



Aplikasi Klinis Ekokardiografi Dua Dimensi *Speckle Tracking* pada Pasien Gagal Jantung

Clinical Applications Echocardiography Two Dimensional Speckle Tracking in Heart Failure Patients

Sidhi Laksono Purwowiyoto

SMF Cardiology and Vascular Medicine, RSUD Pasar Rebo, Jakarta

KATA KUNCI *speckle tracking; strain; gagal jantung*
KEYWORDS *speckle tracking; strain; heart failure.*

ABSTRAK *Gagal jantung masih menjadi penyebab utama meningkatnya angka morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Penilaian fungsi kardiak yang akurat masih menjadi kendala dalam mempertimbangkan prognosis dan terapi pasien gagal jantung. Ekokardiografi merupakan modalitas pencitraan yang dapat membantu menilai kemampuan kardiak pada pasien gagal jantung. Terdapat beberapa aplikasi yang dipergunakan dalam menilai fungsi kardiak selain dari fraksi ejeksi, salah satunya dengan menilai speckle tracking. Dimana pemeriksaan ini merupakan non-Doppler, tidak tergantung sudut pengambilan dan kuantifikasi secara objektif dari deformasi miokardium dan proses dinamik ventrikel kiri sistolik serta diastolik. Artikel ini akan membahas mengenai aplikasi klinis speckle tracking pada pasien gagal jantung.*

ABSTRACT *Heart failure remains a major cause of increased morbidity and mortality rates worldwide. An accurate assessment of cardiac function is still a constraint in considering the prognosis and therapy of patients with heart failure. Echocardiography is an imaging modality that can help assess cardiac abilities in patients with heart failure. There are several applications used in assessing cardiac function other than the ejection fraction, one of them by assessing the speckle tracking. This examination is non-Doppler, independent of the objective capture and quantification angle of the myocardial deformation and the systolic and diastolic left ventricular dynamic processes. This article will discuss the clinical application of speckle tracking in patients with heart failure.*

PENDAHULUAN

Gagal jantung merupakan penyebab utama morbiditas dan mortalitas di Amerika Serikat, dimana menjadi penyebab terbesar kematian dan tingkat rawat inap. Penilaian yang akurat dari fungsi kardiak masih menjadi kendala utama dalam mempertimbangkan prognosis dan panduan terapi (Zhang KW *et al.*, 2014).

Parameter ekokardiografi yang paling sering digunakan untuk mengevaluasi fungsi ventrikel adalah fraksi ejeksi, namun pengukuran tersebut seringkali dihubungkan dengan asumsi dari geometri ventrikel, ekspertise dan terbatas pada penilaian perubahan ukuran ruangan ventrikel selama siklus kardiak. Penilaian yang akurat dari fungsi miokardium nampaknya penting dilakukan pada pasien dengan kemungkinan berkembangnya penyakit kardiak yang lebih lanjut. Dibutuhkan suatu penilaian baru untuk mengukur fungsi kardiak dan mekanik sehingga dapat mengidentifikasi pasien dengan gagal jantung (Zhang KW *et al.*, 2014).

Ekokardiografi *speckle-tracking* merupakan pemeriksaan yang baru berkembang sebagai teknik kuantitatif yang secara akurat mengevaluasi fungsi miokardium dengan menganalisa pergerakan dari *speckle* yang teridentifikasi dalam pemeriksaan rutin sonogram dua dimensi. Pemeriksaan ini merupakan *non-Doppler*, tidak tergantung sudut pengambilan dan kuantifikasi secara objektif dari deformasi miokardium dan proses dinamik ventrikel kiri sistolik serta diastolik. Dengan melakukan *tracking* pada penempatan *speckles* selama siklus kardiak, *strain* dan *strain rate* dapat dihitung cepat

secara *offline* (Mor-Avi V *et al.*, 2011 and Andre Luiz *et al.*, 2013).

Strain dan *strain rate* merupakan penanda klinis dari deformitas miokardium secara regional maupun global. *Strain* didefinisikan sebagai perubahan fraksional panjang dengan suatu segmen mikardium, umumnya dihubungkan dengan panjang saat akhir diastolik (alami atau *strain Lagrangian*), walau hubungan panjang yang kontinu mungkin dapat digunakan (*strain Eulerian*). *Strain* biasanya dinyatakan dalam persentase (%). Teknik terbaru ekokardiografi tersebut dapat mengukur deformasi miokardium dimana merupakan komponen mekanik instrinsik dari miokardium serta dapat menilai masing-masing kelainan kardiovaskuler (Mor-Avi V *et al.*, 2011 and Andre Luiz *et al.*, 2013).

Terminologi Dan Definisi

Speckle tracking merupakan tehnik yang prinsipnya menganalisa *speckle* selama siklus kardiak. Satu *speckle* bergabung dalam unit-unit fungsional yang dinamakan *kernels* yang diubah dan dikenali sebagai gambaran *speckle-speckle*. Sebagai hasilnya, tiap *kernel* merupakan sidik jari ultrasound yang dapat dilacak menggunakan *software* selama seluruh siklus kardiak (Mondillo S *et al.*, 2011).

Strain Dan *Strain Rate* Untuk Penilaian Fungsi Kardiak

Perkembangan teknologi ultrasound seperti *tissue Doppler imaging* (TDI) dan *strain rate imaging*, baik menggunakan metode Doppler *tissue* atau dua dimensi *speckle tracking*,

Correspondence:

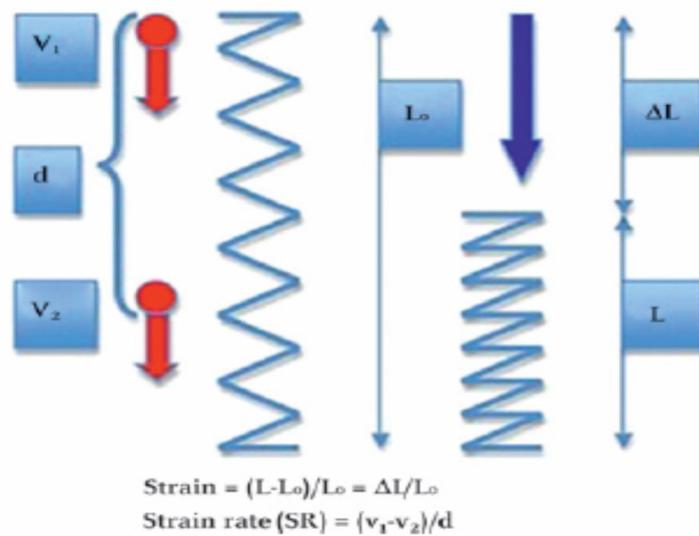
Sidhi Laksono Purwowiyoto, SMF Cardiology and Vascular Medicine, RSUD Pasar Rebo, Jakarta.

Email: sidhi_lp@yahoo.com

memberikan pemahaman dalam mekanik kardiak dan mengidentifikasi disfungsi miokard tahap awal akibat sekunder dari hipertensi. Penggunaan TDI untuk mengukur kecepatan miokardium regional sebagai integrasi penilaian fungsional diastolik lebih sedikit mengalami perubahan dalam hal pengisian dan utamanya terbatas tergantung sudut, efek *tethering* dan artifak translasional. Walau, *strain imaging* mungkin memberikan sedikit evaluasi yang tergantung sudut pengambilan dari fungsi regional dan global ventrikel kiri serta membantu dalam mengidentifikasi perubahan mekanik sistolik miokardium pada

tahap awal penyakit (Yau-Hue Lai C-IL *et al.*, 2013).

Strain sebagai ukuran linear dari deformasi jaringan dapat diekspresikan sebagai persentase perubahan panjang selama sistolik di antara dua titik yang berbeda pada miokardium. *Strain rate* merupakan derivatif dari *strain* yang menggambarkan nilai perubahan selama periode waktu. Infrastruktur miokardium tersusun oleh serat sirkumferensial di lapisan tengah dengan serat otot yang tersusun longitudinal dan oblik pada lapisan endokardium dan epikardium (Yau-Hue Lai C-IL *et al.*, 2013). Gambar 1 menunjukkan deformasi elastis suatu *strain* dan *strain rate* dari miokardium.



Gambar 1. Deformasi elastis miokardium. *Strain* = perubahan panjang fiber dibandingkan panjang sebenarnya; *strain rate* = perbedaan kecepatan jaringan pada dua titik yang berbeda yang dihubungkan dengan jarak. ΔL , perubahan panjang; L_0 , panjang sebenarnya; L , panjang saat akhir kontraksi; tanda panah biru, arah dari kontraksi; v_1 , kecepatan titik 1; v_2 , kecepatan titik 2; d , jarak (Dikutip dari Hermann)

Dari sudut pandang praktis, *strain* dapat diklasifikasikan menjadi tiga komponen spasial yang berbeda, yaitu longitudinal, sirkumferensial dan radial. Deformasi miokardium dapat dievaluasi dengan mengukur *strain* dan

strain rate fase sistolik. Teknik tingkat lanjut ini dapat memberikan gambaran kuantifikasi objektif dari pergerakan kardiak dan deformasi tanpa memperhitungkan arah pancaran ekho, sehingga menyediakan pemahaman

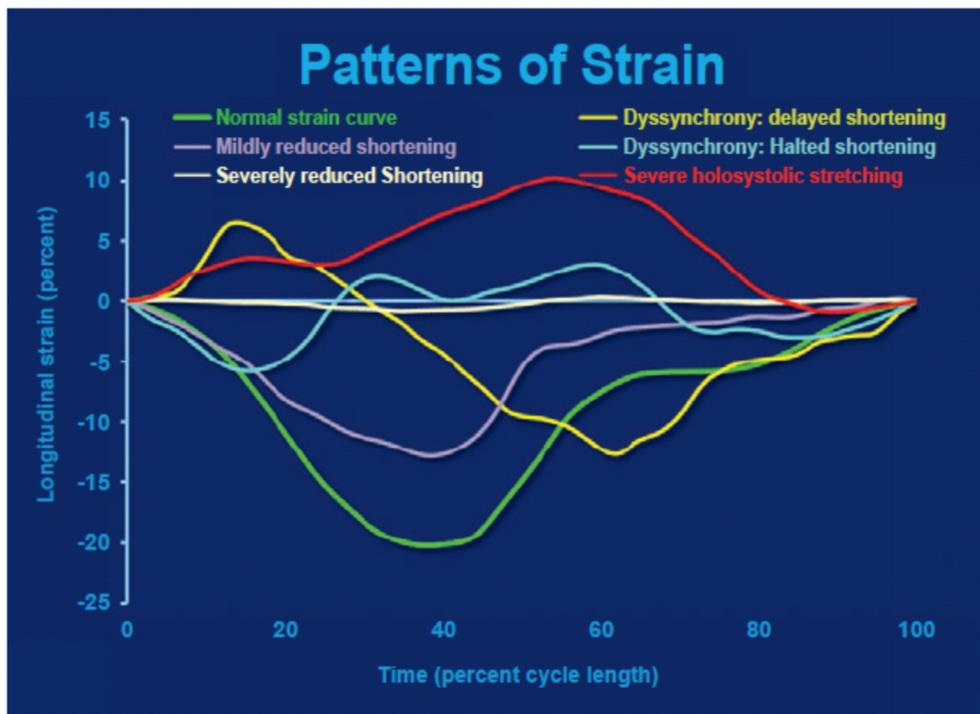
terperinci mengenai kardiak mekanik dari segala aspek (Yau-Hue Lai C-IL *et al.*, 2013). Gambar 2 menunjukkan pola *strain* dari berbagai keadaan.

Strain

Strain menggambarkan evaluasi pengukuran derajat deformasi dari segmen yang dianalisis dalam hubungannya dengan dimensi. Dinilai

dalam bentuk persentase. Adapun rumus strain (ϵ): $\epsilon = (L - L_0)/L_0$

Dimana L merupakan panjang objek setelah deformasi dan L_0 adalah panjang basal dari objek. Nilai positif jika memanjang atau menebal, sementara nilai negatif jika memendek atau menipis (Mondillo S *et al.*, 2011).



Gambar 2. Berbagai pola *strain* dari dua dimensi ekokardiografi (dikutip dari Biswas *et al*)

Strain Rate (ϵ')

Menggambarkan tingkat deformasi miokardium. Dinilai dalam detik-1. Dalam studi eksperimental didapatkan bahwa *strain rate* kurang bergantung pada variasi pengisian ventrikel kiri dibandingkan *strain* (Mondillo S *et al.*, 2011).

Strain Longitudinal

Menggambarkan deformasi miokardium dari arah basis ke apeks (Gambar 2). Selama sistolik, serat miokardium ventrikel memendek

dengan pergerakan translasional dari basis ke apeks; dengan konsekuensi reduksi jarak antara satu *kernel* yang digambarkan dengan nilai negative (Mondillo S *et al.*, 2011).

Strain Radial

Menggambarkan deformasi miokardium secara radial, seperti menuju ke pusat kavitas ventrikel kiri dan mengindikasikan pergerakan penebalan dan penipisan ventrikel kiri selama siklus kardiak (Gambar 2) (Mondillo S *et al.*, 2011).

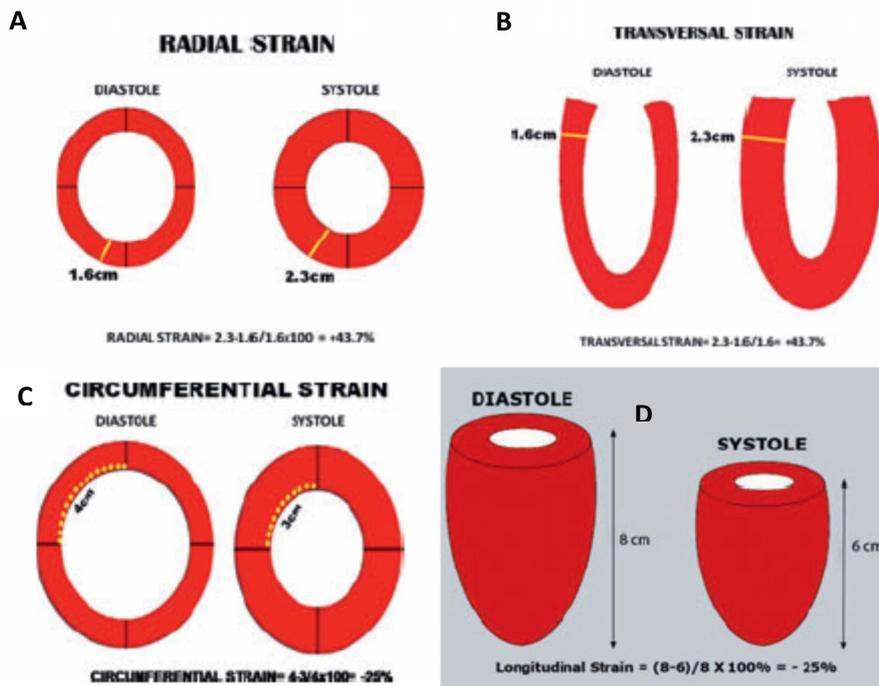
Strain Sirkumferensial

Menggambarkan pemendekan serat miokardium ventrikel kiri sepanjang perimeter sirkuler yang diamati pada potongan sumbu pendek (*short-axis*). Pada pengukuran *strain* sirkumferensial didapatkan hasil negatif karena terjadi reduksi panjang (Gambar 2) (Mondillo S *et al.*, 2011).

Twisting Dan Torsi

Evaluasi LV *twisting* hanya dapat dilakukan menggunakan MRI, akan tetapi baru-baru ini ekokardiografi *speckle tracking* dapat digunakan sebagai alat yang menjanjikan untuk menganalisa LV *twisting*. LV *twisting*

merupakan komponen normal kontraksi sistolik LV yang timbul akibat rotasi resiprokal dari apeks dan basis LV selama sistolik dan menjadi bagian penting dari biomekanik kardiak. Kuantifikasi LV *twisting* menggunakan ekokardiografi *speckle tracking* dapat dikerjakan dengan menganalisa rotasi resiprokal dari apeks dan basis LV selama sistolik. LV *twisting* kemudian dihitung sebagai perbedaan rerata rotasi antara tingkat apek dan basal. LV torsi didefinisikan sebagai LV *twisting* yang dinormalisasi dengan jarak basis ke apeks (Biswas M *et al.*, 2013).



Gambar 3. Jenis-jenis *strain*: a. strain radial; b. strain transversal; c. strain sirkumferensial dan d. strain longitudinal. (Dikutip dari Hermann)

Prinsip Fisik Ekokardiografi Speckle Tracking

Prinsip DASAR

Ekokardiografi *speckle tracking* (STE) mengukur perubahan miokardium lokal pada gambaran

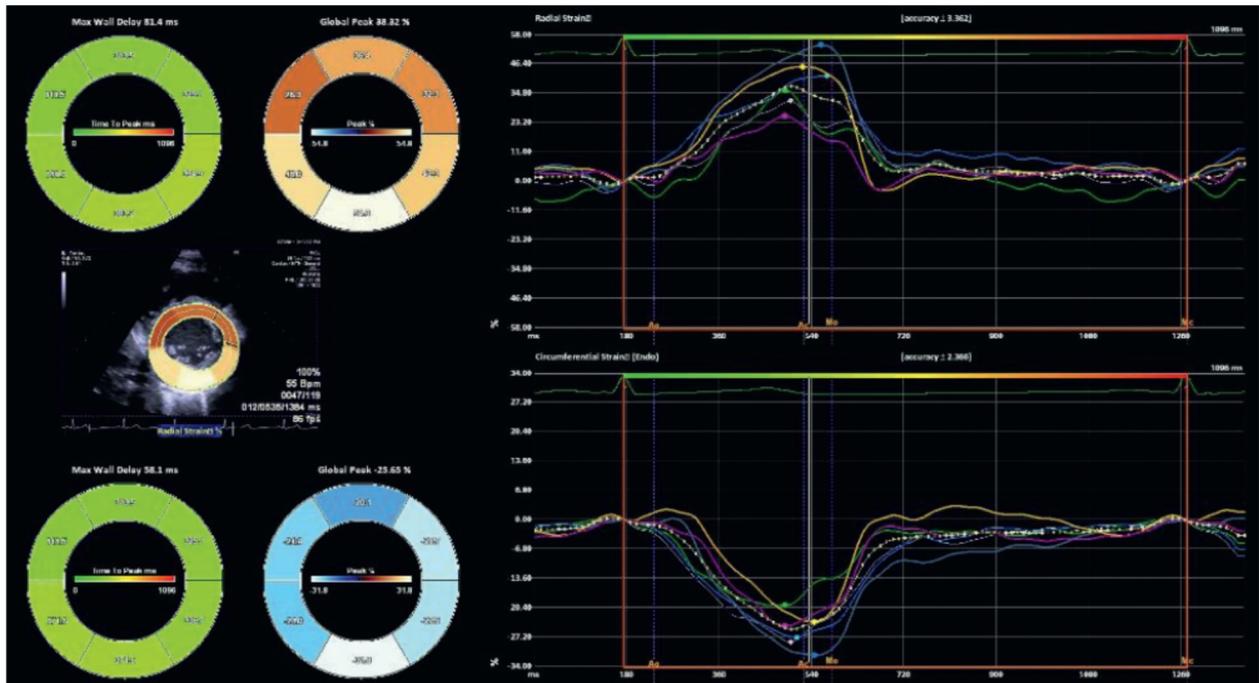
ekokardiografi dan mungkin dapat digunakan untuk melakukan kuantifikasi fungsi miokardium dalam hal kecepatan dan *strain*. Lebih lanjut, STE mungkin dapat digunakan untuk menilai rotasi ventrikel kiri dan putaran (*twist*). *Speckle* diciptakan oleh

interferensi gelombang ultrasound pada miokardium dan terlihat pada gambaran hitam putih mode B sebagai karakteristik pola *speckle*. *Speckle* merupakan hasil interferensi konstruktif dan destruktif ultrasound yang mengalami pemencaran (*back-scattered*) dari struktur yang kecil dibandingkan panjang gelombang ultrasound. Segmen atau *kernel* ini sebagai penanda akustik yang dapat diukur dari *frame* satu ke yang lain dalam bidang pencitraan menggunakan blok yang tersedia (Otto CM, 2012).

Strain oleh STE

Ekokardiografi *speckle tracking* mengukur secara instan jarak antara dua *kernel*. Hal ini memperlihatkan STE secara relatif independen terhadap sudut pengambilan (*angle*) dan dapat

mengukur *strain* dari beberapa arah pada gambaran yang sama, termasuk *strain* sirkumferensial dan radial pada segmen multipel dari gambaran *short-axis* ventrikel kiri dan *strain* longitudinal dari area miokardium dekat apeks ventrikel kiri. Walau demikian, STE tidak secara total dianggap secara independen tergantung sudut pengambilan, karena gambaran *ultrasound* memiliki resolusi yang lebih baik sepanjang gelombang *ultrasound* dibandingkan arah gelombang yang tegak lurus. Oleh karena itu secara prinsip, *speckle tracking* bekerja lebih baik untuk pengukuran pergerakan dan deformasi pada arah sepanjang gelombang ultrasound dibandingkan arah yang lain (Otto CM, 2012).



Gambar 4. *Strain* radial dan sirkumferensial A. serta *strain rate* longitudinal B. dari segmen yang berbeda menggunakan imajing kecepatan *vector*. (Dikutip dari Biswas)

Peranan Fungsi Longitudinal Dan Radial Pada Ventrikel Kiri

Fungsi longitudinal dipikirkan lebih sensitif terhadap perubahan awal

dari penyakit jantung karena serat longitudinal kebanyakan merupakan serat subendokardium, dimana lebih sering terkena saat iskemia dan fibrosis

interstisial. Sebagai fakta, studi terbaru memperlihatkan *strain* longitudinal sebagai *surrogate marker* dari fibrosis miokardium yang berkorelasi baik dengan disfungsi sistolik longitudinal ventrikel kiri dimana dievaluasi menggunakan ekokardiografi dua dimensi pada penyakit jantung hipertensi dan kardiomiopati hipertrofi (Kocabay G *et al.*, 2014). Walau demikian, kontribusi patofisiologi disfungsi longitudinal terhadap kontraktilitas ventrikel kiri masih belum dipahami. Karena kebanyakan volume sekuncup dihasilkan dari penebalan dinding ventrikel kiri pada arah radial, disfungsi regional longitudinal yang kecil secara relatif memberikan dampak yang kecil pada fungsi global ventrikel kiri. Satu penjelasan yang mungkin adalah karena fungsi *reservoir* atrium kiri ditentukan sebagian oleh longitudinal sistolik annulus mitral sepanjang apeks, gangguan fungsi sistolik longitudinal mungkin berkontribusi terhadap penurunan komplians atrium kiri selama fase *reservoir* pada hipertrofi ventrikel kiri (Otto CM, 2012).

Mekanisme penebalan dinding ventrikel kiri pada arah radial tetap masih belum dapat dipahami. Studi terdahulu memperlihatkan serat miokardium berkelompok ke dalam tiga sampai empat lamina sel yang dihubungkan dengan matriks ekstraseluler ekstensif dan hal tersebut nampaknya menjadi mekanisme penting yang mendasari penebalan miokardium. Pada hipertrofi ventrikel kiri, terdapat peningkatan sejumlah kolagen, dengan peningkatan panjang dan kontinuitas komponen fibriler dari matriks ekstraseluler, dimana mungkin berdampak pada penebalan dinding (Kocabay G *et al.*, 2014; Otto CM, 2012;

Kouzu H *et al.*, 2011; Blessberger H *et al.*, 2010).

Strain Dan Fungsi Sistolik

Baik *strain* dan fraksi ejeksi ventrikel kiri untuk mengukur fungsi sistolik, terdapat perbedaan mendasar di antara keduanya: *strain* mengukur kontraktilitas miokardium, sementara fraksi ejeksi ventrikel kiri merupakan parameter *surrogate* yang menjelaskan fungsi pompa miokardium. Walaupun jika kontraktilitas menurun, mekanisme kompensasi (seperti dilatasi ventrikel, perubahan geometri) masih dapat menjamin asupan isi sekuncup yang normal. STE lebih cocok digunakan untuk penilaian fungsi sistolik global dan regional pada pasien gagal jantung dan fraksi ejeksi normal. Disfungsi regional tidak nampak jika menggunakan parameter global seperti fraksi ejeksi ventrikel kiri.

Kalkulasi yang tepat dari fraksi ejeksi ventrikel kiri membutuhkan kualitas gambar yang baik, pengalaman operator dan mempunyai kesalahan pengukuran yang besar. Fraksi ejeksi ventrikel kiri juga lebih tergantung terhadap *load* dibandingkan *strain*. *Strain* dapat menjadi parameter penting untuk fungsi ventrikel kiri dimana dapat menggambarkan disfungsi kardiak pada tahap awal suatu penyakit (Kocabay G *et al.*, 2014; Otto CM, 2012; Kouzu H *et al.*, 2011).

Fungsi Ventrikel Kiri Longitudinal

Dilaporkan bahwa kontraktilitas ventrikel kiri longitudinal menurun pada pasien dengan hipertensi, diabetes, kardiomiopati hipertrofi atau gagal jantung diastolik. Proses penuaan normal menimbulkan fibrosis dari miokardium subendokardium. Jaringan pengikat akan meningkat pada pasien

dengan hipertensi dan hipertrofi ventrikel kiri. Dengan kata lain, hal ini dikenal dengan fibrosis miokardium yang berhubungan dengan beban tekanan yang berlebihan seringkali muncul pada lapisan subendokardium, dan hal ini berkorelasi negatif diantara kecepatan miokardium longitudinal dan fibrosis intersisial. Berdasarkan temuan ini, dapat ditarik kesimpulan fungsi sistolik ventrikel kiri longitudinal mengalami perubahan pada orang normal dan pasien dengan hipertensi, tanpa memperhatikan ada atau tidaknya hipertrofi ventrikel kiri (Zhang KW *et al.*, 2014; Kocabay G *et al.*, 2014; Otto CM, 2012; Thomas H *et al.*, 2007).

Penebalan Miokardium Radial

Secara umum diketahui bahwa penebalan dinding ventrikel kiri radial dihubungkan erat dengan fungsi pompa ventrikel kiri, dan fungsi radial masih tetap dipertahankan ketika fungsi longitudinal mengalami gangguan. Studi terbaru menggunakan pencitraan *strain* dua dimensi dilaporkan bahwa fungsi sistolik ventrikel kiri longitudinal pertama kali yang mengalami gangguan pada pasien subklinis dengan faktor risiko kardiovaskuler dan fungsi pompa ventrikel kiri yang baik. Sementara untuk penebalan radial masih cukup baik, dengan peningkatan pemendekan sirkumferensial diikuti penurunan pemendekan longitudinal yang menghasilkan fraksi ejeksi ventrikel kiri yang masih baik (Mizuguchi Y, 2010).

Strain longitudinal dapat memprediksikan keluaran fraksi ejeksi ventrikel kiri yang rendah tanpa memperhatikan fraksi ejeksi ventrikel kirinya. Walau gangguan deformasi longitudinal memiliki nilai prognostik yang signifikan pada gagal jantung

dengan fraksi ejeksi yang normal masih tetap belum jelas. Data lain menunjukkan gangguan deformasi sirkumferensial ventrikel kiri pada gagal jantung dengan fraksi ejeksi yang normal. Kondisi yang mendasari gagal jantung dengan fraksi ejeksi yang normal seperti hipertensi atau diabetes dikarakteristikan adanya penurunan strain longitudinal tetapi fungsi sirkumferensialnya meningkat, dimana hal tersebut merupakan mekanisme kompensasi untuk memperbaiki fraksi ejeksi ventrikel kiri. Temuan lainnya menunjukkan penurunan *strain* sirkumferensial ventrikel kiri yang membedakan pasien gagal jantung dengan fraksi ejeksi yang normal dibandingkan pasien asimtomatik dengan komorbiditas yang sama.

Hipotesis tersebut didukung dari studi sebelumnya yang menyebutkan penurunan progresif *strain* sirkumferensial global dari normal sampai gagal jantung dengan fraksi ejeksi normal sampai menurun. Patofisiologi yang mendasari pasien gagal jantung dengan fraksi ejeksi normal dipercaya karena adanya keterlibatan kekakuan ruang jantung yang pasif (Kraigher-Krainer E *et al.*, 2014; Thomas H *et al.*, 2007).

Implikasi Klinis

Disfungsi sitolik miokardium regional juga terdapat pada pasien asimptomatik hipertensi. Pengukuran strain miokardium regional mungkin dapat mengetahui pasien dengan kejadian risiko tinggi penyakit kardiovaskuler, termasuk gagal jantung. Lebih lanjut, medikasi yang menghambat atau menghentikan *remodeling* ventrikel kiri akibat hipertensi mungkin membantu dalam memperbaiki prognosis pasien dengan

hipertensi dengan cara tidak hanya memperbaiki fungsi diastolik tetapi juga fungsi sistolik regional (Kouzu H *et al.*, 2011).

Gagal Jantung Sistolik

Walau *strain rate* dengan menggunakan Doppler miokardium telah tervalidasi baik, namun penggunaan klinisnya pada gagal jantung sistolik masih terbatas. *Strain rate* sistolik puncak berkorelasi baik dengan elastansi maksimal, dimana dipikirkan sebagai indeks kontraktilitas. Sinyal *noise* dan perubahan hemodinamik membuatnya menjadi sulit untuk mendapatkan nilai normal. Walau demikian, nampaknya sulit, *strain* terbukti berguna dalam mendeteksi abnormalitas subklinis dari fungsi sistolik pada pasien dengan fraksi ejeksi yang normal, seperti kardiomiopati hipertrofi, penyakit jantung diabetes dan ataksia Friedrich (Thomas H *et al.*, 2007).

Zhang *et al.*, menyebutkan *strain rate* dapat digunakan untuk mendeteksi transmuralitas dari infark miokardium dimana hal tersebut relevan pada kardiomiopati iskemik untuk menentukan viabilitas karena infark transmural tidak viabel. Tetapi untuk pasien dengan disfungsi sistolik yang berat, nilai *strain* atau *strain rate* yang diambil berdasarkan Doppler maupun *speckle tracking* belumlah diketahui secara lengkap. Beberapa data dari studi yang menggunakan *strain* dua dimensi yang diambil menggunakan *speckle* atau *pixel tracking* mengindikasikan bahwa hal tersebut dapat digunakan dan dipercaya. Teknik ini dapat digunakan untuk menganalisis komponen yang berbeda dari fungsi longitudinal, radial dan

sirkumferensial sampai ke fungsi global (Thomas H *et al.*, 2007).

Disebutkan bahwa pasien hipertensi dengan gagal jantung dan fraksi ejeksi yang normal, *strain* longitudinal ventrikel kiri secara progresif akan menurun dari New York Heart Association (NYHA) kelas I ke kelas IV, dengan tambahan gangguan sistolik sirkumferensial dan radial ventrikel kiri pada NYHA kelas III dan IV. Dilihat dari analisis torsi dan rotasi ventrikel kiri menurut Park *et al.* melaporkan bahwa *systolic twisting*, torsi dan *diastolic untwisting* secara signifikan meningkat pada pasien dengan disfungsi diastolik ringan. Pada pasien dengan disfungsi diastolik yang berat serta peningkatan tekanan pengisian, parameter tersebut akan berkurang atau normal. Walau demikian, masih belum jelas apakah peningkatan torsi ventrikel kiri akibat mekanisme kompensasi dari penurunan relaksasi miokardium atau konsekuensi dari penurunan pengisian ventrikel kiri pada tahap awal disfungsi diastolik. Studi pertama mengenai longitudinal dilakukan pada pasien dengan gagal jantung dan penurunan fraksi ejeksi, ditemukan bahwa *strain* sirkumferensial global, menjadi prediktor kuat dari kejadian kardial. Studi lainnya mengindikasikan bahwa *strain* longitudinal global lebih superior sebagai prediktor keluaran fraksi ejeksi dan indeks nilai pergerakan dinding miokardium (Mondillo S *et al.*, 2011).

Studi oleh Susan *et al.* menyatakan bahwa parameter *strain* sirkumferensial dan longitudinal global yang merefleksikan fungsi sistolik ventrikel kiri, seperti *strain* sistolik puncak global dan *strain rate*, tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan di antara pasien hipertensi

dan normotensif. *Strain rate* diastolik awal dan akhir longitudinal dan sirkumferensial global secara signifikan berubah pada kelompok hipertensi. Baik *strain* dan *strain rate* longitudinal global memperlihatkan konkordans moderat dalam mendeteksi disfungsi ventrikel kiri subklinis (koefisien kappa 0.581). Parameter lainnya seperti *strain* sirkumferensial, *strain* dan *strain rate* sirkumferensial global tidak memperlihatkan hubungan konkordans (koefisien kappa -0.107). *Speckle tracking strain* longitudinal menurun pada pasien dengan hipertensi, sementara itu *strain* sirkumferensial dan radial serta mekanik torsi masih baik, walau ventrikel kiri *untwisting* mungkin abnormal dan lambat (Goncalves S *et al.*, 2014).

Gagal Jantung Diastolik

Disfungsi diastolik pada pasien dengan fungsi sistolik yang normal menghasilkan gangguan relaksasi miokardium dan penurunan pengisian ventrikel kiri selama diastolik awal. Keadaan ini dihasilkan dari perubahan pola (un-) *twist* ventrikel kiri pada diastolik awal.¹¹ Berdasarkan Perkumpulan Ekokardiografi Amerika, penilaian ekokardiografi fungsi diastolik seharusnya dikerjakan menggunakan analisis mitral *flow*, dengan atau tanpa maneuver valsava, *pulmonary venous flow*, kecepatan propagasi *color flow*, mitral *tissue Doppler* (kecepatan diastolik awal dan akhir diastolik) (Mondillo S *et al.*, 2011).

Gagal Jantung Akibat Kardiomiopati Iskemik

Penyakit jantung iskemik, *strain* dipengaruhi ukuran dan transmural dari area miokard. *Strain* mengalami penurunan pada semua arah terutama pada daerah yang mengalami skar.

Nilai dari *strain* territorial berkorelasi dengan luasnya infark miokard. STE dua dimensi telah terbukti berguna dalam mengidentifikasi pasien dengan infark miokard akut tanpa elevasi segmen ST yang bermanfaat dilakukannya revaskularisasi segera. Baru-baru ini, pada infark yang lama *strain* global merupakan prediktor yang lebih baik dalam memprediksi kejadian kardiovaskuler yang tidak diinginkan dibandingkan LVEF dan indeks pergerakan dari dinding ventrikel kiri (Biswas M *et al.*, 2013).

Gagal Jantung Akibat Kardiomiopati Hipertrofi

Secara prinsip, pasien dengan patofisiologi hipertrofi akan memperlihatkan disfungsi subendokardium. Disfungsi ini disebabkan oleh fibrosis yang berhubungan dengan peningkatan stres dinding jantung dan gangguan mikrovaskuler. Disfungsi subendokardium menyebabkan gangguan pada fungsi kontraksi longitudinal. Menariknya, penurunan fungsi longitudinal dikompensasi dengan peningkatan fungsi radial. Walau demikian, ventrikel sering kali menjadi hiperkontraksi ketika fraksi ejsi diukur menggunakan metode *Simpson* (Kocabay G *et al.*, 2014; Otto CM, 2012).

Diskriminasi antara penyebab yang berbeda dari hipertrofi ventrikel kiri seperti adaptasi fisiologi pada atlet profesional, penyakit jantung hipertensi dan kardiomiopati hipertrofi sering kali menantang. Penemuan konvensional seperti fungsi diastolik abnormal, adanya hipertrofi ventrikel kiri yang tidak adekuat (penebalan dinding relatif) dan nilai potong masa ventrikel secara teknis sulit dan sering kali gagal membedakan antara penyebab yang

berbeda dari hipertrofi. Pengukuran fungsi longitudinal menggunakan *tissue doppler imaging* (TDI) dan mode M untuk menghitung kecepatan annulus mitral, memperlihatkan bahwa kecepatan jaringan kurang pada pasien hipertensi dengan hipertrofi dan *Hypertrophic Cardiomyopathy* (HCM) dibandingkan individu normal. Pengukuran kecepatan annulus mitral dengan STE membuktikan lebih mudah dan baik. Walaupun, nilainya mungkin lebih rendah dibandingkan TDI. Penurunan fungsi longitudinal melibatkan tidak hanya segmen yang hipertrofi namun juga non hipertrofi. Hal tersebut sudah dikonfirmasi banyak studi menggunakan STE. Studi tersebut juga memperlihatkan bahwa pencitraan *strain/strain rate* (SR) lebih spesifik dibandingkan kecepatan jaringan. Pasien dengan HCM dan penyakit jantung hipertensi memperlihatkan pola *strain/SR* regional spesifik dan direksional serta perpanjangan waktu puncak *strain* sistolik (indeks *strain*) (Kocabay G *et al.*, 2014; Otto CM, 2012; Kouzu H *et al.*, 2011).

Lebih lanjut, pasien dengan HCM dan penyakit jantung hipertensi menunjukkan fungsi mekanik miokardium yang terganggu. Torsi sistolik ventrikel kiri mengalami peningkatan akibat meningkatnya rotasi segmen basal. Kontrasnya, *untwisting* dari ventrikel kiri selama diastolik awal secara signifikan mengalami perlambatan dan menurun. Efek ini nampaknya berhubungan dengan derajat hipertrofi ventrikel kiri. Atlet dengan hipertrofi memperlihatkan pola kontraksi spesifik pada saat istirahat dimana didominasi kontraksi radial dan sirkumferensial, sementara *strain* longitudinal lebih

rendah dibandingkan kontrol yang normal. Walau demikian, selama latihan atlet dapat lebih meningkatkan kontraksi longitudinal dibandingkan individu normal dan pasien HCM. Hal ini memperlihatkan bahwa ekokardiografi latihan mungkin akan membantu membedakan bentuk fisiologi dari patologis suatu hipertrofi (Blessberger H *et al.*, 2010).

Evaluasi strain menggunakan dua dimensi STE dapat mengidentifikasi perubahan awal pasien dengan kardiomiopati hipertrofi, yang nampaknya memiliki fungsi sistolik LV normal. *Strain* sirkumferensial dan longitudinal mengalami penurunan pada subjek non obstruktif kardiomiopati hipertrofi dibandingkan kontrol. Pasien dengan kardiomiopati hipertrofi asimetrik, *strain* longitudinal septal secara signifikan lebih rendah dibandingkan segmen lain dari ventrikel kiri (Biswas M *et al.*, 2013; Blessberger H and Binder T 2010).

Gagal Jantung Akibat Kardiomiopati Dilatasi

Dilatasi dari LV pada kardiomiopati dilatasi sebagai kompensasi mekanisme untuk mempertahankan isi sekuncup yang adekuat akibat gangguan fungsi LV. Remodeling LV nampaknya menjadikan LV lebih bulat yang mengakibatkan penurunan fungsi sistolik LV akibat tidak efisiennya serabut miokardium. Ketika isi sekuncup masih normal pada tahap awal penyakit, pemendekan serabut sebenarnya telah terjadi. Sering dengan perkembangan penyakit, fraksi ejeksi telah mengalami penurunan yang berarti. *Strain* longitudinal, sirkumferensial dan radial global, begitu juga *strain* saat sistolik dan diastolik awal serta akhir semuanya

mengalami penurunan pada pasien kardiomiopati dilatasi idiopatik. Beberapa pasien kardiomiopati dilatasi memperlihatkan pola abnormal rotasi apikal dan basal. Sebagai tambahan, rotasi longitudinal dianggap sebagai pergerakan ayunan dari apeks LV selama sistolik yang diamati pada bidang horizontal sumbu panjang aksis (Biswas M *et al.*, 2013; Blessberger H and Binder T 2010).

Gagal Jantung Kanan

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menilai fungsi ventrikel kanan dengan STE. Dibandingkan dengan LV, ventrikel kanan lebih tipis, lebih trabekulasi dan septum interventrikuler lebih berperan kontraksi pada LV dibandingkan RV. Studi-studi dengan STE dan teknik lainnya memperlihatkan mekanik kontraksi dari RV berbeda signifikan dengan LV. Sementara itu, sirkulasi pulmoner merupakan sistem resistensi rendah dibandingkan sirkulasi sistemik. Kebanyakan penggunaan STE dalam mengukur fungsi RV terfokus pada *strain* longitudinal puncak sistolik global dan regional. RV utamanya berkontraksi ke arah longitudinal, komponen deformasi ini mungkin menggambarkan fungsi RV. Penghitungan deformasi longitudinal menggunakan STE mudah, dapat diulang kembali, kuat dan lebih baik jika dibandingkan dengan TDI. Studi-studi klinis memperlihatkan bahwa STE dapat menilai berbagai fungsi RV pada beberapa entitas penyakit. Parameter deformasi mengalami penurunan pada hipertensi pulmoner. *Strain* puncak sistolik longitudinal global dan segmental mengalami penurunan dan terlambat pada pasien tromboemboli pulmoner akut.

Abnormalitas deformitas juga nampak pada pasien dengan sistemik sklerosis walau tidak terdapat hipertensi pulmoner (Biswas M *et al.*, 2013).

Gagal Jantung Akibat Penyakit Jantung Katup Stenosis Aorta

Analisis STE pada pasien dengan penyakit jantung katup sering kali dilakukan untuk menilai fungsi LV yang dilakukan dengan stres (latihan ataupun farmakologis). Terdapat korelasi yang bermakna diantara *strain* global longitudinal yang diukur dengan dua dimensi STE serta tingkat keparahan stenosis aorta pasien dengan normal stenosis aorta dan LVEF. Bertambahnya tingkat keparahan stenosis aorta, *strain* global longitudinal bertambah kecil, namun LVEF tidak mengalami perubahan. Subgroup pasien stenosis aorta berat dengan *low flow/ low gradient*, tetapi dengan LVEF yang baik biasanya memiliki gangguan intrinsik fungsi LV ditandai dengan penurunan strain longitudinal dengan dua dimensi STE. Strain longitudinal dapat digunakan untuk mendeteksi dini disfungsi ventrikel kiri pada pasien stenosis aorta. Studi yang dilakukan oleh Smedsrud *et al.* memperlihatkan penurunan strain global longitudinal pada pasien gangguan aorta kronik dan LVEF yang baik. Dibandingkan orang normal, pasien dengan regurgitasi mitral degeneratif memperlihatkan penurunan strain longitudinal global dan terbatasnya fungsi kontraksi selama latihan (Biswas M *et al.*, 2013).

Regurgitasi Aorta dan Mitral

Beban volum pada ventrikel kiri pada regurgitasi aorta (AR) dan regurgitasi mitral (MR) merupakan proses kompensasi oleh karena

pelebaran yang progresif dan hiperkontraktilitas LV. Peningkatan stress dinding jantung dan peningkatan kebutuhan oksigen merupakan hasil dari perubahan fungsi LV. Deteksi dini dari disfungsi sistolik dapat digunakan untuk mengetahui waktu yang tetap dalam menentukan operasi. STE dapat digunakan untuk menilai fungsi kontraksi dalam keadaan beban volum yang berlebihan.

Pasien dengan AR derajat sedang dan berat akan memperlihatkan baik *strain* dan SR longitudinal serta radial yang menurun jika dibanding kontrol yang normal. Juga memperlihatkan fungsi LV yang mengalami perbaikan jika pasien tersebut dilakukan operasi. Disfungsi LV dini pada pasien MR dikarakteristikan dengan penurunan *strain* longitudinal global begitu pun juga pada SR longitudinal, sirkumferensial dan radial. *Strain* dan SR longitudinal yang mengalami penurunan lebih dahulu pada proses remodeling, sementara SR sirkumferensial dan radial selanjutnya.

Gagal Jantung Akibat Penyakit Jantung Hipertensi

Hipertensi arterial merupakan model yang ideal untuk menilai perubahan pada berbagai variasi deformasi yang terjadi pada perkembangan geometri konsentris LV (remodeling konsentris dan hipertrofi LV konsentris). Hal ini menjadi isu penting karena pengalaman menggunakan ekokardiografi standar memperlihatkan gangguan pada pemendekan fraksional dinding tengah dari serabut sirkumferensial, dimana hal ini mendahului penurunan LVEF. Nampaknya *strain* longitudinal dan radial mengalami gangguan tetapi *strain* sirkumferensial masih normal serta torsi LV bertindak sebagai

kompensasi mekanik untuk mempertahankan fraksi ejeksi yang normal. Data dari studi lainnya pada pasien hipertensi memperlihatkan terjadi gangguan *strain* longitudinal dan peningkatan torsi LV dihubungkan dengan peningkatan serum matriks metalloproteinase. Temuan ini memperlihatkan bahwa perubahan kolagen dan proses fibrosis miokard mungkin akan menyebabkan disfungsi awal kontraktilitas LV ketika LVEF masih normal serta abnormalitas fungsi LV utamanya berdampak pada kemampuan diastolik dari miokardium (Kouzu H *et al.*, 2011; Goncalves S *et al.*, 2014).

Gagal Jantung Akibat Doxorubicin Kardiomiopati

Doxorubicin merupakan salah satu agen kemoterapi yang sangat efektif akan tetapi penggunaannya terbatas karena dapat mengakibatkan kardiomiopati terkait dosisnya akibat dari apoptosis kardiomiosit dan fibrosis miokardium dengan hasil akhir berupa gagal jantung. Perubahan yang terjadi pada STE adalah penurunan *strain* radial sebelum terjadi penurunan fungsi ventrikel kiri dan dihubungkan oleh perubahan histologinya (Migrino RQ *et al.*, 2008).

Tantangan di Masa Depan

Ekokardiografi *speckle tracking* (STE) masih dapat dipergunakan untuk menilai beberapa kelainan di bidang kardiologi, salah satunya pasien dengan disinkroni. Pada pemeriksaan STE pasien dengan disinkroni dapat menilai beban skar dan merupakan alat yang menentukan fungsi regional serta global. Juga, mungkin STE masih dapat menilai kegunaan CRT dan menentukan lokasi penempatan pacu jantung yang optimal selama

pemasangan alat tersebut (Blessberger H *et al.*, 2010).

Ekokardiografi *speckle tracking* (STE) juga dapat dipergunakan dalam pemeriksaan ekokardiografi stress, dalam hal ini ekokardiografi stress menggunakan dobutamin. Iskemia yang terjadi akan menimbulkan penurunan *strain* longitudinal, hal inilah yang digunakan dalam pemeriksaan ekokardiografi menggunakan dobutamin. Dalam studi kecil yang dilakukan oleh Karina *et al.*, ternyata STE dapat digunakan dalam pemeriksaan stress dobutamin, mempunyai korelasi yang kuat dengan parameter standar yang digunakan di STE dan *strain* longitudinal regional serta global dapat dikerjakan secara cepat dan tanpa tergantung dari keterampilan operator (Wierzbowska-Drabik K *et al.*, 2014).

Tantangan terakhir adalah menilai fungsi atrium kiri (LA) menggunakan STE. Ternyata STE dapat menilai fungsi LA, karena disfungsi LA merupakan faktor prognostik pasien dengan penyakit jantung dan serebrovaskuler. Dalam hal ini, terjadi penurunan *strain* dan SR longitudinal LA, namun masih perlu penelitian lebih lanjut (Ancona R *et al.*, 2014).

KESIMPULAN

STE merupakan tehnik ekokardiografi baru yang canggih, bekerja pada gambar dua dimensi dimana tanpa adanya kelemahan tehnik Doppler, memberikan analisis menyeluruh dari deformasi miokardium secara global maupun regional. Dimana dalam 3 tahun ini, banyaknya bukti baru mengenai kegunaannya yang menunjukkan kemungkinan yang baik, *reproducibility*

dan keakuratan dari STE dalam aplikasi klinis gagal jantung.

KEPUSTAKAAN

- Ancona R, Comenale Pinto S, Caso P, *et al.* Left Atrium by Echocardiography in Clinical Practice: From Conventional Methods to New Echocardiographic Techniques. *TheScientificWorldJournal* 2014;2014:451042.
- André Luiz Cerqueira de Almeida OG, Nathan Mewton, Eui-Young Choi, Gisela Teixido-Tura, Kihei Yoneyama and João Augusto Costa Lima. Speckle Tracking by Bidimensional Echocardiography - Clinical Applications. *Rev bras ecocardiogr imagem cardiovasc* 2013;26(1):38-49 2013:38-49.
- Biswas M, Sudhakar S, Nanda NC, *et al.* Two- and three-dimensional speckle tracking echocardiography: clinical applications and future directions. *Echocardiography* 2013;30:88-105.
- Blessberger H, Binder T. Two dimensional speckle tracking echocardiography: clinical applications. *Heart* 2010;96:2032-40.
- Blessberger H, Binder T. NON-invasive imaging: Two dimensional speckle tracking echocardiography: basic principles. *Heart* 2010;96:716-22.
- Goncalves S, Cortez-Dias N, Nunes A, *et al.* Left ventricular systolic dysfunction detected by speckle tracking in hypertensive patients with preserved ejection fraction. *Revista portuguesa de cardiologia : orgao oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia = Portuguese journal of cardiology : an official journal of the Portuguese Society of Cardiology* 2014;33:27-37.

- Kocabay G, Muraru D, Peluso D, et al. Normal Left Ventricular Mechanics by Two-dimensional Speckle-tracking Echocardiography. Reference Values in Healthy Adults. *Revista espanola de cardiologia* 2014.
- Kouzu H, Yuda S, Muranaka A, et al. Left ventricular hypertrophy causes different changes in longitudinal, radial, and circumferential mechanics in patients with hypertension: a two-dimensional speckle tracking study. *Journal of the American Society of Echocardiography* : official publication of the American Society of Echocardiography 2011;24:192-9.
- Kraigher-Krainer E, Shah AM, Gupta DK, et al. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *Journal of the American College of Cardiology* 2014;63:447-56.
- Migrino RQ, Aggarwal D, Konorev E, Brahmbhatt T, Bright M, Kalyanaraman B. Early detection of doxorubicin cardiomyopathy using two-dimensional strain echocardiography. *Ultrasound in medicine & biology* 2008;34:208-14.
- Mizuguchi Y, Oishi Y, Miyoshi H, Iuchi A, Nagase N, Oki T. Concentric left ventricular hypertrophy brings deterioration of systolic longitudinal, circumferential, and radial myocardial deformation in hypertensive patients with preserved left ventricular pump function. *Journal of cardiology* 2010;55:23-33.
- Mondillo S, Galderisi M, Mele D, et al. Speckle-tracking echocardiography: a new technique for assessing myocardial function. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* 2011;30:71-83.
- Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *European journal of echocardiography : the journal of the Working Group on Echocardiography of the European Society of Cardiology* 2011;12:167-205.
- Otto CM. Myocardial Mechanics: Velocity, Strain, Strain Rate, Cardiac Synchrony and Twist. In: Otto CM, ed. *The Practice of Clinical Echocardiography*. Fourth Editions ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2012:196-8.
- Thomas H. Marwick C-MY, Jing Ping Sun, ed. *Myocardial Imaging: Tissue Doppler and Speckle Tracking*. First edition ed. Massachusetts: Blackwell; 2007.
- Wierzbowska-Drabik K, Hamala P, Roszczyk N, et al. Feasibility and correlation of standard 2D speckle tracking echocardiography and automated function imaging derived parameters of left ventricular function during dobutamine stress test. *The international journal of cardiovascular imaging* 2014;30:729-37.
- Yau-Huei Lai C-IL, Yih-Jer Wu, Chung-Lieh Hung and Hung-I Ye. *Cardiac Remodeling, Adaptations and Associated Myocardial Mechanics*

in Hypertensive Heart Diseases.
Circulation 2013;127:2013-2020.
Zhang KW, French B, May Khan A, et
al. Strain improves risk prediction

beyond ejection fraction in chronic
systolic heart failure. Journal of the
American Heart Association
2014;3:e000550.