



УДК 616.125.2-073.432.19:616.12-008.313.2-036/-037

ECHOCARDIOGRAPHIC ANALYSIS OF LEFT ATRIAL DEFORMATION USING THE SPECKLE TRACKING METHOD IN PREDICTING THE COURSE OF ATRIAL FIBRILLATION

ЕХОКАРДІОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЇ ЛІВОГО ПЕРЕДСЕРДЯ
МЕТОДОМ SPECKLE TRACKING У ПРОГНОЗУВАННІ ПЕРЕБІГУ ФІБРИЛЯЦІЇ
ПЕРЕДСЕРДЬ

Kozhyn M.I. / Кожин М.І.

к.м.н., проф.

ORCID: 0000-0002-8359-8890

Rynchak P.I. / Ринчак П.І.

к.м.н., доц.

ORCID: 0000-0002-7413-0970

Khodosh E.M./ Ходош Е.М..

с. т.с., проф. /к.м.н., проф.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8359-8890>

Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Nauky Ave., 4, 61022

Харківський національний медичний університет, Харків, просп. Науки 4, 61022

Анотація В роботі розглядається проблема стратифікації дисфункції правого шлуночка за ехокардіографічними критеріями. Запропоновано трьохстадійну класифікацію прогресії функціональних порушень від субклінічної дисфункції до декомпенсації. RV strain визначено як найбільш чутливий ранній маркер, що дозволяє виявляти порушення при збережених традиційних показниках. Комплексний підхід забезпечує оптимізацію клінічного менеджменту пацієнтів, особливо з легеневою гіпертензією.

Ключові слова: правий шлуночок, ехокардіографія, strain, легенева гіпертензія, дисфункція серця.

Вступ

Лівопередсердна кардіоміопатія набуває дедалі більшого визнання як окрема нозологічна одиниця в сучасній кардіології. Згідно з консенсусом Європейської асоціації серцевого ритму (EHRA) та суміжних товариств 2024 року, передсердна кардіоміопатія визначається як комплекс структурних, архітектурних, скорочувальних або електрофізіологічних змін передсердь з потенціалом клінічно значущих проявів [1].

Лікарям досі важко точно визначити, коли фібриляція передсердь виникає через первинну лівопередсердну кардіоміопатію, а коли - з інших причин. Це створює проблему, бо від правильного діагнозу залежить вибір лікування та прогноз для пацієнта[2].."



Традиційні ехокардіографічні параметри часто виявляються недостатньо чутливими для ранньої діагностики функціональних порушень. Сучасні методики візуалізації, зокрема speckle tracking ехокардіографія, дозволяють виявити субклінічні функціональні порушення навіть до розвитку структурних змін [3,4].

Мета дослідження

Визначити діагностичне значення комплексних ехокардіографічних показників, включаючи strain-аналіз, для встановлення лівопередсердної кардіоміопатії у хворих з пароксизмальною фібриляцією передсердь та порівняти особливості клінічного перебігу з фібриляцією передсердь без структурних змін передсердь.

Завдання дослідження:

1. Провести комплексну оцінку морфометричних та функціональних показників лівого передсердя за допомогою стандартної ехокардіографії та strain-аналізу
2. Встановити діагностичні критерії лівопередсердної кардіоміопатії з визначенням їх чутливості та специфічності
3. Порівняти особливості клінічного перебігу фібриляції передсердь у пацієнтів з лівопередсердною кардіоміопатією та без неї
4. Виявити незалежні предиктори агресивного перебігу фібриляції передсердь
5. Оцінити прогностичну цінність strain-аналізу лівого передсердя

Матеріали і методи

Дизайн дослідження та характеристика пацієнтів

У проспективне одноцентрове дослідження включено 80 осіб протягом 2023-2025 років:

- **Група 1:** 50 пацієнтів з пароксизмальною ФП та ехокардіографічними ознаками ЛП кардіоміопатії (26 чоловіків, 24 жінки, середній вік $64,2 \pm 8,7$ років)
- **Група 2:** 30 пацієнтів з пароксизмальною ФП без структурних змін ЛП (16 чоловіків, 14 жінок, середній вік $63,8 \pm 9,1$ років)



• **Група 3:** 30 здорових осіб (контрольна група) (16 чоловіків, 14 жінок, середній вік $62,1 \pm 7,9$ років)

Критерії включення та виключення

Критерії включення в групу 1: документована пароксизмальна ФП протягом останніх 6 місяців, індекс об'єму ЛП >34 мл/м² та/або $E/e' >14$ та/або глобальний поздовжний strain ЛП $<23\%$, відсутність гемодинамічно значущої клапанної патології, ФВ ЛШ $>50\%$, синусовий ритм на момент обстеження.

Критерії включення в групу 2: документована пароксизмальна ФП протягом останніх 6 місяців, індекс об'єму ЛП ≤ 34 мл/м², $E/e' \leq 14$, глобальний поздовжний strain ЛП $\geq 23\%$, відсутність значущої клапанної патології, ФВ ЛШ $>50\%$.

Критерії виключення: персистуюча або постійна форма ФП, вроджені вади серця, гострий коронарний синдром протягом попередніх 3 місяців, активний міокардит або перикардит, попередні хірургічні втручання з приводу ФП, неякісні ехокардіографічні зображення, відмова пацієнта від участі.

Методи дослідження

Ехокардіографія: виконувалася на системі Samsung Medison V7 з датчиком RA1-5A (1-5 МГц) згідно з рекомендаціями ASE та EACVI [6]. Усі дослідження проводилися одним досвідченим спеціалістом в міжприступний період при синусовому ритмі.

Strain-аналіз: виконувався за допомогою програмного забезпечення EchoPAC версії 203 з частотою кадрів 60-80/секунду [4]. Оцінювався глобальний поздовжний strain лівого передсердя в апікальних проекціях при стабільному синусовому ритмі.

Додаткові методи: 24-годинне холтерівське моніторування ЕКГ, визначення рівня NT-proBNP імуноферментним методом. Усі пацієнти отримували стандартну медикаментозну антиаритмічну терапію відповідно до клінічних рекомендацій.

Протокол спостереження

Спостереження тривало 24 місяці з контрольними оглядами кожні 6 місяців,



які включали клінічне обстеження, ЕКГ, ехокардіографію та визначення NT-proBNP. Первинною кінцевою точкою був перехід у персистуючу форму ФП, вторинними - розвиток серцевої недостатності та динаміка біомаркерів.

Статистичний аналіз

Статистична обробка проводилася за допомогою IBM SPSS версії 26.0. Використовувався дисперсійний аналіз (ANOVA) з post hoc тестом Тьюкі, кореляційний аналіз Пірсона. Критичний рівень значущості $p < 0,05$. Дані представлені як середнє $\pm$ стандартне відхилення.

Результати

Морфометричні та функціональні показники лівого передсердя

Комплексна ехокардіографічна оцінка виявила статистично значущі відмінності між групами за всіма досліджуваними параметрами (Таблиця 1).

Таблиця 1. Основні ехокардіографічні показники лівого передсердя

Показник	Група 1 (n=50)	Група 2 (n=30)	Група 3 (n=30)	p
Морфометричні показники				
Об'єм ЛП максимальний, мл	68,4 $\pm$ 12,2#	45,8 $\pm$ 8,4†‡	44,8 $\pm$ 7,6	<0,001
Індекс об'єму ЛП, мл/м ²	42,3 $\pm$ 6,8#	28,9 $\pm$ 3,8†	28,4 $\pm$ 3,2	<0,001
Площа ЛП в систолу, см ²	24,8 $\pm$ 3,2#	20,1 $\pm$ 2,4†‡	18,6 $\pm$ 2,1	<0,001
Функціональні показники				
Фракція спорожнення ЛП, %	38,2 $\pm$ 7,4#	52,1 $\pm$ 6,8†‡	56,8 $\pm$ 6,2	<0,001
Глобальний strain ЛП, %	18,4 $\pm$ 4,2#	31,2 $\pm$ 4,6†‡	39,2 $\pm$ 5,8	<0,001
Швидкість деформації ЛП, с ⁻¹	0,98 $\pm$ 0,24#	1,65 $\pm$ 0,31†‡	2,12 $\pm$ 0,38	<0,001
Діастолічна функція ЛШ				
E/e' середнє	16,8 $\pm$ 4,2#	10,1 $\pm$ 2,8†‡	8,9 $\pm$ 2,1	<0,001
e' септальний, см/с	6,2 $\pm$ 1,8#	8,1 $\pm$ 2,0†‡	9,8 $\pm$ 2,1	<0,001
e' латеральний, см/с	7,8 $\pm$ 2,1#	10,6 $\pm$ 2,4†‡	Група 12,4 $\pm$ 2,8	<0,001
Біомаркери				
NT-proBNP вихідний, пг/мл	284 $\pm$ 92#	156 $\pm$ 68†‡	98 $\pm$ 45	<0,001

$p < 0,001$ vs групи 2 та 3; † $p < 0,001$ vs групи 1; ‡ $p < 0,05$ vs групи 3

Авторська розробка

Діагностична цінність ехокардіографічних критеріїв

• **Індекс об'єму ЛП >34 мл/м²:** виявлений у 100% пацієнтів групи 1, 17% групи 2 та 0% групи 3 (чутливість 100%, специфічність 72%)



• **Глобальний strain ЛП <23%:** виявлений у 100% пацієнтів групи 1, 0% групи 2 та 0% групи 3 (чутливість 100%, специфічність 100%)

• **E/e' >14:** виявлено у 100% пацієнтів групи 1, 23% групи 2 та 0% групи 3 (чутливість 100%, специфічність 62%)

Комбінація усіх трьох критеріїв показала найвищу діагностичну точність для ідентифікації пацієнтів з лівопередсердною кардіоміопатією.

Клінічні результати довгострокового спостереження

Таблиця 2. Клінічні результати протягом 24-місячного спостереження

Показник	Група 1 (ЛП КМП)	Група 2 (ФП без КМП)	p
Збереження пароксизмальної ФП, %			
6 місяців	68 (34/50)	90 (27/30)	0,02
12 місяців	46 (23/50)	83 (25/30)	<0,001
24 місяці	32 (16/50)	77 (23/30)	<0,001
Розвиток персистуючої ФП, %			
24 місяці	54 (27/50)	23 (7/30)	0,004
Додаткові клінічні події			
Розвиток СН зі збереженою ФВ	92% (46/50)	31% (9/30)	<0,001
Госпіталізації з приводу СН	38% (19/50)	10% (3/30)	0,006
NT-proBNP наприкінці, пг/мл	687±145	178±82	<0,001

Авторська розробка

Кореляційний аналіз

Виявлено сильні кореляційні зв'язки між:

- Глобальним strain ЛП та індексом об'єму ЛП ($r=-0,78$, $p<0,001$)
- E/e' та strain ЛП ($r=-0,65$, $p<0,001$)
- NT-proBNP та всіма структурно-функціональними показниками ЛП ($r=0,45-0,72$, $p<0,001$)

Обговорення

Результати дослідження демонструють принципові відмінності у клінічному перебігу фібриляції передсердь залежно від наявності структурно-функціональних змін лівого передсердя. У групі пацієнтів з лівопередсердною кардіоміопатією 54% перейшли у персистуючу форму фібриляції передсердь протягом двох років порівняно з 23% у групі без кардіоміопатії ($p=0,004$), що



узгоджується з сучасними уявленнями про роль структурного ремоделювання передсердь у прогресуванні аритмії [8].

Діагностичні критерії, запропоновані у дослідженні (індекс об'єму ЛП >34 мл/м², $E/e' >14$, глобальний strain ЛП $<23\%$), показали високу чутливість (100%) для виявлення пацієнтів з агресивним перебігом ФП. Найбільш специфічним маркером виявився глобальний поздовжній strain лівого передсердя, що демонстрував 100% специфічність для диференціації пацієнтів з передсердною кардіоміопатією [3,9].

Розвиток серцевої недостатності зі збереженою фракцією викиду у 92% пацієнтів з лівопередсердною кардіоміопатією проти 31% без кардіоміопатії ($p<0,001$) підкреслює ключову патофізіологічну роль структурно-функціональних змін передсердь у формуванні діастолічної дисфункції [10].

Значне підвищення рівня NT-proBNP у пацієнтів з передсердною кардіоміопатією (з 284 ± 92 до 687 ± 145 пг/мл) відображає прогресування міокардіальної дисфункції та може служити додатковим маркером для моніторингу ефективності лікування.

Обмеження дослідження

Обмеженнями дослідження є відносно невелика вибірка пацієнтів, одноцентровий дизайн, відсутність гістологічної верифікації змін міокарда передсердь.

Клінічне значення

Результати мають важливе практичне значення для оптимізації ведення пацієнтів з фібриляцією передсердь. Раннє виявлення лівопередсердної кардіоміопатії дозволяє ідентифікувати пацієнтів високого ризику агресивного перебігу та розглянути можливість інтенсифікації терапії.

Висновки

1. Лівопередсердна кардіоміопатія є основним патофізіологічним субстратом агресивного перебігу фібриляції передсердь з високим ризиком прогресування у персистуючу форму (54% проти 23%, $p=0,004$).

2. Комплексна ехокардіографічна оцінка з використанням критеріїв індекс



об'єму лівого передсердя >34 мл/м², $E/e' >14$ та глобальний strain лівого передсердя $<23\%$ має найвищу діагностичну цінність для виявлення передсердної кардіоміопатії.

3. Глобальний поздовжній strain лівого передсердя є найбільш чутливим та специфічним маркером функціональних порушень передсердь (чутливість та специфічність 100%) та перевершує традиційні ехокардіографічні параметри.

4. Лівопередсердна кардіоміопатія асоціюється з високим ризиком розвитку серцевої недостатності зі збереженою фракцією викиду (92% проти 31%, $p<0,001$) та значним підвищенням рівня NT-proBNP.

5. Strain-аналіз лівого передсердя методом speckle tracking повинен бути інтегрований у стандартний алгоритм обстеження пацієнтів з фібриляцією передсердь як обов'язковий компонент комплексної оцінки.

Практичне значення результатів полягає у можливості ранньої ідентифікації пацієнтів з високим ризиком агресивного перебігу фібриляції передсердь, що дозволяє своєчасно призначити оптимальну персоналізовану терапію та поліпшити довгострокові результати лікування.

Література

1. Goette A, Corradi D, Dobrev D, et al. Atrial cardiomyopathy revisited- evolution of a concept: a clinical consensus statement of the European Heart Rhythm Association (EHRA) of the ESC, the Heart Rhythm Society (HRS), the Asian Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), and the Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). *Europace*. 2024;26(9):euae204.

2. Karakasis P, Patoulas D, Fragakis N, et al. Atrial Cardiomyopathy in Atrial Fibrillation: A Multimodal Diagnostic Framework. *Diagnostics*. 2025;15(10):1207.

3. Singh A, Addetia K, Maffessanti F, et al. LA Strain for Assessment of LV Diastolic Function: Focus on Populations with Normal LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(5):691-707.

4. Badano LP, Kolas TJ, Muraru D, 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 Cardiovasc Imaging. 2018;19(6):591-600.

5. Soulat-Dufour L, Addetia K, Miyoshi T, et al. Normal Values of Left Atrial Size and Function and the Impact of Age: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Study. J Am Soc Echocardiogr. 2022;35(2):154-164.

6. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, 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(1):1-39.

7. Sugimoto T, Robinet S, Dulgheru R, et al. Echocardiographic reference ranges for normal left atrial function parameters: results from the EACVI NORRE study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2018;19(6):630-638.

8. Khan HR, Yakupoglu HY, Kralj-Hans I, et al. Left atrial function predicts atrial arrhythmia recurrence following ablation of long-standing persistent atrial fibrillation. Circ Cardiovasc Imaging. 2023;16(4):e015352.

9. Olsen FJ, Christensen LM, Krieger DW, et al. Normal values and reference ranges for left atrial strain by speckle-tracking echocardiography: the Copenhagen City Heart Study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2021;22(1):42-51.

10. Analysis of left atrial strain in hypertrophic cardiomyopathy and its prognostic utility. Curr Probl Cardiol. 2024;49(1 Pt C):102146.

Abstract. The paper addresses the problem of right ventricular dysfunction stratification according to echocardiographic criteria. A three-stage classification of functional impairment progression from subclinical dysfunction to decompensation is proposed. RV strain is identified as the most sensitive early marker, allowing detection of abnormalities with preserved traditional parameters. The comprehensive approach ensures optimization of clinical management, especially in patients with pulmonary hypertension.

Keywords: right ventricle, echocardiography, strain, pulmonary hypertension, heart failure.

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування: дослідження проведено без зовнішнього фінансування.

Статтю надіслано 19.09.2025

©Кожин М.І.