnog Dopplera, Straina-a i Strain rate-a na Tabeli 2.

Rezultati tkivnog Dopplera za područje infarktne ožiljke iznosili su prosečno 0,08 ±0,013 m/sec, dok su za suprotni zid bili 0,09 ±0,017 m/sec (p<0,05).

Maksimalni sistolni *strain* u zoni infarktne ožiljke iznosio je 16,7±3,9 %, a u zoni suprotnog zida 18,8±4,0 %, što je visoko statistički značajno (p<0,01). Za *strain rate* prosečna vrednost izmerena u zoni infarktne ožiljke je -0,8/s (±0,21), a u zoni suprotnog zida -1,1/s (±0,25) sa takođe visokom značajnošću od (p<0,01).

Diskusija

Koncept miokardijalnog strejna prvi put su definisali *Mirsky i Parmley* kao frakcionalnu tkivnu deformaciju u odgovoru na primenjenu silu (stres).¹² *Heimdal i Stoylen* sa saradnicima prvi su 1998. godine objavili članak o primeni *strain rate imaginga* kod pacijenata sa infarktom u kome su kod 6 pacijenata našli hipo i akineziju u infarktnoj zoni, za razliku od normalne kinetike kod pacijenata bez infarkta.⁷

Godinu dana kasnije *Heimdal* se u doktorskoj disertaciji detaljno bavio pojmovima vijabilnosti miokarda, opisujući *strain rate* kao novu metodu koja otvara dodatne mogućnosti u neinvazivnoj dijagnostici srčanih oboljenja.² Na daljem razvoju i usavršavanju nove metode poslednjih desetak godina radili su mnogi autori od kojih se posebno ističe *Asbjorn Stoylen* sa saradnicima, koja je uključila i inženjere informatičare.^{10,21}

Više istraživača na manjim grupama pacijenata, kao što je *Edvardsen* sa saradnicima, iznelo je dokaze koji govore u prilog značajnog doprinosa tkivnog Dopplera, a posebno *strain rate imaginga* u objektivnijoj proceni promena u strukturi i funkciji miokarda, posebno kod koronarne bolesti.¹⁸

Rezultati koje smo dobili u našoj grupi ispitanika govore u prilog značajne osetljivosti tkivnog Dopplera u detekciji infarktne ožiljke, dok je osetljivost *strain rate* metode na nivou visoke značajnosti. Ovakvi nalazi saglasni su sa

podacima iz literature. *Lyseggen* je eksperimentisao sa akutnom koronarnom okluzijom kod pasa, a *Williams* kod pacijenata sa koronarnom bolešću i u oba slučaja registrovana je postishemična disfunkcija u sistoli i dijastoli *Strain imaging* metodom.^{27,28} *Abraham* je sa saradnicima radio uporednu analizu tkivnog Dopplera i *strain rate* kod 10 pacijenata sa arteficialno urađenom septalnom ablacijom u sklopu lečenja opstruktivne kardiomiopatije pre i posle intervencije i dobijeni rezultati govorili su u prilog značajne osetljivosti *strain rate imaginga* u detekciji promena koje su nastupile sa infarktom.³

Miokardnu funkciju u miru i vijabilnost nakon dobutaminske infuzije ispitivao je *Marwick* sa saradnicima i zaključio da *strain rate* može poslužiti za kvantifikaciju regionalne i globalne miokardne funkcije.¹⁴ *Baur* navodi značaj tkivnog Dopplera i *strain rate imaginga* u neinvazivnoj proceni globalne i segmentne funkcije miokarda leve i desne komore i zaključuje da su obe metode za kratko vreme stekle veliki značaj u kliničkoj kardiologiji.⁸

Poređenje dvodimenzionalnog i na tkivnom Doppleru baziranog strejna radili su *Hanekom* i saradnici kod 150 pacijenata kojima su radili dobutamin stres, ehokardiografiju i koronarografiju i našli slične rezultate kod lezije prednjeg zida, a razlike kad je u pitanju zadnji zid.²⁸ *Pellerin* sa saradnicima takođe ističe doprinos obe metode u neinvazivnoj kvantifikaciji miokardne funkcije.²⁹

Zaključak

Tkivni Doppler u zoni infarktne ožiljke pokazuje značajno niže vrednosti u odnosu na normalan miokard (p<0,05), a *strain* i *strain rate* na istom uzorku daju niže vrednosti za ožiljak na nivou (p<0,01), što je u domenu visoke značajnosti i ukazuje na primenjivost obe metode u kliničkoj praksi.

Tkivni Doppler ne može zameniti klasičnu 2D ehokardiografiju, ali omogućuje dodatni uvid u kinetiku malih segmenata miokarda, posebno kad je reč o longitudinalnom kretanju. *Strain rate imaging*, posebno *speckle tracking* metoda i pored brojnih tehničkih ograničenja i male dostupnosti, označava dalji napredak u pravovremenoj dijagnostici segmentne disfunkcije, što ima terapijske i prognostičke implikacije.

Dosadašnji rezultati opravdavaju dalja ulaganja u razvoj ovih metoda i njihovu širu primenu u savremenoj kardiologiji.

Literatura

- Smiseth O, Ihlen H. Strain rate imaging why do we need it? *J Am Coll Cardiol* 2003; 42:1584-1586.
- Heimdal A. Doppler based ultrasound imaging methods for noninvasive assessment of tissue viability. doctors dissertation. Norwegian University of Science and Technology, 1999.
- Abraham PT, Nishimura AR, Holmes RD, et al. Strain Rate Imaging for Assessment of Regional Myocardial Function Results From a Clinical Model of Septal Ablation. *Circulation* 2002;105:1403.
- Williams R I, Phillips T, Payne N, et al. Strain rate imaging after dynamic stress provides objective evidence of persistent regional myocardial dysfunction in ischaemic myocardium: regional stunning identified? *Heart* 2005;91:152-160.
- Citro R, Bossone E, Kuersten B, et al. Tissue Doppler and strain imaging: anything left in the echo-lab? *Cardiovascular Ultrasound* 2008, 6:54.
- Derumeaux D, Ovize M, Loufoua J, Pontier G, et al. Assessment of nonuniformity of transmural myocardial velocities by color-coded tissue Doppler imaging. *Circulation* 2000;101:1390-1395.
- Heimdal A, Støylen A, Torp H, et al. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *Journal of the American Society of Echocardiography* 1998; 11(11):1013-1019.
- Baur LHB. Strain and strain rate imaging: a promising tool for evaluation of ventricular function. *Int J Cardiovasc Imaging* 2008; 24(5): 493-494.
- Urheim S, Edvardsen T, Torp H, et al. Myocardial strain by Doppler echocardiography: Validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000;102:1158-1164.
- Støylen A, Heimdal A, Bjørnstad K, et al. Strain rate imaging by ultrasonography in the diagnosis of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr* 2000; 13(12):1053-64.
- Moore C, Lugo-Olivieri C, McVeigh E, et al. Three-dimensional systolic strain patterns in the normal human left ventricle: Characterization with tagged MR imaging. *Radiology* 2000;214:453-466.
- Støylen A. Strain rate imaging. Cardiac deformation imaging by ultrasound / echocardiography. Tissue Doppler and Speckle tracking Available at: <http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/>
- D'hooge J, Jamal F, Bijnens B, et al. Two-dimensional ultrasonic strain rate measurement of the human heart in vivo. Katila et al. (Eds.): FIMH 2001, LNCS 2230, pp. 47-52, 2001. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001.
- Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006 4;47(7):1313-27.
- Teske AJ, De Boeck BW, Melman PG, et al. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking. *Cardiovasc Ultrasound* 2007 30;5:27.
- Abraham TP, Damaano VL, Liang HY. Role of tissue Doppler and strain echocardiography in current clinical practice. *Circulation* 2007;116:2597-2609.
- Greenberg NL, Firstenberg MS, Castro PL, et al. MD Doppler-derived myocardial systolic strain rate is a strong index of left ventricular contractility. *Circulation* 2002;105:99.
- Edvardsen T, Gerber BL, Garot J, et al. Quantitative assessment of intrinsic regional myocardial deformation by Doppler strain rate echocardiography in humans: Validation against three-dimensional tagged magnetic resonance imaging. *Circulation* 2002;106:50.
- Kukulski T, Jamal F, Herbots L, et al. Identification of acutely ischemic myocardium using ultrasonic strain measurements A clinical study in patients undergoing coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41:810-819.
- Hashimoto I, Li X, Bhat HA, et al. Myocardial strain rate is a superior method for evaluation of left ventricular subendocardial function compared with tissue Doppler imaging. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42:1574-1583.
- Støylen A, Ingul BC, Torp H. Strain and strain rate parametric imaging. A new method for post processing to 3-/4-dimensional images from three standard apical planes. Preliminary data on feasibility, artefact and regional dyssynergy visualization. *Cardiovascular Ultrasound* 2003;11:10.
- Dandel M, Hetzer R. Echocardiographic strain and strain rate imaging—clinical applications. *Int J Cardiol* 2009 6;132(1):11-24.
- Breithardt O A, Herbots L, D'Hooge J, et al. Strain rate imaging in CRT candidates. *European Heart J* 2004; (suppl) 6: 16-24.
- Dandel M, Lehmkuhl H, Knosalla C, et al. Strain and strain rate imaging by echocardiography - basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rew* 2009; 5(2):133-48.
- Sutherland GR, Di Salvo G, Claus P, et al. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17(7):788-802.
- Teske AJ, De Boeck BW, Melman PG, et al. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue doppler and speckle tracking. *Cardiovasc Ultrasound* 2007; 5: 27.
- Lyseggen E, Skulstad H, Helle-Valle T, et al. Myocardial strain analysis in acute coronary occlusion: A tool to assess myocardial viability and reperfusion. *Circulation* 2005;112:3901-3910.
- Hanekom L, Cho GY, Leano R, et al. Comparison of two-dimensional speckle and tissue doppler strain measurement during dobutamine stress echocardiography: an angiographic correlation. *Eur Heart J* 2007; 28 (14): 1765-1772.
- Tissue doppler, strain, and strain rate echocardiography for the assessment of left and right systolic ventricular function. *Heart* 2003;89.

Apstrakt

Tissue Doppler and strain rate echocardiography in evaluation of myocardial function

Brane Lončarević¹, Đorđe Šunderić², Milan Lončarević³

¹Policlinic "Corona", Užice, ²Medical center, Užice, ³School of medicine, University of Belgrade

Introduction Doppler monitoring of small tissue velocity, can quantify with solid reliability the movement of healthy and diseased myocardium. Strain rate imaging also reflects the tension and degree of myocardial deformation so it can be used as a noninvasive technique to quantify with greater accuracy than tissue Doppler.

Objective was to compare the features of tissue Doppler and strain rate imaging in detecting postinfarct changes and assess the sensitivity of each method individually.

Methods The study included 35 patients with infarct scar, average age 58.1±10.9 years. All subjects was carried out in addition to conventional ultrasound and tissue Doppler imaging and strain rate on the device Esaote My Lab 30 CV - strain X software package. The evaluation was performed in the zone of the scar and the opposite wall of the heart were recorded with a maximum systolic tissue Doppler velocity and the maximum strain / strain in systolic rate.

Results The results of tissue Doppler for a myocardial infarction scar was 0.08±0.01 m/sec, while the opposite wall of 0.09±0.02 m/sec ($p < 0.05$). Systolic strain in a myocardial infarction scar area was 16.7±3.9%, while in the area of the opposite wall 18.8±4.0% ($p < 0.01$). Strain rate for the the zone is a heart scar was -0.8±0.21 1/sec, while in the area of the opposite wall of -1.1±0.25 1/sec ($p < 0.01$).

Conclusion Tissue Doppler and strain rate can reliably detect the difference of healthy myocardium and scared tissue, with high sensitivity in favor of the strain rate method.

Keywords: Tissue Doppler, strain rate imaging, myocardial infarction