

## ***Speckle tracking* էխոսրտագրություն**

**Ռ. Վ. Շամոյան**

*Լ. Ս. Հովհաննիսյանի անվ. սրտաբանության ԳՀԻ  
0014, Երևան, Պարույր Սևակի փ., 5*

*Բանալի բառեր. speckle tracking էխոսրտագրություն, դեֆորմացիա, դեֆորմացիայի արագություն, երկայնական դեֆորմացիա, լայնական դեֆորմացիա, շրջագծային դեֆորմացիա, ցլի աչք*

### **Բնորոշումը**

*Speckle tracking* էխոսրտագրությունը (STԷ) սրտամկանի ուսումնասիրության համեմատաբար նոր, ոչ ներանոթային (noninvasive) ուլտրաձայնային տեխնիկա է, որը հնարավորություն է տալիս օբյեկտիվորեն և քանակապես գնահատել սրտամկանի ընդհանուր և տեղային ֆունկցիան, ինչպես նաև պատկերացում կազմել սրտի այս կամ այն խոռոչի կառուցվածքի և չափերի վերաբերյալ՝ ի շնորհիվ «բծերի» կամ «զոլերի» (speckles) սիստոլա-դիաստոլիկ տեղաշարժման ընդգծման [43] (նայել նկ. 1): Վերջիններս բնական ձայնային մարկերներ են, որոնք շարժվում են հյուսվածքի հետ համատեղ, բացի այդ՝ ընդգծված կառույցները ժամանակավորապես կայուն են և փոփոխության չեն ենթարկվում, հետևապես *speckle tracking*-ը սրտամկանի այս կամ այն հատվածի տեղակայման և վեկտորի գնահատման մեթոդ է [61]:

### **Տերմինաբանությունը**

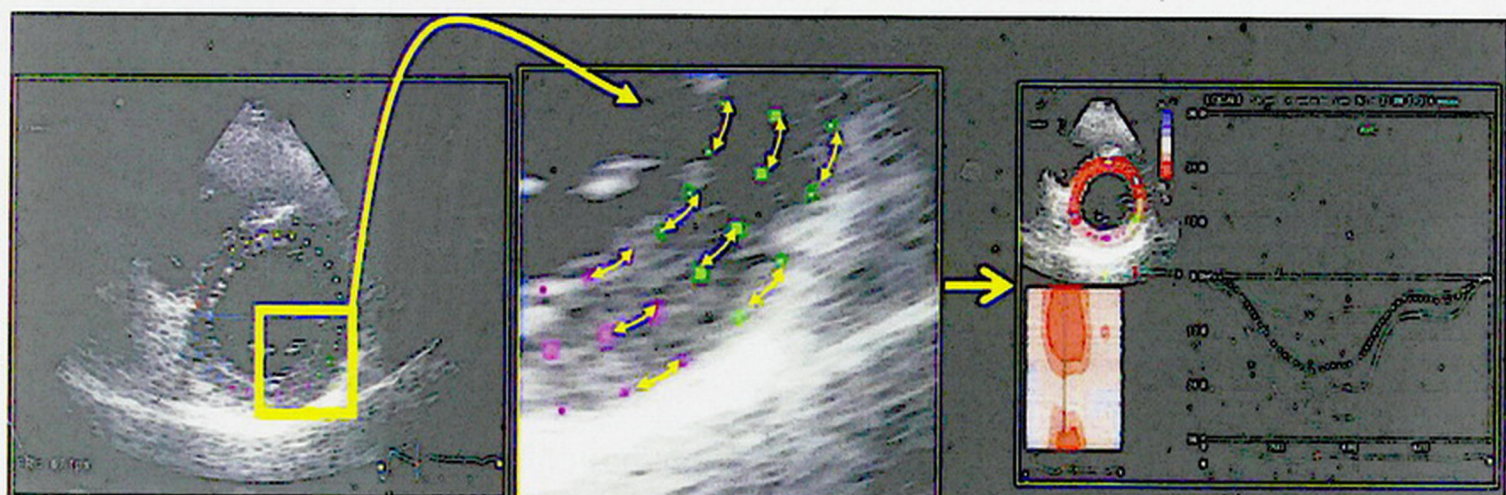
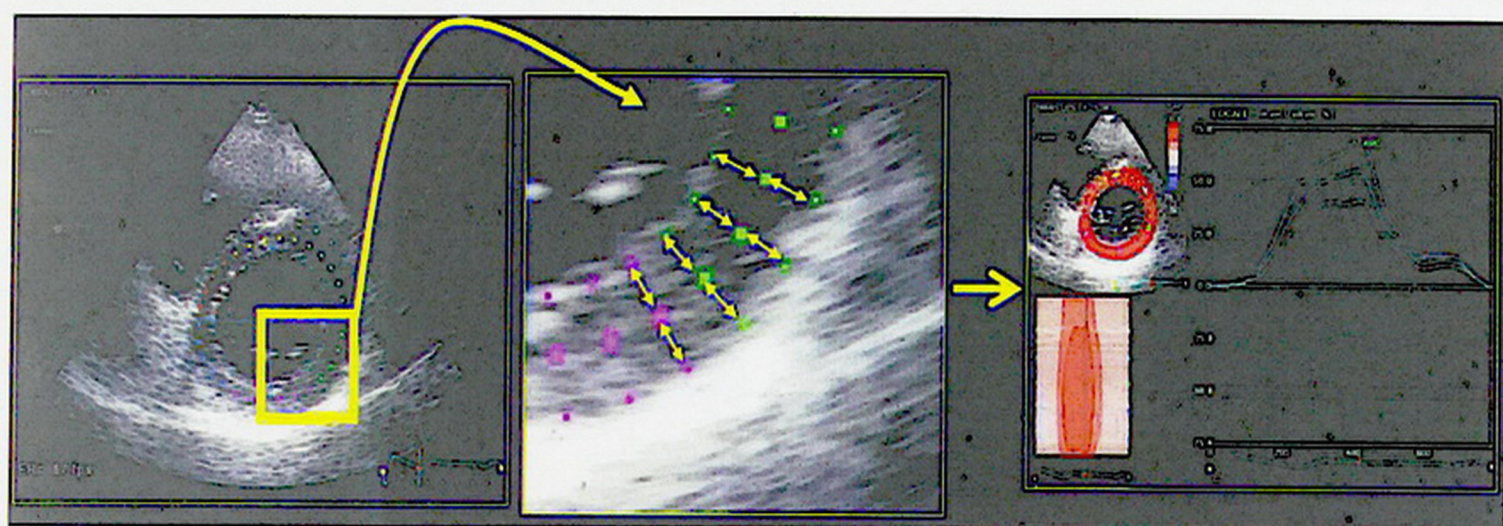
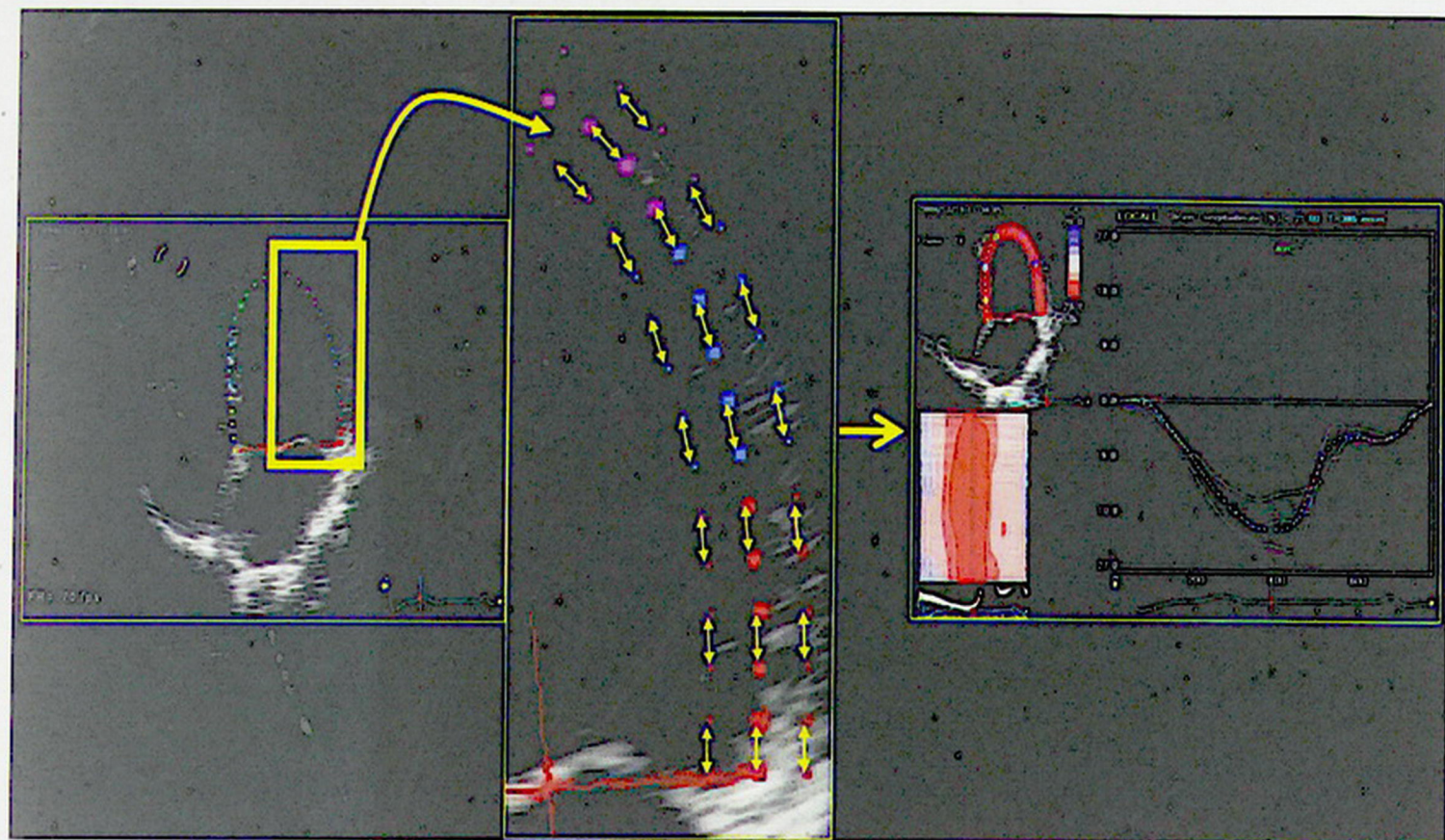
STԷ հետազոտությունն անցկացնելու համար անհրաժեշտ է հետևյալ պարամետրերի իմացությունը [43].

1. **դեֆորմացիա (strain)**՝ սրտամկանի դեֆորմացիա,
2. **դեֆորմացիայի արագություն (strain rate)**՝ սրտամկանի դեֆորմացիայի արագություն,
3. **երկայնական դեֆորմացիա (longitudinal strain)**՝ հիմքից գագաթ ուղղված սրտամկանի դեֆորմացիա,
4. **լայնական դեֆորմացիա (radial strain)**՝ դեպի ձախ փորոքի (ՉՓ) խոռոչի կենտրոնն ուղղված սրտամկանի լայնական դեֆորմացիա, գնահատվում է էնդոկարդիալ և էպիկարդիալ սահմանների սիստոլա-դիաստոլիկ ընդգծմամբ,

5. **շրջագծային դեֆորմացիա (circumferential strain)**՝ շրջանաձև պարագծի երկայնքով ՁՓ-ի սրտամկանի կրճատում կամ կարճացում, որը դիտվում է կարճ առանցք տեսքով,
6. **պտույտ (twisting)**՝ գազաթակենտրոնի և հիմքի միջև պտույտի տարբերությունը սիստոլայում,
7. **ռլորում (torsion)**՝ պտույտի նորմալացումը հիմքից գազաթ տարածության վրա,
8. **բացում, ետ պտտում (untwisting)**՝ գազաթակենտրոնի և հիմքի միջև պտույտի տարբերությունը դիաստոլայում,
9. **բացման, ետ պտտման արագություն (untwisting rate),**
10. **ցլի աչք (bull's eye)**՝ դեֆորմացիայի արժեքի տեղագրական պատկերն է բոլոր հատվածներում,
11. **Հետսիստոլիկ ցուցիչ (post-systolic index)**՝ հետսիստոլիկ դեֆորմացիայի և առավելագույն դեֆորմացիայի գազաթնակետի արժեքների տոկոսային համեմատությունը (Նկար):

#### Դեֆորմացիա և դեֆորմացիայի արագություն

Դեֆորմացիան և դեֆորմացիայի արագությունը հնարավոր է որոշել ինչպես հյուսվածքային դոպլեր, այնպես էլ *speckle tracking* էխոսրտագրական մեթոդներով: Ներկայումս դեֆորմացիայի պարամետրերի ճշգրիտ որոշման համար նախընտրությունը տրվում է *speckle tracking* էխոսրտագրական մեթոդին՝ ի շնորհիվ այն հանգամանքի, որ համեմատաբար անկյուն-անկախ է: Դեֆորմացիան (strain) մաթեմատիկորեն իրենից ներկայացնում է 2 կետի միջև ընկած վերջնական և սկզբնական հեռավորությունների տարբերության հարաբերությունը սկզբնական հեռավորությանը, որն արտահայտվում է հետևյալ բանաձևով՝  $\epsilon = \Delta L / L_0$ , որտեղ  $\Delta L = L_1 - L_0$  [2, 15]: Դեֆորմացիայի արժեքները գնահատվում են տոկոսներով: Կլինիկական հետազոտություններում ամենահաճախ գնահատված դեֆորմացիայի պարամետրը ձախ փորոքի ընդհանուր երկայնական դեֆորմացիան (ՁՓԸԴ) է, որը ՁՓ-ի սիստոլիկ ֆունկցիայի գնահատման ավելի զգայուն ցուցանիշ է, քան ձախ փորոքի մղման ֆրակցիան (ՁՓՄՖ): Նորմայում ՁՓՄՖ-ն կազմում է 52-72% [30], իսկ ՁՓԸԴ-ն՝ -15.9%-ից -22.1% [29]: Սակայն ՁՓԸԴ-ի նորմայի արժեքի տվյալը վերջնական չէ, տարբեր կլինիկական հետազոտություններում նորմայի շեմը տատանվել է -18%-ից -25%-ի սահմաններում [63], որը պայմանավորված է ոչ միայն էխոսրտագրական հետազոտություն իրականացնող մասնագետի կարծիքով, այլև՝ սարքավորումն արտադրող և մատակարար ընկերությամբ (GE, PHILIPS, TOSHIBA և այլն), ուստի անհրաժեշտ են հետագա ուսումնասիրություններ:



Նկար. Ձախ փորձի սրտամկանի դեֆորմացիայի չափումները *speckle tracking* էխոսրտագրությամբ: Վերից վար հաջորդականությամբ՝ երկայնական, լայնական և շրջագծային դեֆորմացիա[43]

Դեֆորմացիայի արագությունը (strain rate) դեֆորմացիայի ժամանակի ածանցյալն է, որը նշանակվում է  $\dot{\epsilon}$ -ով և չափվում՝ վայրկյան<sup>-1</sup>-ով [66], այլ կերպ ասած, երբ դեֆորմացիայի արժեքը հասնում է իր ընթացքի կիսաժամանակին: Փորձարարական ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ դեֆորմացիայի արագությունն ավելի քիչ կախվածություն ունի ՁՓ-ի բեռնվածությունից, քան բուն դեֆորմացիան: Այնուամենայնիվ, շատ կլինիկական հետազոտություններում դեռևս նախընտրությունը տրվում է դեֆորմացիայի չափումներին՝ դեֆորմացիայի արագության ազդանշանի ավելի աղմկալի և ավելի քիչ վերարտադրելիության պատճառով [43]:

Վերջին տասնամյակում, չնայած երկտարածական *speckle tracking* էխոսրտագրության (2DSTե) բուռն կլինիկական կիրառությանը՝ եռտարածական *speckle tracking* էխոսրտագրության (3DSTե) ի հայտ գալն աչքի ընկավ պարամետրերի գնահատման ճշգրտության և հուսալիության որոշակի առավելությամբ, մասնավորապես՝ տարբերությունն ակնհայտ է 2D- և 3DSTե մեթոդներով շրջագծային դեֆորմացիայի համեմատական գնահատման պարագայում, մինչդեռ նման տարբերություն չի նկատվել երկայնական դեֆորմացիայի համեմատական գնահատման դեպքում [20,34,37,41,58,61,69]:

2011թ.-ին առաջին անգամ մեր հանրապետությունում հյուսվածքային դոպլեր և *speckle tracking* էխոսրտագրական մեթոդներով դեֆորմացիան և դեֆորմացիայի արագության պարամետրերի կլինիկական կիրառությունն իրականացվել է Լ. Ա. Հովհաննիսյանի անվ. սրտաբանության ԳՀԻ-ի ինֆարկտային բաժանմունքում՝ բ.գ.դ. Ա. Լ. Չիլինգարյանի կողմից:

### Կլինիկական կիրառությունը

Չնայած այն հանգամանքին, որ STե-ի պարամետրերի նորմայի և ախտաբանության շեմերը վերջնական տեսքի չեն բերվել, այնուամենայնիվ, սրտանոթային այս կամ այն հիվանդության ախտորոշման, կանխատեսման և բուժման վերաբերյալ հրատարակվել են բազմաթիվ գիտական աշխատանքներ, որոնք գերազանցապես խոսում են վերոնշյալ էխոսրտագրական մեթոդի առավելության մասին: Ստորև կներկայացվեն STե-ի գործնական կիրառության մի շարք հիմնավորումներ:

#### Սրտի իշեմիկ հիվանդություն (ՄԻՀ)

ՄԻՀ էխոսրտագրական հետազոտությունն առաջին հերթին ուղղված է ՁՓ-ի տեղային և ընդհանուր կծկողականության գնահատման վրա: Ավանդական էխոսրտագրությամբ (ԱԷ) ՁՓ-ի տեղային

կծկողական ֆունկցիայի խանգարման պարամետրերը (հիպոկինեզ, ակինեզ, դիսկինեզ) կախված են մասնագետի փորձից, որոնք սովորաբար երկտարածական հարթության վրա գնահատվում են տեսողաբար, իսկ ՁՓ-ի ընդհանուր կծկողական ֆունկցիայի խանգարումը գնահատվում է ծավալաչափությամբ (ՁՓՄՖ): Մինչդեռ այլ է պատկերը, եթե ՁՓ-ի տեղային և ընդհանուր կծկողականության խանգարման գնահատման համար կիրառվում են հյուսվածքային էխոստագրական մեթոդներ, մասնավորապես՝ ՏԷ: Վերջինս հաջողությամբ կիրառվում է ՄԻՀ ինչպես սուր (սուր կորոնար համախտանիշ) [15,43, 63,68], այնպես էլ քրոնիկական ընթացքի ժամանակ (կայուն ստենոկարդիա և այլն) [8,11,22,26,36,56,62]: Մի շարք հետազոտություններում կարևորվել է ՏԷ-ի կլինիկական դերը ՏԻ և առանց ՏԻ հատվածի բարձրացման սրտամկանի սուր ինֆարկտի ժամանակ, մասնավորապես՝ երկրորդ դեպքում, որն առաջին ժամերին, չնայած բնորոշ կլինիկական պատկերին՝ կարող է տալ անփոփոխ էլեկտրասրտագրական և ավանդական էխոստագրական պատկեր, ավելին՝ բացասական սրտային տրոպոնինային թեստով:

ՄԻՀ սուր և քրոնիկական ընթացքի դեպքում ՁՓ-ի դեֆորմացիայի ընդհանուր և տեղային արժեքների գնահատման համար առանձնահատուկ նշանակություն ունի *g/h աչք* պարամետրը, որը հնարավորություն է տալիս գնահատել դեֆորմացիայի ընդհանուր և տեղային փոփոխությունները, քանակական բնորոշումը, որից ելնելով՝ կորոնար զարկերակների արյունամատակարարման պատկերը [15,43]:

Ուսումնասիրվել է նաև ՏԷ-ի տարբերակիչ ախտորոշիչ դերը կենսունակ սրտամկանի և սպիական հյուսվածքի միջև: Որպես ախտորոշիչ չափորոշիչներ համարվում են՝ ՁՓԸԵԴ-ի նվազումը, հատվածային լայնական դեֆորմացիան և հետսիստոլիկ դեֆորմացիայի առկայությունը [1]:

#### **Զարկերակային գերճնշում (ԶԳ)**

ԶԳ-ն հանդիսանում է սրտանոթային հիվանդացության և մահացության բարձր ռիսկ: Չնայած ըստ ներկայիս կլինիկական պրակտիկայի ուղեցույցների՝ էխոստագրությունը ԶԳ-ով հիվանդների համար հանդիսանում է երկրորդ գծի հետազոտություն, այդուհանդերձ այն ունի կանխորոշիչ նշանակություն, քանի որ ԶԳ-ի ախտահարման ենթակա թիրախ օրգաններից մեկը սիրտն է: Մասնավորապես կարևոր է գնահատել ՁՓ-ի զանգվածը, սիստոլիկ և դիաստոլիկ ֆունկցիան, ձախ նախասրտի չափը և այլն: ԱԷ-ի մեթոդների և համեմատաբար նոր էխոստագրական մեթոդների(հյուսվածքային դոպլեր, եռտարածական էխոստագրություն, ՏԷ) համատեղությունը հնարավորություն է տալիս ավելի մանրամասն ուսումնասիրել ԶԳ-ով հի-

վանդների սրտամկանն ինչպես նախակլինիկական, այնպես էլ կլինիկական փուլերում[5,14,33,42,70]:

#### **Պահպանված մղման ֆրակցիայով սրտային անբավարարություն (ՊՄՖՍԱ)**

Այս խմբի հիվանդների վարումը չափազանց կարևոր է այն տեսանկյունից, որ, չնայած սրտային անբավարարությանը բնորոշ կլինիկական պատկերին(ըստ NYHA դասակարգման)՝ ԱԷ-ի ստանդարտ համարվող ՁՓՄՖ $\geq$ 50%, այլ կերպ ասած՝ առկա է դիաստոլիկ սրտային անբավարարություն: ՊՄՖՍԱ-ով հիվանդների դեֆորմացիայի և դեֆորմացիայի արագության արժեքները ՏԷ-ով հանդիսանում են սրտամկանի ախտահարման հուսալի և խոստումնալից ցուցանիշներ, որոնք կրնդգրկվեն կլինիկական պրակտիկայի ուղեցույցներում մոտ ապագայում[21,25,49,50]:

#### **Կարդիոմիոպաթիաներ և ձախ փորոքի նախակլինիկական դիսֆունկցիա**

Եթե կլինիկորեն և ԱԷ-ով հայտնաբերվում է այս կամ այն կարդիոմիոպաթիան(ԿՄՊ), ապա դեֆորմացիայի արժեքների գնահատման անհրաժեշտություն չկա: Սակայն դեֆորմացիայի ցուցանիշների նախակլինիկական փոփոխություններն ունեն կանխորոշիչ նշանակություն՝ գերաճական ԿՄՊ-ի առաջացման հավանականության տեսանկյունից, չնայած ՁՓՄՖ-ի նորմալ արժեքին: Գերաճական ԿՄՊ-ի կանխատեսումը դեռևս հիվանդության զարգացման վաղ փուլերում արտահայտվում է երկայնական դեֆորմացիայի ցուցանիշների փոփոխությամբ, մինչդեռ լայնական և շրջագծային դեֆորմացիաները կարող են լինել պահպանված[3,12,18,23,35]:

Առանձնահատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում երիտասարդ առողջ մարզիկներին հետազոտելիս ՁՓ-ի գերաճի հայտնաբերումը: Շնորհիվ ստացված դեֆորմացիայի ցուցանիշների՝ հնարավոր է տարբերակել ֆիզիոլոգիական գերաճն ախտաբանական գերաճից [6,54]:

Մեծ է ՏԷ-ի դերը նաև լայնացական ԿՄՊ-ի գնահատման համար, հատկապես հիվանդության զարգացման սկզբնական շրջանում՝ սրտամկանի դեֆորմացիայի շարունակական հսկողության պարագայում, երբ նկատվում է սրտամկանի հարաճող ախտահարում:

Աջ փորոքի առիթմոգեն ԿՄՊ-ի ախտորոշումը հիմնված է տարբեր գործիքային հետազոտությունների վրա, ներառյալ՝ էխոսրտագրական և մագնիսառեզոնանսային: Հիվանդության զարգացման վաղ շրջանների ցուցանիշներից են աջ փորոքի ազատ պատի դեֆորմացիայի խանգարումները և դիսսինքրոնիզացիան[38,57,60]:

STԷ-ի գործնական կիրառության հեռանկարային ուղղություններին է ռեստրիկտիվ ԿՄՊ-ի և կոնստրիկտիվ պերիկարդիտի տարբերակիչ ախտորոշումը: Հյուսվածքային դոպլեր էխոսրտագրությամբ ռեստրիկտիվ ԿՄՊ-ի մարկերներից է սրտամկանի շարժման արագությունը վաղ դիաստոլայում՝ երկայնական ուղղությամբ, մինչդեռ STԷ-ով համեմատաբար հուսալի է գնահատել նաև լայնական և շրջանաձև դեֆորմացիայի ցուցանիշները [28]:

#### **Սրտային ռեսինքրոնիզացիոն թերապիա(ՍՌԹ)**

Ներկա կլինիկական պրակտիկայի ուղեցույցներում էխոսրտագրությամբ դիասինքրոնիայի ախտորոշիչ աշխատանքային գնահատումը նախքան ՍՌԹ-ն խորհուրդ չի տրվում: Այն հիմնված է լայն QRS համալիրի և նվազած ՁՓՄՖ-ի վրա: Սակայն վերջին հետազոտություններում հսկայական կարևորություն են տալիս ՁՓ-ի դեֆորմացիայի ցուցանիշների այս կամ այն հատվածի ոչ համաժամանակյա կծկմանը կամ դիասինքրոնիային՝ ինչպես նախքան ՍՌԹ-ն, այնպես էլ դրանից հետո: Դեռ ավելին, այն հիվանդները, որոնք ունեն լայն QRS համալիրով էլեկտրասրտագրական պատկեր, իսկ STԷ-ով բացակայում է ՁՓ-ի դիասինքրոնիան, ապա լայն QRS համալիրի առաջացումը կարող է պայմանավորված լինել այնպիսի մեխանիզմներով, ինչպիսիք են՝ գերաճը և տարածուն ֆիբրոզ փոփոխությունները, որոնց պարագայում ՍՌԹ-ն նպատակահարմար չէ [31,39,55]:

#### **Սրտամկանի ախտահարումը քիմիոթերապիայի ընթացքում**

Ուռուցքային հիվանդության կապակցությամբ քիմիոթերապիան կարող է բերել սրտամկանի թունավոր ախտահարման, որը հանդիսանում է սրտանոթային հիվանդացության և մահացության բարձր ռիսկ: Այսպիսի իրավիճակներում դեֆորմացիայի պարամետրերի գնահատումը STԷ-ով չափազանց կարևոր է ինչպես նախքան քիմիոթերապիան, այնպես էլ՝ ընթացքում և ավարտին, քանի որ ՁՓՄՖ-ն այս տեսանկյունից այնքան էլ հուսալի չէ: Դեռ ավելին, ինչպես արդեն նշվել է, դեֆորմացիայի ցուցանիշների փոփոխականությամբ սրտամկանի ախտահարումը հայտնաբերվում է նախակլինիկական փուլերում [7,13,53,65]:

#### **Ձախ նախասրտի դեֆորմացիա**

Ձախ նախասրտի ծավալային փոփոխության մեծացումը հիմնականում պայմանավորված է ՁՓ-ի քրոնիկական բարձր լեցման ճնշմամբ, բացի այդ, ձախ նախասիրտը կարող է մեծանալ նորմալ լեցման ճնշման պարագայում՝ առողջ մարզիկների և նախասրտային առիթմիաներ ունեցող հիվանդների մոտ: Ձախ նախասրտի ճնշման մեծացումը կապված է ՁՓ-ի սիստոլայի ընթացքում նախասրտային դեֆորմացիայի նվազմամբ: Սակայն STԷ մեթոդն մասամբ սահմանափակ

ված է՝ կապված թոքային երակների ելքի և ձախ նախասրտի ականջիկի հետ: Նախասրտային դեֆորմացիայի ստացումը համեմատաբար ավելի ժամանակատար է, քան փորոքայինը՝ պայմանավորված նախասրտի մկանային հյուսվածքի ավելի բարակ լինելով, ինչպես նաև այն հանգամանքով, որ կրծքային էխոսրտագրության գազաթային դիրքում ուլտրաձայնային տվիչն ավելի հեռու է նախասրտերից, քան փորոքներից: Մյուս սահմանափակումը միայն նախասրտային երկայնական դեֆորմացիայի գնահատումն է, ուստի բազմաթիվ հետազոտություններ են անհրաժեշտ, որպեսզի ձախ նախասրտային դեֆորմացիան ներդրվի առօրյա կլինիկական պրակտիկա [16,44,45,59,63]:

#### **Աջ փորոքի դեֆորմացիա**

ԱԷ-ով աջ փորոքի ֆունկցիայի գնահատումը սահմանափակված է՝ պայմանավորված երկրաչափական ձևի ուղղությամբ: Դա է պատճառը, որ STԷ-ով աջ փորոքի դեֆորմացիան սրտի աջ կեսի հիվանդությունների ժամանակ չի համարվում վերջնական ախտորոշիչ մեթոդ, անհրաժեշտ են լրացուցիչ հետազոտություններ (համակարգչային շերտագրություն, մագնիսառեզոնանսային հետազոտություն) [24, 52, 64]:

#### **Սրտի փականային հիվանդություններ**

STԷ-ով դեֆորմացիայի ցուցանիշները կարելի է կիրառել նաև սրտի փականային ախտահարմամբ հիվանդությունների ժամանակ: Առանձնապես հետաքրքիր է ուսումնասիրել ոչ ախտանշանային հիվանդներին: Վերջին ուսումնասիրությունները պարզել են, որ դեֆորմացիայի պարամետրերը համեմատաբար հիվանդության ավելի վաղ փուլերում են հայտնաբերում սրտամկանի ախտահարումը, քան ՁՓՄՖ-ն: Մասնավորապես՝ կան աշխատանքներ երկփեղկ (միթրալ) հետհոսքի, աորտայի հետհոսքի և աորտայի ստենոզի ժամանակ [27, 48,67,71]:

#### **Սրտի բնածին արատներ**

Սրտի բնածին արատների ժամանակ STԷ-ով դեֆորմացիայի գնահատումը կարևոր է հատկապես հետևյալ դեպքերում՝ համակարգային աջ փորոք, եզակի փորոք, ձևաբանորեն փոփոխված ՁՓ, նույնիսկ նորմալ մոման ֆրակցիայի առկայության պայմաններում [9, 10, 17,51,59]:

#### **Շաքարային դիաբետ**

ՁՓ-ի պահպանված մոման ֆրակցիայով ոչ ախտանշանային դիաբետիկ հիվանդների ՁՓ-ի սիստոլիկ ֆունկցիայի խանգարումը կարելի է հայտնաբերել STԷ-ի ՁՓԸԵԴ-ի փոփոխմամբ՝ դեռևս հիվանդության նախակլինիկական փուլում, նախքան դիաբետիկ ԿՄԴ-ի ձևավորումը [46,47]:

STԷ-ի վերոգրյալ կլինիկական կիրառումը մեթոդի տեղեկատվական հնարավորության միայն սկիզբն է: Այսպիսով, կարելի է եզրակացնել, որ ցանկացած հիվանդության (սրտային և ոչ սրտային) դեպքում, եթե թիրախային օրգաններից մեկը սիրտն է, ապա հնարավոր է հայտնաբերել սրտամկանի ախտահարումը հիվանդության վաղ, նախակլինիկական փուլերում՝ STԷ-ի դեֆորմացիայի ցուցանիշների օգնությամբ, մինչև կլինիկական երևույթների և ԱԷ-ով բնորոշ պարամետրերի ի հայտ գալը:

### **Սահմանափակումներ**

2DSTԷ-ի սահմանափակումներն են [59].

1. պատկերի կամ կադրի հաճախականությունը (frame rate) միավոր ժամանակահատվածում ավելի պակաս է, քան հյուսվածքային դոպլերով ստացված դեֆորմացիայի արժեքների պարագայում (համապատասխանաբար 1 վայրկյանում՝ 50-90 ընդդեմ 180-220), որի որոշումը հատկապես դժվարանում է դեֆորմացիայի արագության չափման ժամանակ,

2. դեֆորմացիայի տարբեր արժեքների ստացումը՝ կապված սարքավորումը մատակարարող ընկերությունից,

3. STԷ-ն հստակորեն կախված է երկտարածական հարթության վրա ստացված պատկերի որակից,

4. STԷ-ն ՁՓ-ի յուրաքանչյուր հատվածի համար տալիս է դեֆորմացիայի միջին արժեքը, այս առումով հյուսվածքային դոպլերով ստացված սրտամկանի դեֆորմացիայի պարամետրերը ավելի զգայուն են՝ տվյալ հատվածի տարբեր կետերում սրտամկանի վաղ ախտահարումների հայտնաբերման համար,

5. պտույտի չափումները խստորեն կապված են պատկերի ստացումից: Տվիչի անորոշ դիրքը կարող է հանգեցնել թեք կարճ առանցքով տեսքերի, որը կարող է դժվարացնել իրական գազաթային կարճ առանցքով տեսքի ստացումը,

6. երկտարածական հարթությունից դուրս «բծերի» կամ «գոլերի» շարժումը սրտային ամբողջ ցիկլի ընթացքում:

3DSTԷ-ի հիմնական թերությունը կապված է երկտարածական պատկերի ստացման որակից: «Բծերի» կամ «գոլերի» ճշգրիտ ընդգծումը սահմանափակված է՝ պայմանավորված համեմատաբար ցածր տարածա-ժամանակայնությամբ: Մասնավորապես միավոր ժամանակահատվածում՝ սրտի զարկերի հաճախացած լինելու պարագայում (երեխաներ, տախիառիթմիաներ և այլն) ճշգրիտ ընդգծումն էականորեն վատթարանում է, հատկապես դեֆորմացիայի արագության, պտույտի և ոլորման գնահատման ժամանակ: Լայնական դեֆորմա-

ցիան գնահատվում է էնդոկարդիալ և էպիկարդիալ սահմանների ընդգծմամբ, ուստի էապես կապված է պատկերի որակի հետ և համեմատաբար քիչ հուսալի է: 3DSTԷ-ի պարագայում դեֆորմացիայի տարբեր արժեքների ստացումը նույնպես կապված է սարքավորումը մատակարարող ընկերությունից:

### **Բանալի կետեր**

Բազմաթիվ հետազոտություններ ցույց են տվել սրտամկանի դեֆորմացիայի առանձնահատուկ ախտորոշիչ դերը: ՁՓ-ի սիստոլիկ դիսֆունկցիայի գնահատման համար ՁՓԸԵԴ-ն STԷ-ով ավելի զգայուն է, քան ՁՓՄՖ-ն: Դեֆորմացիայի արժեքների նորմայի և ախտաբանության շեմերը դեռևս վերջնական տեսքի չեն բերվել, հետևապես մեթոդաբանությունը գտնվում է զարգացման փուլում և անհրաժեշտ են հետագա կլինիկական ուսումնասիրություններ:

Որպես եզրակացություն՝ ստորև կներկայացվեն STԷ մեթոդին վերաբերող բանալի կետեր [63], որոնք վերաբերում են կլինիկական կիրառության նպատակահարմարությանը.

1. ՁՓ-ի նորմալ կամ պահպանված մղման ֆրակցիայով հիվանդների ՁՓԸԵԴ-յի նվազումը կարելի է կիրառել որպես սիստոլիկ դիսֆունկցիայի հայտնաբերում,

2. դեֆորմացիայի արժեքների դերը ՁՓ-ի նախակլինիկական դիսֆունկցիայով հիվանդների մոտ՝ ԿՄՊ-ների գնահատման համար, օրինակ, գերաճական ԿՄՊ-յի ժամանակ ՁՓԸԵԴ-յի նվազումը,

3. սրտի փականային հիվանդությունների ժամանակ ՁՓԸԵԴ-յի նվազումն արտահայտվում է փականի վնասման բացասական ազդեցությամբ սրտամկանային հյուսվածքի վրա, նախքան ՁՓՄՖ-յի անկումը, բայց առայժմ խորհուրդ չի տրվում առօրյա կլինիկական կիրառության համար,

4. ՁՓՄՖ-յի հետ միասին դեֆորմացիայի որոշումը խորհուրդ է տրվում քիմիոթերապիայի ենթարկված հիվանդներին՝ ՁՓ-ի նախակլինիկական դիսֆունկցիայի հայտնաբերման համար,

5. դիսսինքրոնիայի հայտնաբերումը փորոքային առիթմիաների բարձր ռիսկով հիվանդների մոտ, սակայն այս մոտեցումը դեռևս պատրաստ չէ գործարկվելու առօրյա կլինիկական աշխատանքում: Ընտրության մեթոդ է համարվում նաև ՍԴԹ-ն,

6. դեֆորմացիան կարելի է կիրառել սրտամկանի իշեմիան ախտորոշելու համար, բայց տեխնոլոգիան բավականաչափ ստանդարտացված չէ, այնուամենայնիվ, այն համարվում է լրացուցիչ հետազոտության մեթոդ,

7. ձախ նախասրտի երկայնական դեֆորմացիայի սխտոլիկ գազաթնակետը ՁՓ-ի լեցման ճնշման խոստումնալից ցուցանիշներից մեկն է, որը, սակայն պահանջում է հետագա կլինիկական ուսումնասիրություններ:

Поступила 26.12.17

### ***Speckle tracking* эхокардиография**

**Р. В. Шамоян**

*Speckle tracking* эхокардиография является перспективным и надёжным методом оценки функций и строения сердечной мышцы. В представленной статье описывается определение, терминология, клиническое приложение и ограничения этого, сравнительно нового, метода эхокардиографии. Благодаря деформации параметров *speckle tracking* эхокардиографии, появляется возможность раннего обнаружения повреждения сердечной мышцы и прогнозирования сердечной недостаточности ещё на предклинической стадии заболевания, до появления изменений параметров на традиционной эхокардиографии.

### ***Speckle Tracking* Echocardiography**

**R. V. Shamoyan**

*Speckle tracking echocardiography* is one of the promising and reliable methods of functional and structural assessment of myocardium. The current review describes the relatively new echocardiographic method definition, terminology, clinical applications and limitations. By *speckle tracking* echocardiographic strain parameters it is possible to detect early damage of myocardium and to predict heart failure in the early subclinical stage of the disease prior to the change of conventional echocardiographic parameters.

### **Գրականություն**

1. Никифоров В.С., Никищенко Ю.В. Современные возможности *speckle tracking* эхокарди.,;13(2), с.248-255.
2. Abduch M., Alencar A. et al. Cardiac Mechanics Evaluated by *Speckle Tracking* Echocardiography. Arq. Bras. Cardiol., 2014; 102(4): p. 403-412.
3. Afonso L., Kondur A., Simegn M. et al. Two dimensional strain profiles in patients with physiological and pathological hypertrophy and preserved left ventricular systolic function: a comparative analyses. BMJ Open, 2012;2:4.
4. Ayoub A.M., Keddeas V.W. et al. Subclinical LV Dysfunction Detection Using *Speckle Tracking* Echocardiography in Hypertensive Patients with Preserved LV Ejection Fraction. Clinical Medicine Insights: Cardiology, 2016,10, p. 85–90.

5. Baltabaeva A., Marciniak M., Bijmens B. *et al.* How to detect early left atrial remodelling and dysfunction in mild-to-moderate hypertension. *J. Hypertens.*, 2009, 27:2086–93.
6. Caselli S., Maron M.S., Urbano-Moral J.A. *et al.* Differentiating left ventricular hypertrophy in athletes from that in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Am. J. Cardiol.*, 2014;114:1383–1389.
7. Cardinale D., Colombo A., Lamantia G. *et al.* Anthracycline-induced cardiomyopathy: clinical relevance and response to pharmacologic therapy. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2010;55:213–220.
8. D'Andrea A., Cocchia R., Caso P., *et al.* Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-ST elevation myocardial infarction. *Int. J. Cardiol.*, 2011;153(2):185–91.
9. Di Salvo G., Pacileo G., Rea A. *et al.* Transverse strain predicts exercise capacity in systemic right ventricle patients. *Int. J. Cardiol.*, 2010;145:193–6.
10. Di Salvo G., Pacileo G., Limongelli G. *et al.* Abnormal regional myocardial deformation properties and increased aortic stiffness in normotensive patients with aortic coarctation despite successful correction: An ABPM, standard echocardiography and strain rate imaging study. *Clin. Sci. (Lond)*, 2007;113:259–66.
11. Edvardsen T., Aakhus S., Endresen K. *et al.* Acute regional myocardial ischemia identified by 2-dimensional multiregion tissue Doppler imaging technique. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2000;13:986–994.
12. Elliott P.M., Anastakis A., Borger M.A. *et al.* 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the Task Force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur. Heart J.*, 2014;35:2733–2779.
13. Eschenhagen T., Force T., Ewer M.S. *et al.* Cardiovascular side effects of cancer therapies: a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur. J. Heart. Fail* 2011;13:1–10.
14. Eshoo S., Semsarian C., Ross D.L. *et al.* Comparison of left atrial phasic function in hypertrophic cardiomyopathy versus systemic hypertension using strain rate imaging. *Am. J. Cardiol.*, 2011;107:290–6.
15. Favot M., Courage C., Ehrman R., Khait L., Levy P. Strain Echocardiography in Acute Cardiovascular Diseases. Wayne State University School of Medicine, Department of Emergency Medicine, Detroit, Michigan. *Western Journal of Emergency Medicine*, 2016, Vol., XVII, 1, p. 54–59.
16. Flachskampf F.A., Biering-Sørensen T., Solomon S.D., *et al.* Cardiac imaging to evaluate left ventricular diastolic function: state-of-the-art. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Imaging*, 2015;8:1071–1093.
17. Friedberg M.K., Mertens L. Deformation imaging in selected congenital heart disease: Is it evolving to clinical use? *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2012;25:919–31.
18. Gersh B.J., Maron B.J., Bonow R.O. *et al.* American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Thoracic Surgeons. 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 2011;124:2761–2796.
19. Geyer H., Caracciolo G. *et al.* Assessment of Myocardial Mechanics Using Speckle Tracking Echocardiography: Fundamentals and Clinical Applications. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2010;23:p.351–69.
20. Hayat D., Kloeckner M., Nahum J. *et al.* Comparison of real-time three-dimensional speckle tracking to magnetic resonance imaging in patients with coronary heart disease. *Am. J. Cardiol.*, 2012; 109: 180 – 186.
21. Helle-Valle T., Crosby J., Edvardsen T. *et al.* New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: speckle tracking echocardiography. *Circulation*, 2005;112:3149–3156.
22. Hoit B.D. Strain and strain rate echocardiography and coronary artery disease. *Circ Cardiovasc. Imaging*, 2011;4(2):179–90.

23. Kalam K., Otahal P., Marwick T.H. Prognostic implications of global LV dysfunction: a systematic review and meta-analysis of global longitudinal strain and ejection fraction. *Heart*, 2014;100:1673–1680.
24. Kossaify A. Echocardiographic Assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the "right way" to explore the forgotten chamber. *Clin. Med. Insights. Cardiol.*, 2015;9:65-75.
25. Kraigher-Krainer E., Shah A.M., Gupta D.K. et al. Investigators P. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2014;63:447–456.
26. 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.
27. Kusunose K., Agarwal S., Marwick T.H. et al. Decision making in asymptomatic aortic regurgitation in the era of guidelines: incremental values of resting and exercise cardiac dysfunction. *Circ. Cardiovasc. Imaging*, 2014;7:352–362.
28. Kusunose K., Dahiya A., Popović Z.B. et al. Biventricular mechanics in constrictive pericarditis comparison with restrictive cardiomyopathy and impact of pericardiectomy. *Circ. Cardiovasc. Imaging*, 2013;6(3):399-406.
29. Lancellotti P., Cosyns B. The EACVI Echo Handbook. Oxford University Press, ©The European Society of Cardiology, 2016, p.49-67.
30. Lang R.M., Badano L.P. et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2015;28:p.1-39.
31. Leenders G.E., De Boeck B.W., Teske A.J. et al. Septal rebound stretch is a strong predictor of outcome after cardiac resynchronization therapy. *J. Card. Fail.*, 2012;18:404–412.
32. Leitman M., Lysyansky P., Sidenko S. et al. Two-dimensional strain: A novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2004; 17: 1021 – 1029.
33. Liu Y., Wang K., Su D. et al. Noninvasive assessment of left atrial phasic function in patients with hypertension and diabetes using two-dimensional speckle tracking and volumetric parameters. *Echocardiography*, 2014;31:727–35.
34. Luo X.X., Fang F., Lee A.P. et al. What can three-dimensional speckle-tracking echocardiography contribute to evaluate global left ventricular systolic performance in patients with heart failure? *Int. J. Cardiol.*, 2014; 172: 132 – 137.
35. Maciver D.H. The relative impact of circumferential and longitudinal shortening on left ventricular ejection fraction and stroke volume. *Exp. Clin. Cardiol.*, 2012;17:5–11, Spring.
36. Mada R.O. et al. Tissue Doppler, Strain and Strain Rate in ischemic heart disease "How I do it". *Cardiovascular Ultrasound*, 2014, 12:38, p.1-9.
37. Maffessanti F., Nesser H.J., Weinert L. et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease. *Am. J. Cardiol.*, 2009; 104: 1755 – 1762. 33.
38. Marcus F.I., McKenna W.J., Sherrill D. et al. Diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia: proposed modification of the Task Force Criteria. *Eur. Heart. J.*, 2010;31:806–814.
39. Marechaux S., Guiot A., Castel A.L. et al. Relationship between two-dimensional speckle-tracking septal strain and response to cardiac resynchronization therapy in patients with left ventricular dysfunction and left bundle branch block: a prospective pilot study. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2014;27:501–511.
40. Marwick T., Leano R. et al. Myocardial Strain Measurement With 2-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. Definition of Normal Range. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2009;2:p.80–84.
41. Matsumoto K., Tanaka H., Kaneko A. et al. Contractile reserve assessed by three-dimensional global circumferential strain as a predictor of cardiovascular events in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2012; 25: 1299 – 1308.

42. Miyoshi H., Oishi Y., Mizuguchi Y. *et al.* Contribution of obesity to left atrial and left ventricular dysfunction in asymptomatic patients with hypertension: a two-dimensional speckle-tracking echocardiographic study. *J. Am. Soc. Hypertens.*, 2014;8:54–63.
43. Mondillo S., Galderisi M., Mele D. *et al.* Speckle-Tracking Echocardiography. A New Technique for Assessing Myocardial Function. *J. Ultrasound Med.*, 2011; 30:p.71–83.
44. Mor-Avi V., Lang R.M., Badano L.P. *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. *Eur. J. Echocardiogr.*, 2011; 12:167–205.
45. Nagueh S.F., Appleton C.P., Gillebert T.C. *et al.* Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2009;22:107–133.
46. Nakai H., Takeuchi M., Nishikage T. *et al.* Subclinical left ventricular dysfunction in asymptomatic diabetic patients assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography: correlation with diabetic duration. *Eur. J. Echocardiogr.*, 2009; 10:926–932.
47. Ng A.C., Delgado V., Bertini M. *et al.* Findings from left ventricular strain and strain rate imaging in asymptomatic patients with type 2 diabetes mellitus. *Am. J. Cardiol.*, 2009; 104:1398–1401.
48. Nishimura R.A., Otto C.M., Bonow R.O. *et al.* American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2014;63: 2438–2488.
49. Opdahl A., Remme E.W., Helle-Valle T. *et al.* Myocardial relaxation, restoring forces, and early-diastolic load are independent determinants of left ventricular untwisting rate. *Circulation*, 2012;126:1441–1451.
50. Opdahl A., Remme E.W., Helle-Valle T. *et al.* Determinants of left ventricular early-diastolic lengthening velocity: independent contributions from left ventricular relaxation, restoring forces, and lengthening load. *Circulation*, 2009;119:2578–2586.
51. Pacileo G., Di Salvo G., Rea A., Calabrò R. Findings from new echocardiographic techniques concerning ventricular remodeling and function in the functionally univentricular heart. *Cardiol. Young*, 2005;15 Suppl 3:45-50.
52. Pirat B., McCulloch M.L., Zoghbi W.A. Evaluation of global and regional right ventricular systolic function in patients with pulmonary hypertension using a novel speckle tracking method. *Am. J. Cardiol.*, 2006;98(5):699-704.
53. Plana J.C., Galderisi M., Barac A. *et al.* Expert consensus for multimodality imaging evaluation of adult patients during and after cancer therapy: a report from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur. Heart. J., Cardiovasc Imaging* 2014;15:1063–1093.
54. Rawlins J., Bhan A., Sharma S. Left ventricular hypertrophy in athletes. *Eur. J. Echocardiogr.*, 2009;10:350–356.
55. Risum N., Tayal B., Hansen T.F. *et al.* Identification of typical left bundle branch block contraction by strain echocardiography is additive to electrocardiography in prediction of long-term outcome after cardiac resynchronization therapy. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2015; 66:631–641.
56. Roes S.D., Mollema S.A., Lamb H.J. *et al.* Validation of echocardiographic two-dimensional speckle tracking longitudinal strain imaging for viability assessment in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction and comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Am. J. Cardiol.*, 2009;104(3):312-7.
57. Saberniak J., Hasselberg N.E., Borgquist R. *et al.* Vigorous physical activity impairs myocardial function in patients with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and in mutation positive family members. *Eur. J. Heart. Fail.*, 2014;16:1337–1344.
58. Saito K., Okura H., Watanabe N. *et al.* Comprehensive evaluation of left ventricular strain using speckle tracking echocardiography in normal adults: Comparison of three-dimensional and two-dimensional approaches. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2009; 22: 1025 – 1030.

- 
59. Salvo G.D., Pergola V., Fadel B. *et al.* Strain echocardiography and myocardial mechanics: From basics to clinical applications. *J. Cardiovasc. Echography*, 2015;25:1-8.
  60. Sarvari S.I., Haugaa K.H., Anfinson O.G. *et al* Right ventricular mechanical dispersion is related to malignant arrhythmias: a study of patients with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy and subclinical right ventricular dysfunction. *Eur. Heart. J.*, 2011;32: 1089–1096.
  61. Seo Y., Ishizu T. *et al.* Three-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography– A Promising Tool for Cardiac Functional Analysis. *Circ. J.*, 2014; 78: 1290 – 1301.
  62. Skulstad H., Edvardsen T., Urheim S. *et al.* Postsystolic shortening in ischemic myocardium: active contraction or passive recoil? *Circulation*, 2002;106:718–724.
  63. Smiseth O.A., Torp H., Opdahl A. *et al.* Myocardial strain imaging: how useful is it in clinical decision making? *Eur. Heart. J.*, 2016;37(15):1196-207.
  64. Sugiura E., Dohi K., Onishi K. *et al.* Reversible right ventricular regional non-uniformity quantified by speckle-tracking strain imaging in patients with acute pulmonary thromboembolism. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2009;22(12):1353-9.
  65. Thavendiranathan P., Poulin F., Lim K.D. *et al.* Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2014;63(25 Pt A):2751–2768.
  66. Uematsu M. Speckle Tracking Echocardiography. *Circ. J.*, 2015; 79; p.735-741.
  67. Witkowski T.G., Thomas J.D., Debonnaire P.J. *et al.* Global longitudinal strain predicts left ventricular dysfunction after mitral valve repair. *Eur. Heart. J., Cardiovasc. Imaging*, 2013;14:69–76.
  68. Woo J.S., Kim W.S., Yu T.K. *et al.* Prognostic value of serial global longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 2011;108(3):340-7.
  69. Wu V.C., Takeuchi M., Otani K. *et al.* Effect of through-plane and twisting motion on left ventricular strain calculation: Direct comparison between two-dimensional and three-dimensional speckle-tracking echocardiography. *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, 2013; 26: 1274 – 1281.
  70. Yang L., Qiu Q., Fang S.H. Evaluation of left atrial function in hypertensive patients with and without left ventricular hypertrophy using velocity vector imaging. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.*, 2014;30:1465–71.
  71. Yingchoncharoen T., Gibby C., Rodriguez L.L. *et al.* Association of myocardial deformation with outcome in asymptomatic aortic stenosis with normal ejection fraction. *Circ. Cardiovasc. Imaging.*, 2012;5:719–725.