

Роль МРТ серця в стратифікації ризику раптової серцевої смерті у пацієнтів із гіпертрофічною кардіоміопатією

М. С. Іщенко^{*B,C,D}, К. В. Руденко^{id E,F}, В. В. Лазоршинець^{id F}, Ю. І. Вітковський^{id A,B,C},
М. О. Трегунова^{id E}, П. А. Данченко^{id E}

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова Національної академії медичних наук України», м. Київ

A – концепція та дизайн дослідження; B – збір даних; C – аналіз та інтерпретація даних; D – написання статті; E – редагування статті; F – остаточне затвердження статті

Гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) – поширена генетична хвороба серця, що доволі часто діагностують у всьому світі. Відомо, що поширеність ГКМП у молодих людей у світі становить приблизно 1 випадок на 500 осіб. Клінічний діагноз ГКМП у дорослих пацієнтів може бути встановлений за допомогою візуалізації (2D-ехокардіографії або магнітно-резонансної томографії (МРТ) серця), коли максимальна товщина будь-якого сегмента лівого шлуночка (ЛШ), виміряна в кінцево-діастолічну фазу серцевого циклу, становить 15 мм і немає інших причин гіпертрофії.

Мета роботи – показати роль і діагностичні можливості МРТ серця як потужного діагностичного інструменту для виявлення й оцінювання факторів ризику раптової серцевої смерті в пацієнтів із ГКМП.

Матеріали і методи. У період із січня 2022 року до вересня 2023 року на базі відділення променевої діагностики ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова Національної академії медичних наук України» здійснили й проаналізували 236 МРТ-досліджень серця пацієнтів, у яких припустили ГКМП. Усі обстеження виконали на магнітно-резонансному томографі Toshiba Vantage Titan 1,5T (до травня 2023 року) та Canon Vantage Oriion 1,5T (з травня до вересня 2023 року) з ЕКГ-синхронізацією та синхронізацією за диханням; внутрішньовенно вводили парамагнітний контрастний засіб. Статистичне та математичне опрацювання даних виконали, застосувавши пакет прикладних програм Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США).

Результати. Середній вік обстежених становив 41 ± 28 років; з-поміж пацієнтів 142 (60 %) чоловіки і 94 (40 %) жінки. У 39 (16,5 %) хворих виявили симетричну необструктивну форму ГКМП; у 184 (78,0 %) – асиметричну обструктивну форму; у 4 (1,5 %) пацієнтів діагностована апікальна форма ГКМП. Крім того, у 9 (4,0 %) пацієнтів виявлено мезовентрикулярну форму ГКМП, з-поміж них в одного хворого діагностовано поєднання мезовентрикулярної та апікальної форм. В усіх обстежених зафіксовано такі фактори ризику раптової серцевої смерті (РСС): товщина міокарда понад 30 мм – у 60 (25,4 %) хворих; апікальна аневризма ЛШ – у 8 (3,3 %); зниження систолічної функції ЛШ (ФВ ЛШ < 50 %) – у 4 (1,6 %); патологічне пізнь контрастне посилення (LGE) – у 164 (69,4 %) осіб.

Висновки. МРТ серця – сучасний, високоточний, потужний метод діагностики, який відіграє ключову роль під час виявлення й оцінювання факторів ризику РСС у пацієнтів із ГКМП. МРТ серця допомагає ідентифікувати пацієнтів із ГКМП і високим ризиком РСС, яким доцільна її профілактика за допомогою імплантованого кардіовертера-дефібрилятора.

Ключові слова:

гіпертрофічна кардіоміопатія, гіпертрофія міокарда лівого шлуночка, порушення ритму серця, методи візуалізації, септальна мієктомія, імплантація кардіовертера-дефібрилятора.

Запорізький медичний журнал. 2024. Т. 26, № 3(144). С. 171-177

*E-mail: amosov.radiology@gmail.com

The role of cardiac MRI in risk stratification for sudden cardiac death in patients with hypertrophic cardiomyopathy

M. S. Ishchenko, K. V. Rudenko, V. V. Lazoryshynets, Yu. I. Vitkovskiy, M. O. Tregubova, P. A. Danchenko

Hypertrophic cardiomyopathy (HCM) is a prevalent genetic heart disease with a worldwide prevalence. Its estimated incidence in young individuals is approximately 1 case per 500 population. HCM in adults can be clinically diagnosed through visualization, either via 2D echocardiography or cardiac magnetic resonance (CMR) imaging, where the maximum thickness of any left ventricular (LV) segment, measured in end-diastolic phase, is 15 mm in the absence of other hypertrophy causes.

Aim. To demonstrate the role and diagnostic capabilities of CMR as a powerful diagnostic tool for detecting and evaluating sudden cardiac death (SCD) risk factors in patients with HCM.

Materials and methods. From January 2022 to September 2023, 236 CMR examinations were conducted and analyzed at the Diagnostic Radiology Department of Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery in patients with suspected HCM. All examinations were performed on a magnetic resonance tomograph "Toshiba Vantage Titan 1.5T" until May 2023, and "Canon Vantage Oriion 1.5T" from May to September 2023, with ECG and respiratory synchronization as well as intravenous injection of gadolinium-based contrast agent (Gadovist 1.0) at a dose of 0.1 mL/kg body weight. Statistical and mathematical data processing was performed by using the Statistica 6.0 (StatSoft Inc., USA) application package.

Results. The mean age of the examined patients was 41 ± 28 years, there were 142 male (60 %) and 94 (40 %) female patients. Symmetric non-obstructive HCM was identified in 39 patients (16.5 %) and 184 patients (78.0 %) had asymmetric obstructive HCM. Apical HCM was diagnosed in 4 patients (1.5 %), and midventricular HCM – in 9 patients (4.0 %) including one patient with a combination of midventricular and apical forms.

Risk factors for SCD were identified in 60 patients (25.4 %) with myocardial thickness exceeding 30 mm, 8 patients (3.3 %) with apical aneurysm, 4 patients (1.6 %) with reduced LV systolic function (LV ejection fraction <50 %), and 164 patients (69.4 %) with pathological late gadolinium enhancement.

Keywords:

hypertrophic cardiomyopathy, left ventricular hypertrophy, arrhythmia, imaging modalities, septal myectomy, cardioverter-defibrillator implantation.

Zaporozhye medical journal. 2024;26(3):171-177

Conclusions. CMR is a modern, high-precision and powerful diagnostic method that plays a key role in identifying and assessing SCD risk factors in patients with HCM. CMR helps to identify HCM patients at high SCD risk who may benefit from preventive measures such as implantable cardioverter-defibrillator therapy.

Гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) – найпоширеніше генетично детерміноване захворювання серця. Повідомляють, що поширеність ГКМП у загальній популяції в світі становить приблизно 1 випадок на 200–500 осіб. ГКМП характеризується переважно аутосомно-домінантним типом успадкування з майже однаковим розподілом випадків за статтю; втім, є дані, що цю нозологію у жінок діагностують рідше, ніж у чоловіків [1,2].

Клінічний діагноз ГКМП у дорослих пацієнтів може бути встановлений за допомогою візуалізації (2D-ехокардіографії або магнітно-резонансної томографії (МРТ) серця), коли максимальна товщина будь-якого сегмента лівого шлуночка (ЛШ), виміряна в кінцево-діастолічну фазу серцевого циклу, становить 15 мм і немає інших причин гіпертрофії. Менш виражена гіпертрофія стінки (13–14 мм) може бути діагностичним критерієм, якщо у членів сім'ї пацієнта діагностовано ГКМП або позитивний щодо ГКМП генетичний тест [2,3].

ГКМП може виникнути в будь-якому віці, і більшість пацієнтів мають хороший прогноз із середньостатистичною тривалістю життя. Характерні симптоми – задишка, запаморочення, за грудинний біль і втрата свідомості. ГКМП може супроводжуватись виникненням життєво-грозливих тахіаритмій, зокрема шлуночкової тахікардії або тахіаритмії, що можуть призвести до раптової серцевої смерті (РСС).

РСС – найтяжче ускладнення ГКМП. Саме ГКМП є найчастішою причиною РСС у пацієнтів молодого віку й атлетів. У первинній профілактиці РСС складним залишається виявлення відносно малої групи пацієнтів із найвищим ризиком. Оскільки пароксизми шлуночкової тахікардії визначають під час добового ЕКГ-моніторингу майже у 20 % пацієнтів з ГКМП, оптимальна ідентифікація пацієнтів із високим ризиком РСС є надзвичайно важливою [3].

Імплантований кардіовертер-дефібрилятор (ІКД) довів свою ефективність у профілактиці РСС. Дослідження показали високий рівень належного втручання у первинній і вторинній профілактиці РСС у пацієнтів, що належать до групи високого ризику [1]. Крім того, за результатами низки досліджень, септальна мієктомія може парадоксально знизити ризик аритмічної серцевої смерті [3,4].

За останніми рекомендаціями (2020) Американської асоціації серця та Американського коледжу кардіологів (АНА/АСС) з діагностики та лікування пацієнтів із ГКМП, до вже відомих факторів ризику раптової серцевої смерті (РСС у сімейному анамнезі, виражена гіпертрофія міокарда ЛШ, втрата свідомості без очевидної причини, напади шлуночкової тахікардії) додано апікальну аневризму ЛШ, зниження систолічної функції ЛШ (<50 %) та виражене пізнь контрастне посилення (LGE) >15 %, виявлене під час МРТ серця [3,5].

Крім того, МРТ серця дає змогу оцінити окремі фактори ризику РСС, як-от діаметр лівого передсердя та обструкцію вихідного тракту лівого шлуночка (ВТ ЛШ), на які під час визначення ризику РСС пропонують звертати увагу в рекомендаціях Європейського товариства

кардіологів (ESC) з ведення пацієнтів із кардіоміопатіями [6]. Отже, МРТ серця викликає значний науковий інтерес, зокрем для оцінювання тяжкості хвороби та стратифікації ризику РСС [3,6].

Мета роботи

Показати роль і діагностичні можливості МРТ серця як потужного діагностичного інструменту для виявлення й оцінювання факторів ризику раптової серцевої смерті в пацієнтів із ГКМП.

Матеріали і методи дослідження

У період із січня 2022 року до вересня 2023 року на базі відділення променевої діагностики ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова Національної академії медичних наук України» здійснили й проаналізували 236 МРТ-досліджень серця пацієнтів, у яких припустили ГКМП.

Усі обстеження виконали на магнітно-резонансному томографі Toshiba Vantage Titan 1,5T (до травня 2023 року) та Canon Vantage Oriion 1,5T (з травня до вересня 2023 року). Обстеження виконали з ЕКГ-синхронізацією та синхронізацією за диханням із наступним опрацюванням зображень. Під час МРТ усім хворим внутрішньовенно вводили гадоліній-вмісний парамагнітний контрастний засіб (Гадовіст 1,0) у дозі 0,1 мл/кг маси тіла.

Використали стандартизований протокол сканування для всіх пацієнтів [5]:

1. bSSFP-послідовність у дво-, три-, чотирикамерній проекціях по довгій осі, двокамерній проекції по короткій осі, спеціалізованій проекції на вихідний тракт лівого шлуночка – для визначення маси міокарда, максимальної товщини стінки, об'єму передсердь і функціональних показників шлуночків, оцінювання вихідного тракту лівого шлуночка (включаючи оцінювання анатомо-фізіологічних особливостей мітрального клапана та його підклапанного апарату, що є одним із компонентів обструкції ВТ ЛШ);

2. T2-послідовність у двокамерній, чотирикамерній проекціях по довгій осі, двокамерній проекції по короткій осі – для визначення наявності набряку міокарда;

3. МР-перфузія – для визначення перфузії міокарда (враховуючи, що в усіх пацієнтів із ГКМП може виникати мікровазкулярна ішемія міокарда);

4. Раннь контрастне посилення (EGE) – для визначення гіперемії міокарда та тромбів у порожнинах серця;

5. Пізн контрастне посилення (LGE) – для виявлення фіброзних змін у міокарді [7].

Результати обстежень лікарі-рентгенологи опрацювали й інтерпретували на робочих станціях «Vitre™ Advanced Visualization» із пакетом «Medis Suite Cardiovascular MR (CVMR)».

Статистичне та математичне опрацювання даних виконали, застосувавши пакет прикладних програм Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США).

Результати

Середній вік обстежених становив 41 ± 28 років; з-поміж пацієнтів 142 (60 %) чоловіки і 94 (40 %) жінки. У 39 (16,5 %) хворих виявили симетричну необструктивну форму ГКМП (рис. 2). У 184 (78,0 %) пацієнтів визначили асиметричну обструктивну форму ГКМП із переважним потовщенням переднього та передньо-перетинкового сегментів лівого шлуночка на базальному та середньому рівнях (рис. 1, 5). У 4 (1,5 %) осіб діагностували апікальну форму ГКМП (рис. 3). У 9 (4,0 %) випадках визначили мезовентрикулярну форму ГКМП, з-поміж них в одного хворого діагностували поєднання мезовентрикулярної та апікальної форм (рис. 4).

Середня товщина міокарда ЛШ становила 24 ± 17 мм. Зауважимо, що товщина міокарда понад 30 мм зафіксована у 60 (25,4 %) пацієнтів. Апікальна аневризма лівого шлуночка діагностована у 8 (3,3 %) осіб; зниження систолічної функції лівого шлуночка – у 4 (1,6 %); патологічне пізнє контрастне посилення (LGE) – у 164 (69,4 %) хворих, пізнє контрастне посилення (LGE) понад 15 % від усього міокарда зафіксовано у 64 (27,0 %) осіб.

Наведені фактори, що виявляють під час обстеження пацієнтів на МРТ серця, є основними візуалізаційними чинниками ризику РСС. Їх використовують для стратифікації ризику РСС, за рекомендаціями Американської асоціації серця [3].

Крім того, у рекомендаціях Європейського товариства кардіологів (ESC) з ведення пацієнтів із ГКМП пропонують оцінювати ще такі фактори ризику РСС [6]:

1. Вік пацієнта. Для хворих віком менше ніж 16 років визначення ризику РСС не можливе [8];

2. Розмір лівого передсердя. Дилатація лівого передсердя є частим явищем при ГКМП, і його розміри є цінною прогностичною інформацією (рис. 8). В окремих дослідженнях показано прямий зв'язок між розміром лівого передсердя, що кількісно визначений через такі параметри, як об'єм ЛП (>34 мл/м²) або передньо-задній діаметр (>48 мм), і ризиком РСС [9,10];

3. Градієнт на ВТ ЛШ. Якщо градієнт на ВТ ЛШ перевищує 30 мм рт. ст. (у стані спокою), у пацієнтів визначають тісну кореляцію з підвищеним ризиком РСС [11,12,13,14].

Обговорення

ГКМП – доволі поширене захворювання серця, що діагностують у будь-якому віці. Важливою характеристикою ГКМП є її асоціація з раптовою серцевою смертю. Це обґрунтовує важливість оптимізації стратегій профілактики та виявлення пацієнтів із високим ризиком [1,2,3,6]. Для стратифікації ризику РСС у пацієнтів із ГКМП використовують МРТ серця, щоб вивчити візуалізаційні фактори, які наведені в рекомендаціях Американської асоціації серця (2020) [3].

Максимальна товщина стінки ЛШ. Враховуючи, що в окремих пацієнтів із ГКМП максимальна товщина стінки ЛШ може бути занижена (або переоцінена), за даними ехокардіографії, використання МРТ серця дає змогу точно визначити максимальну товщину стінки лівого шлуночка на будь-якому рівні [15]. Товщина міокарда понад 30 мм – один з основних факторів ризику РСС, оскільки при ГКМП визначають прямий зв'язок між ризиком РСС і максимальною товщиною стінки ЛШ [10,11,13,14,15].

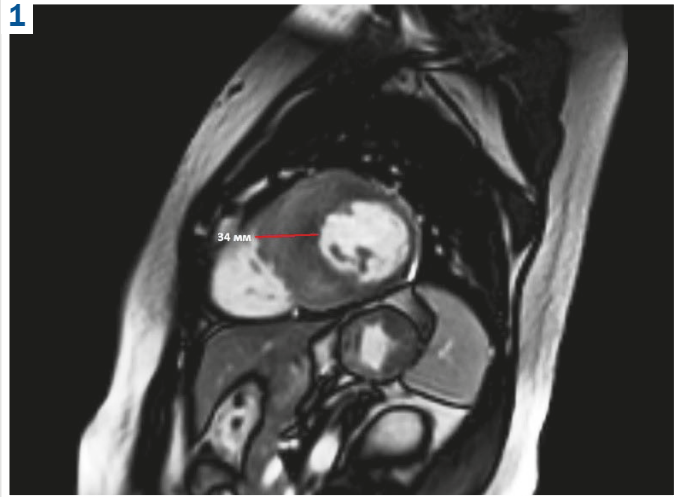


Рис. 1. МРТ серця в ssfp-cine послідовності, проекція по короткій осі. Визначена асиметрична форма ГКМП із максимальним потовщенням стінки в ділянці передньо-перетинкового сегмента ЛШ на серединному рівні – до 34 мм.

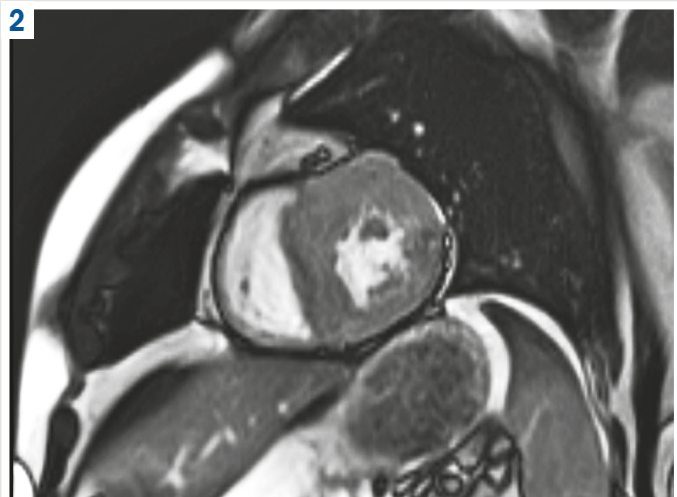


Рис. 2. МРТ серця в ssfp-cine послідовності, проекція по короткій осі. Визначена симетрична форма ГКМП із максимальним потовщенням стінки до 25 мм.

Апікальна аневризма. Апікальну аневризму визначають як локальний дискінетичний або акінетичний сегмент найбільш дистальної частини лівого шлуночка з різко стоншеною стінкою незалежно від розміру (рис. 6). Зауважимо, що під час пізнього контрастного посилення стінка аневризми завжди накопичує контрастну речовину, тобто фактично є рубцем. Враховуючи, що ехокардіографія має вузьке акустичне вікно для оцінювання верхівки, за допомогою цього методу не завжди можна діагностувати апікальну аневризму лівого шлуночка. МРТ характеризується високою роздільною здатністю, і це робить його високочутливим методом для діагностики апікальних аневризм ЛШ [3,9,15,16,17,18].

Зниження систолічної функції ЛШ. Іноді в пацієнтів визначають зниження систолічної функції ЛШ, зокрема ФВ ЛШ становить менше ніж 50 %, що можна визначити за допомогою ехокардіографії або МРТ серця. Такі пацієнти мають вищий ризик РСС порівняно з хворими з нормальною ФВ ЛШ [15,16,19,20].

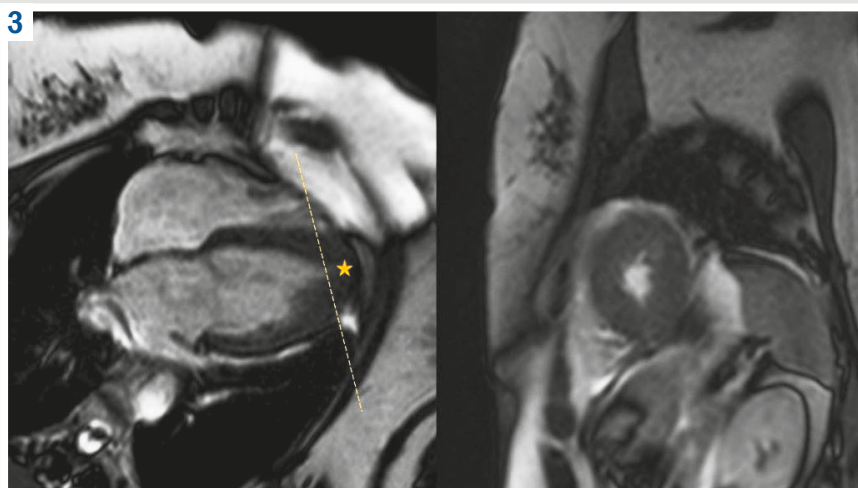


Рис. 3. МРТ серця в ssfr-cine послідовності, чотирикамерна проекція (фото зліва) та проекція по короткій осі (фото справа). Визначена апікальна форма ГКМП із максимальним потовщенням стінки до 22 мм у ділянці апікальних сегментів лівого шлуночка (жовта зірочка на зображенні).

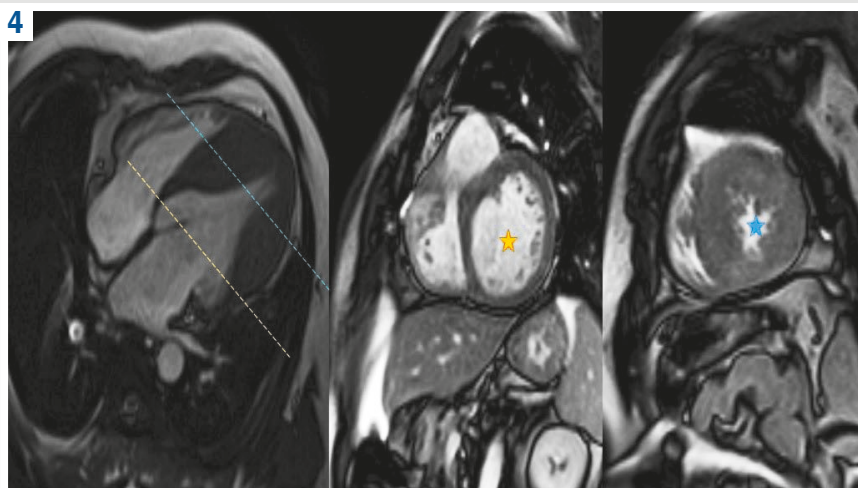


Рис. 4. МРТ серця в ssfr-cine послідовності, чотирикамерна проекція (фото зліва) та проекції по короткій осі на базальному та середньо-апикальному рівнях (фото справа). Виявлена мезовентрикулярно-апикальна форма ГКМП із максимальним потовщенням стінки до 43 мм на середньому та апікальному рівнях лівого шлуночка (жовта зірочка на зображенні показує базальний рівень, синя зірочка – середній апікальний рівень).

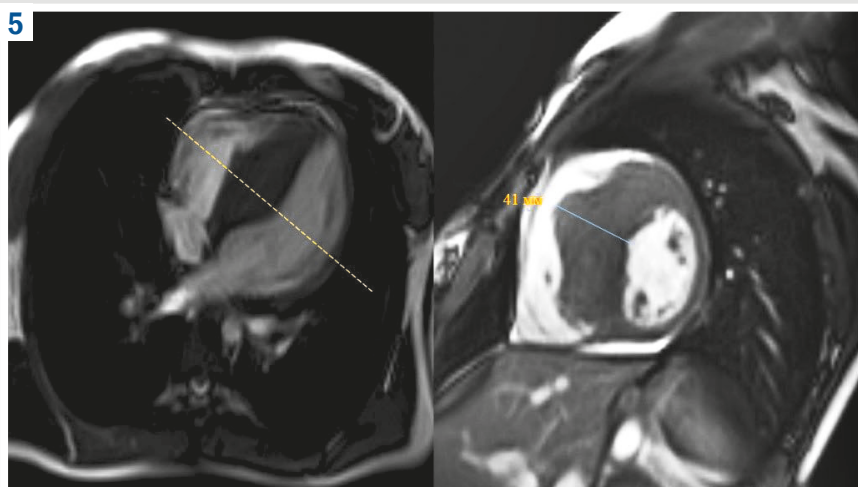


Рис. 5. МРТ серця в ssfr-cine послідовності, чотирикамерна проекція (фото зліва) та проекція по короткій осі на базальному та середньому рівні (фото справа). Визначена асиметрична форма ГКМП із максимальним потовщенням стінки до 41 мм на середньому рівні лівого шлуночка (жовта штрих-лінія показує рівень, на якому розташований зріз двокамерної проекції по короткій осі).

Вимірювання відсотка фіброзу міокарда шлуночків.

МРТ серця – єдиний неінвазивний і високоточний метод для вимірювання фіброзу міокарда шлуночків. LGE є неінвазивним візуалізаційним маркером збільшеного ризику потенційно небезпечних для життя шлуночкових тахіаритмій і прогресування серцевої недостатності з систолічною дисфункцією (рис. 7). Дослідники

стверджують, що великий об'єм LGE (понад 15 % від загальної маси ЛШ) може вдвічі підвищувати ризик РСС [7,15,16,20,21]. Важливі відмінності в патерні та поширенні гіпертрофії міокарда лівого шлуночка, розміри порожнин серця, а також патерні і розподіл LGE можуть допомогти під час диференціації ГКМП від інших захворювань, що пов'язані з гіпертрофією

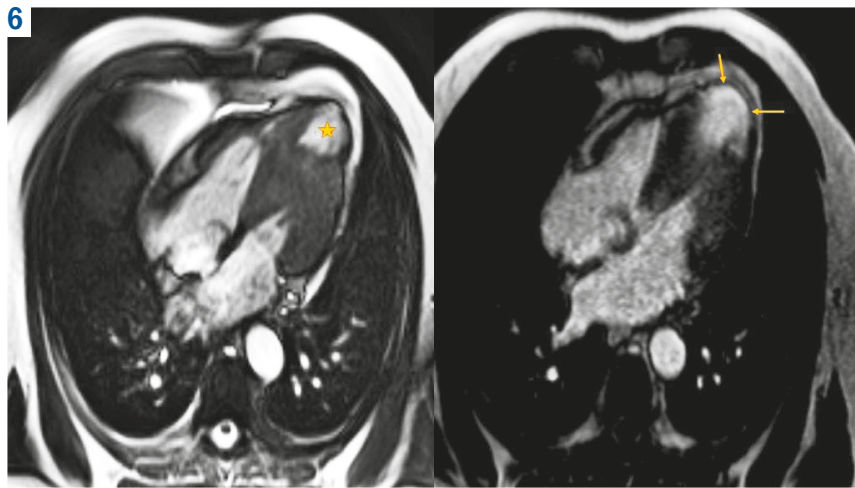


Рис. 6. МРТ серця в чотирикамерній проекції (зображення зліва – ssfp cine, справа – LGE). Визначена типова апікальна аневіризма лівого шлуночка у пацієнта з необструктивною формою ГКМП (жовта зірочка – апікальна аневіризма, жовті стрілки – рубцеві зміни, виявлені під час LGE).

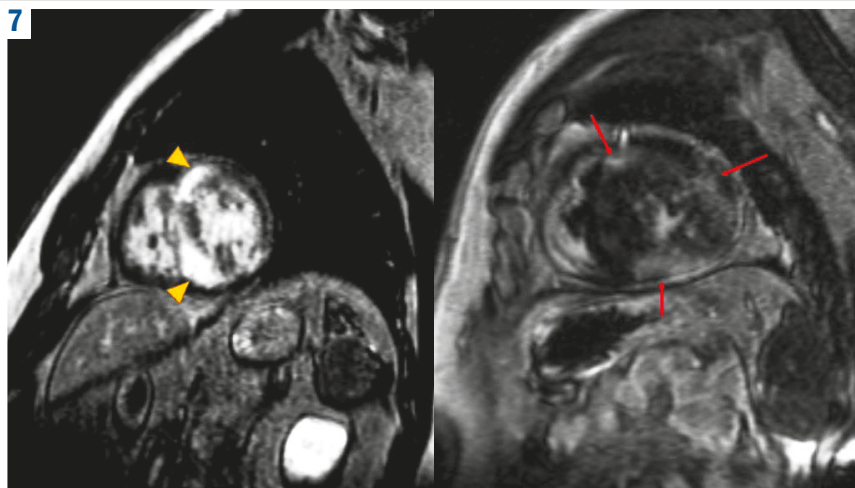


Рис. 7. МРТ серця в проекції короткої осі, LGE-послідовність у двох пацієнтів із ГКМП. Визначено різні варіанти типового для ГКМП пізнього контрастного посилення (LGE). Осередки фіброзу позначені жовтими стрілками справа та червоними стрілками зліва. У пацієнта на фото справа виявлено також зниження систолічної функції лівого шлуночка до 47 % через істотні фіброзні зміни міокарда лівого шлуночка.

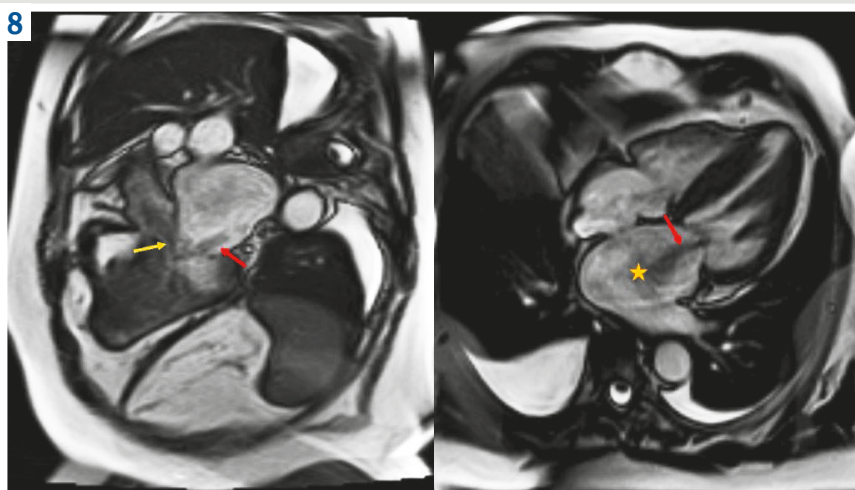


Рис. 8. МРТ серця в три- і чотирикамерній проекції в ssfp-cine послідовності. Визначена виражена обструкція ВТ ЛШ (жовта стрілка показує значне передньо-систолічне підтягування (SAM) до міжшлуночкової перегородки та турбулентний хід крові в бік аорти), виражена мітральна недостатність (червона стрілка на обох фото), різка дилатація лівого передсердя (жовта зірочка).

міокарда, включаючи спадкові кардіоміопатії (хвороба Фабрі), інфільтративні кардіоміопатії (амілоїдоз серця) або стани зі значною вторинною гіпертрофією, що спричинена перевантаженням тиском (гіпертензивне серце) [3, 16, 21, 22].

У нашому дослідженні підтверджено високу ефективність МРТ під час виявлення й оцінювання факторів

ризику РСС у пацієнтів із ГКМП. Визначили різні форми захворювання, включаючи симетричну необструктивну, асиметричну обструктивну й апікальну форму. За допомогою МРТ визначили й інші фактори ризику РСС, що дало змогу ефективно оцінити ризик у таких пацієнтів та визначити оптимальні стратегії лікування й профілактики РСС.

Результати цього дослідження підтверджують важливість і необхідність використання МРТ серця під час діагностики та стратифікації ризику РСС у пацієнтів із ГКМП. Цей метод дає змогу ефективно діагностувати захворювання, оцінити його тяжкість, виявити візуалізаційні фактори ризику РСС і вчасно вжити профілактичних заходів для запобігання РСС.

Висновки

1. ГКМП є найчастішою причиною РСС у пацієнтів молодого віку й атлетів.
2. МРТ серця – сучасний, високоточний, неінвазивний метод діагностики, який разом з оцінюванням клініко-анамнестичних даних відіграє ключову роль у виявленні пацієнтів із ГКМП і високим ризиком щодо РСС. Цим пацієнтам рекомендована первинна чи вторинна профілактика РСС за допомогою ІКД окремо або в комбінації з виконанням септальної мієктомії.
3. МРТ серця дає чимало додаткової інформації, яку можна використати під час лікування, для контролю терапії та диференціальної діагностики різних хвороб, що супроводжуються гіпертрофією міокарда лівого шлуночка.

Перспективи подальших досліджень полягають у продовженні вивчення факторів ризику РСС, які можна виявляти за допомогою МРТ серця, у пацієнтів із ГКМП. Для цього можливе ширше використання МРТ серця в осіб із ГКМП, доцільне застосування стандартизованих протоколів сканування. Це сприятиме своєчасному виявленню факторів ризику РСС, точнішому оцінюванню ризику, а також дасть змогу покращити профілактику РСС у пацієнтів із ГКМП.

Конфлікт інтересів: відсутній.

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

Надійшла до редакції / Received: 19.03.2024

Після доопрацювання / Revised: 29.03.2024

Схвалено до друку / Accepted: 08.04.2024

Відомості про авторів:

Іщенко М. С., лікар-рентгенолог відділення променевої діагностики, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-4166-7173

Руденко К. В., д-р мед. наук, професор, чл.-кор. НАМН України, заступник директора з лікувально-координаційної роботи, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-1508-9293

Лазоришинець В. В., д-р мед. наук, професор, академік НАМН України, чл.-кор. НАН України, директор ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-1748-561X

Вітковський Ю. І., лікар-рентгенолог відділення променевої діагностики, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-7765-3013

Трегубова М. О., лікар-рентгенолог, зав. відділення променевої діагностики, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-9758-0018

Данченко П. А., лікар-хірург відділення хірургічного лікування патології міокарда, трансплантації та механічної підтримки серця та легень, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-2111-7510

Information about the authors:

Ishchenko M. S., MD, Radiologist, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Rudenko K. V., MD, PhD, DSc, Professor, Deputy Director of Therapeutic and Coordinating Work, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Lazoryshynets V. V., MD, PhD, DSc, Professor, Director of National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Vitkovskiy Yu. I., MD, Radiologist, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Tregubova M. O., MD, Radiologist, Head of Radiology Department, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

Danchenko P. A., MD, Surgeon, National M. Amosov Institute of Cardiovascular Surgery affiliated to National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv.

References

1. Maron BJ, Rowin EJ, Maron MS. Evolution of risk stratification and sudden death prevention in hypertrophic cardiomyopathy: Twenty years with the implantable cardioverter-defibrillator. *Heart Rhythm*. 2021;18(6):1012-23. doi: 10.1016/j.hrthm.2021.01.019
2. Elliott PM, Anastakis A, Borgers MA, Borggreffe M, Cecchi F, Charon P, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the Diagnosis and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014;35(39):2733-79. doi: 10.1093/eurheartj/ehu284
3. Ommen SR, Mital S, Burke MA, Day SM, Deswal A, Elliott P, et al. 2020 AHA/ACC Guideline for the Diagnosis and Treatment of Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2020 Dec 22;142(25):e558-e631. doi: 10.1161/CIR.0000000000000937
4. Desai MY, Smedira NG, Dhillon A, Masri A, Wazni O, Kanj M, et al. Prediction of sudden death risk in obstructive hypertrophic cardiomyopathy: Potential for refinement of current criteria. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;156(2):750-9.e3. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.03.150
5. Kramer CM, Barkhausen J, Bucciarelli-Ducci C, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E. Standardized cardiovascular magnetic resonance imaging (CMR) protocols: 2020 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020 Feb 24;22(1):17. doi: 10.1186/s12968-020-00607-1
6. Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, Arbustini E, Barriales-Villa R, Basso C, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of cardiomyopathies: Developed by the task force on the management of cardiomyopathies of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2023;44(37):3503-626. doi: 10.1093/eurheartj/ehad194
7. Ismail TF, Jabbour A, Gulati A, Mallorie A, Raza S, Cowling TE, et al. Role of late gadolinium enhancement cardiovascular magnetic resonance in the risk stratification of hypertrophic cardiomyopathy. *Heart*. 2014;100(23):1851-8. doi: 10.1136/heartjnl-2013-305471
8. Balaji S, DiLorenzo MP, Fish FA, Etheridge SP, Aziz PF, Russell MW, et al. Risk factors for lethal arrhythmic events in children and adolescents with hypertrophic cardiomyopathy and an implantable defibrillator: An international multicenter study. *Heart Rhythm*. 2019;16(10):1462-7. doi: 10.1016/j.hrthm.2019.04.040
9. Rowin EJ, Maron BJ, Haas TS, Garberich RF, Wang W, Link MS, et al. Hypertrophic Cardiomyopathy With Left Ventricular Apical Aneurysm: Implications for Risk Stratification and Management. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(7):761-73. doi: 10.1016/j.jacc.2016.11.063
10. Hiemstra YL, Debonnaire P, Bootsma M, van Zwet EW, Delgado V, Schali J, et al. Global Longitudinal Strain and Left Atrial Volume Index Provide Incremental Prognostic Value in Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10(7):e005706. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005706
11. O'Mahony C, Jichi F, Pavlou M, Monserrat L, Anastakis A, Rapezzi C, et al. A novel clinical risk prediction model for sudden cardiac

- death in hypertrophic cardiomyopathy (HCM risk-SCD). *Eur Heart J*. 2014;35(30):2010-20. doi: [10.1093/eurheartj/eh439](https://doi.org/10.1093/eurheartj/eh439)
12. Elliott PM, Gimeno JR, Tomé MT, Shah J, Ward D, Thaman R, et al. Left ventricular outflow tract obstruction and sudden death risk in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J*. 2006;27(16):1933-41. doi: [10.1093/eurheartj/ehl041](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl041)
 13. Vamos M, Healey JS, Wang J, Connolly SJ, Mabo P, Van Erven L, et al. Implantable cardioverter-defibrillator therapy in hypertrophic cardiomyopathy: A SIMPLE substudy. *Heart Rhythm*. 2018;15(3):386-92. doi: [10.1016/j.hrthm.2017.11.020](https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.11.020)
 14. Maron BJ, Dearani JA, Ommen SR, Maron MS, Schaff HV, Nishimura RA, et al. Low Operative Mortality Achieved With Surgical Septal Myectomy: Role of Dedicated Hypertrophic Cardiomyopathy Centers in the Management of Dynamic Subaortic Obstruction. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(11):1307-8. doi: [10.1016/j.jacc.2015.06.1333](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.06.1333)
 15. Ramchand J, Fava AM, Chetrit M, Desai MY. Advanced imaging for risk stratification of sudden death in hypertrophic cardiomyopathy. *Heart*. 2020 Jul;106(14):1111-2. doi: [10.1136/heartjnl-2020-316770](https://doi.org/10.1136/heartjnl-2020-316770)
 16. Chan RH, Maron BJ, Olivetto I, Pencina MJ, Assenza GE, Haas T, et al. Prognostic value of quantitative contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance for the evaluation of sudden death risk in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2014;130(6):484-95. doi: [10.1161/CIRCULATIONAHA.113.007094](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.113.007094)
 17. Ichida M, Nishimura Y, Kario K. Clinical significance of left ventricular apical aneurysms in hypertrophic cardiomyopathy patients: the role of diagnostic electrocardiography. *J Cardiol*. 2014;64(4):265-72. doi: [10.1016/j.jjcc.2014.02.011](https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2014.02.011)
 18. Wang W, Lian Z, Rowin EJ, Maron BJ, Maron MS, Link MS. Prognostic Implications of Nonsustained Ventricular Tachycardia in High-Risk Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2017;10(3):e004604. doi: [10.1161/CIRCEP.116.004604](https://doi.org/10.1161/CIRCEP.116.004604)
 19. Rowin EJ, Maron BJ, Carrick RT, Patel PP, Koethe B, Wells S, et al. Outcomes in Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy and Left Ventricular Systolic Dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(24):3033-43. doi: [10.1016/j.jacc.2020.04.045](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.045)
 20. Killu AM, Park JY, Sara JD, Hodge DO, Gersh BJ, Nishimura RA, et al. Cardiac resynchronization therapy in patients with end-stage hypertrophic cardiomyopathy. *Europace*. 2018;20(1):82-8. doi: [10.1093/europace/euw327](https://doi.org/10.1093/europace/euw327)
 21. Mentias A, Raeisi-Giglou P, Smedira NG, Feng K, Sato K, Wazni O, et al. Late Gadolinium Enhancement in Patients With Hypertrophic Cardiomyopathy and Preserved Systolic Function. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(8):857-70. doi: [10.1016/j.jacc.2018.05.060](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.060)
 22. Weng Z, Yao J, Chan RH, He J, Yang X, Zhou Y, et al. Prognostic Value of LGE-CMR in HCM: A Meta-Analysis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9(12):1392-1402. doi: [10.1016/j.jcmg.2016.02.031](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2016.02.031)