

**VILNIAUS UNIVERSITETAS  
MEDICINOS FAKULTETAS**

Baigiamasis darbas

**Miokardo deformacijos rodiklių ultragarsinis vertinimas**

**Indicators of Myocardial Deformation in Paediatric Speckle Tracking Heart Ultrasound**

Studentas/ė (vardas, pavardė), grupė: **Akvilė Bakaitė** VI kursas, 1 gr.

Katedra/ Klinika kurioje ruošiamas ir ginamas darbas **Klinikinės medicinos instituto  
Vaikų ligų klinika**

Darbo vadovas

Asist. dr. Odeta Kinčiniene

Katedros arba Klinikos vadovas

Prof. dr. Augustina Jankauskienė

2023-05-20

Studento elektroninio pašto adresas **akvile.bakaite@mf.stud.vu.lt**

## TURINYS

SANTRAUKA .....	3
ĮVADAS .....	5
DARBO TIKSLAS .....	6
METODIKA .....	7
REZULTATAI.....	12
IŠVADOS .....	19
LITERATŪROS ŠALTINIAI .....	19

### SANTRUMPOS

TŽE – dvimatė taškelių žymėjimo echokardiografija

KS – kairysis skilvelis

KSNMK – kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatija

PRISMA – angliška santrumpa (angl. Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses)

NOS – angliška santrumpa (angl. The Newcastle - Ottawa Scale)

KS IF – kairiojo skilvelio išstūmimo frakcija

MRT – magnetinio rezonanso tomografija

## SANTRAUKA

**Pavadinimas:** Miokardo deformacijos rodiklių ultragarsinis vertinimas

**Tyrimo tikslai:** Šia sisteminė literatūros apžvalga siekiama atrinkti ir apžvelgti mokslines publikacijas apie dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija gautus miokardo deformacijos rodiklius tarp pediatriinių pacientų, neturinčių širdies ydų, tačiau sergančių širdies raumenį pažeidžiančiomis ligomis.

**Metodika:** ši sisteminė apžvalga buvo atlikta naudojant PubMed paieškos sistemą MEDLINE duomenų bazėje, ieškant mokslinių publikacijų, publikuotų nuo 2018 m. sausio 31 d. iki 2023 m. sausio 31 d. Vadovaujantis įtraukimo kriterijais (vaikai ir paaugliai; prieinamos pilno teksto publikacijos; straipsniai parašyti anglų kalba; publikacijos, kuriose aprašomas taškelių žymėjimo echokardiografijos tyrimas ir gauti rezultatai; tyrimai, kuriuose nėra aprašomos įgimtos širdies ligos; publikacijos, analizuojančios širdies raumens pažeidimą) atrinktos publikacijos. Atrinktų straipsnių kokybė įvertinta pagal NOS kriterijus.

**Rezultatai:** Pirminėje paieškoje rasti 4005 straipsniai, galiausiai atrinkti 4. 2 tyrimai buvo atvejo kontrolės, kiti 2 – retrospektyviniai kohortiniai. Analizėje aprašytuose tyrimuose globali radialinė, globali apsuokinė ir globali išilginė įtampos buvo reikšmingai sumažėjusios tarp studijose lyginamų grupių. Regioninės radialinė ir apsuokinė įtampos buvo reikšmingai sumažėjusios Arunamata A. bei Yubbu P. tyrimuose. Sabatino J. tyrime regioninė išilginė bei apsuokinė įtampos reikšmingai sumažėjusios pamatiniuose ir viduriniuose segmentuose. Arunamata A. su bendraautoriais tyrime nustatyta, kad pacientų su KS IF <50 % globali radialinė ( $11,9 \pm 12,3$  % palyginti su  $21,3 \pm 18,2$  %,  $p=0,003$ ), apsuokinė ( $-11,7 \pm 7,5$  % palyginti su  $-21,2 \pm 6,3$  %,  $p<0,0001$ ) ir išilginė įtampa ( $-8,1 \pm 5,1$  % palyginti su  $-13,4 \pm 5,1$  %,  $p<0,0001$ ) reikšmingai sumažėjo lyginant su tiriamaisiais, kurių KS IF  $\geq 50\%$ , o Yubbu P. su bendraautoriais nustatė, globali išilginė įtampa reikšmingai sumažėjusi išmatuota tik 4 kamerų vaizde tiriamiesiems, kurių KS IF <50 %. 2 kamerų vaizde išilginė įtampa buvo sumažėjusi visiems pacientams, bet labiau su KS IF <50 %.

**Išvados:** Galima teigti, kad apsuokinė įtampa, globali radialinė įtampa bei globali išilginė įtampa buvo patys jautriausi dvimatės taškelių žymėjimo miokardo deformacijos rodikliai ir labiausiai koreliavo su miokardo pažeidimu, esant kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatijai. Globali radialinė, apsuokinė ir išilginė įtampos reikšmingai mažėja, esant sumažintai kairio skilvelio išstūmimo frakcijai (<50%).

**Raktažodžiai:** Miokardo deformacijos rodikliai, dvimatė taškelių žymėjimo echokardiografija, širdies raumens ligos.

## ABSTRACT

**Title:** Indicators of Myocardial Deformation in Paediatric Speckle Tracking Heart Ultrasound

**Background:**

**Methods:** This systematic review was performed using PubMed database, articles on subject published from January 31, 2018 to January 31, 2023. A total of 4 publications were included in the review based on inclusion and criteria, which were: children and adolescents, full text publications, publications in English language, publications about two dimensional speckle tracking echocardiography, studies not including congenital heart diseases, publications about myocardial damage). Quality of selected studies was assessed with NOS tool.

**Results:** 4005 articles were found in the initial search, 4 were finally selected. 2 studies were case-control, the other 2 were retrospective cohort studies. In the studies described in the analysis, global radial, global circumferential, and global longitudinal strain were significantly reduced between the groups compared in the studies. Regional radial and circumferential strain were significantly reduced in the studies of Arunamata A. and Yubbu P. In Sabatin J.'s study, regional longitudinal and circumferential strain were significantly reduced in the base and middle segments. In the study by Arunamata A. and co-authors, it was found that the global radial ( $11.9 \pm 12.3\%$  compared to  $21.3 \pm 18.2\%$ ,  $p=0.003$ ), circumferential ( $-11.7 \pm 7.5\%$  vs.  $-21.2 \pm 6.3\%$ ,  $p<0.0001$ ) and longitudinal strain ( $-8.1 \pm 5.1\%$  vs.  $-13.4 \pm 5.1\%$ ,  $p<0,0001$ ) significantly decreased compared to subjects with  $LVEF \geq 50\%$ , while Yubbu P. and co-authors found a significant decrease in global longitudinal strain measured in the 4-camera image only in subjects with  $LVEF < 50\%$ . On 2-chamber view, longitudinal strain was decreased in all patients, but more so with  $LVEF < 50\%$ .

**Conclusions:** It can be stated that circumferential strain, global radial strain and global longitudinal strain were the most sensitive indicators of two-dimensional dot marking myocardial deformation and were most correlated with myocardial damage in left ventricular

noncompact myocardium cardiomyopathy. Global radial, circumferential, and longitudinal strain are significantly reduced with reduced left ventricular ejection fraction (<50%).

**Key words:** Myocardial deformation indicators, two-dimensional dot echocardiography, heart muscle diseases.

## ĮVADAS

Dvimatė taškelių žymėjimo echokardiografija (TŽE) (angl. *two-dimensional speckle tracking echocardiography*) yra speciali dvimatės echokardiografijos metodika, sukurta ir pritaikyta naudojimui 2000 metais (1). Naudojant įprastų dvimačių skaitmeninių echokardiografinių vaizdų apdorojimo algoritmus, maži stabilūs miokardo pėdsakai arba taškeliai, atsirandantys ultragarso spindulio ir miokardo audinių sąveikos metu, nustatomi apibrėžtoje miokardo srityje. Viso širdies ciklo metu sekamas taškelių judėjimas, fiksuojami padėties pokyčiai, atspindintys audinio judėjimą (2). Šis metodas leidžia apskaičiuoti audinių judėjimo greitį, kiekybiškai įvertinti miokardo įtampą (angl. *strain*) ir įtampos kitimo greitį (angl. *strain rate*), kuris apibūdina deformacijos dažnį ir yra susijęs su kairiojo skilvelio (KS) kontraktiliškumu (3). Miokardo įtampą ir kitimo greitį galima įvertinti išilgine (angl. *longitudinal strain*), apsukine (angl. *circumferential strain*) ir radialine įtampa (angl. *radial strain*) atitinkamose išilginėje, apsukinėje bei radialinėje erdvinėse kryptyse. Sistolės metu KS miokardas trumpėja išilgai ir apsukine kryptimi (neigiama deformacija) ir storeja radialine kryptimi (teigiama deformacija) (4). Bendroji KS išilginė įtampa (angl. *global longitudinal strain*) leidžia aptikti ir kiekybiškai įvertinti KS sistolinę funkciją – ji atspindi santykinę KS miokardo ilgio pokytį diastolės ir sistolės pabaigoje. Kadangi bendroji KS išilginė įtampa apskaičiuojama vidurkiu iš visų miokardo segmentų, ji visada yra neigiama (norma nuo -15 iki -25%), todėl absoliučios vertės mažėjimas rodo subklinikinę širdies disfunkciją (5). Normali bendroji radialinė KS įtampa varijuoja tarp 35 ir 59%, bendroji apsukinė įtampa nuo -20.9% iki -27.8% (6). Iš įvairių KS segmentų gautų duomenų vizualizavimui dažniausiai yra naudojamas „jaučio akies“ (angl. *bull's eye*) žemėlapis, galintis būti nuo 16 iki 18 segmentų dydžio (7). Dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos

pritaikymas yra gana heterogeniškas – metodas gali būti naudojamas koronarinės širdies ligos, miokardo infarkto, širdies nepakankamumo, kardiotoksiškumo, širdies vožtuvų ligos, įgimtų širdies ligų bei įvairių kardiomiopatijų diagnostikai (8). Šiame darbe siekėme surinkti ir išanalizuoti naujausių publikacijų duomenis apie dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija gautus miokardo deformacijos rodiklius tarp pediatriinių pacientų, neturinčių širdies ydų, tačiau sergančių širdies miokardą pažeidžiančiomis ligomis. Pasirinkta patologija, kuriai būdingas izoliuotas KS nekontraktiliškumas – kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatija (angl. *left ventricular non-compaction cardiomyopathy*). Šios retos, įgimtos kardiomiopatijos metu KS raumens struktūra išlieka embriono stadijos – normalaus embriologinio vystymosi metu trabekulinio miokardo sutankinimo procesas vyksta tarp 12 ir 18 nėštumo savaičių, susidaro storesnė, kompaktiškesnė skilvelio sienelė (9). KS nekompaktinio miokardo kardiomiopatijos atvejais dėl vis dar nežinomų priežasčių miokardo sutankinimas neįvyksta tinkamai, todėl KS kompaktinio miokardo sluoksnis būna plonas, būdingos gilios trabekulinės ertmės, kurios susisiečia su KS ertme, bet ne su vainikine kraujotaka (10). Galiausiai ši būklė gali sukelti lėtinį širdies nepakankamumą, gyvybei pavojingas skilvelines aritmijas ar trombembolines komplikacijas (10,11). Šios patologijos diagnozė gali būti sudėtinga dėl specifinių klinikinių požymių trūkumo ir panašių fenotipų su kitomis kardiomiopatijomis, todėl širdies magnetinio rezonanso tomografija yra laikoma auksiniu standartu diagnozuojant patologiją, tačiau dvimatė (2D) echokardiografija išlieka pirmuoju vaizdavimo metodu dėl jos prieinamumo, ekonomiškumo bei saugumo (12).

### DARBO TIKSLAS

Šia sisteminė literatūros apžvalga siekiama atrinkti ir apžvelgti mokslines publikacijas apie dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija gautus miokardo deformacijos rodiklius tarp pediatriinių pacientų, neturinčių širdies ydų, tačiau sergančių širdies raumenį pažeidžiančiomis ligomis.

### DARBO UŽDAVINAI

1. Kokie rodikliai, išmatuoti dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija, yra jautriausi patologijoms, pažeidžiančioms širdies raumenį?

2. Palyginti, ar dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos rodikliai kinta priklausomai nuo kairios skilvelio išstūmimo frakcijos.

## METODIKA

Ši sisteminė apžvalga atlikta vadovaujantis PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) protokolu. Sisteminės analizės paieška buvo atlikta naudojant raktažodžius PubMed duomenų bazėje (13). Atrinktų publikacijų kokybė ir patikimumas įvertintas naudojant NOS (angl. *The Newcastle - Ottawa Scale*) kriterijus (14). Straipsnių kaupimui ir analizavimui panaudota duomenų apdorojimo programa „Zotero“.

### Literatūros paieškos strategija

1. Mokslinių publikacijų paieškai buvo naudojama literatūros paieškos priemonė PubMed elektroninėje duomenų bazėje MEDLINE.
2. Paieškoje naudota užklausa: ("speckle tracking" OR "strain" OR "myocardial deformation" OR "myocardial strain").
3. Paieškoje naudoti filtrai – „From 2018-01-31 to 2023-01-31“, „Child: birth -18 years“, „English“, „Humans“.

### Įtraukimo ir atmetimo į sisteminę apžvalgą atrankos kriterijai

Įtraukimo kriterijai:

- Tiriamieji vaikai ir paaugliai.
- Publikacijos anglų kalba.
- Prieinamo pilno teksto publikacijos.
- Publikacijos, išleistos ne anksčiau nei prieš 5 metus (nuo 2018-01-31 iki 2023-01-31).
- Kohortiniai, vienmomenčio skerspjūvio, atvejo-kontrolės tyrimai.
- Tyrimai, kuriuose atlikti bei aprašyti dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos tyrimų rezultatai.
- Tyrimai, kuriuose nėra aprašomos įgimtos širdies ligos.

- Publikacijos, kuriuose analizuojama miokardo pažaida.
- Tyrimai, kuriuose minimas miokardo nekompaktiškumas.

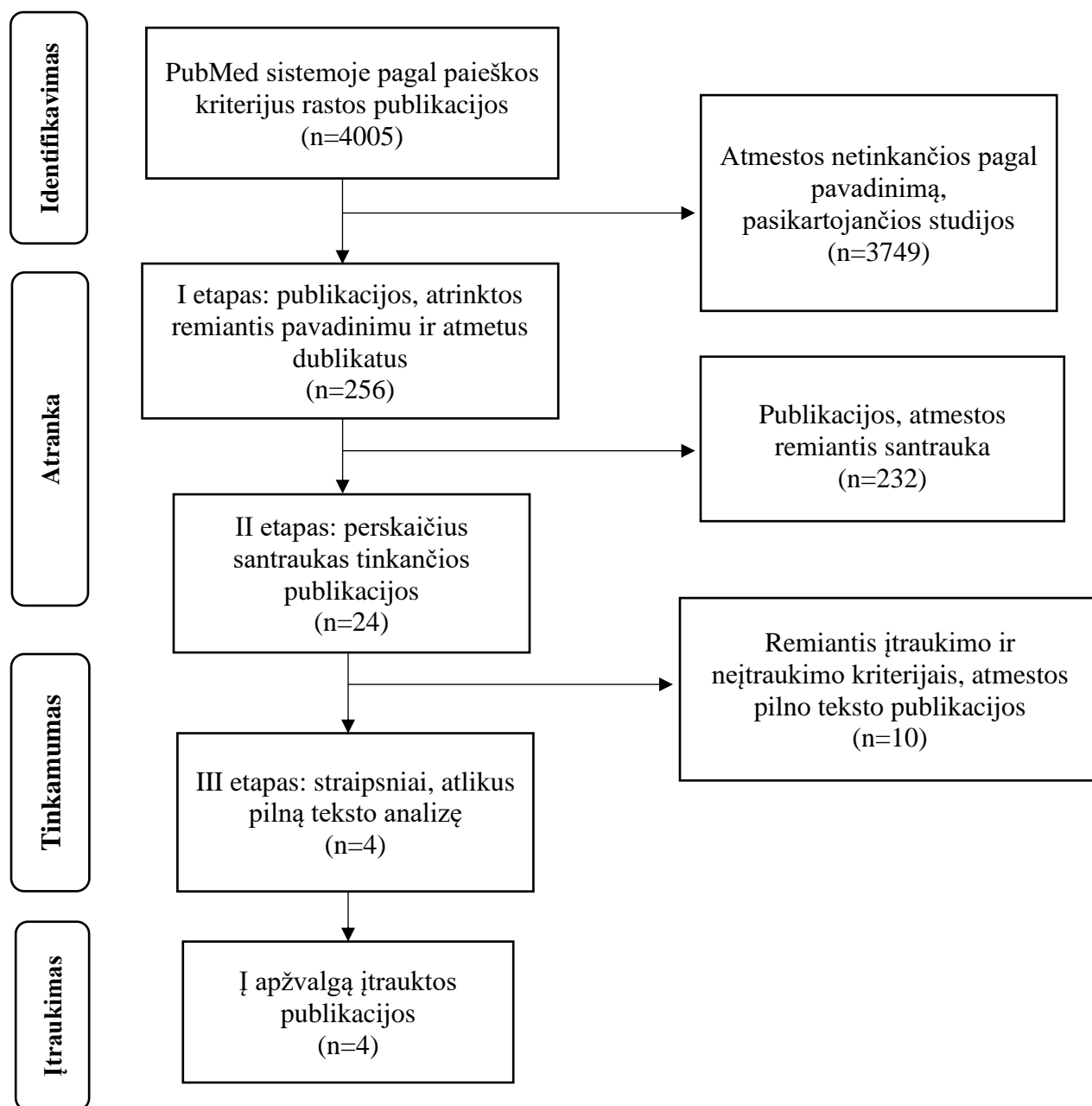
Atmetimo kriterijai:

- Tiriamųjų populiacija yra suaugusieji.
- Publikacijos, išleistos anksčiau nei prieš 5 metus.
- Publikacijos ne anglų kalba.
- Neprieinamos pilno teksto publikacijos. Atmetami klinikinių atvejų aprašymai, literatūros apžvalgos.
- Tyrimai, kuriuose nėra dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos tyrimo duomenų vertinimo
- Tyrimai, kuriuose nėra aprašomos įgimtos širdies ydos.

Duomenų bazėje įvedus paieškos kriterijus ir pritaikius filtrus buvo rasta 4005 mokslinės publikacijos, iš kurių atmetus pagal pavadinimą bei pasikartojančias studijas liko 256 bibliografiniai įrašai. Atlikus santraukos analizę atmestos 232 studijos, atrinktos 24 publikacijos. Iš kurių po pilno teksto vertinimo pagal įtraukimo ir neįtraukimo kriterijus apžvalgai buvo tinkamos 4. Detaliau literatūros atrankos procesas pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Tyrimų atrankos schema pagal PRISMA rekomendacijas



**1 lentelė.** Į apžvalgą įtrauktų publikacijų pagrindinės charakteristikos

Tyrimas	Metai	Šalis	Tyrimo tipas	Tyrimo tikslas
Arunamata A. su bendraautoriais (15)	2019	JAV	Retrospektyvinė kohortinė	Apibūdinti segmentinį KS nekompaktiškumą, įvertinti segmentinę miokardo deformaciją dvimačiu TŽE tyrimu bei apibūdinti didžiausias deformacijos vertes vaikams, sergantiems KS nekompaktine kardiomiopatija su nepalankiomis klinikinėmis išaitimis.
Dorobantu D. su bendraautoriais (16)	2023	Jungtinė Karalystė	Retrospektyvinė kohortinė	Įvertinti dvimačio TŽE tyrimo reikšmę apibūdinant KS miokardo funkciją sveikiems paaugliams sportininkams, turintiems ir neturintiems KS nekompaktinė kardiomiopatijos echokardiografinių kriterijų.
Sabatino J. su bendraautoriais (18)	2019	Jungtinė Karalystė	Atvejo-kontrolės	Naudojant dvimatę TŽE, įvertinti KS funkciją, KS susisukimą tarp pediatriinių pacientų, sergančių KS nekompaktinio miokardo kardiomiopatija bei turinčių KS hipertrabekuliaciją.
Yubbu P. su bendraautoriais (19)	2018	JAV	Atvejo-kontrolės	Apibūdinti KS deformacijos modelius vaikams, sergantiems nekompaktine kardiomiopatija, siekiant nustatyti galimą diagnostinį modelį.
Paaiškinimai: KS – kairysis skilvelis, TŽE – taškelių žymėjimo echokardiografija				

### Publikacijų kokybės įvertinimas

Vadovaujantis nerandomizuotų tyrimų (atvejo-kontrolės, kohortinės studijos) kokybės vertinimo skale NOS (angl. *Newcastle - Ottawa Scale*) sisteminėms literatūros apžvalgoms ir metaanalizėms, buvo vertinta publikacijų metodologinė kokybė. Skalė sudaryta iš 3 kriterijų grupių: atrankos, palyginamumo ir išiečių. Pirmajai kategorijai, atrankai, priskirti keturi kriterijai, kurių kiekvienas vertinamas vienu tašku-žvaigždute (\*). Palyginamumas vertinamas daugiausiai dviem taškais. Išiečių kategorijai priklauso trys kriterijai, kiekvieno iš jų vertė – taškas. Straipsnis laikomas kokybišku ir nešališku, jei surenka  $\geq 7$  taškus (14). Atrinktų straipsnių įvertinimo rezultatai pateikti lentelėje Nr. 2.

**2 lentelė.** Tyrimų kokybės vertinimas pagal NOS skalę.

Tyrimas	Atranka				Palyginamumas	Rezultatai			Kokybė
	1	2	3	4		5	6	7	
Arunamata A. su bendraautoriais	*	*	*	*	**	*	-	*	Gera (8)
Dorobantu D. su bendraautoriais	-	*	*	*	**	*	?	-	Vidutinė (6)
Sabatino J. su bendraautoriais	*	*	-	*	**	*	*	-	Gera (7)
Yubbu P. su bendraautoriais	*	*	?	*	**	*	*	-	Gera (7)

Kaip pavaizduota 2 lentelėje, tyrimų kokybė varijuoja tarp vidutinės ir geros, surinktų taškų skaičius vyrauja nuo 6 iki 8. Kadangi įtrauktų publikacijų metodologija panaši, kokybiškos duomenų meta-analizės atlikti nebuvo galima. Pasirinkta atlikti publikacijų lyginamąją apžvalgą bei vertinimą.

**4 lentelė.** Tyrimų metodologiniai įtraukimo kriterijai .

Tyrimas	N	Įtraukimo kriterijai		Dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos rodikliai
		Amžiaus riba	Širdies patologija	
Arunamata A. su bendraautoriais	202	<20 metų	KSNMK	KS regioninė (apsukinė, radialinė) ir globali (išilginė, apsukinė, radialinė) įtampa
Dorobantu D. su bendraautoriais	417	<18 metų	KS hipertrabekuliacija	KS maksimali sistolinė išilginė miokardo įtampa, maksimali sistolinė apsukinė miokardo įtampa
Sabatino J. su bendraautoriais	94	≤18 metų	Įtariama KSNMK	KS globali išilginė, apsukinė, radialinė įtampa; KS apsukinė įtampa
Yubbu P. su bendraautoriais	60	≤18 metų	KSNMK	KS regioninės įtampos (ties pamatu, viduriu ir viršūne), segmentinės išilginės, apsukinės ir radialinės miokardo įtampos

				rodikliai bei globali radialinė įtampa
Paaiškinimai: N – tiriamųjų skaičius; KS – kairysis skilvelis; KSNMK – kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatija				

## REZULTATAI

Atrinktų ir į apžvalgą įtrauktų publikacijų pateikti duomenys heterogeniški, nors pačių tyrimų kokybė yra gera. Kaip matyti 4 lentelėje, skiriasi beveik visų tyrimų dvimatės taškelių žymėjimo echokardiografijos rodikliai.

### Tiriamieji

Arunamata A. su bendraautoriais į tyrimą įtraukė 101 pacientą su LVNC ir suskirstė juos į 2 grupes: 71 išgyvenęs pacientas pateko į palankių baigčių grupę, o 30 pacientų, kurie mirė arba jiems buvo atlikta širdies transplantacija, priskirti prie nepalankių baigčių grupės. Įtraukti ir 101 kontrolinės grupės pacientai.

Dorobantu D. su bendraautoriais: įtraukti 417 sveikų vaikų sportininkų. Pagal R. Jenni su bendraautoriais pasiūlytus kriterijus nekompaktinės kardiomiopatijos diagnostikai, visi pacientai, atitinkantys šiuos kriterijus, buvo laikomi KSNMK teigiamais (KSNMK+), tokių vaikų buvo 6,5 % (n=27), visi kiti tiriamieji pateko į KSNMK neigiamą grupę (KSNMK-).

Sabatino su bendraautoriais: 47 vaikai buvo įvertinti dėl įtariamo KSNMK. 23 tiriamieji atitikę KSNMK kriterijus, priskirti nekompaktinės kardiomiopatijos grupei, o likę 24 pacientai neatitikę kriterijų buvo įtraukti į KS hipertrabekuliacijos grupę. Kontrolinę grupę sudarė 47 sveiki vaikai bei įtraukti asimptomiai pacientai su KS hipertrabekuliacija, kurie neatitiko diagnostinių kriterijų KSNMK.

Yubbu P. su bendraautoriais įtraukė 30 vaikų, sergančių nekompaktine kardiomiopatija be įgimtų širdies ydų, ir 30 pagal amžių ir lytį atitinkančių kontrolinių pacientų be struktūrinių širdies ligų. 30 tiriamųjų, suskirstyti į 2 grupes pagal KS IF: 21 su normalia KS IF (>50 %) ir 9 su sumažėjusia KS IF (<50 %).

**5 lentelė.** Tyrimuose publikuotos pagrindinės tiriamųjų charakteristikos.

Publikacija	Imtis ir sudarytos grupės	Amžius, metai	Vyriška lytis, %	Sekimo laikotarpis, mėn.	Kairio skilvelio išstūmimo frakcija, %
Arunamata A. su bendraautoriais	202, iš jų: 71 – palankių baigčių grupė 30 – nepalankių baigčių grupė	2,8 (0-19,4)*	52	9,6 (0-106)*	44,5±17,8
Dorobantu D. su bendraautoriais	417, iš jų: 27 – KSNMK+ grupė 390 – KSNMK- grupė	14,5±1,7	100	Nenurodyta	62,5±5,2
Sabatino J. su bendraautoriais	94, iš jų: 23 – KSNMK grupė 24 – KS hipertrabekuliacijos grupė 47 – kontrolinė grupė	11,1±5,0	50	Nenurodyta	54.0 (10.2) KSNMK grupėje  61.5 (5.4) KS hipertrabekuliacijos grupėje
Yubbu P. su bendraautoriais	60, iš jų: 21 – sergantys KSNMK su KS IF>50 % 9 – sergantys KSNMK su KS IF <50 % 30 – kontrolinė grupė	7,2±5,6	50	Nenurodyta	64±7.1 KSNMK su KS IF >50 %  44±7.1 KSNMK su KS IF <50 %
Paaiškinimai: vertės nurodytos kaip vidurkis ± standartinis nuokrypis; * - nurodyta rodiklio mediana (tarpkvartilinis plotis); KSNMK – kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatija; KS – kairysis skilvelis; KS IF – kairiojo skilvelio išstūmimo frakcija					

### Publikacijose taikyta tiriamoji metodika

Arunamata A. su bendraautoriais į tyrimą įtraukė tik tuos pacientus su KSNMK, kurie atitiko Jenni su bendraautoriais, Stollberger ir Finsterer, Chin su bendraautoriais pasiūlytus echokardiografinius KSNMK kriterijus. Naudojant dvimatę TŽE, apsukinė ir radialinė įtampa išmatuota priekrūtinkauliniame trumposios ašies vaizduose ties širdies baze, viduriu ir viršūne. KS IF buvo išmatuota naudojant Simpsono metodą. Išilginė įtampa matuota 4 ir 2 kamerų vaizduose. Segmentinei įtampai įvertinti naudotas 16 segmentų KS modelis.

Dorobantu D. su bendraautoriais panaudojo R. Jenni su bendraautoriais KSNMK echokardiografinius kriterijus. Pagal kriterijus santykis tarp nekompaktinio ir kompaktinio miokardo sluoksnių turi būti >2 sistolės pabaigoje, bet kuriame trumposios ašies vaizde, taip pat

miokardas turi būti su ryškiomis trabekulėmis ir tarptrabekulinėmis ertmėmis. Tyrimui dvimatės TŽE analizei buvo gauti trumposios ašies pamatinio, vidurinio, viršūninio segmento ir viršūniniai KS 4 kamerų vaizdai. Segmentinei įtampai įvertinti naudotas 16 segmentų KS modelis.

Sabatino J. su bendraautoriais į tyrimą įtraukė sergančius KSNMK vaikus, atitinkančius širdies MRT diagnostinius kriterijus nekompaktinei kardiomiopatijai. Tyrėjai globalią ir regioninę išilginę įtampą vertino naudodami 4 ir 3 kamerų širdies vaizdą ties viršūniniais segmentais, radialinę ir apskutinę įtampos išmatuotos priekrūtinkauliniame trumposios ašies vaizduose dvimate TŽE.

Yubbu P. su bendraautoriais į tyrimą įtraukė tik pacientus su KSNMK, kurie atitiko Jenni su bendraautoriais, Stollberger ir Finsterer, Chin su bendraautoriais pasiūlytus echokardiografinius KSNMK kriterijus. KS IF buvo išmatuota naudojant Simpsono metodą. Dvimate TŽE KS apskutinę ir radialinę įtampą matuota priekrūtinkauliniame trumposios ašies vaizduose ties širdies baze, viduriu ir viršūne. Išilginę įtampą buvo išmatuota 4 ir 2 kamerų vaizduose. Segmentinei įtampai įvertinti naudotas 16 segmentų KS modelis.

### **Dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija gauti miokardo deformacijos rodikliai**

Arunamata A. su bendraautoriais: dvimate TŽE nustatyta, kad nepalankių baigčių grupėje apskutinė miokardo įtampa buvo sumažėjusi visuose KS segmentuose lyginant su palankių baigčių grupe. Radialinė KS įtampa taip pat buvo sumažėjusi visuose segmentuose nepalankių baigčių grupėje lyginant su palankių baigčių grupe, statistiškai reikšmingas skirtumas ( $p < 0,05$ ) nustatytas vidurinėje ir viršūninėje širdies dalyse. Išskyrus viršūninius segmentus 4 kamerų vaizde, išilginę įtampą reikšmingai sumažėjo ( $p < 0,05$ ) nepalankių baigčių grupėje. Globali radialinė ( $7,4 \pm 9,7$  %, palyginti su  $19,6 \pm 16,5$  %,  $p < 0,0001$ ), apskutinė ( $-8,4 \pm 7,0$  %, palyginti su  $-18,9 \pm 6,9$  %,  $p < 0,0001$ ) ir išilginė ( $-7,1 \pm 5,2$  %, palyginti su  $-11,8 \pm 5,3$  %,  $p < 0,0001$ ) įtampos reikšmingai sumažėjusios užfiksuotos nepalankių baigčių grupėje lyginant su palankių baigčių grupe. Regioninės įtampos analizė parodė reikšmingą tiek apskutinės, tiek radialinės įtampos verčių skirtumą tarp grupių. 58 pacientų, sergančių KSNMK (57 %), KS išstūmimo frakcija tyrimo pradžioje buvo sumažėjusi. Nustatyta, kad pacientų su KS IF  $< 50$  % globali radialinė ( $11,9 \pm 12,3$  % palyginti su  $21,3 \pm 18,2$  %,  $p = 0,003$ ), apskutinė ( $-11,7 \pm 7,5$  % palyginti su  $-21,2 \pm 6,3$  %,  $p < 0,0001$ ) ir išilginė įtampa ( $-8,1 \pm 5,1$  % palyginti su  $-13,4 \pm 5,1$  %,  $p < 0,0001$ ) reikšmingai sumažėjo lyginant su tiriamaisiais, kurių KS IF  $\geq 50$ %.

Dorobantu D. su bendraautoriais: išmatuoti maksimali sistolinė išilginė miokardo įtampa, vidutinė KS pamatinių, vidurinių ir viršūninių segmentų maksimali sistolinė apsuikinė įtampa. Visų rodiklių gauti duomenys pateikti 6 lentelėje ir skaitiniu požiūriu buvo panašūs tiek LVNC+, tiek LVNC- grupėse, o skirtumai tarp grupių nebuvo statistiškai reikšmingi. Naudojant 16 segmentų KS modelį, gauti duomenys skaitiniu požiūriu taip pat buvo panašūs tarp dviejų grupių – segmentinės maksimalios sistolinės išilginės miokardo įtampos ir maksimalios sistolinės apsuikinės įtampos absoliutūs skirtumai svyravo nuo 0,001 iki 1,34 %. Skirtumai tarp grupių nebuvo statistiškai reikšmingi.

**6 lentelė.** Dvimate TŽE gauti maksimalios sistolinės išilginės miokardo įtampos ir maksimalios sistolinės apsuikinės įtampos duomenys

Rodiklis	Kairio skilvelio nekompatinio miokardo kardiomiopatijos grupė (n=27)	Neatitinkančių kairio skilvelio nekompatinio miokardo kardiomioparijos kriterijų grupė (n=390)	Bendra grupė (n=417)	p vertė
Maksimali sistolinė išilginė miokardo įtampa, %	-20±2	-20.3±2	-20.7±2	0,4
Maksimali sistolinė apsuikinė įtampa, %				
-Vidutinė pamatiniuose segmentuose	-25.3±3.3	-26.2±3.7	-26.1±3.7	0,2
-Vidutinė viduriniuose segmentuose	-27.6±3.2	-28±3.6	-28±3.6	0,5
-Vidutinė viršūniniuose segmentuose	-29.9±4.6	-30.3±4.9	-30.3±4.9	0,6
Paaiškinimai: vertės nurodytos kaip vidurkis ± standartinis nuokrypis				

Sabatino J. su bendraautoriais: globali išilginė, apsuikinė ir radialinė įtampos buvo reikšmingai mažesnės KSNMK ir KS hipertraberkuliacijos grupėse lyginant su kontroline grupe ( $p<0,001$ ). KSNMK grupėje palyginus su KS hipertraberkuliacijos grupe, reikšmingai sumažėjo tik globali apsuikinė įtampa ( $p=0,021$ ). Regioninė bazinių ir vidurinių segmentų apsuikinė įtampa reikšmingai sumažėjo ( $p<0,001$ ) kardiomiopatijos ir hipertraberkuliacijos grupėse lyginant su kontroline grupe.

Yubbu P. su bendraautoriais: palyginus su kontroline grupe sergančiųjų KSNMK regioninė apsuikinė įtampa ties širdies baze, viduriu ir viršūne buvo reikšmingai ( $p<0,05$ )

sumažėjusi, nepriklausomai nuo KS IF. Radialinė įtampa, nepriklausomai nuo KS IF, taip pat buvo reikšmingai sumažėjusi ( $p < 0,001$ ) ties širdies viduriu ir viršūne, bet ne bazėje. Regioninės apsukinės įtampos reikšmingas mažėjimas ( $p < 0,001$ ) ties širdies viršūne leido geriausiai atskirti KSNMK pacientus su normalia KS IF nuo kontrolinės grupės (6 lentelė). Segmentinės įtampos vertinimas parodė, kad apsukinė įtampa buvo reikšmingai sumažėjusi ( $p < 0,05$ ) visuose KS viršūniniuose ir viduriniuose segmentuose, nepriklausomai nuo KS IF. Pamatinių segmentų apsukinė įtampa pacientų su KS IF  $> 50\%$  buvo nepakitusi, o pacientų su KS IF  $< 50\%$  buvo reikšmingai sumažėjusi ( $p < 0,001$ ). Radialinė įtampa buvo reikšmingai sumažėjusi ( $p < 0,001$ ) viršūniniuose segmentuose ir nepakitusi pamatiniuose segmentuose visiems pacientams nepriklausomai nuo KS IF. Išilginė įtampa buvo reikšmingai sumažėjusi ( $p < 0,01$ ) beveik visuose širdies segmentuose (išskyrus vidurinius šoninius ir viršūninius priekinius) pacientų su KS IF  $< 50\%$  dalyje.

Analizėje aprašytų Arunamata A. su bendraautoriais ir Sabatino J. su bendraautoriais tyrimų išvadose galime matyti, kad globali radialinė, globali apsukinė ir globali išilginė įtampos buvo reikšmingai sumažėjusios tarp studijose lyginamų grupių. Arunamata A. tyrime KSNMK nepalankių išeičių grupė su lyginama su KSNMK palankių išeičių grupe, o Sabatino J. publikacijoje KSNMK grupė ir KS hipertrabekuliacijos grupės lyginama su kontroline grupe. Yubbu P. su bendraautoriais tyrime statistiškai sumažėjusi buvo globali radialinė ir globali išilginė įtampos, kuriose KSNMK grupė lyginama su kontroline grupe. Regioninės radialinė ir apsukinė įtampos buvo reikšmingai sumažėjusios Arunamata A. bei Yubbu P. tyrimuose. Sabatino J. tyrime regioninė išilginė bei apsukinė įtampos reikšmingai sumažėjusios pamatiniuose ir viduriniuose segmentuose. Arunamata A. su bendraautoriais tyrime nustatyta, kad pacientų su KS IF  $< 50\%$  globali radialinė ( $11,9 \pm 12,3\%$  palyginti su  $21,3 \pm 18,2\%$ ,  $p = 0,003$ ), apsukinė ( $-11,7 \pm 7,5\%$  palyginti su  $-21,2 \pm 6,3\%$ ,  $p < 0,0001$ ) ir išilginė įtampa ( $-8,1 \pm 5,1\%$  palyginti su  $-13,4 \pm 5,1\%$ ,  $p < 0,0001$ ) reikšmingai sumažėjo lyginant su tiriamaisiais, kurių KS IF  $\geq 50\%$ , o Yubbu P. su bendraautoriais nustatė, globali išilginė įtampa reikšmingai sumažėjusi išmatuota tik 4 kamerų vaizde tiriamiesiems, kurių KS IF  $< 50\%$ . 2 kamerų vaizde išilginė įtampa buvo sumažėjusi visiems pacientams, bet labiau su KS IF  $< 50\%$ .

Visose publikacijose dvimate taškelių žymėjimo echokardiografija gauti miokardo deformacijos rodikliai (regioninė radialinė, išilginė, apsukinė bei globali radialinė, išilginė, apsukinė įtampos) pateikiami apibendrintoje lentelėje kitame puslapyje.



Publikacija	Regioninė radialinė įtampa, %	Regioninė išilginė įtampa, %	Regioninė apsuokinė įtampa, %	Globali radialinė įtampa, %	Globali išilginė įtampa, %	Globali apsuokinė įtampa, %
Arunamata A. (nepalankių išeičių grupė lyginama su palankių išeičių grupe)	Pamatinių segmentų reikšmingai sumažėjusi (5,1±10,7 palyginti su 13,3±14,6; p=0,0071) Vidurinių segmentų reikšmingai sumažėjusi (7,4±9,7 palyginti su 19,6±16,5; p<0,0001) Viršūninių segmentų reikšmingai sumažėjusi (5,9±12,4 palyginti su 15,4±13,7; p <0,0018 )	Nepateikta	Pamatinių segmentų reikšmingai sumažėjusi (-8,9±8,5 palyginti su -17,0±7,9; p<0,0001) Vidurinių segmentų reikšmingai sumažėjusi (-8,4±7,0 palyginti su -18,9±6,9; p<0,0001) Viršūninių segmentų reikšmingai sumažėjusi (-7,7±7,8 palyginti su -15,3±7,2; p<0,0001 )	Reikšmingai sumažėjusi (7,4±9,7 palyginti su 19,6±16,5; p<0,0001)	Reikšmingai sumažėjusi (-7,1±5,2 palyginti su -11,8±5,3; p<0,0001)	Reikšmingai sumažėjusi (-8,4±7,0 palyginti su -18,9±6,9; p<0,0001)
Dorobantu D.	Nevertinta	Nevertinta	Nevertinta	Nevertinta	Nevertinta	Nevertinta
Sabatino J. (kairio skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatijos grupė ir kairio skilvelio hipertrabekuliacijos grupės lyginama su kontroline grupe )	Nepateikta	Pamatinių ir vidurinių segmentų reikšmingai sumažėjo (p<0,001) lyginant su kontroline grupe	Pamatinių ir vidurinių segmentų reikšmingai sumažėjo (p<0,001) lyginant su kontroline grupe	Reikšmingai sumažėjusi KSNMK grupėje (25,4±13 palyginus su 50,3±6; p<0,001) Reikšmingai sumažėjusi KS hipertrabekuliacijos grupėje (32,0±13	Reikšmingai sumažėjusi KSNMK grupėje (-16,1±3,8 palyginus su -22,1±2,2; p<0,001) Reikšmingai sumažėjusi KS hipertrabekuliacijos grupėje (-18,2±2,8 palyginus su	Reikšmingai sumažėjusi KSNMK grupėje (-16,7±4,6 palyginus su -25,9±4,0, p<0,001) Reikšmingai sumažėjusi KS hipertrabekuliacijos grupėje (-19,9±2,9 palyginus su

				palyginus su 50,3±6, p<0,001)	-22,1±2,2, p<0,001)	-25,9±4,0, p<0,001)
Yubbu P. su bendraautorais (KSNMK grupė lyginama su kontroline grupe)	Reikšmingai sumažėjusi (p<0,001) ties širdies viduriniais ir viršūniniais segmentais	Reikšmingai sumažėjusi (p<0,001)	Reikšmingai sumažėjusi (p<0,05) pamatiniuose, viduriniuose, viršūniniuose segmentuose	Reikšmingai sumažėjusi (p<0,001)	Reikšmingai sumažėjusi (p<0,001)	Nepateikta
Paaiškinimai: vertės nurodytos kaip vidurkis ± standartinis nuokrypis; KSNMK – kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatija.						

## IŠVADOS

1. Galima teigti, kad apsuikinė įtampa, globali radialinė įtampa bei globali išilginė įtampa buvo patys jautriausi dvimatės taškelių žymėjimo miokardo deformacijos rodikliai ir labiausiai koreliavo su miokardo pažaida, esant kairiojo skilvelio nekompaktinio miokardo kardiomiopatijai.
2. Globali radialinė, apsuikinė ir išilginė įtampos reikšmingai mažėja, esant sumažintai kairio skilvelio išstūmimo frakcijai (<50%).

## LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. Gao L, Zhang L, Zhang Z, Lin Y, Ji M, He Q, et al. Clinical Utility of Strain Imaging in Assessment of Myocardial Fibrosis. *Journal of Clinical Medicine*. 2023 Jan;12(3):743.
2. Collier P, Phelan D, Klein A. A Test in Context: Myocardial Strain Measured by Speckle-Tracking Echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*. 2017 Feb 28;69(8):1043–56.
3. Sturgill SL, Shettigar V, Ziolo MT. Antiquated ejection fraction: Basic research applications for speckle tracking echocardiography. *Frontiers in Physiology* [Internet]. 2022 [cited 2023 May 17];13. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.969314>
4. Sławiński G, Hawryszko M, Liżewska-Springer A, Nabiałek-Trojanowska I, Lewicka E. Global Longitudinal Strain in Cardio-Oncology: A Review. *Cancers (Basel)*. 2023 Feb 3;15(3):986.
5. Global Longitudinal Strain: A practical Step-by-Step Approach to Longitudinal Strain Imaging [Internet]. [cited 2023 May 19]. Available from: <https://www.jjaecho.org/article.asp?issn=2543-1463;year=2020;volume=4;issue=1;spage=22;epage=28;aulast=>
6. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. In: *Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-assessed Reviews* [Internet] [Internet]. Centre for Reviews and Dissemination (UK); 2013 [cited 2023 May 19]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK127156/>

7. NeoCardio Lab - 2D and 3D Speckle Tracking Echocardiography [Internet]. [cited 2023 May 19]. Available from: <https://www.neocardiolab.com/2d-and-3d-speckle-tracking-echocardiography>
8. Fabiani I, Pugliese NR, Santini V, Conte L, Bello VD, Fabiani I, et al. Speckle-Tracking Imaging, Principles and Clinical Applications: A Review for Clinical Cardiologists. In: Echocardiography in Heart Failure and Cardiac Electrophysiology [Internet]. IntechOpen; 2016 [cited 2023 May 19]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/51931>
9. Zhang W, Chen H, Qu X, Chang CP, Shou W. Molecular mechanism of ventricular trabeculation/compaction and the pathogenesis of the left ventricular noncompaction cardiomyopathy (LVNC). *Am J Med Genet C Semin Med Genet*. 2013 Aug;163(3):144–56.
10. Nunez-Gil' Ivan J., Feltes-Guzmán' Gisela. Left ventricular noncompaction [Internet]. Vol. 10. [cited 2023 May 17]. Available from: <https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-10/Left-ventricular-noncompaction>, <https://www.escardio.org/Journals/E-Journal-of-Cardiology-Practice/Volume-10/Left-ventricular-noncompaction>
11. Maia EC, Savioli FA, Pinheiro SR, Echenique LS, Oliveira Filho JA. Left ventricular noncompaction in a Para athlete. *einstein (São Paulo)*. 2019 May 9;17:eRC4514.
12. Hotta VT, Martinelli LMB, Moisés VA, Mady C, Fernandes F. Left ventricular noncompaction highlighted by three-dimensional and speckle tracking echocardiography. *einstein (São Paulo)*. 2022 Aug 15;20:eAI6853.
13. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ*. 2009 Jul 21;339:b2535.
14. Ottawa Hospital Research Institute [Internet]. [cited 2023 May 18]. Available from: [https://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](https://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp)
15. Arunamata A, Stringer J, Balasubramanian S, Tacy TA, Silverman NH, Punn R. Cardiac Segmental Strain Analysis in Pediatric Left Ventricular Noncompaction Cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019 Jun;32(6):763-773.e1.
16. Dorobantu DM, Radulescu CR, Riding N, McClean G, de la Garza MS, Abuli-Lluch M, et al. The use of 2-D speckle tracking echocardiography in assessing adolescent athletes with left ventricular hypertrabeculation meeting the criteria for left ventricular non-compaction cardiomyopathy. *Int J Cardiol*. 2023 Jan 15;371:500–7.
17. Nawaytou HM, Montero AE, Yubbu P, Calderón-Anyosa RJC, Sato T, O'Connor MJ, et al. A Preliminary Study of Left Ventricular Rotational Mechanics in Children with Noncompaction Cardiomyopathy: Do They Influence Ventricular Function? *J Am Soc Echocardiogr*. 2018 Aug;31(8):951–61.

18. Sabatino J, Di Salvo G, Krupickova S, Fraise A, Prota C, Bucciarelli V, et al. Left Ventricular Twist Mechanics to Identify Left Ventricular Noncompaction in Childhood. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2019 Apr;12(4):e007805.
19. Yubbu P, Nawaytou HM, Calderon-Anyosa R, Banerjee A. Diagnostic value of myocardial deformation pattern in children with noncompaction cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018 Oct;34(10):1529–39.