

The parameters of atrial deformation and their use in heart failure diagnostics

Parametre deformácie predsiení a ich využitie v diagnostike srdcového zlyhávania

Tomáš Bolek^{1,2}, Jakub Jurica¹, Martin Jozef Pěč¹, Marián Mokáň¹, Martin Hudec², Matej Samoš^{1,2}

¹I. interná klinika, Jesseniova lekárska fakulta v Martine, UK v Bratislave, Slovenská republika

Bolek T, Jurica J, Pec MJ, Mokaň M, Hudec M, Samos M. **The parameters of atrial deformation and their use in heart failure diagnostics.** Cardiology Lett. 2025;34(2):93–100

Abstract. The role of echocardiography in heart failure patients is focused on determining the systolic and diastolic function of the left ventricle, while determining the deformation parameters of the left ventricle, known as global longitudinal strain (GLS), is important in detecting subclinical ventricular dysfunction. The proper function of the ventricles depends on preload, which depends on the proper function of the atrium. The assessment of the atrial function can provide information about hemodynamics, which can be important in diagnostics, prognosis, or evaluating the effectiveness of treatment in patients with heart failure. To assess atrial function, we can use the parameters of atrial deformation, where we determine the individual mechanical phases of the cycle and detect early changes in function. In this review article, we summarize the available data about atrial deformation parameters in individual phenotypes of heart failure. Fig. 2, Tab. 2, Ref. 35, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Key words: atrial deformation analysis – heart failure

Bolek T, Jurica J, Pěč MJ, Mokáň M, Hudec M, Samoš M. **Parametre deformácie predsiení a ich využitie v diagnostike srdcového zlyhávania.** Cardiology Lett. 2025;34(2):93–100

Abstrakt. Úloha echokardiografického zobrazenia u pacientov so srdcovým zlyháváním sa prioritne zameriava na stanovenie systolickej a diastolickej funkcie ľavej komory, pričom stanovenie parametrov deformácie ľavej komory tzv. globálneho longitudinálneho strainu (GLS) má význam pri detekcii subklinickej dysfunkcie komôr. Funkcia komôr závisí od ich plnenia, pričom plnenie je dependentné od správnej funkcie predsiení. Hodnotenie funkcie predsiení nám môže podávať presnejšie informácie o hemodynamike, čo môže mať význam v diagnostike, stanovení prognózy, či hodnotení účinnosti liečby. Na hodnotenie funkcie predsiení vieme využiť parametre deformácie predsiení, kde stanovujeme jednotlivé mechanické fázy cyklu a vieme detegovať už skoré

Z ¹I. internej kliniky, Jesseniova lekárska fakulta UK v Martine a ²Oddelenia akútnej kardiológie, Stredoslovenský ústav srdcových a cievnych chorôb, a. s., Banská Bystrica, Slovenská republika
Do redakcie došlo dňa 6. marca 2025; prijaté dňa 4. apríla 2025

Adresa pre korešpondenciu: doc. MUDr. Tomáš Bolek, PhD., I. interná klinika, Jesseniova lekárska fakulta UK v Martine, Kollárova 2, 036 59 Martin, Slovenská republika, e-mail: ato.bolek@gmail.com

zmeny funkcie predsiení. V tomto prehľadovom článku sumarizujeme dostupné dáta o využití predsieňových parametrov deformácie u jednotlivých fenotypov srdcového zlyhávania. Obr. 2, Tab. 2, Lit. 35, on-line full text (Free, PDF), www.cardiologyletters.sk

Kľúčové slová: parametre deformácie predsiení – srdcové zlyhávanie

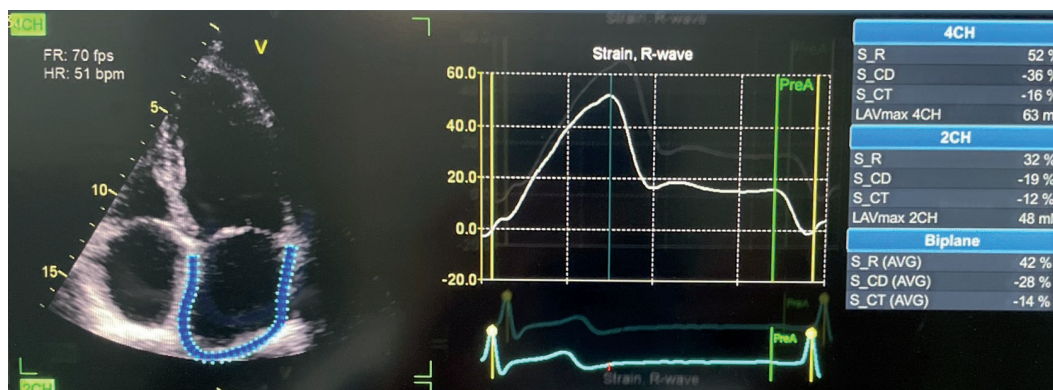
Srdcové zlyhávanie (SZ) je závažný klinický stav, spojený s komplexnými patologickými zmenami, ktoré vedú nielen k dysfunkcii komôr, ale aj predsiení. Echokardiografická diagnostika SZ sa v klinickej praxi zameriava na stanovenie systolickej a diastolickej funkcie ľavej komory (LK), pričom stanovenie parametrov deformácie LK, tzv. globálneho longitudinálneho strainu (GLS) má význam pri detekcii subklinickej systolickej a diastolickej dysfunkcie komôr. Funkcia komôr závisí od ich plnenia, pričom plnenie je dependentné od funkcie predsiení. Pri hodnotení zmien na predsieňach u pacientov so SZ sa rutinne využívajú morfológické parametre, ako je indexovaný objem, priemer a plocha ľavej predsene (LP). Parametre deformácie predsiení môžu stanoviť jednotlivé mechanické fázy cyklu, kde môžeme detegovať ich dysfunkciu už pred poškodením komôr. V tomto článku sumarizujeme doposiaľ dostupné dáta o využití parametrov deformácie predsiení u pacientov s jednotlivými fenotypmi SZ.

Parametre deformácie ľavej predsene

Tieto parametre sa používajú na hodnotenie funkcie LP, pričom najdostupnejším je v klinickej praxi tzv. speckle

tracking echokardiografia (STE), ktorá je schopná stanoviť predsieňové deformačné parametre (atriálny strain), čím nám umožňuje hodnotenie všetkých fáz funkcie LP, tzv. rezervoárovej, konduktnej a kontraktilnej. Rezervoárová funkcia popisuje plnenie LP pľúcnymi žilami počas systoly LK. Počas tejto fázy sa predsieň zväčšuje, v konduktnej fáze dochádza k pasívnemu plneniu LK z LP počas skorej diastoly LK a následne v kontraktilnej fáze dochádza k skráteniu LP a jej vyprázdneniu do LK (1). Parametre deformácie LP vieme stanoviť aj pomocou magnetickej rezonancie srdca (CMR), avšak jej použitie v klinickej praxi je obmedzené pre horšiu dostupnosť CMR. Preukázala sa aj variabilita v meraniach v porovnaní so STE (2). Okrem CMR máme možnosť stanoviť parametre deformácie LP aj pomocou CT srdca, ktoré v komparatívnych štúdiách preukazuje porovnateľné výsledky s STE (3, 4). Zlatým štandardom však stále zostáva STE, kde sa odporúča stanovenie z apikálnej, štvordutinovej, neskrátenej projekcie s referenčným iníciačným bodom v enddiastole komôr (**obrázok 1**) (5).

Normálne hodnoty LAS vychádzajú z viacerých publikovaných štúdií u zdravých jedincov, pričom tieto hodnoty sa môžu mierne odlišovať na základe použitého hodnotiaceho softvéru a demografických faktorov (vek



Obrázok 1 Fyziologický nález strainu ľavej predsene

LASR (avg) – ľavopredsieňový strain rezervoárový, LASCD – ľavopredsieňový strain konduktný, LACT – ľavopredsieňový strain kontraktilný. Apikálna štvordutinová projekcia (z archívu autora)

a pohlavie) (5, 6, 7). V metaanalýze a systematickom prehľade 40 publikovaných štúdií na 2 542 zdravých jedincov sa preukázalo, že normálny referenčný rozsah pre rezervoárový strain LASr bol 39 % (95 % CI, 38 % – 41 %), pre konduktívny strain (LASc) 23 % (95 % CI, 21 % – 25 %) a pre kontraktívny strain (LASb) 17 % (95 % CI, 16 % – 19 %) (7). Európska asociácia kardiovaskulárneho zobrazenia (EACVI) v multicentrickej štúdii NORRE na 371 zdravých subjektoch (medián veku 45 rokov) preukázala, že priemerná hodnota LASr bola 42,5 % (36,1 až 48,0 %) pre LASc 25,7 % (20,4 až 31,8 %) a pre LASb 16,3 % (12,9 až 19,5%). Multivariačná analýza preukázala, že vek významne znižoval (bez ohľadu na pohlavie a použitý prístroj) LASr aj LASc, kým LASb sa zvyšoval (8) (tabuľka 1).

Parametre deformácie pravej predsieni

Podobne ako pri ľavej predsieni je fyziologická funkcia pravej predsieni (PP) rozdelená do troch hlavných fáz: 1. Rezervoárová, ktorá vytvára zásobník pre systémovú krv po uzavretí trikuspidálnej chlopne (TV) (závisí najmä od venózneho návratu, poddajnosti PP a longitudinálnej kontrakcie PK); 2. Konduktívna, pri ktorej dochádza k pasívnemu plneniu zo systémového riečiska do PK po otvorení TV (závisí od diastolickej funkcie PK); 3. Kontraktívna fáza, pri ktorej dochádza k enddiastolickej kontrakcii PP (funguje ako "booster pump") na podporu plnenia PK (táto fáza závisí od kontraktívnej schopnosti PP a od enddiastolického tlaku v PK) (9).

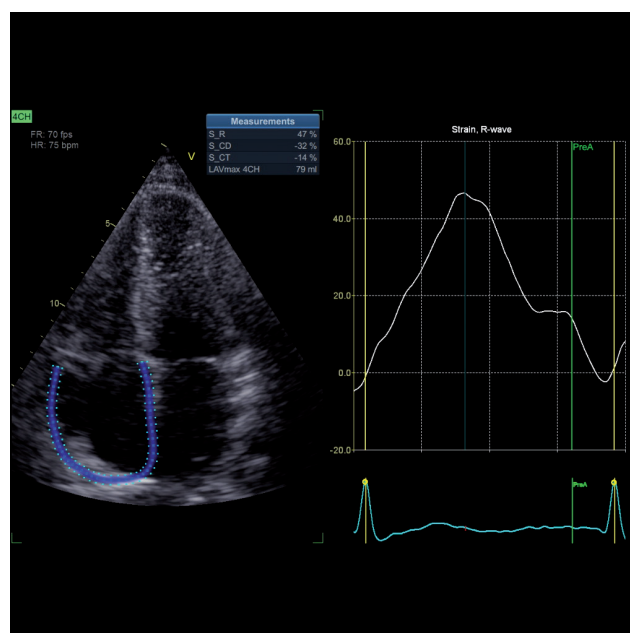
Parametre deformácie PP (strain) predstavujú mechanickú funkciu PP a úzko súvisia s mechanickou funkciou PK (10). Meranie PP strainu (RAS) je možné pomocou viacerých metodík, ako je tkanivový dopler (TDI), 2D strain alebo 3D strain. Meranie strainu PP pomocou TDI má limitácie v hodnotení jednotlivých segmentov vzhľadom na vysokú závislosť od dopplerovského uhla, nevyhnutnosť používania vyšších snímkovacích frekvencií (frame rate), v závislosti od extrakardiálnych pohybov, translácií srdca a tetheringu susediacich segmentov myokardu (11). 2D RAS nie je uhol dependentný, má nízku závislosť od plnenia PP a je relatívne rezistentný na translačný pohyb (12). Ďalšou možnosťou merania je 3D RAS, ktorý má výhodu v tom, že speckles (body) možno hodnotiť viacerými smermi, nevýhodou je fi-

Tabuľka 1 Priemerné hodnoty LAS u zdravých jedincov v jednotlivých vekových skupinách v štúdii EACVI NORRE (8)

Vek	20 – 40 rokov	40 – 60 rokov	> 60 rokov
LA rezervoárový strain (%)	46,8 % (42,3 – 52,4 %)	40,9 % (35,4 – 46,1 %)	35,5 % (30,9 – 41,9 %)
LA konduktívny strain (%)	30,6 % (26,8 – 36,5 %)	24,1 % (19,7 – 29,3 %)	18,6 % (14,7 – 22,6 %)
LA kontraktívny strain (%)	15,6 % (11,9 – 19,0 %)	16,3 % (13,2 – 19,6 %)	16,8 % (13,6 – 21,4 %)

nančná, časová náročnosť a dostupnosť (12). Podľa konsenzu EACVI/ASE z roku 2018 sa na hodnotenie 2D RAS konturuje od začiatku trikuspidálneho prstenca po endokarde PP od bočnej steny, cez hornú časť predsieni až po stenu septa a končí sa na protiláhlej časti trikuspidálneho anulu. Projekciu používame štvordutinovú apikálnu zameranú na PK, kedy vizualizujeme celú PP (12) (obrázok 2).

Normálne hodnoty vychádzajú z niekoľkých analýz na zdravých jedincoch. V štúdii na 84 jedincoch bola hodnota globálneho RAS 49 ± 13 %, kým v neskorjej diastole bola hodnota $18 \pm 6,38$ % (9). V metaanalýze 2 469 pacientov boli priemerné normálne hodnoty



Obrázok 2 Pravopredsienový strain (RAS) normálny ná-
lez, štvordutinová apikálna projekcia zameraná na pravú
komoru (z archívu autora)

RAS v rezervoárovej fáze (RASr) 42,7 % (95 % CI, 39,4 – 45,9 %) v konduktnej fáze (RASc) 23,6 % (95 % CI, 20,7 – 26,6 %) a v kontraktnej fáze (RASb) 16,1 % (95 % CI, 13,6 – 18,6 %) (10). Svetová aliancia echokardiografických spoločností preukázala, že RAS je tiež závislý od veku a pohlavia. RAS je významne dependentný od pohlavia, čo sa u LAS nepotvrdilo. Rezervoárový a konduktný RAS bol vyšší u žien (13) (**tabuľka 2**). V ďalšej metaanalýze 21 štúdií bol priemerný RASr 44 % (95 % CI, 25 – 63 %), RASc 18 % (95 % CI, 7 – 28 %, RASb 17 % (95 % CI, 2 – 32 %), avšak bola identifikovaná signifikantná medzištúdiová heterogenita výsledkov (11). Práve pre nekonzistentné dáta sú normálne hodnoty RAS stále kontroverzné a bude nevyhnutná v rámci tejto problematiky realizácia ďalších štúdií, ktoré definitívne stanovia RAS u zdravých jedincov.

Ľavopredsieňový strain (LAS) u pacientov so srdcovým zlyhávaním so zachovanou ejekčnou frakciou ľavej komory (HFpEF)

Rôzne štádiá srdcového zlyhávania (SZ) môžu mať rôzne echokardiografické nálezy s rôznymi funkčnými zmenami a rôznymi hodnotami LAS, môžu odrážať tuhosť predsiení, zvýšený plniaci komorový tlak (LVEDP) a skorú diastolickú dysfunkciu. Nevýhodou je, že u pacientov so zachovanou ejekčnou frakciou ĽK (HFpEF) a FP, ktoré sú často v koincidencii, nie je spoľahlivo hodnotiteľný. Vplyv na meranie má aj významná mitrálna regurgitácia (14, 15). V doposiaľ publikovaných štúdiách sa ukázala najmä jeho prognostická funkcia, význam pri hodnotení LVEDP a diagnostike HFpEF.

Použitelnosť 2D LAS bola hodnotená vo viacerých štúdiách u pacientov s HFpEF. Freed H et al. preukázali v štúdiu u 308 pacientov s HFpEF, že zníženie LASr ($36,2 \pm 14,9$ %) štatisticky signifikantne korelovalo s nežiaducimi KV príhodami (smrť z KV príčin, hospitalizácia

pre SZ) a tiež bola signifikantne asociovaná so zvýšenou pľúcnou vaskulárnou rezistenciou a maximálnou spotrebou kyslíka. U pacientov s HFpEF boli identifikované signifikantne znížené hodnoty LASc aj LASb, tie ale nekorelovali s klinickými príhodami u pacientov s HFpEF (16). Použitelnosť LAS pri odlíšení HFpEF od nekardiálneho dyspnoe bola testovaná v prospektívnej štúdii u 363 pacientov, u ktorých bolo realizované aj invazívne testovanie za účelom vylúčenia HFpEF od nekardiálneho dyspnoe. V tejto práci bol štatisticky signifikantne nižší LASr (29 ± 16 % vs. 40 ± 13 %, $P < 0,0001$), aj LASc (18 ± 10 % vs. 22 ± 10 %, $p = 0,0001$) u pacientov s HFpEF v porovnaní s pacientmi s nekardiálnym dyspnoe. V tejto štúdii najlepšie koreloval znížený LASr s diagnózou HFpEF (17).

V ďalšej prierezovej štúdii porovnávajúcej LAS u pacientov s HFpEF so zdravými jedincami boli štatisticky významne redukované LASr, LASc, LASb ($19,97 \pm 9,18$ %; $9,08 \pm 6,18$ %; $10,89 \pm 5,16$ %; vs. zdraví jedinci $34,7 \pm 5,38$ %; $17,33 \pm 5,72$ %; $17,38 \pm 4,41$ % $p < 0,001$) (18). V recentne publikovanom prospektívnom sledovaní u 211 pacientov bol hodnotený tzv. LAS index (LASI), (vypočítaný z celej krivky LAS na základe algoritmu), kde sa predpokladala korelácia s LVEDP. V tejto práci LASI signifikantne negatívne koreloval s LVEDP aj so stanovenými klinickými endpointami (hospitalizácia pre SZ a celková mortalita) (19).

Využitie LAS u pacientov s HFpEF v predikcii fibrilácie predsiení (FP) bolo hodnotené v štúdii u 170 pacientov s HFpEF, sledovaných počas 49 mesiacov, kde LASr a LASb ($\leq 12,7$ %, LASb $\leq 29,4$ %), boli nezávislými silnými prediktívnymi faktormi pre vznik FP (20).

U fenotypu pacientov s HFpEF a zachovaným GLS ĽK (HFpEF-pLS) (napríklad pacienti s atriálnou dysfunkciou, chronotropnou inkompetenciou, pľúcnym vaskulárnym ochorením, nebalancovanou objemovou distribúciou, nízkou periférnou extrakciou kyslíka) je kľúčové práve hodnotenie LAS, pričom dysproporcía medzi zníženým

Tabuľka 2 Normálne hodnoty RAS z metaanalýzy štúdií, adjustované na vek a pohlavie (13)

Pohlavie	Muži			Ženy		
Vek	18 – 40 rokov	41 – 65 rokov	≥ 65 rokov	18 – 40 rokov	41 – 65 rokov	≥ 65 rokov
RA rezervoárový strain (%)	50,0 ± 11,9	40,9 ± 10,9	38,5 ± 11,5	54,8 ± 12,7	42,1 ± 10,4	38,4 ± 9,5
RA konduktný strain (%)	22,5 ± 6,8	16,2 ± 6,0	13,2 ± 6,0	23,7 ± 7,3	16,8 ± 5,9	12,9 ± 5,9
RA kontraktálny strain (%)	30,0 ± 10,2	26,6 ± 8,5	25,5 ± 9,1	31,3 ± 10,9	25,6 ± 8,2	25,7 ± 8,9

LAS a zachovaným GLS poukazuje na priame poškodenie LP, ktoré môže byť primárnym patofyziologickým problémom HFpEF. Recentne publikovaná práca poukazuje na to, že napriek lepšej diastolickej funkcii LK majú títo pacienti horší hemodynamický profil charakterizovaný vyšším tlakom v pľúcnici a vyššou pľúcnou vaskulárnou rezistenciou spolu s nižším tepovým objemom (21). Stratégia súčasného stanovenie GLS a LAS má potenciál komplexnejšieho porozumenia špecifických postihnutí u pacientov s HFpEF.

V štádiu akútnej dekompenzácie u pacientov s HFpEF doposiaľ nie je známa úloha stanovenia LAS. V nami realizovanej prospektívnej štúdii u pacientov s HFpEF v štádiu akútnej dekompenzácie bol signifikantne redukovaný LASr v porovnaní so zdravými jedincami ($12,2 \pm 6,9 \%$ vs. $40,3 \pm 7,4 \%$, $p < 0,05$) (22).

Využitie LAS u pacientov s HFpEF má veľký potenciál v diagnostike HFpEF, nepriamom stanovení plniacich tlakov LK, fenotypickom zhodnotení HFpEF, ale aj v štádiu akútnej dekompenzácie HFpEF pri včasnej identifikácii rizikových pacientov. Vyšetrenie LAS u pacientov s HFpEF preto môže priniesť cenné informácie v ďalšom manažmente.

Ľavopredsieňový strain (LAS) u pacientov so srdcovým zlyhávaním s ľahko redukovanou ejekčnou frakciou ľavej komory (HFmrEF)

V dostupnej literatúre je len obmedzené množstvo dát, ktoré by sa špecificky venovali problematike LAS u pacientov s HFmrEF. V štúdii, ktorá porovnávala LAS u pacientov s HFpEF, HFmrEF so zdravými jedincami, mali títo pacienti signifikantne redukovaný LAS vo všetkých fázach v oboch skupinách v porovnaní so zdravou kontrolou. Pri porovnaní pacientov s HFmrEF a HFpEF pacienti s HFmrEF mali signifikantne nižší LASr $26,2 \%$ ($24,9 - 27,5 \%$) vs. $20,6 \%$ ($19,1$ vs. $22,2 \%$), $p \leq 0,001$, LASb $13,1 \%$ ($12,3 - 13,8$) vs. $10,7 \%$ ($9,4 - 12,0 \%$), $p \leq 0,001$ a nevýznamne nižší LASc $13,0 \%$ ($12,3 - 13,8 \%$) vs. $10,7 \%$ ($9,4 - 12,0 \%$) $p = 0,003$ v porovnaní s pacientmi s HFpEF (23).

V kohortovej štúdii HAFAC boli zaradení aj pacienti s HFmrEF. Táto štúdia sledovala koreláciu medzi LASr a NTproBNP a ich prognostickú hodnotu pre celkovú mortalitu a hospitalizáciu pre SZ. V tejto práci LASr

inverzne koreloval s NTproBNP a predikcia stanovených endpointov v porovnaní s NTproBNP mala porovnateľnú špecifitu (84% vs. 83%), ale nižšiu senzitivitu (61% vs. 70%) (24). Maffei C et al. realizovali prospektívnu štúdiu, kde preukázali, že redukovaný LASr u pacientov s HFpEF a HFmrEF bol citlivým markerom na zníženú maximálnu cvičebnú kapacitu (25).

Redukovaný LAS u pacientov s HFmrEF môže byť spojený s nepriaznivou prognózou. O jeho ďalších využitíach nie sú dostupné dáta, bude potrebná realizácia ďalších štúdií, ktoré by sa tejto problematike LAS a HFmrEF špecificky venovali.

Ľavopredsieňový strain (LAS) u pacientov so srdcovým zlyhávaním s redukovanou ejekčnou frakciou ľavej komory (HFrEF)

V porovnaní s pacientmi s HFpEF je v literatúre len obmedzené množstvo dát o LAS u pacientov s HFrEF. Deferm S et al. preukázali, že u pacientov s akútnou dekompenzáciou HFrEF bol redukovaný LAS, pričom po rekompensácii došlo k signifikantnému zvýšeniu LASr aj LASb. Nízky LASr koreloval so zvýšenou mortalitou a SZ (26). V štúdii realizovanej na našom pracovisku bol identifikovaný v čase dekompenzácie u pacientov s HFrEF signifikantne nižší LASr v porovnaní so zdravými jedincami ($13,7 \pm 8,6 \%$ vs. $40,3 \pm 7,4 \%$; $p < 0,05$) (22).

U pacientov s HFrEF sa hodnotil vplyv farmakologickej liečby na LAS. V prospektívnej štúdii liečba sacubitril/valsartanom počas šiestich mesiacov viedla k signifikantnému zlepšeniu LASr ($11,5$ vs. $16,2 \%$; $p < 0,001$) (27).

Zaujímavé výsledky prinieslo pozorovanie japonských autorov. Torii Y et al. v prospektívnej štúdii zaradili 100 pacientov s HFrEF, pričom u 28 došlo k zlepšeniu ejekčnou frakciou (EF) do HFimpEF. V tejto štúdii bol LAS nezávislým prediktorom HFimpEF s 96% senzitivitou a 82% špecifitou (28). Potenciálne využitie LASr u pacientov s HFrEF, u ktorých nie je možné stanoviť tlak v ľavej predsieni (LAP) echokardiograficky podľa ASE/EACVI algoritmu, sa testovala u 153 pacientov prognostická hodnota LASr na primárny endpoint (hospitalizácia pre SZ, implantácia ľavokomorového podporného systému, transplantácia srdca a smrť z kardiovaskulárnych príčin). V tejto štúdii bol LASr signifikantne nižší v skupine,

u ktorej nebolo možné stanoviť LAP echokardiograficky v porovnaní so skupinou, u ktorej bolo možné stanoviť LAP (15,8 % vs. 23,8 %; $p < 0,001$). Abnormálny LASr < 18 % bol asociovaný s päťnásobne vyšším primárnym endpointom (29).

Využitie LAS u pacientov s HFrEF sa zdá byť vhodným prognostickým faktorom, tiež sa zdá, že môže byť použiteľný pri hodnotení efektívnosti liečby, bude však potrebná realizácia ďalších veľkých štúdií.

Pravopredsieňový strain (RAS) u pacientov s HFpEF

U pacientov s HFpEF môže pri vzniknutej pľúcnej hypertenzii dochádzať k poškodeniu PK a následne aj PP, preto nastáva otázka, či dochádza k zmenám RAS aj u pacientov so srdcovým zlyhávaním. V recentne publikovanej štúdií, ktorá porovnávala medián RAS u pacientov s HFpEF, bol RAS signifikantne nižší 26,0 % (19,0 – 36,0 %,) vs. 32,0 % (25,0 – 40,0 %); $p < 0,001$ v porovnaní so zdravými kontrolami (30). V ďalšej práci bol tiež identifikovaný signifikantne nižší RASr u pacientov s HFpEF v porovnaní so zdravými kontrolami $27,0 \pm 17,1$ % vs. $38,6 \pm 17,1$ %; $p < 0,0001$. Nezistil sa rozdiel v RASc ani v RASb (31).

Prediktívna funkcia RAS sa hodnotila v prospektívnej štúdií, ktorá sledovala 602 pacientov s HFpEF aj HFrEF a porovnávala ich s pacientmi bez SZ. V tejto štúdií RASr a RASc nezávisle predikovali vyššiu celkovú mortalitu u pacientov s HFpEF aj HFrEF. RASb nemal žiadnu prediktívnu hodnotu (32).

Využitie RAS u pacientov s HFpEF môže byť budúcnosťou pri potvrdení diagnózy HFpEF, tiež v rámci prognostických modelov, je však nevyhnutná realizácia ďalších štúdií na väčších kohortách pacientov.

Pravopredsieňový strain (RAS) u pacientov s HFmrEF a HFrEF

O použití RAS u pacientov s HFmrEF nebola doposiaľ publikovaná žiadna štúdia, ktorá by sa špecificky tejto skupine pacientov venovala. Miah N et al. v štúdií na zhodnotenie využitia RASr pri stanovení tlaku v PP (RAP) u pacientov so SZ zaradili aj pacientov s HFmrEF. RASr

(v "cut off" hodnote – 15 %) v tejto štúdií preukázal 72 % špecifickosť a 78 % senzitivitu pri stanovení vysokého RAP (invazívne meraného) (33).

Podobne ako u pacientov s HFpEF, dysfunkcia PP môže byť identifikovaná pomocou RAS aj u pacientov s HFrEF. V prospektívnej štúdií, kde bolo sledovaných 60 pacientov s HFrEF, im bola stanovená RAS pomocou 3D speckle tracking echokardiografie a boli identifikované signifikantne znížené všetky komponenty RAS (RASr, RARc, RASb) (34).

V ďalšej práci u pacientov s HFrEF RAS koreloval s RAP, s enddiastolickým tlakom v PK, ktoré sa merali invazívne pri pravostrannej katetrizácii (35).

Prognostická funkcia RAS u pacientov s HFrEF sa hodnotila už v spomenutej štúdií, ktorá zahŕňala aj pacientov s HFpEF. V tejto práci RASr a RASc významne predikovali riziko celkovej mortality u pacientov s HFrEF (32).

Práce, ktoré by špecificky hodnotili vplyv farmakoterapie na zmeny v RAS u pacientov s HFrEF, doposiaľ neboli publikované.

Záver

Parametre deformácie predsiení odrážajú hemodynamické zmeny, ktoré sa dejú v ľavom a pravom srdci u pacientov s SZ, pričom sa zdajú byť použiteľnou metódou najmä u pacientov s HFpEF, kde môžu pomôcť pri diagnostike a určení prognózy. U ďalších fenotypov SZ majú taktiež potenciál na včasnú diagnostiku či možné určenie prognózy. Bude však potrebná realizácia ďalších štúdií, ktoré by tieto tvrdenia potvrdili na väčších kohortách pacientov.

Literatúra

1. Man DE, Motofelea AC, Buda V, Velimirovici DE, Bodea O, Duda-Seiman DM, et al. Left Atrial Strain in Patients with Chronic Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Narrative Review. *Life* 2025;15:313.
2. Cau R, Bassareo P, Suri JS, Pontone G, Saba L. The emerging role of atrial strain assessed by cardiac MRI in different cardiovascular settings: an up-to-date review. *Eur Radiol.* 2022 Jul;32:4384-4394. doi: 10.1007/s00330-022-08598-6. Epub 2022 Apr 22. PMID: 35451607; PMCID: PMC9213357.
3. Szilveszter B, Nagy AI, Vattay B, Apor A, Kolosváry M, Bartykowszki A, et al. Left ventricular and atrial strain imaging with cardiac

- computed tomography: Validation against echocardiography. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2020;14:363-369. doi: 10.1016/j.jcct.2019.12.004. Epub 2019 Dec 11. PMID: 31859239.
4. Xie WH, Chen LJ, Hu LW, Ouyang RZ, Guo C, Sun AM, et al. Cardiac Computed Tomography-Derived Left Atrial Strain and Volume in Pediatric Patients With Congenital Heart Disease: A Comparative Analysis With Transthoracic Echocardiography. *Front Cardiovasc Med.* 2022;20:870014. doi: 10.3389/fcvm.2022.870014. PMID: 35795359; PMCID: PMC9251122.
 5. Badano LP, Kolias TJ, Muraru D, Abraham TP, Aurigemma G, Edvardsen T, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J – Cardiovascular Imaging.* 2018;19:591–600. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jey042>
 6. O'Neill T, Kang P, Hagendorff A, Tayal B. The Clinical Applications of Left Atrial Strain: A Comprehensive Review. *Medicina* 2024;60:693. <https://doi.org/10.3390/medicina60050693> <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4780261/>
 7. Pathan F, D'Elia N, Nolan MT, Marwick TH, Negishi K. Normal Ranges of Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr.* 2017;1:59-70.e8. doi: 10.1016/j.echo.2016.09.007. Epub 2016 Oct 27. PMID: 28341032.
 8. Sugimoto T, Robinet S, Dulgheru R, Bernard A, Ilardi F, Contu L, et al. NORRE Study. Echocardiographic reference ranges for normal left atrial function parameters: results from the EACVI NORRE study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2018;19:630-638. doi: 10.1093/ehjci/jey018. PMID: 29529180.
 9. Padeletti M, Cameli M, Lisi M, Malandrino A, Zacà V, Mondillo S. Reference values of right atrial longitudinal strain imaging by two-dimensional speckle tracking. *Echocardiography.* 2012;29:147-152.
 10. Hosseinsabet A, Mahmoudian R, Jalali A, Mohseni-Badalabadi R, Davarparand T. Normal ranges of right atrial strain and strain rate by two-dimensional speckle-tracking echocardiography: a systematic review and meta-analysis. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:771647.
 11. Krittanaawong C, Maitra NS, Hassan Virk HU, Farrell A, Hamzeh I, Arya B, et al. Normal Ranges of Right Atrial Strain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2023;16:282-294. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.06.022. Epub 2022 Sep 14. PMID: 36648033.
 12. Peluso D, Badano LP, Muraru D, Dal Bianco L, Cucchini U, Kocabay G, et al. Right atrial size and function assessed with three-dimensional and speckle-tracking echocardiography in 200 healthy volunteers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14:1106-1114. doi: 10.1093/ehjci/jet024. Epub 2013 Feb 19. PMID: 23423966.
 13. Soulat-Dufour L, Addetia K, Miyoshi T, Citro R, Daimon M, Fajardo PG, et al. Normal Values of Right Atrial Size and Function According to Age, Sex, and Ethnicity: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2021;34:286-300. doi: 10.1016/j.echo.2020.11.004. Epub 2020 Nov 17. PMID: 33212183.
 14. Espinola-Zavaleta N, Gonzalez-Velasquez PJ, Gopar-Nieto R, Camacho-Camacho G, Solorzano-Pinot E, Fernández-Badillo V, et al. Right Atrial and Right Ventricular Function Assessed by Speckle Tracking in Patients with Inferior Myocardial Infarction. *Rev Cardiovasc Med.* 2022;23:123. doi: 10.31083/j.rcm2304123. PMID: 39076237; PMCID: PMC11274035.
 15. Silva MR, Sampaio F, Braga J, Ribeiro J, Fontes-Carvalho R. Left atrial strain evaluation to assess left ventricle diastolic dysfunction and heart failure with preserved ejection fraction: a guide to clinical practice : Left atrial strain and diastolic function. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023;39:1083-1096. doi: 10.1007/s10554-023-02816-y. Epub 2023 Feb 24. PMID: 36826616.
 16. Freed BH, Daruwalla V, Cheng JY, Aguilar FG, Beussink L, Choi A, et al. Prognostic Utility and Clinical Significance of Cardiac Mechanics in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Importance of Left Atrial Strain. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2016;9:10.1161.
 17. Reddy YNV, Obokata M, Egbe A, Yang JH, Pislaru S, Lin G, et al. Left atrial strain and compliance in the diagnostic evaluation of heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail.* 2019;21:891-900. doi: 10.1002/ehf.1464. Epub 2019 Mar 28. PMID: 30919562.
 18. Dang HNN, Luong TV, Ho BH, Hoang TA, Mai AX, Nguyen HM. Comparing the value of left atrial strain and HFA-PEFF score in diagnosing heart failure with preserved ejection fraction: a cross-sectional study medRxiv. 2024.05.16.24307480; doi: <https://doi.org/10.1101/2024.05.16.24307480>
 19. Chua APA, Achten A, Weerts J, Nabeta T, Sarrazyn C, Lopez-Santi MP, et al. Prognostic value of left atrial strain index (LASI) in patients with heart failure with preserved ejection fraction, *Eur Heart J – Cardiovascular Imaging.* 2025;26(Supplement_1):jeae333.324, <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeae333.324>
 20. Jasic-Szpak E, Marwick TH, Donal E, Przewlocka-Kosmala M, Huynh Q, Gozdzik A, et al. Prediction of AF in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: Incremental Value of Left Atrial Strain. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2021;14:131-144. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.07.040. PMID: 33413883.
 21. Patel RB, Lam CSP, Svedlund S, Saraste A, Hage C, Tan RS, et al. Disproportionate left atrial myopathy in heart failure with preserved ejection fraction among participants of the PROMIS-HFpEF study. *Sci Rep.* 2021;11:4885.
 22. Jurica J, Péč MJ, Cingel M, Bolek T, Barbierik Vachalcová M, Horná S, et al. Left Ventricular and Atrial Deformation in Patients with Acute Decompensated Heart Failure: A Pilot Study. *Diagnostics (Basel).* 2024;14:1368. doi: 10.3390/diagnostics14131368. PMID: 39001258; PMCID: PMC11240885.
 23. Al Saikhan L, Hughes AD, Chung WS, Alsharqi M, Nihoyannopoulos P. Left atrial function in heart failure with mid-range ejection fraction differs from that of heart failure with preserved ejection fraction: a 2D speckle-tracking echocardiographic study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2019;20:279-290. doi: 10.1093/ehjci/jey171. PMID: 30517648; PMCID: PMC6383056.
 24. Bouwmeester S, van der Stam JA, van Loon SLM, van Riel NAW, Boer AK, Dekker LR, et al. Left atrial reservoir strain as a predictor of cardiac outcome in patients with heart failure: the HaFaC cohort study. *BMC Cardiovasc Disord.* 2022;22:104. doi: 10.1186/s12872-022-02545-5. PMID: 35287575; PMCID:

25. Maffei C, Morris DA, Belyavskiy E, Kropf M, Radhakrishnan AK, Zach V, et al. Left atrial function and maximal exercise capacity in heart failure with preserved and mid-range ejection fraction. *ESC Heart Fail.* 2021;8:116–128. doi: 10.1002/ehf2.13143. Epub 2020 Dec 8. PMID: 33295106; PMCID: PMC7835603.
26. Deferm S, Martens P, Verbrugge FH, Bertrand PB, Dauw J, Verhaert D, et al. Mechanics in Decompensated Heart Failure: Insights From Strain Echocardiography With Invasive Hemodynamics. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020;13:1107–1115. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.12.008. Epub 2020 Jan 15. Erratum in: *JACC Cardiovasc Imaging.* 2020;13:1862. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.07.001. PMID: 31954642.
27. Brás PG, Gonçalves AV, Branco LM, Moreira RI, Pereira-da-Silva T, Galrinho A, et al. Sacubitril/Valsartan Improves Left Atrial and Ventricular Strain and Strain Rate in Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *Life (Basel).* 2023;13:995. doi: 10.3390/life13040995. PMID: 37109524; PMCID: PMC10142440.
28. Torii Y, Kusunose K, Hirata Y, Nishio S, Ise T, Yamaguchi K, et al. Left Atrial Strain Associated with Functional Recovery in Patients Receiving Optimal Treatment for Heart Failure. *J Am Soc Echocardiogr.* 2021;34:966–975.e2. doi: 10.1016/j.echo.2021.03.016. Epub 2021 Apr 20. PMID: 33852960.
29. Aga YS, Abou Kamar S, Chin JF, van den Berg VJ, Strachinaru M, Bowen D, et al. Potential role of left atrial strain in estimation of left atrial pressure in patients with chronic heart failure. *ESC Heart Fail.* 2023;10:2345–2353. doi: 10.1002/ehf2.14372. Epub 2023 May 8. PMID: 37157926; PMCID: PMC10375167.
30. Tatsis E, Papadopoulos C, Oikonomidis D, Tasoulis A, Kouloulis I, Floropoulou C, et al. Left and right atrial strain in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J – Cardiovascular Imaging.* 2025;26(Supplement_1):jeae333.307, <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeae333.307>
31. Kagami K, Harada T, Yoshida K, Amanai S, Kato T, Wada N, et al. Impaired Right Atrial Reserve Function in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2022;35:836–845. doi: 10.1016/j.echo.2022.03.006. Epub 2022 Mar 10. PMID: 35283241.
32. Jain S, Kuriakose D, Edelstein I, Ansari B, Ansari B, Oldland G, et al. Right Atrial Phasic Function in Heart Failure With Preserved and Reduced Ejection Fraction. *JACC: Cardiovascular Imaging.* 2019;12:1460–1470. ISSN 1936-878X, <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.08.020>.
33. Miah N, Faxén U, Lund HL, Ashwin Venkateshvaran A. Diagnostic utility of right atrial reservoir strain to identify elevated right atrial pressure in heart failure. *International Journal of Cardiology.* 2021;324:227–232. ISSN 0167-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.008>.
34. Vijăiac A, Vătăşescu R, Onciul S, Guzu C, Verinceanu V, Petre I, et al. Right atrial phasic function and outcome in patients with heart failure and reduced ejection fraction: Insights from speckle-tracking and three-dimensional echocardiography. *Kardiol Pol.* 2022;80:322–331. doi: 10.33963/KP.a2022.0044. Epub 2022 Feb 13. PMID: 35152396.
35. Vakilian F, Tavallaie A, Alimi H, Poorzand H, Salehi M. Right Atrial Strain in the Assessment of Right Heart Mechanics in Patients with Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *J Cardiovasc Imaging.* 2021;29:135–143. doi: 10.4250/jcvi.2020.0092. Epub 2020 Dec 4. PMID: 33605100; PMCID: PMC8099572.