



Сучасні можливості оцінювання геометрії лівого шлуночка

В. В. Сиволап ^{A,B,E,F}, А. О. Богун ^{*B,C,D}

Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна

А – концепція та дизайн дослідження; В – збір даних; С – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; Е – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Ключові слова:

типи геометрії лівого шлуночка, дилатація лівого шлуночка, гіпертрофія лівого шлуночка, ехокардіографія.

Запорізький медичний журнал. 2023. Т. 25, № 4(139). С. 292-296

*E-mail: yaroshangelina@gmail.com

Мета роботи – порівняти результати розподілу типів геометрії лівого шлуночка за двома класифікаціями та визначити їхні переваги та недоліки.

Матеріали та методи. До дослідження залучили 2019 пацієнтів віком від 18 до 94 років (середній вік – $57,6 \pm 16,4$ року), 51 % – чоловіки. Обстежили і практично здорових осіб, і з патологією серцево-судинної та дихальної систем. Ехокардіографію здійснили на апараті Esaote MyLab Seven (Італія) за відомою методикою. Досліджували розподіл пацієнтів за чотирма класичними типами геометрії лівого шлуночка (ЛШ), а також за класифікацією, що запропонована W. Gaasch і M. Zile. Статистичний аналіз виконали за допомогою програми Statistica for Windows 13.0 (StatSoft Inc., США; ліцензія № JPZ804I382130ARCN10-J). Якісні показники наведено як абсолютну й відносну частоти (n (%)).

Результати. Визначили такий розподіл пацієнтів за 4 класичними типами геометрії лівого шлуночка: 53,0 % осіб мали нормальну геометрію ЛШ; 10,2 % – концентричне ремоделювання; 15,6 % – концентричну гіпертрофію; 21,2 % – ексцентричну гіпертрофію. У групі нормальної геометрії лівого шлуночка 25,2 % осіб мали дилатацію лівого шлуночка. Під час розподілу пацієнтів за типами геометрії за класифікацією W. Gaasch і M. Zile отримали такі дані: нормальну геометрію ЛШ мали 26,9 % обстежених, концентричне ремоделювання – 10,2 %, концентричну гіпертрофію – 12,4 %, змішану гіпертрофію – 3,1 %, група фізіологічної та дилатаційної гіпертрофії – 11,8 %, ексцентричної гіпертрофії – 5,5 %, ексцентричного ремоделювання – 11,4 %. Крім того, сформували ще 3 групи пацієнтів, які не мають термінологічного визначення за класифікацією W. Gaasch і M. Zile (18,6 %).

Висновки. Обмеження класичних класифікацій типів геометрії лівого шлуночка полягають у тому, що не розрізняють його дилатовані варіанти. Введення додаткового критерію, що враховує дилатацію порожнини під час розподілу на типи геометрії ЛШ, покращить оцінювання прогнозу пацієнта та сприятиме індивідуалізованому визначенню патогенетичної терапії.

Key words:

left ventricular geometry, ventricular remodeling, left ventricular hypertrophy, echocardiography.

Zaporozhye medical journal, 2023. 25(4), 292-296

Modern opportunities for assessing the left ventricle remodeling

V. V. Syvolap, A. O. Bohun

Aim: To compare the results of distributing left ventricular (LV) remodeling patterns according to two classifications and identify their advantages and disadvantages.

Materials and methods. The study involved 2019 patients, aged from 18 to 94 years with a mean of 57.6 ± 16.4 years, 51 % males, apparently healthy and with cardiovascular and respiratory system pathology. Echocardiography was performed using an Esaote MyLab Seven device (Italy) according to generally accepted standards. The distribution of patients according to four classic LV remodeling patterns and according to the classification proposed by W. Gaasch and M. Zile was studied. Statistical analysis was performed using Statistica for Windows 13.0 (StatSoft Inc., USA; license No. JPZ804I382130ARCN10-J). Qualitative variables were given as absolute and relative frequency (n (%)).

Results. The distribution of patients according to 4 classic LV remodeling patterns was as follows: 53.0 % had normal LV geometry; 10.2 % – concentric remodeling; 15.6 % – concentric hypertrophy; 21.2 % – eccentric hypertrophy. At the same time, in the group of normal LV geometry, 25.2 % of people had LV dilatation. When distributing the patients by remodeling patterns according to the W. Gaasch and M. Zile classification, the following data were obtained: 26.9 % of people had normal LV geometry, concentric remodeling – 10.2 %, concentric hypertrophy – 12.4 %, mixed hypertrophy – 3.1 %, physiological and dilated hypertrophy – 11.8 %, eccentric hypertrophy – 5.5 %, eccentric remodeling – 11.4 %. In addition, 3 more groups of patients were formed, who did not have a terminological definition based on the W. Gaasch and M. Zile classification and, in total, accounted for 18.6 % of the examined.

Conclusions. The missing options of dilated left ventricle should be recognized as a limitation of the classic classifications of left ventricular remodeling patterns. The imposition of additional criteria covering the cavity dilatation in determining the left ventricular remodeling patterns improves the assessment of the patient's prognosis and contributes to a more individual selection of pathogenetic therapy.

Артеріальна гіпертензія (АГ) залишається основною причиною серцево-судинної та загальної смертності, яку можна модифікувати [1]. Зміни міокарда внаслідок переважаного тиском та/або об'ємом крові на тлі артеріальної гіпертензії, після інфаркту міокарда, а також при інших патологічних станах призводять до структурного ремоделювання лівого шлуночка (ЛШ) [2,3,4]. Традиційні класифікації типів геометрії спираються тільки на індек-

совані показники маси міокарда та відносну товщину стінки ЛШ, а ступінь дилатації порожнини шлуночка не є класифікаційним критерієм. Зазначимо, що дилатацію враховують опосередковано, шляхом додавання кінцевого діастолічного діаметра ЛШ до формули визначення маси міокарда. Разом із тим, накопичення клінічних і патофізіологічних даних сприяло розвитку уявлень щодо структурно-геометричної та функціональної перебудови

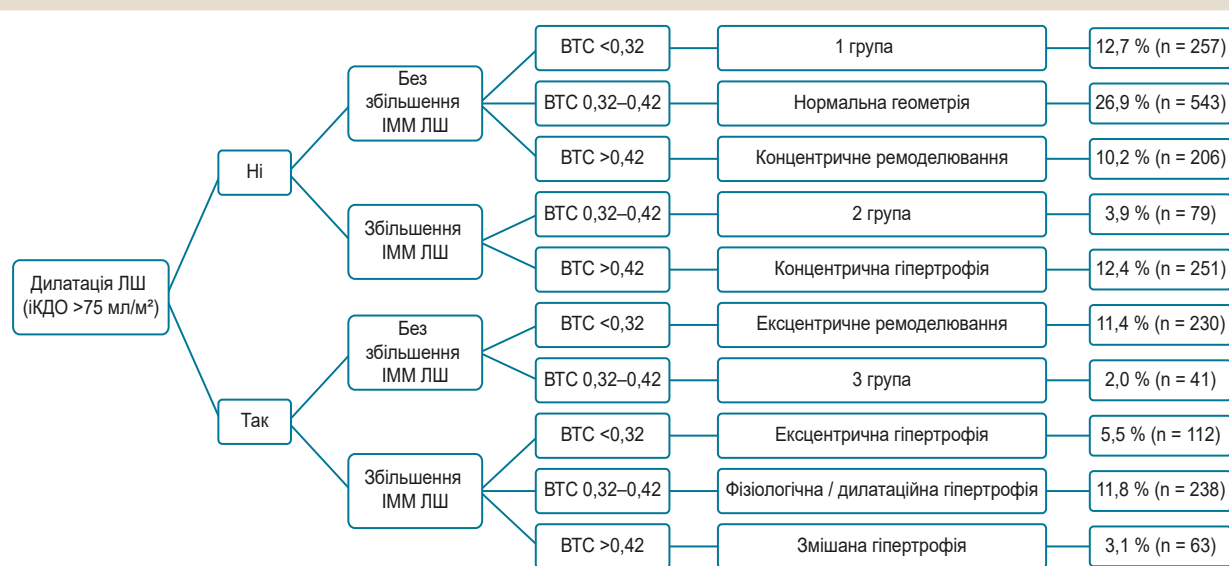


Рис. 1. Розподіл типів геометрії лівого шлуночка за класифікацією W. Gaasch s M. Zile. Дані сформовано з [7] і власних спостережень, наведено як % (n).

серця та розрізненню нових типів структурного ремоделювання ЛШ; це істотно вплинуло на удосконалення лікувальних підходів та оцінювання прогнозу [5,6,7]. Втім, прогностична цінність змін структури ЛШ порівняно зі зміною його функції залишається предметом дискусії [8,9]. Крім того, досі немає уніфікованої класифікації, і це ускладнює узагальнення та порівняння результатів різних досліджень.

Мета роботи

Порівняти результати розподілу типів геометрії лівого шлуночка за двома класифікаціями та визначити їхні переваги та недоліки.

Матеріали і методи дослідження

Обстежили 2019 пацієнтів віком від 18 до 94 років (середній вік – $57,6 \pm 16,4$ року), 51 % – чоловіки. Зокрема, обстежили 882 практично здорових осіб, 271 хворого на ішемічну хворобу серця (ІХС), 1110 хворих на гіпертонічну хворобу, 302 пацієнтів із хронічною серцевою недостатністю, 43 хворих на хронічну ревматичну хворобу серця, а також 9 пацієнтів із тяжкою бронхолегеневою патологією.

Ехокардіографію виконали на апараті Esaote MyLab Seven (Італія) за відомими правилами відповідно до рекомендацій European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) та American Society of Echocardiography (ASE).

Дослідили розподіл пацієнтів за чотирма класичними типами геометрії ЛШ [10], а також за класифікацією, що запропонована W. Gaasch і M. Zile [11].

Статистичний аналіз виконали за допомогою програми Statistica for Windows 13.0 (StatSoft Inc., США; ліцензія № JП28041382130ARCN10-J). Якісні показники наведено як абсолютну й відносну частоти (n (%)).

Результати

Визначили такий розподіл пацієнтів за 4 класичними типами геометрії лівого шлуночка: 53 % (n = 1071) мали нормальну геометрію ЛШ; 10,2 % (n = 206) – концентричне ремоделювання; 15,6 % (n = 314) – концентричну гіпертрофію; 21,2 % (n = 428) – ексцентричну гіпертрофію (табл. 1). 3-поміж 1071 осіб, які мали нормальну геометрію лівого шлуночка, 25,2 % (n = 269) мали збільшений індекс об'єму ЛШ (юЛШ) – >75 мл/м². Це свідчить про наявність у них дилатації лівого шлуночка.

При розподілі пацієнтів за типами геометрії згідно з класифікацією W. Gaasch та M. Zile отримали дані, що наведені на рис. 1. Так, нормальну геометрію ЛШ мали 26,9 % (n = 543) осіб, концентричне ремоделювання – 10,2 % (n = 206), концентричну гіпертрофію – 12,4 % (n = 251), змішану гіпертрофію – 3,1 % (n = 63), групу фізіологічної та дилатаційної гіпертрофії – 11,8 % (n = 238), ексцентричну гіпертрофію – 5,5 % (n = 112), ексцентричне ремоделювання – 11,4 % (n = 230).

Крім того, сформовано ще 3 групи пацієнтів, які не мали термінологічного визначення за класифікацією W. Gaasch і M. Zile: 1 група – 12,7 % (n = 257) осіб, в яких відносна товщина стінки (ВТС) була менша за

Таблиця 1. Розподіл типів геометрії лівого шлуночка за класичною класифікацією

Геометрія ЛШ	Індекс маси міокарда лівого шлуночка	Відносна товщина стінки	% обстежених	Кількість обстежених
Нормальна геометрія	≤ 95 г/м ² для жінок ≤ 115 г/м ² для чоловіків	$\leq 0,42$	53,0 %	1071
Концентричне ремоделювання	≤ 95 г/м ² для жінок ≤ 115 г/м ² для чоловіків	$> 0,42$	10,2 %	206
Ексцентрична гіпертрофія	> 95 г/м ² для жінок > 115 г/м ² для чоловіків	$\leq 0,42$	21,2 %	428
Концентрична гіпертрофія	> 95 г/м ² для жінок > 115 г/м ² для чоловіків	$> 0,42$	15,6 %	314

Дані сформовано з [3] і власних спостережень

0,32 при нормальному іОЛШ та індексі маси міокарда ЛШ (іММ ЛШ); 2 група – 3,9 % (n = 79), в яких індекс маси міокарда був вищий за норму, іОЛШ нормальний, а ВТС = 0,32–0,42; третя група – 2,0 % (n = 41), у яких іОЛШ вищий за 75 мл/м², а ВТС і іММ ЛШ не виходили за межі нормативних значень.

Обговорення

Класична класифікація геометрії ЛШ за 4 типами.

Рекомендації щодо використання ехокардіографії при АГ у дорослих European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) та American Society of Echocardiography (ASE) пропонують розрізнити 4 види геометрії лівого шлуночка: нормальна геометрія, концентрична ремоделювання, концентрична гіпертрофія та ексцентрична гіпертрофія [10]. Згідно з сучасними настановами, необхідно використовувати індексовані показники, що враховують антропометричні дані. Тому за цією класифікацією види геометрії ЛШ розрізняють за двома критеріями: наявність підвищення індексу маси міокарда ЛШ (іММ ЛШ), що розрахована за формулою ASE, та наявність змін в морфології ЛШ, які оцінюють за значенням відносної товщини стінки ЛШ. Верхня межа норми (ВМН) для іММ ЛШ, згідно з останніми рекомендаціями щодо кількісного оцінювання камер серця, становить 95 г/м² для жінок і 115 г/м² для чоловіків [12]. Значення ВТС мають обмеження, оскільки не відбивають справжню геометрію ЛШ у хворих з асиметричною гіпертрофією. Проте ВМН для цього показника встановлена на рівні 0,42 ум. од.

У метааналізі Q. Zheng et al. [13], до якого включено 22 дослідження з загальною кількістю пацієнтів 76 142, оцінювали характеристики та прогноз, пов'язаний із 4 традиційними моделями ремоделювання ЛШ. Розподіл за типами геометрії лівого шлуночка: нормальна геометрія – 49,7 % осіб, 31,1 % – концентричне ремоделювання, 10,5 % – концентрична гіпертрофія, 8,7 % – ексцентрична гіпертрофія.

Ми отримали майже зрівняні показники частоти виявлення нормальної геометрії ЛШ (53,0 % проти 49,7 %) та концентричної гіпертрофії ЛШ (15,6 % проти 10,5 %). Отже, майже в 50,0 % пацієнтів із цієї когорти зберігається нормальна геометрія шлуночка, тільки 10–15 % обстежених мали концентричну гіпертрофію.

За даними дослідників, саме концентрична гіпертрофія ЛШ асоційована з найвищою частотою наявності кардіометаболічних факторів ризику, серцево-судинних захворювань, поширеністю фібриляції передсердь. Порівняно з нормальною геометрією, найвищий ризик смерті від усіх причин визначили при концентричній гіпертрофії (ВР 1,97 [95 % ДІ 1,63–2,39]), але достовірно не відрізнявся від цього показника при ексцентричній гіпертрофії (ВР 1,15 [95 % ДІ 0,97–1,36]).

Ексцентрична гіпертрофія асоційована з найнижчим показником фракції викиду ЛШ, високою поширеністю фібриляції передсердь.

Концентричне ремоделювання асоційоване зі збільшенням смертності хворих від будь-яких причин порівняно з групою пацієнтів із нормальною геометрією, але ризик смерті нижчий щодо показника групи концентричної гіпертрофії. На думку авторів, ці спостереження

можуть свідчити про те, що ризик несприятливого прогнозу збільшується з розвитком гіпертрофії ЛШ незалежно від геометричних патернів.

Разом із тим, у пацієнтів із концентричною та ексцентричною гіпертрофією може бути компенсована фаза, і тоді виникає питання про те, чи є інші стратегії для виявлення фенотипів гіпертрофії ЛШ високого ризику. У зв'язку з цим, автори посилаються на дослідження [14], де вивчали розроблений ними маркер – індекс ремоделювання (remodeling index, RI), який поєднує об'єм ЛШ і потовщення міокарда.

У дослідженні S. Garg et al. [15] вивчали геометрію лівого шлуночка за допомогою МРТ у 2458 осіб, які не мали систолічної дисфункції ЛШ або ознак серцевої недостатності (СН). В когорті кардіологічних пацієнтів дослідили вплив типів геометрії ЛШ на 9-річний прогноз (кінцеві точки – смерть від серцево-судинної причини, виникнення СН). Розподіл типів геометрії ЛШ здійснили за двома принципами: у першому випадку розрізняли нормальну геометрію, концентричну та ексцентричну гіпертрофію; у другому – розрізняли підгрупи пацієнтів із гіпертрофією залежно від наявності дилатації. Автори довели, що підвищення ризику смерті від серцево-судинної патології або виникнення СН мали групи дилатованої ексцентричної гіпертрофії (16,7 %), а також обидві підгрупи концентричної гіпертрофії – і дилатована (42,9 %), і недилатована (11,1 %) порівняно з групою нормальної геометрії ЛШ (2,0 %). Разом із тим підгрупа недилатованої ексцентричної гіпертрофії (1,7 %) не відрізнялася від групи нормальної геометрії.

Якщо групи розрізняли, не враховуючи дилатацію, вірогідно значущо за кінцевою точкою відрізнялася тільки група концентричної гіпертрофії порівняно з групою нормальної геометрії. Ці дані свідчать про доцільність застосування додаткового критерію під час розподілу за типами геометрії ЛШ для покращення оцінювання прогнозу пацієнта й індивідуалізованого визначення патогенетичної терапії [7].

Спостереження за 817 пацієнтами із вихідною нормальною геометрією ЛШ у рамках дослідження PAMELA, що тривало 10 років [16], показало прогресування ремоделювання лівого шлуночка до патологічних форм у 39 % обстежених. Автори зауважили, що віддалені зміни від нормальної морфології серця до аномальної є клінічно значущим явищем на рівні громади.

Отже, пошук нових предикторів розвитку патологічних форм ремоделювання в когорті пацієнтів із нормальною геометрією ЛШ є актуальним.

Класифікація геометрії ЛШ за W. Gaasch і M. Zile.

Про обмеження класичних класифікацій, що полягають у неоптимальному розрізненні варіантів дилатованого ЛШ, наголошено в рекомендаціях 2015 року щодо використання ЕхоКС при АГ [10]. Тому пропонують застосування нової системи класифікації, що розроблена W. Gaasch і M. Zile [11].

Класифікація ґрунтується на більшій кількості показників, зокрема на іММ ЛШ, індексі об'єму ЛШ (іОЛШ; індексований показник до ППТ) і ВТС. ВМН для іММ ЛШ також становить 95 г/м² для жінок і 115 г/м² для чоловіків, для іОЛШ ВМН – 75 мл/м², для значення ВТС нормальні значення – 0,32–0,42.

У разі використання цього підходу недилатований шлуночок характеризується нормальною морфологією (iMM ЛШ = N, ioЛШ = N, ВТС = 0,32–0,42), концентричним ремоделюванням (iMM ЛШ = N, ioЛШ = N, ВТС > 0,42) або концентричною гіпертрофією (iMM ЛШ > N, ioЛШ = N, ВТС = 0,32–0,42). Розрізняють такі групи при дилатованому ЛШ із гіпертрофією: змішана гіпертрофія (iMM ЛШ > N, ioЛШ > N, ВТС > 0,42), фізіологічна гіпертрофія (iMM ЛШ > N, ioЛШ > N, ВТС = 0,32–0,42), ексцентрична гіпертрофія (iMM ЛШ > N, ioЛШ > N, ВТС < 0,32). Дилатація ЛШ без гіпертрофії характеризується ексцентричним ремоделюванням (iMM ЛШ = N, ioЛШ > N, ВТС < 0,32).

Дослідження I. Fabiani, N. R. Pugliese [5], в яке залучили 749 пацієнтів з АГ і СН стадій А та В за класифікацією АСС/АНА, показало: розподіл за новою класифікацією, що розрізняє 8 типів ремоделінгу, – незалежний предиктор несприятливих наслідків (загальна смертність, інфаркт міокарда, реваскуляризація міокарда, цереброваскулярна подія, гострий набряк легень), а стандартна модель класифікації з 4 типами геометрії ЛШ таку залежність не виявила. За класичною класифікацією автори визначили такий розподіл типів геометрії ЛШ: 52,3 % пацієнтів мали нормальну геометрію ЛШ, 18,3 % – концентричне ремоделювання, 9,5 % – ексцентричну гіпертрофію, 19,9 % – концентричну гіпертрофію.

В разі розподілу за новою класифікацією в 38,0 % пацієнтів зареєстрували нормальну геометрію або фізіологічну гіпертрофію, у 13,6 % – концентричне ремоделювання, у 3,9 % – ексцентричне ремоделювання, у 21,0 % – концентричну гіпертрофію, у 1,5 % – змішану гіпертрофію, у 6,9 % – дилатаційну гіпертрофію, у 4,8 % – ексцентричну гіпертрофію; 9,3 % пацієнтів не відповідали критеріям класифікації.

Найгірший прогноз визначили у групах концентричної та ексцентричної гіпертрофії. Виявили також, що ступінь підвищення артеріального тиску не корелював із різними патернами ремоделінгу ЛШ.

Висновки

1. Обмеження класичних класифікацій типів геометрії лівого шлуночка полягають у тому, що не розрізняють його дилатовані варіанти.

2. Введення додаткового критерію, що враховує дилатацію порожнини під час розподілу на типи геометрії ЛШ, покращить оцінювання прогнозу пацієнта та сприятиме індивідуалізованому визначенню патогенетичної терапії.

Перспективи подальших досліджень полягають у з'ясуванні патофізіологічної ролі, клінічного та прогностичного значення змін геометрії лівого шлуночка в трьох групах пацієнтів, які не мають термінологічного визначення за класифікацією W. Gaasch і M. Zile.

Фінансування

Дослідження виконане в рамках НДР Запорізького державного медичного університету «Діагностика, лікування та прогнозування перебігу гіпертонічної хвороби на тлі факторів додаткового кардіоваскулярного ризику (надмірна вага, дисліпопротеїнемія, субклінічний гіпотиреоз, порушення мозкового кровообігу)», держреєстрація № 0117U006959 (2017–2021).

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: authors have no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 03.04.2023

Після доопрацювання / Revised: 19.04.2023

Прийнято до друку / Accepted: 27.04.2023

Відомості про авторів:

Сиволап В. В., д-р мед. наук, професор каф. пропедевтики внутрішньої медицини, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0000-0001-9865-4325

Богун А. О., очна аспірантка каф. пропедевтики внутрішньої медицини, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, Україна.

ORCID ID: 0009-0001-6998-1551

Information about the authors:

Syvolap V. V., MD, PhD, DSc, Professor of the Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

Bohun A. O., MD, Postgraduate student of the Department of Propaedeutics of Internal Medicine, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, Ukraine.

References

- Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Agabiti Rosei, E., Azizi, M., Burnier, M., Clement, D. L., Coca, A., de Simone, G., Dominiczak, A., Kahan, T., Mahfoud, F., Redon, J., Ruilope, L., Zanchetti, A., Kerins, M., Kjeldsen, S. E., Kreutz, R., Laurent, S., Lip, G. Y. H., ... ESC Scientific Document Group (2018). 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *European heart journal*, 39(33), 3021-3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
- Lieb, W., Gona, P., Larson, M. G., Aragam, J., Zile, M. R., Cheng, S., Benjamin, E. J., & Vasan, R. S. (2014). The natural history of left ventricular geometry in the community: clinical correlates and prognostic significance of change in LV geometric pattern. *JACC. Cardiovascular imaging*, 7(9), 870-878. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.05.008>
- Bastos, M. B., Burkhoff, D., Maly, J., Daemen, J., den Uil, C. A., Ameloot, K., Lenzen, M., Mahfoud, F., Zijlstra, F., Schreuder, J. J., & Van Mieghem, N. M. (2020). Invasive left ventricle pressure-volume analysis: overview and practical clinical implications. *European heart journal*, 41(12), 1286-1297. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz552>
- Hendriks, T., Said, M. A., Janssen, L. M. A., van der Ende, M. Y., van Veldhuisen, D. J., Verweij, N., & van der Harst, P. (2019). Effect of Systolic Blood Pressure on Left Ventricular Structure and Function: A Mendelian Randomization Study. *Hypertension*, 74(4), 826-832. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12679>
- Fabiani, I., Pugliese, N. R., La Carrubba, S., Conte, L., Antonini-Canterin, F., Colonna, P., Benedetto, F., Calogero, E., Barletta, V., Carerj, S., Burali, S., Taddei, S., Romano, M. F., Di Bello, V., & Italian Society of Cardiovascular Echography (SIEC) (2017). Incremental prognostic value of a complex left ventricular remodeling classification in asymptomatic for heart failure hypertensive patients. *Journal of the American Society of Hypertension : JASH*, 11(7), 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.jash.2017.05.005>
- Syvolap, V. D., & Kapshytar, N. I. (2019). Predictors of the adverse course at hospital stage of Q-myocardial infarction treatment. *Modern Medical Technology*, (3), 56-63. [https://doi.org/10.34287/MMT.3\(42\).2019.11](https://doi.org/10.34287/MMT.3(42).2019.11)
- Bang, C. N., Gerds, E., Aurigemma, G. P., Boman, K., de Simone, G., Dahlöf, B., Køber, L., Wachtell, K., & Devereux, R. B. (2014). Four-group classification of left ventricular hypertrophy based on ventricular concentricity and dilatation identifies a low-risk subset of eccentric hypertrophy in hypertensive patients. *Circulation. Cardiovascular imaging*, 7(3), 422-429. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.113.001275>
- Tadic, M., Cuspidi, C., Saeed, S., Lasic, J. S., Vukomanovic, V., Grassi, G., Sala, C., & Celic, V. (2022). The influence of left ventricular geometry on myocardial work in essential hypertension. *Journal of human hypertension*, 36(6), 524-530. <https://doi.org/10.1038/s41371-021-00543-2>
- Taamallah, K., Besbes, B., Raddaoui, H., Hajlaoui, N., Lahidheb, D., & Fehri, W. (2021). Is there a latent left ventricular dysfunction in hypertensive patients with preserved ejection fraction?. *La Tunisie medicale*, 99(4), 456-465.

10. Marwick, T. H., Gillebert, T. C., Aurigemma, G., Chirinos, J., Derumeaux, G., Galderisi, M., Gottdiener, J., Haluska, B., Ofili, E., Segers, P., Senior, R., Tapp, R. J., & Zamorano, J. L. (2015). Recommendations on the use of echocardiography in adult hypertension: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) and the American Society of Echocardiography (ASE)†. *European heart journal. Cardiovascular Imaging*, 16(6), 577-605. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jev076>
11. Gaasch, W. H., & Zile, M. R. (2011). Left ventricular structural remodeling in health and disease: with special emphasis on volume, mass, and geometry. *Journal of the American College of Cardiology*, 58(17), 1733-1740. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.07.022>
12. Lang, R. M., Bierig, M., Devereux, R. B., Flachskampf, F. A., Foster, E., Pellikka, P. A., Picard, M. H., Roman, M. J., Seward, J., Shanewise, J. S., Solomon, S. D., Spencer, K. T., Sutton, M. S., Stewart, W. J., Chamber Quantification Writing Group, American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee, & European Association of Echocardiography (2005). Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 18(12), 1440-1463. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2005.10.005>
13. Zheng, Q., Loo, G., Le, T. -T., Shi, L., Chan, E. S.-Y., & Chin, C. W. L. (2019). Prognosis associated with geometric patterns of left ventricular remodeling: systematic review and network meta-analysis. *F1000Research*, 8, 1130. <https://doi.org/10.12688/f1000research.19907.1>
14. Goh, V. J., Le, T. T., Bryant, J., Wong, J. I., Su, B., Lee, C. H., Pua, C. J., Sim, C. P. Y., Ang, B., Aw, T. C., Cook, S. A., & Chin, C. W. L. (2017). Novel Index of Maladaptive Myocardial Remodeling in Hypertension. *Circulation. Cardiovascular imaging*, 10(9), e006840. <https://doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.117.006840>
15. Garg, S., de Lemos, J. A., Ayers, C., Khouri, M. G., Pandey, A., Berry, J. D., Peshock, R. M., & Drazner, M. H. (2015). Association of a 4-Tiered Classification of LV Hypertrophy With Adverse CV Outcomes in the General Population. *JACC. Cardiovascular imaging*, 8(9), 1034-1041. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2015.06.007>
16. Cuspidi, C., Facchetti, R., Bombelli, M., Sala, C., Tadici, M., Grassi, G., & Mancia, G. (2016). Prevalence and correlates of new-onset left ventricular geometric abnormalities in a general population: the PAMELA study. *Journal of hypertension*, 34(7), 1423-1431. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000000956>