

УДК: 616.127-007.61-072.7

М. О. Трегубова<sup>1</sup>✉, В. В. Лазоришинець<sup>1</sup>, К. В. Руденко<sup>1</sup>, С. В. Федьків<sup>1</sup>, О. М. Трембовецька<sup>1</sup>, П. А. Данченко<sup>2</sup>, Ю. І. Вітковський<sup>1</sup>, М. С. Іщенко<sup>1</sup>, А. Ю. Гаврилишин<sup>1</sup>, В. В. Парфент'єва<sup>1</sup>, Ю. Ю. Стуков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», вул. Амосова, 6, м. Київ, 03038

<sup>2</sup>Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, б-р Шевченка, 13, м. Київ, 01601

<sup>3</sup>Центр регенеративної медицини, відділ серцево-судинної медицини Університет Флориди, Гейнсвілл, США

## МІСЦЕ СЕРЦЕВОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ В ПЕРЕДОПЕРАЦІЙНОМУ ПЛАНУВАННІ РОЗШИРЕНОЇ СЕПТАЛЬНОЇ МІЕКТОМІЇ У ПАЦІЄНТІВ З ОБСТРУКТИВНОЮ ФОРМОЮ ГІПЕРТРОФІЧНОЇ КАРДІОМІОПАТІЇ

**Передумова.** Гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) – найпоширеніша генетично обумовлена кардіоміопатія. Розширена септальна мієктомія (РСМ) є одним з пріоритетних методів лікування медикаментозно-рефрактерної обструктивної ГКМП. За останні роки госпітальна летальність при хірургічній корекції обструктивної ГКМП в експертних центрах не перевищує 1–2 %. Проте типові загрозливі ускладнення септальної мієктомії, як ятрогенний дефект міжшлуночкової перетинки (ДМШП) та розрив передньої або задньої стінок лівого шлуночка (ЛШ), залишаються актуальним питанням хірургії ГКМП.

**Мета.** Показати роль передопераційного КТ-планування для прогнозування і зменшення можливих технічних проблем, пов'язаних з розширеною септальною мієктомією, зокрема ятрогенного ДМШП.

**Методи та матеріали.** Дане дослідження включало 217 симптоматичних пацієнтів з обструктивною формою ГКМП, яким з квітня 2016 р. по жовтень 2019 р., як один з етапів передопераційного планування до РСМ, було виконано комп'ютерну томографію (КТ) серця. Серцеву КТ проводили для того, щоб окреслити контур міокарда лівого шлуночка (ЛШ), оцінити розподіл гіпертрофії та наявність крипт. Особливу увагу приділяли анатомії мітрального клапана (МК) і підклапанного апарату. Прохідність коронарних артерій оцінювали за системою CAD-RADS – стандартизованого методу для повідомлення результатів коронарної КТ-ангіографії з метою визначення тактики щодо подальшого ведення пацієнта.

**Результати та обговорення.** В досліджуваній групі середній вік пацієнтів становив  $(49 \pm 15)$  років, 48 % – чоловіки. Усі пацієнти мали симптоматичну медикаментозно-рефрактерну обструктивну форму ГКМП. Середня максимальна товщина міжшлуночкової перетинки (МШП) становила  $(20 \pm 5)$  мм (діапазон 16–33). Середній показник маси ЛШ становив  $(118 \pm 23)$  г/м<sup>2</sup>. 195 пацієнтів (89,9 %) мали систолічне підтягування передньої стінки МК до МШП. У 62 пацієнтів (28,6 %) були виявлені зміни анатомії підклапанного апарату МК. У 7 пацієнтів (0,3 %) після процедури алкогольної септальної абляції (АСА) із залишковим систолічним градієнтом тиску (СГТ) на вихідному тракці лівого шлуночка (ВТЛШ) було виявлено зону рубцювання і регресування МШП. У 32 пацієнтів (14,7 %) було виявлено атеросклеротичні зміни з боку коронарних артерій.

**Висновки.** Передопераційне планування септальної мієктомії за допомогою КТ дозволяє отримати інформацію щодо морфології ЛШ, міжшлуночкової перетинки, МК і підклапанного апарату, та надає хірургу перевагу сформулювати більш точний план стосовно місця та ступеня септальної резекції, а також дає змогу уникнути ускладнень при виконанні корекції обструктивної ГКМП. У жодного з пацієнтів з досліджуваної групи не було виявлено ятрогенного ДМШП.

**Ключові слова:** гіпертрофічна кардіоміопатія, комп'ютерна томографія, передопераційне планування, розширена септальна мієктомія.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2020 Вип. 25. С. 592–606. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-592-606

✉ Трегубова Марія Олександрівна, e-mail: mariia.tregubova@gmail.com

M. O. Tregubova<sup>1</sup>✉, K. B. Rudenko<sup>1</sup>, V. V. Lazoryshynets<sup>1</sup>, S. V. Fedkiv<sup>1</sup>, O. M. Trembovetskaya<sup>1</sup>, P. A. Danchenko<sup>2</sup>, Yu. I. Vitkovsky<sup>1</sup>, M. S. Ishchenko<sup>1</sup>, A. Yu. Gavrylyshyn<sup>1</sup>, V. V. Parfentyeva<sup>1</sup>, Yu. Yu. Stukov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>SI «Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 6 Amosova St., Kyiv, 03038, Ukraine

<sup>2</sup>Bohomolets National Medical University, 13 Tarasa Shevchenka Blvd., Kyiv, 01601, Ukraine

<sup>3</sup>Center of Regenerative Medicine, Division of cardiovascular medicine, University of Florida, Gainesville, FL 32611, United States

## THE PLACE OF CARDIAC COMPUTED TOMOGRAPHY IN PREOPERATIVE PLANNING OF EXTENDED SEPTAL MYECTOMY IN PATIENTS WITH OBSTRUCTIVE FORM OF HYPERTROPHIC CARDIOMYOMATHY

**Background.** Hypertrophic cardiomyopathy (HCM) is the most common genetic cardiomyopathy. Extended septal myectomy (ESM) is one of the priority methods of treatment of drug-refractory obstructive HCM. In recent years, hospital mortality during surgical correction of obstructive HCM in expert centers does not exceed 1–2%. However, typical threatening complications of septal myectomy, such as iatrogenic ventricular septal defect (VSD) and rupture of the anterior or posterior walls of the left ventricle (LV), remain a topical issue in surgery of HCM.

**Objective:** to show the role of preoperative CT-planning to predict and reduce possible technical problems associated with ESM, including iatrogenic VSD.

**Methods and materials.** This study includes 217 symptomatic patients with obstructive HCM, who from April 2016 to October 2019 as one of the steps of preoperative planning underwent cardiac CT prior to ESM. Cardiac CT was performed to delineate the left ventricular myocardium, assess the distribution of hypertrophy and the presence of crypts. Special attention was also paid to the anatomy of the mitral valve (MV) and subvalvular apparatus. Coronary artery patency was assessed by CAD-RADS, a standardized method for reporting the results of coronary CT angiography to determine tactics for further management of the patient.

**Results and discussion.** In the study group, the average age of patients was  $(49 \pm 15)$  years, 48% – men. All patients had a symptomatic, drug-refractory obstructive form of HCM. The mean maximum wall thickness of the interventricular septum (IVS) was  $(20 \pm 5)$  mm (range 16–33). The average LV mass was  $(118 \pm 23)$  g/m<sup>2</sup>. 195 patients (89.9%) had systolic anterior motion (SAM) of the MV. MV and subvalvular apparatus anomalies were detected in 62 patients (28.6%). A zone of scarring and regression of IVS after alcohol septal ablation (ASA) was detected in 7 patients (0.3%) with residual LV outflow gradient. Coronary arteries atherosclerosis was detected in 32 patients (14.7%).

**Conclusions.** Preoperative CT-planning of septal myectomy allows to obtain information on morphology of the LV, IVS, MV and subvalvular apparatus, and gives the surgeon the advantage to form a more accurate plan for the location and volume of septal resection, and avoid complications when correcting obstructive HCM. No iatrogenic VSD was detected in any of the patient in the study group.

**Key words:** hypertrophic cardiomyopathy, computed tomography, preoperative planning, extended septal myectomy.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2020;25:592-606. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-592-606*

### ВСТУП

Гіпертрофічна кардіоміопатія (ГКМП) – найпоширеніша генетично обумовлена кардіоміопатія. Розширена септальна мієктомія (PCM) є одним з пріоритетних методів лікування медикаментозно-рефрактерної обструктивної ГКМП. PCM сприяє зменшенню градієнта на вихідному тракті лівого шлуночка (ВТЛШ), зменшує регургітацію на мітральному клапані (МК),

### INTRODUCTION

Hypertrophic cardiomyopathy (HCM) is the most common genetically determined cardiomyopathy. Extended septal myectomy (ESM) is one of the priority methods of treatment of drug-refractory obstructive HCM. ESM helps to reduce the gradient in the left ventricular outflow tract (LVOT), reduces regurgitation on the mitral valve (MV),

✉ Maria O. Tregubova, e-mail: mariia.tregubova@gmail.com

полегшує симптоми серцевої недостатності, збільшує виживаність у пацієнтів із обструктивною формою ГКМП [1–8]. Проте фенотипова поліморфність, висока варіабельність поширення гіпертрофії, зміни з боку МК та його підклапанного апарату при ГКМП, роблять РСМ особливо складним завданням для хірурга [9].

Для оцінки анатомічних особливостей будови лівого шлуночка (ЛШ), МК і підклапанного апарату, планування ступеня мієктомії у пацієнтів з обструктивною формою ГКМП, в нашому хірургічному центрі ми рутинно використовуємо серцеву комп'ютерну томографію (КТ) та магнітно-резонансну томографію (МРТ) серця завдяки високій просторовій роздільній здатності. МРТ серця дозволяє отримати детальну інформацію про серцеву морфологію, функцію шлуночків і тканинні характеристики міокарда, в тому числі ідентифікувати та оцінити ступінь фіброзу. У випадку наявності у пацієнта протипоказань до застосування МРТ та/або для одноетапної оцінки анатомії ЛШ, проходності та анатомії коронарних артерій при виконанні передопераційного планування методом вибору є КТ.

Дане дослідження описує передопераційне КТ-планування септальної мієктомії та відображає клінічні результати хірургічного втручання у послідовній когорті з 217 пацієнтів з обструктивною формою ГКМП, які перенесли септальну мієктомію на базі ДУ «Національний Інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України».

## МЕТА

Метою нашого дослідження було показати роль передопераційного КТ-планування для прогнозування і зменшення можливих технічних проблем, пов'язаних з розширеною септальною мієктомією, зокрема ятрогенного дефекту міжшлуночкової перетинки (ДМШП).

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дане дослідження включало 217 симптоматичних пацієнтів з обструктивною формою ГКМП, яким з квітня 2016 р. по жовтень 2019 р. як один з етапів передопераційного планування до РСМ було виконано КТ серця. У кожного з цих пацієнтів спостерігався систолічний градієнт тиску (СГТ) на ВТЛШ  $\geq 50$  мм рт. ст. у спокої або з фізіологічною провокацією і відмічалися симптоми серцевої недостатності, які не зникали, попри максимальні допустимі дози медикаментозної терапії.

Відповідно до рекомендацій Європейського товариства кардіологів, діагноз ГКМП встановлювали за наявності товщини стінки лівого шлуночка (ЛШ)  $\geq 15$  мм в одному або більшій кількості сегментів ЛШ у дорослих і збільшення товщини стінки ЛШ більше двох стандар-

relieves heart failure symptoms, increases survival in patients with obstructive HCM [1–8]. However, phenotypic polymorphism, high variability in the distribution of hypertrophy, changes of the MV and subvalvular apparatus in HCM, make ESM a particularly difficult task for the surgeon [9].

To assess the anatomical features of the structure of the left ventricle (LV), MV and subvalvular apparatus, planning the degree of myectomy in patients with obstructive HCM, in our surgical center we routinely use cardiac computed tomography (CT) and cardiac magnetic resonance imaging (MRI) due to high spatial resolution. Cardiac MRI provides detailed information on cardiac morphology, ventricular function and myocardial tissue characteristics, including the identification and assessment of the degree of fibrosis. If the patient has contraindications to MRI and / or for a one-step assessment of the LV anatomy, patency and anatomy of the coronary arteries during preoperative planning, the method of choice is CT.

This study describes preoperative CT-planning of septal myectomy and reflects the clinical results of surgery in a sequential cohort of 217 patients with obstructive HCM, who underwent septal myectomy at Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of National Academy of Medical Sciences of Ukraine.

## OBJECTIVE

The aim of our study was to show the role of preoperative CT planning to predict and reduce possible technical problems associated with ESM, including iatrogenic ventricular septal defect (VSD).

## MATERIALS AND METHODS

This study includes 217 symptomatic patients with obstructive HCM, who as one of the step of preoperative planning for ESM underwent cardiac CT from April 2016 to October 2019. In each of these patients peak left ventricular (LV) outflow gradient  $\geq 50$  mm Hg at rest or with physiological provocation and symptoms of heart failure were observed, which did not disappear, despite the maximum dose of drug therapy.

According to the recommendations of the European Society of Cardiology, the diagnosis of HCM was established in the presence of LV wall thickness  $\geq 15$  mm in one or more LV segments in adults and an increase in LV wall thickness of more

ртних відхилень відносно прогнозованого середнього значення у дітей, виявлених за допомогою будь-якого методу візуалізації, за відсутності іншої кардіальної чи системної патології, яка могла би бути причиною гіпертрофії ЛШ. При ехокардіографічній діагностиці визначалася обструкція ВТЛШ та мітральна регургітація (МР).

Серцеву КТ проводили з метою окреслення контурів міокарда ЛШ, для оцінки розподілу гіпертрофії та наявності крипт. Також особливу увагу приділяли анатомії МК і підклапанного апарату. КТ серця дозволяє оцінити зону некрозу міокарда, викликаного алкогольною септальною абляцією (АСА), а також місце рубцювання та регресування маси ЛШ після зазначеної процедури.

Усі пацієнти були повністю поінформовані про природу та ризику свого стану, можливі діагностичні та лікувальні заходи, в тому числі хірургічну процедуру, і дали письмову інформовану згоду перед проведенням дослідження.

Дослідження кожного пацієнта було виконано на 640-зрізовому КТ сканері (Aquilion One, Toshiba Medical Systems) з використанням проспективної електрокардіографічної синхронізації з модуляцією трубки, товщиною зрізу 0,5 мм, при внутрішньовенному болюсному введенні контрастної речовини (Omnipack 350, GI Helske AS, Ireland; Томогексол 350, Фармак, Україна) в об'ємі 70–100 мл зі швидкістю 5–6 мл/сек і з наступним додатковим болюсним введенням 0,9 % розчину хлориду натрію в об'ємі 50 мл. Обсяг дослідження був обмежений від біфуркації трахеї до діафрагмальної поверхні серця. Параметри сканування були такими: 100–120 кВ, 350 мА, швидкість обертання трубки 0,35 сек.

Усі дослідження були передані на робочу станцію (Vitrea Software) для подальшої оцінки групою рентгенологів. Проведено реконструкцію з алгоритмами *volume rendering* (метод об'ємної візуалізації), *maximum intensity projection* (проекції максимальної інтенсивності), *multiplanar volume reformation* (мультипланарна реконструкція), *curved multiplanar volume reformation* (мультипланарна криволінійна реконструкція).

У кожного пацієнта вимірювали товщину переднього, передньоперетинкового, задньоперетинкового і заднього сегмента лівого шлуночка по короткій осі. Враховуючи, що при РСМ використовується трансаортальний доступ, початкова точка, від якої розпочиналось вимірювання товщини вищезазначених сегментів, була визначена у трикамерній позиції по довгій осі на відстані 8 мм від кільця аортального клапана (АК). Подальші вимірювання проводили з кроком 8 мм від початкової точки (базальний рівень ЛШ) до рівня

than two standard deviations greater than the predicted mean in children, detected by any imaging modality, in the absence of other cardiac or systemic pathology that could be the cause of left ventricular hypertrophy. Echocardiographic diagnosis revealed LV outflow gradient and MV regurgitation (MR).

Cardiac CT was performed to delineate LV myocardial contours to assess the distribution of hypertrophy and the presence of crypts. Special attention was also paid to the anatomy of the MV and the subvalvular apparatus. CT of the heart allows you to assess the area of myocardial necrosis caused by alcohol septal ablation (ASA), as well as the site of scarring and regression of LV mass after this procedure.

All patients were fully informed of the nature and risks of their condition, possible diagnostic and treatment options, including surgery, and gave written informed consent prior to the study.

The study of each patient was performed on a 640-slice CT scanner (Aquilion One, Toshiba Medical Systems) using prospective electrocardiographic synchronization with tube modulation, a slice thickness of 0.5 mm, with intravenous bolus injection of contrast agent (Omnipack 350, GI Helske; Tomohexol 350, Farmak, Ukraine) in a volume of 70–100 ml at a rate of 5–6 ml/sec and followed by an additional bolus injection of 0.9 % sodium chloride solution in a volume of 50 ml. The scope of the study was limited from the bifurcation of the trachea to the diaphragmatic surface of the heart. The scanning parameters were as follows: 100–120 kV, 350 mA, tube rotation speed 0.35 sec.

All studies were transferred to a workstation (Vitrea Software) for evaluation by a team of radiologists. Reconstruction with algorithms of *volume rendering*, *maximum intensity projection*, *multiplanar volume reformation* and *curved multiplanar volume reformation* were carried out.

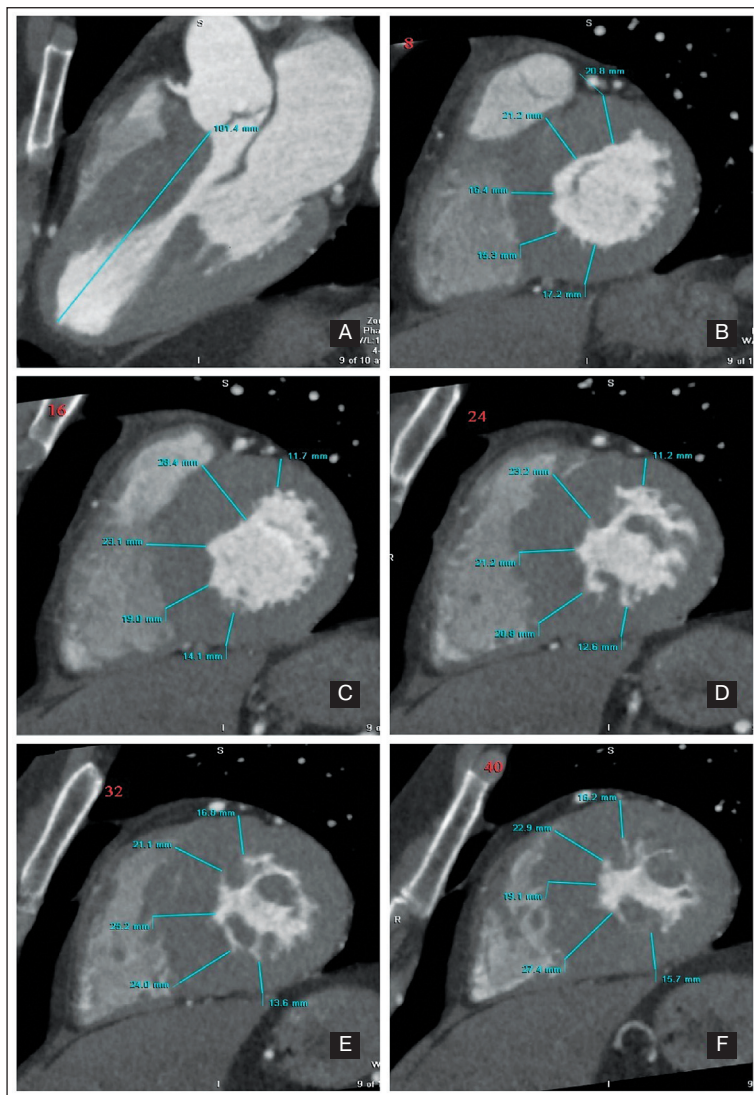
The thickness of the anterior, anteroseptal, posteroseptal and posterior segments of the left ventricle the was measured in a 2-chamber short axis view in each patient. As during the ESM transaortic access is used, the starting point from which the measurement of the thickness of the above mentioned segments began, was determined in a three-chamber long axis view, at a distance of 8 mm from the aortic valve ( AV) ring. Subsequent measurements were performed in 8 mm increments from the starting point (basal level of the LV) to the pa-

папілярних м'язів (ПМ) (серединний рівень ЛШ) з метою реконструкції розподілу гіпертрофії на різних рівнях ЛШ. Також проводили вимірювання довжини ЛШ у трикамерній позиції по довгій осі: розраховували відстань від кільця АК до верхівки ЛШ (рис. 1). Передбачувану протяжність резекції під час РСМ визначали як суму кількості послідовно гіпертрофованих сегментів ЛШ, виміряних кожні 8 мм на відстані від АК. Під час хірургічного втручання отримані дані від детального аналізу КТ стосовно поширення гіпертрофії були використані як керівництво для зменшення товщини перегородки в кожному сегменті пропорційно його товщині та проведення мієктомії.

Особливу увагу приділяли наявності крипт на різних рівнях ЛШ, що оцінювались на послідовних зрізах ЛШ по короткій осі, щоб зменшити ризик виникнення інтраопераційного ятрогенного дефекту міжшлуночкової перетинки. Крипти визначали як одну або декілька вузьких і глибоких, виповнених кров'ю інвагінацій у компактній частині міокарда (глибина поширення в міокард > 30 % його товщи-

pillary muscle (PM) level (middle level of the LV) to reconstruct the distribution of hypertrophy at different LV levels. The length of the left ventricle was also measured in a three-chamber long axis view: the distance from the AV ring to the left ventricle apex was calculated (Fig. 1). The estimated length of resection during ESM was defined as the sum of the number of consecutive hypertrophied LV segments measured every 8 mm at a distance from the AV. During surgery, data from a detailed analysis of CT on the prevalence of hypertrophy was used as a guide for septal myectomy and to reduce the thickness of the septum in each segment in proportion to its thickness.

Particular attention was paid to the presence of crypts at different LV levels, which were assessed on successive slices of LV along the short axis to reduce the risk of intraoperative iatrogenic VSD. Crypts were defined as one or more narrow and deep, blood-filled invaginations in the compact part of the myocardium contiguous with LV cavity (depth of distribution

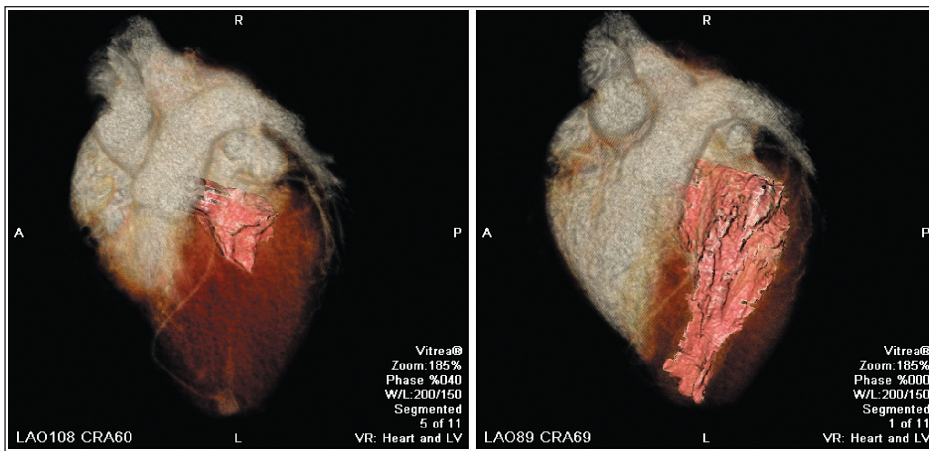


**Рисунок 1. Мультипланарна КТ-реконструкція (передопераційне планування)**

Вимірюються відстань від кільця АК до верхівки лівого шлуночка у трикамерній позиції (А) і товщина ЛШ та МШП на відстані кожних 8 мм від кільця аортального клапана по короткій осі під час кінця діастолі в передньому, перегородкових і нижньому сегментах від базального до серединного рівня ЛШ (В–F).

**Figure 1. Multiplanar CT reconstruction (pre-operative planning)**

The distance from the AV ring to the LV apex in the three-chamber view (A) and the thickness of the LV and IVS are measured at a distance of 8 mm from the AV ring of anterior, septal and inferior segments from the basal to the middle LV level on the short axis view at the end of diastole (B–F).



**Рисунок 2.** Об'ємна візуалізація порожнини ЛШ у пацієнта з обструктивною формою ГКМП в діастолу (праворуч) і в систолу (ліворуч)

Систолічна облітерація порожнини ЛШ на мезовентрикулярному рівні.

**Figure 2.** Volume rendering of the LV cavity in a patient with obstructive HCM in diastole (right) and systole (left)

Systolic obliteration of the LV cavity at the mesoventricular level is noted.

ни), що безпосередньо контактують з порожниною ЛШ, виявлених на реконструйованих зображеннях ЛШ по короткій осі в кінці діастолу [11].

Під час виконання функціонального аналізу визначали наявність систолічного підтягування передньої стулки МК (SAM) до міжшлуночкової перегородки (МШП), елонгацію стулок МК, були проведені розрахунки маси міокарда, кінцево-діастолічного, кінцево-систолічного об'ємів ЛШ та відповідних індексів відносно площі поверхні тіла, фракції викиду (рис. 2). Проводили також вимірювання розмірів АК, передньозаднього розміру лівого передсердя в кінці систоли шлуночків, оцінювали анатомічні особливості МК і підклапанного апарату. У дитячій групі додатково проводили розрахунки кінцево-діастолічного, кінцево-систолічного об'ємів правого шлуночка і відповідних індексів.

Прохідність коронарних артерій оцінювали за системою CAD-RADS – стандартизованого методу для повідомлення результатів коронарної КТ-ангіографії з метою визначення тактики щодо подальшого ведення пацієнта.

Відмінності між величинами до та після операції оцінювали на статистичну значущість, використовуючи парний тест Стьюдента-*t* або критерій хі-квадрату. Співвідношення між змінними визначали за допомогою лінійних регресійних аналізів, повідомляючи про коефіцієнти регресії та коефіцієнти кореляції Пірсона, *p* значення < 0,05 вважалися статистично значущими. Для розрахунку отриманих даних використовувалося статистичне програмне забезпечення MS Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA).

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В досліджуваній групі середній вік пацієнтів становив (49 ± 15) років, 48 % – чоловіки. Усі пацієнти мали симптоматичну медикаментозно-рефрактерну обструктивну форму ГКМП. Середня максимальна тов-

ни в міокардіумі > 30 % її товщини), ідентифіковані на короткій осі зображень у кінці діастолу [11].

Під час функціонального аналізу, були виявлені систолічне підтягування передньої стулки МК (SAM) до міжшлуночкової перегородки (МШП), елонгація стулок МК, були проведені розрахунки маси міокарда, кінцево-діастолічного, кінцево-систолічного об'ємів ЛШ та відповідних індексів відносно площі поверхні тіла, фракції викиду (рис. 2). Проводили також вимірювання розмірів АК, передньозаднього розміру лівого передсердя в кінці систоли шлуночків, оцінювали анатомічні особливості МК і підклапанного апарату. У дитячій групі додатково проводили розрахунки кінцево-діастолічного, кінцево-систолічного об'ємів правого шлуночка і відповідних індексів.

Прохідність коронарних артерій оцінювали за системою CAD-RADS, стандартизованого методу для повідомлення результатів коронарної КТ-ангіографії з метою визначення тактики щодо подальшого ведення пацієнта.

Відмінності між величинами до та після операції оцінювали на статистичну значущість, використовуючи парний тест Стьюдента-*t* або критерій хі-квадрату. Співвідношення між змінними визначали за допомогою лінійних регресійних аналізів, повідомляючи про коефіцієнти регресії та коефіцієнти кореляції Пірсона, *p* значення < 0,05 вважалися статистично значущими. Для розрахунку отриманих даних використовувалося статистичне програмне забезпечення MS Excel (Microsoft, Redmond, WA, USA).

## RESULTS AND DISCUSSION

In the study group, the average age of patients was (49 ± 15) years, 48 % – men. All patients had a symptomatic drug-refractory obstructive form of HCM. The average maximum wall thickness of the IVS was

щина МШП становила  $(20 \pm 5)$  мм (діапазон 16–33). Середній показник маси ЛШ становив  $(118 \pm 23)$  г/м<sup>2</sup>. 195 пацієнтів (89,9 %) мали систолічне підтягування передньої стулки МК до МШП (рис. 3). У 62 пацієнтів (28,6 %) були виявлені зміни анатомії підклапанного апарату МК (рис. 4). У 7 пацієнтів (0,3 %) після процедури АСА із залишковим СГТ на ВТЛШ було виявлено зону рубцювання і регресування МШП (рис. 5).

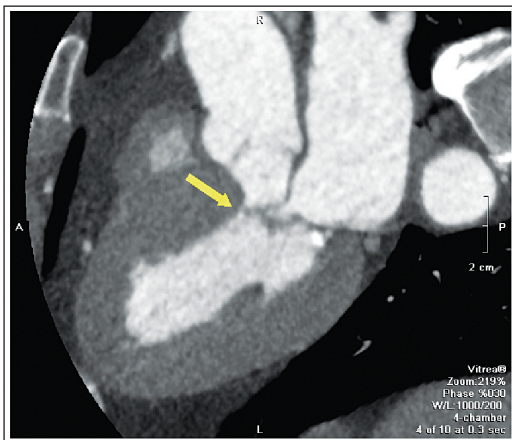
42 пацієнти (19,3 %) мали 49 крипт міокарда, 9 з яких знаходилися у зоні передбачуваної хірургічної корекції (рис. 6). У 8 пацієнтів було виявлено повнокровні септальні гілки передньої міжшлуночкової гілки лівої коронарної артерії (рис. 7).

185 пацієнтів (85,2 %) мали прохідні коронарні артерії без ознак наявності стенозів (CAD-RADS 0). У 32 пацієнтів (14,7 %) було виявлено атеросклеротичні зміни з боку коронарних артерій, а саме у 15 пацієнтів (6,9 %) було виявлено стеноз коронарної артерії зі ступенем звуження 1–24 % (CAD-RADS 1).

$(20 \pm 5)$  mm (range 16–33). The average LV mass was  $(118 \pm 23)$  g/m<sup>2</sup>. 195 patients (89.9 %) had systolic pulling of the anterior leaflet of the MV to the IVS (Fig. 3). In 62 patients (28.6 %) changes in the anatomy of the subvalvular apparatus of the MV were detected (Fig. 4). In 7 patients (0.3 %) after the ASA procedure with residual LV outflow gradient, a zone of scarring and regression of IVS was detected (Fig. 5).

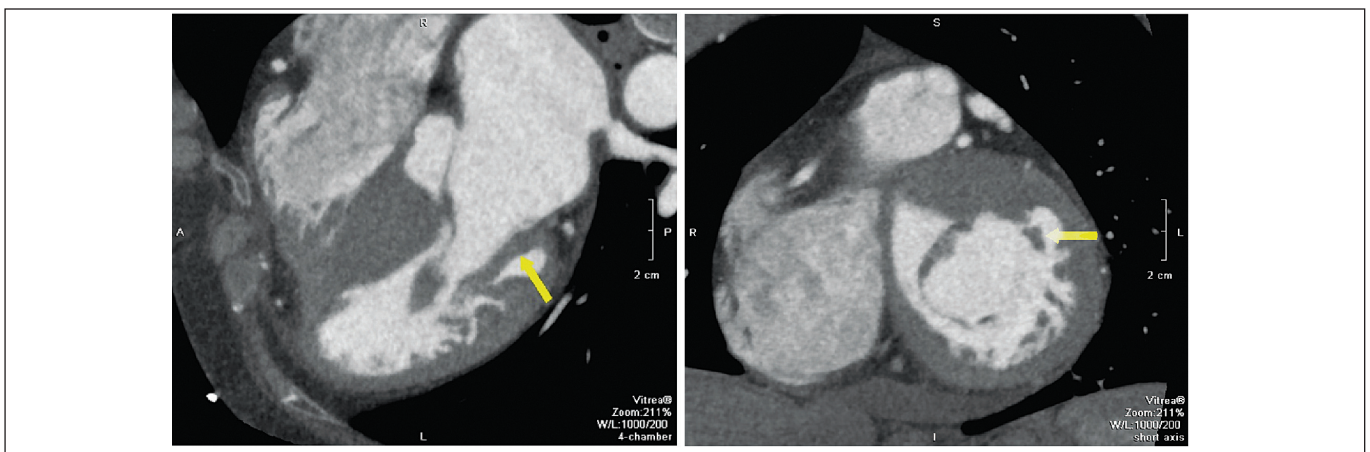
42 patients (19.3 %) had 49 myocardial crypts, 9 of which were in the area of the supposed surgical correction (Fig. 6). Full-blooded septal branches of the left anterior descending artery were found in 8 patients (Fig. 7).

185 patients (85.2 %) had patent coronary arteries without signs of stenosis (CAD-RADS 0). Coronary artery atherosclerotic changes were detected in 32 patients (14.7 %). Coronary artery stenosis with a degree of narrowing of 1–24 % (CAD-RADS 1) was detected in 15 patients (6.9 %). Coronary artery



**Рисунок 3.** КТ-зображення серця у трикамерній позиції по довгій осі у пацієнта з симетричною обструктивною формою ГКМП з феноменом систолічного підтягування передньої стулки МК (стрілка) до МШП

**Figure 3.** CT image of the heart in the three-chamber long axis view in a patient with a symmetrical obstructive form of HCM with the phenomenon of systolic pulling of the anterior leaflet of the MV to the IVS

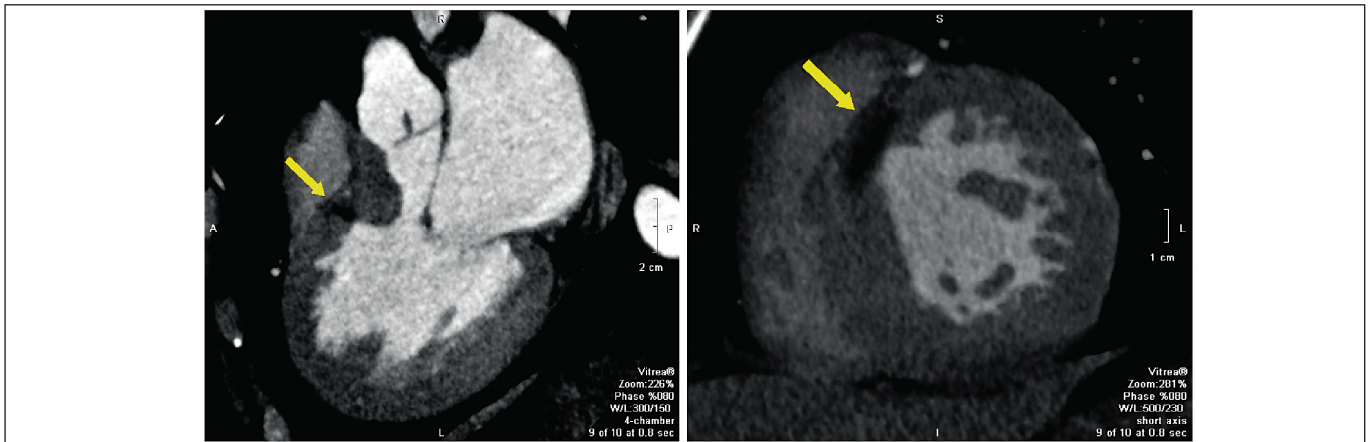


**Рисунок 4.** КТ-зображення у чотирикамерній позиції по довгій осі (ліворуч) і двокамерній позиції по короткій осі (праворуч)

Пацієнт з асиметричною обструктивною формою ГКМП та вростанням передньої групи ПМ в сегмент P1 задньої стулки МК (стрілка).

**Figure 4.** CT image in four-chamber long axis view (left) and two-chamber short axis view (right)

Patient with asymmetric obstructive HCM and ingrowth of the anterior group of PM in the segment P1 of the posterior MV leaflet (arrow).

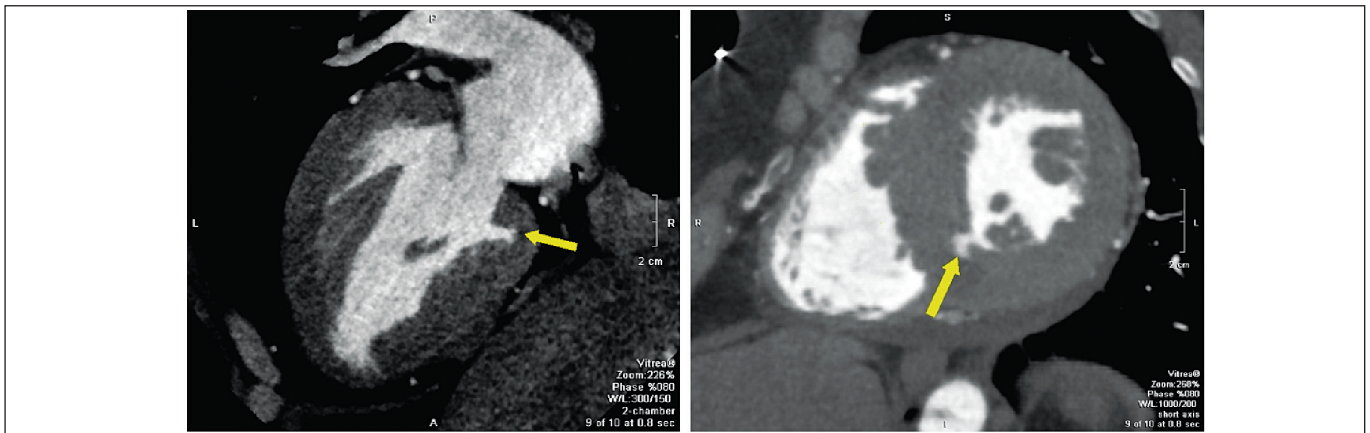


**Рисунок 5.** КТ-зображення пацієнта з асиметричною обструктивною формою ГКМП у трикамерній позиції по довгій осі (ліворуч) і двокамерній позиції по короткій осі (праворуч) після АСА

Візуалізується зона фіброзу (стрілка).

**Figure 5.** CT image of a patient with an asymmetric obstructive form of HCM in the three-chamber long axis view (left) and on the two-chamber short axis view (right) after the ASA

Area of fibrosis is visualized (arrow).

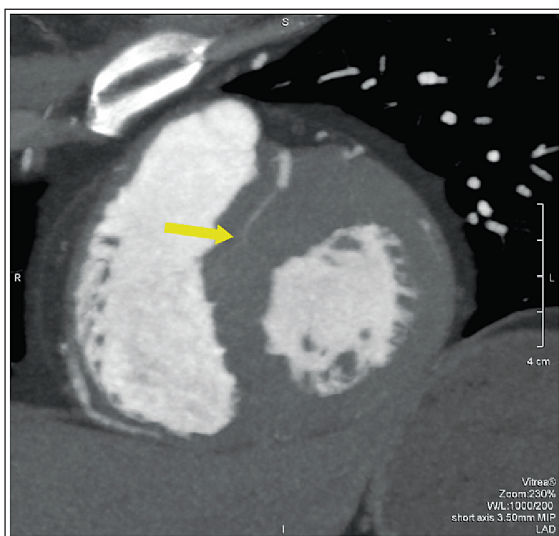


**Рисунок 6.** Двокамерне КТ-зображення по довгій (ліворуч) і по короткій осі (праворуч)

Візуалізується заглиблення (стрілка) в компактному міокарді у нижньоперетинковому сегменті на середньошлуночковому рівні в кінці діастолі (крипта) у пацієнта з обструктивною формою ГКМП.

**Figure 6.** Two-chamber CT image on the long (left) and short axis view (right)

The recess (arrow) in the compact myocardium in the posteroseptal segment at the midventricular level at the end of diastole (crypt) in a patient with obstructive form of HCM.



**Рисунок 7.** КТ-зображення у двокамерній позиції по короткій осі в пацієнта з асиметричною обструктивною формою ГКМП

Візуалізується повнокровна перша септальна гілка передньої міжшлуночкової гілки лівої коронарної артерії (стрілка).

**Figure 7.** CT image in the two-chamber short axis view in a patient with an asymmetric obstructive HCM

The full-blooded first septal branch of the left anterior descending artery (arrow).



У 9 пацієнтів (4,1 %) ідентифіковано стеноз коронарних артерій зі ступенем звуження 25–49 % (CAD-RADS 2). У 2 пацієнтів (0,9 %) відмічався стеноз коронарної артерії зі ступенем звуження 50–69 % (CAD-RADS 3). 6 пацієнтів (2,7 %) мали стеноз коронарної артерії зі ступенем звуження 70–99 % (CAD-RADS 4). У одного пацієнта (0,5 %) було виявлено аномальне відходження огинаючої гілки лівої коронарної артерії від правого синуса Вальсальви. 16 пацієнтів (7,3 %) мали міокардіальний місток (рис. 8). Відповідно, 8 пацієнтам (3,6 %) з групи CAD-RADS 3–4 було виконано селективну коронарографію, де ступінь звуження коронарних артерій було підтверджено.

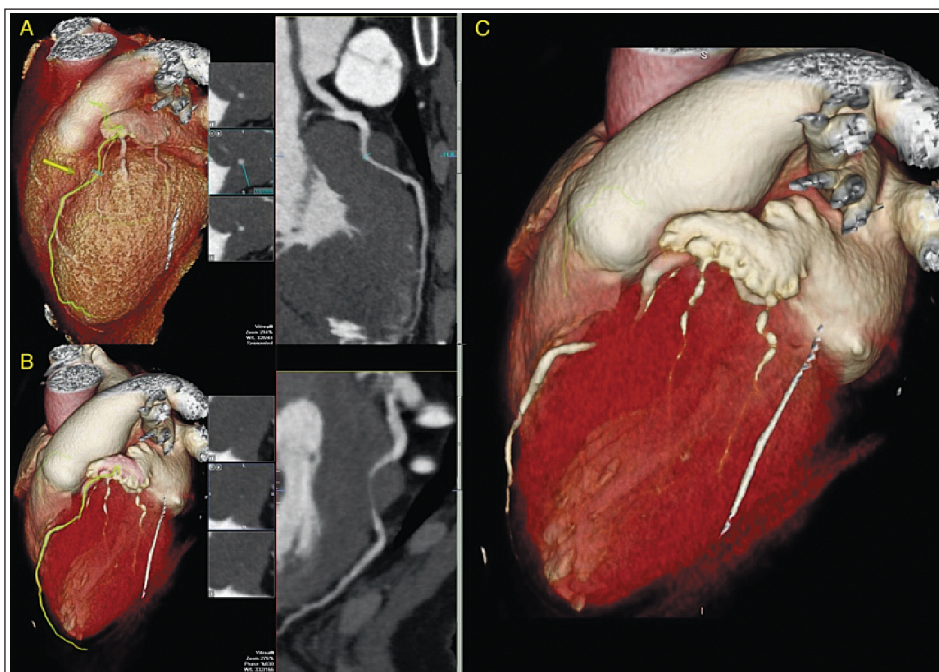
Інтраопераційно, після загальної анестезії проводили трансезофагеальну ехокардіографію (ТЕЕ) з метою підтвердження обсягу мієктомії в апікальному напрямку, а також для оцінки морфології МК і наявності асоційованих первинних аномалій МК. ТЕЕ повторювали в операційній відразу ж після зупинки апарату штучного кровообігу для оцінки залишкового градієнта на ВТЛШ, оцінки товщини МШП, регургітації на аортальному і мітральному клапанах, а також для виявлення можливих хірургічних ускладнень, таких як ятрогенна перфорація МШП або коронарна фістула.

Використовували стандартні орієнтири для визначення початкової точки резекції в передньоперетинковому сегменті. Глибину початкового розрізу хірург оцінював інтраопераційно і, якщо вона була меншою, ніж запланована на КТ, її відповідно збільшували. Надалі, мієктомію передньої перегородки ви-

stenosis with a degree of narrowing of 25–49 % (CAD-RADS 2) was identified in 9 patients (4.1 %). Coronary artery stenosis with a degree of narrowing of 50–69 % (CAD-RADS 3) was noted in 2 patients (0.9 %). 6 patients (2.7 %) had coronary artery stenosis with a degree of narrowing of 70–99 % (CAD-RADS 4). In one patient (0.5 %) an anomalous origin of the left circumflex artery from the right sinus of Valsalva was detected. 16 patients (7.3 %) had myocardial bridge (Fig. 8). Accordingly, 8 patients (3.6 %) from the group CAD-RADS 3–4 underwent selective coronary angiography, where the degree of narrowing of the coronary arteries was confirmed.

Intraoperatively after general anesthesia, transesophageal echocardiography (TEE) was performed to confirm the extent of myectomy in the apical direction, as well as to assess the morphology of MV and the presence of associated primary anomalies of MV. TEE was repeated in the operating room immediately after stopping the artificial circulation device to assess the residual LV outflow gradient, estimate the thickness of the IVS, regurgitation on the aortic and mitral valves, and to identify possible surgical complications such as iatrogenic VSD or coronary artery fistula.

Standard reference points were used to determine the starting point of incision in the anterior septum. The depth of the initial incision was assessed by the surgeon intraoperatively and, if it was less than planned on CT, it was increased appropriately. Subsequently, the anterior septal



**Рисунок 8. Мультипланарна криволінійна реконструкція КТ-ангіографії (А, В) та об'ємна візуалізація (С)**

Глибокий міокардіальний хід середнього сегмента передньої міжшлуночкової гілки лівої коронарної артерії під час кінцевої діастолі.

**Figure 8. Multiplanar curvilinear reconstruction of CT angiography (A, B) and volume rendering (C)**

The deep myocardial course of the middle segment of the left anterior descending artery during end diastole.

конували суцільним м'язовим тяжем (one-piece technique), дотримуючись передопераційного плану КТ. У пацієнтів, в яких за допомогою КТ було заплановано резекцію м'язів у дистальному відділі нижньої частини МШП, висічення перегородки було розширено до цієї ділянки та знову завершено цілим «шматком», з тією ж хірургічною методикою, що використовується для передньої перегородки.

Фіброзні та м'язові структури, що з'єднують сопочкові м'язи з МШП або вільною стінкою ЛШ, присутні практично у всіх пацієнтів з обструктивною ГКМП і обмежують рухливість ПМ. Такі структури, що ідентифікуються лише під час операції, були присутніми та систематично розсічені у кожного з досліджуваних пацієнтів з метою покращення рухливості ПМ (мобілізація ПМ). Аномальні хордальні структури (патологічні вторинні хорди) або фіброзні тяжі між передньою стулкою МК та ПМ зустрічаються у більшості хворих з ГКМП. Дані структури рутинно підлягали резекції, що збільшувало площу коаптації стулків МК і запобігало феномену систолічного підтягування передньої ступки МК до МШП у післяопераційному періоді. У випадках діастазу між місцями кріплення первинних хорд до краю ступки МК більше 5 мм, дана зона підлягала плікації.

Фактичний обсяг хірургічної резекції становив  $(61 \pm 11)$  мм<sup>3</sup>. Госпітальна смертність становила 1,6 %, у жодного пацієнта не було виявлено ятрогенного дефекту міжшлуночкової перетинки.

Подальшу післяопераційну клінічну та ехокардіографічну оцінку стану пацієнтів виконували на базі нашого інституту. Повторний огляд проводили через 3 місяці, 1 та 3 роки після оперативного втручання. Проводили оцінку показника СГТ на ВТЛШ до і після оперативного втручання. Згідно з отриманими даними, СГТ знизився з  $(92,8 \pm 30,7)$  мм рт. ст. (діапазон 50–235 мм рт. ст.) перед операцією до  $(19,3 \pm 8,7)$  мм рт. ст. після лікування ( $p < 0,001$ ). 17 пацієнтів (7,8 %) мали залишковий ( $\geq 30$  мм рт. ст.) СГТ на ВТЛШ у спокої або при дозованому фізичному навантаженні. З 217 хворих, дані яких вивчалися, у 40 (18,4 %) був залишковий СГТ  $\geq 25$  мм рт. ст. Дані про функціональний клас за NYHA до та після операції оцінювали у кожного з досліджуваних пацієнтів. З 217 хворих, 90 (41,5 %) з яких були в функціональному класі III–IV NYHA перед операцією, 151 (69,1 %) перейшли у функціональний клас I–II при останній оцінці ( $p < 0,001$ ). Крім того, проведено оцінку ступеня MR за допомогою ехокардіографічного обстеження у пацієнтів до і після оперативного втручання та розподі-

myectomy was performed with a single-piece technique, following a preoperative CT planning. In patients in whom a muscle resection in the distal portion of the posterior septum had been planned at CT, the septal excision was extended to this area and completed again with a whole «piece», with the same surgical technique used for the anterior septum.

Fibrous and muscular structures connecting the papillary muscles with the IVS or the free wall of the left ventricle are present in almost all patients with obstructive HCM and limit the mobility of papillary muscles (PM). Such structures, which are identified only during surgery, were present and systematically excised in each of the studied patients in order to improve the mobility of PM (mobilization of PM). Abnormal chordal structures (pathological secondary chords) or fibrous bands between the anterior leaflet of the MV and PM are found in most patients with HCM. These structures were routinely resected, which increased the area of coaptation of the MV leaflets and prevented the phenomenon of systolic pulling to the IVS in the postoperative period. In cases of diastase between the sites of attachment of the primary chords to the edge of the leaflet MV more than 5 mm, this area was subject to application.

The actual volume of surgical resection was  $(61 \pm 11)$  mm<sup>3</sup>. Hospital mortality was 1.6 %, no patient had an iatrogenic VSD.

Further postoperative clinical and echocardiographic assessment of patients was performed on the basis of our institute. Re-examination was performed 3 months, 1 and 3 years after surgery. The LV outflow gradient before and after surgery was evaluated. According to the data obtained, LV outflow gradient decreased from  $(92.8 \pm 30.7)$  mm Hg (range 50–235 mm Hg) before surgery to  $(19.3 \pm 8.7)$  mm Hg after treatment ( $p < 0.001$ ). 17 patients (7.8 %) had residual ( $\geq 30$  mm Hg) LV outflow gradient at rest or during dosed exercise. Of the 217 studied patients, 40 (18.4 %) had residual LV outflow gradient  $\geq 25$  mm Hg. NYHA functional class data before and after surgery were evaluated in each of the studied patients. Of the 217 patients, 90 (41.5 %) of whom were in functional class III–IV NYHA before surgery, 151 (69.1 %) switched to functional class I–II at the last assessment ( $p < 0.001$ ). In addition, the degree of MV regurgitation was assessed by echocardiographic examination in patients before and after surgery and distrib-

лено за шкалою від 0 до 4 (0 – МР відсутня, 1 – незначна МР, 2 – помірна МР, 3 – помірно виражена МР, 4 – виражена МР). За результатами ехокардіографії після оперативного втручання, пацієнтів із 3-м та 4-м ступенями МР виявлено не було. У 23 пацієнтів (10,6 %) спостерігався 2-й (помірний ступінь) МР, тоді як до операції кількість тих, що мали помірну або виражену МР складала 178 (82 %) з 217 досліджуваних ( $p < 0,001$ ).

Результати нашого дослідження показують, що рутинна передопераційна КТ-реконструкція МШП та оцінка морфології ЛШ мають нову та важливу роль у плануванні обсягу резекції міокарда при септальній мієктомії у пацієнтів з обструктивною формою ГКМП. Цей метод дозволив нам спрогнозувати та здійснити стандартизовану і розширену в апікальному напрямку септальну резекцію, що рівномірно зменшила товщину перегородки.

У більшості пацієнтів з нашого дослідження, септальна гіпертрофія також залучала середню/дистальну частину нижньої перетинки, тобто ділянку, близьку до місця контакту нижньої перетинки з правим шлуночком. У цих пацієнтів КТ-планування мієктомії дозволило нам розширити септальну резекцію до дистальної нижньої перетинки, рівномірно зменшуючи товщину перегородки до рівня або нижче екватора шлуночка.

У попередніх дослідженнях, МРТ-реконструкція септальної морфології показала, що септальна гіпертрофія у пацієнтів з обструктивною формою ГКМП часто має спіральний розподіл із прогресуючим зменшенням товщини передньої перетинки та збільшенням товщини задньої перетинки від аорти до верхівки [14, 15]. Дійсно, у групи пацієнтів з нашого дослідження, у яких м'язове висічення поширювалося на ділянку нижньої перегородки, близьку до місця контакту з правим шлуночком, висічений септальний міокард мав тенденцію до спіральної форми, що відтворювала передопераційний, спрогнозований за допомогою КТ, спіральний патерн гіпертрофії. Це свідчить про те, що розширена в апікальному напрямку мієктомія рівномірно слідувала за гіпертрофованою частиною перегородки, створюючи плавне та поступове збільшення об'єму порожнини ЛШ.

В останні роки, висока просторова роздільна здатність КТ серця дозволяє ідентифікувати вузькі інвагінації в компактному міокарді, які були визначені як «крипти», і які є унікальною морфологічною ознакою хворих на ГКМП, а також членів сім'ї, які переносять мутований ген, що відповідає за розвиток ГКМП за відсутності фенотипової експресії хвороби [11].

uted on a scale from 0 to 4 (0 – mitral regurgitation (MR) is absent, 1 – minor MR, 2 – moderate MR, 3 – moderate to severe MR, 4 – severe MR). According to the results of echocardiography after surgery, patients with grade 3 and 4 MR were not detected. In 23 patients (10.6 %) there were 2 (moderate) MR, while before surgery the number of those who had moderate or severe MR was 178 (82 %) of 217 subjects ( $p < 0.001$ ).

The results of our study show that routine preoperative CT reconstruction of the IVS and assessment of LV morphology has a new and important role in planning the extent of myocardial resection in septal myectomy in patients with obstructive HCM. This method allowed us to predict and perform standardized and expanded in the apical direction septal resection, which evenly reduced the thickness of the septum.

In most patients in our study, septal hypertrophy also involved the middle/distal portion of the posterior septum, ie the area close to the point of contact of the posterior septum with the right ventricle. In these patients, CT-planning of myectomy allowed us to extend septal resection to the distal posterior septum, evenly reducing the thickness of the septum to or below the equator of the ventricle.

In previous studies, MRI reconstruction of septal morphology has shown that septal hypertrophy in patients with obstructive HCM often has a spiral distribution with a progressive decrease in anterior septal thickness and an increase in posterior septal thickness from aorta to the apex [14, 15]. Indeed, in the group of patients in our study in whom the muscle excision extended to the area of posterior septum close to the site of contact with the right ventricle, the excised septal myocardium tended to spiral shape, reproducing the preoperative, CT-predicted spiral hypertrophic pattern. This indicates that the myectomy extended in the apical direction evenly followed the hypertrophied part of the septum, creating a smooth and gradual increase in the volume of the LV cavity.

In recent years, the high spatial resolution of cardiac CT has identified narrow invaginations in the compact myocardium, which have been identified as «crypts» and which are a unique morphological feature of patients with HCM, as well as family members carrying the mutated gene responsible for development of HCM in the absence of phenotypic expression of the disease [11].

Також при передопераційному КТ-плануванні у 19,3 % пацієнтів з нашого дослідження були виявлені міокардіальні крипти, при цьому у декількох пацієнтів були наявні множинні септальні крипти. Незважаючи на те, що клінічне і прогностичне значення крипт міокарда ще належить визначити, ці вогнища вираженого стоншення міокарда, знаходячись у перетинці, якщо не будуть ідентифіковані, можуть підвищити ризик виникнення ятрогенного дефекту міжшлуночкової перегородки, пошкодження передньої або задньої стінки ЛШ під час септальної мієктомії. Тому виявлення крипт відіграло важливу роль у нашому передопераційному КТ-плануванні, дозволяючи ретельно уникати висічення септального міокарду в ділянці крипт, таким чином зменшуючи небезпеку виникнення ятрогенного дефекту МШП.

Високороздільні КТ-зображення також дозволяють ідентифікувати аберантні м'язові пучки, які у пацієнтів з ГКМП часто з'єднують гіпертрофовану перегородку на базальному рівні шлуночка з дистальним відділом перегородки або вільної стінки ЛШ і можуть додатково зменшувати мезовентрикулярний об'єм порожнини шлуночка або зміщувати ПМ дореду в бік ВТЛШ [12]. Проксимальна і дистальна точки прикріплення великих м'язових пучків до перегородки або вільної стінки ЛШ чітко ідентифікуються при КТ серця. Ці м'язові пучки зазвичай виходять з перегородки в тій області, де товщина перегородки починає зменшуватися. Отже, інформація про розташування пучків може допомогти хірургу в просторовій орієнтації в порожнині шлуночка і, відповідно, редукції перетинки.

## ВИСНОВКИ

Передопераційне планування септальної мієктомії за допомогою КТ дозволяє отримати інформацію щодо морфології лівого шлуночка, міжшлуночкової перетинки, мітрального клапана та підклапанного апарату, і в комбінації з трансторакальною ехокардіографією та інтраопераційною ТЕЕ надає хірургу змогу сформувати більш точний план стосовно місця і ступеня септальної резекції.

Систематичне впровадження передопераційної КТ-реконструкції септальної анатомії і детальне планування резекції перегородки, дозволили нам здійснити стандартизовану та апікально розширену мієктомію, яка в поєднанні з мобілізацією ПМ і селективним висіченням вторинних хорд МК, дають змогу збільшити об'єм порожнини ЛШ та зменшити градієнт на ВТЛШ у кожного з наших пацієнтів з досліджуваної групи, а також статистично значуще знизити ступінь МР у переважної більшості пацієнтів. Також, передопераційне КТ-планування запобігло септальній ре-

Also in preoperative CT planning, myocardial crypts were detected in 19.3 % of patients in our study, and several patients had multiple septal crypts. Although the clinical and prognostic value of myocardial crypts remains to be determined, these foci of severe myocardial thinning, if not identified, may increase the risk of iatrogenic septal defect, damage of the anterior or posterior LV wall during septal myectomy. Therefore, crypt detection has played an important role in our preoperative CT-planning, allowing careful avoidance of septal myocardial excision in the crypt area, thus reducing the risk of iatrogenic VSD.

High-resolution CT images also identify aberrant muscle bundles, which in patients with HCM often connect the hypertrophied septum at the basal level of the ventricle with the distal septum or free wall of the left ventricle and can further reduce the mesoventricular volume of the ventricular cavity or to shift PM forward towards LVOT [12]. The proximal and distal points of attachment of large muscle bundles to the septum or free wall of the left ventricle are clearly identified by CT of the heart. These muscle bundles usually come out of the septum in the area where the thickness of the septum begins to decrease. Therefore, information about the location of the bundles can help the surgeon in the spatial orientation in the ventricular cavity and, accordingly, the reduction of the septum.

## CONCLUSIONS

Preoperative septal myectomy with CT scans provides information on the morphology of the LV, IVS, MV and subvalvular apparatus, and in combination with transthoracic echocardiography and intraoperative TEE allows the surgeon to form a more accurate plan for location and degree of septal resection.

Systematic implementation of preoperative CT reconstruction of septal anatomy and detailed planning of resection of the septum, allowed us to perform standardized and apically extended myectomy, which in combination with the mobilization of PM and selective excision of secondary chords of the MV, allows to increase the volume of the LV cavity and decrease LV outflow gradient in each of our patients in the study group, and statistically significantly reduce the degree of MR in the vast majority of

зекції в ділянках вираженого стоншення міокарду, зумовленого криптами, та одномоментно дозволяло отримати інформацію щодо прохідності коронарних артерій. Ці результати свідчать про нову роль для КТ, яка може зробити розширену септальну міектомію більш доступною для хірургів і зменшити вірогідність ятрогенного пошкодження МШП, передньої та задньої стінок ЛШ під час корекції обструктивної ГКМП.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy / B. J. Gersh, B. J. Maron, R. O. Bonow et al. *Circulation* 2011. Vol. 124, no. 24. P. 2761–2796. doi: 10.1161/CIR.0b013e318223e230.
2. Long-term effects of surgical septal myectomy on survival in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy / S. R. Ommen, B. J. Maron, I. Olivetto et al. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2005. Vol. 46, no. 2. P. 470–476. doi: 10.1016/j.jacc.2005.02.090.
3. Current effectiveness and risks of isolated septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy / N. G. Smedira, B. W. Lytle, H. M. Lever et al. *Ann. Thorac. Surg.* 2008. Vol. 85, no. 1. P. 127–133. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.07.063.
4. Role of mitral valve plication in the management of hypertrophic cardiomyopathy / S. K. Balam, R. E. Ross, M. V. Sherrid et al. *Ann. Thorac. Surg.* 2012. Vol. 94, no. 6. P. 1990–1997. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.06.008.
5. A contemporary European experience with surgical septal myectomy in hypertrophic cardiomyopathy / A. Iacovoni, P. Spirito, C. Simonet et al. *Eur. Heart J.* 2012. Vol. 33, no. 16. P. 2080–2087. doi: 10.1093/eurheartj/ehs064.
6. Predictors of long-term outcomes in symptomatic hypertrophic obstructive cardiomyopathy patients undergoing surgical relief of left ventricular outflow tract obstruction / M. Y. Desai, A. Bhonsale, N. G. Smedira et al. *Circulation*. 2013. Vol. 128, no. 3. P. 209–216. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000849.
7. Long-term benefit of myectomy and anterior mitral leaflet extension in obstructive hypertrophic cardiomyopathy / P. A. Vriesendorp, A. F. Schinkel, O. I. Soliman et al. *Am. J. Cardiol.* 2015. Vol. 115, no. 5. P. 670–675. doi: 10.1016/j.amjcard.2014.12.017.
8. Results of surgical septal myectomy for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: the Tufts experience / H. Rastegar, G. Boll, E. J. Rowin et al. *Ann. Cardiovasc. Surg.* 2017. Vol. 6, no. 4. P. 353–363. doi: 10.21037/acs.2017.07.07.
9. Klues H. G., Schiffrers A., Maron B. J. Phenotypic spectrum and patterns of left ventricular hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy: Morphologic observations and significance as assessed by two-dimensional echocardiography in 600 patients. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1995. Vol. 26, no. 7. P. 1699–1708. doi: 10.1016/0735-1097(95)00390-8.
10. Transaortic chordal cutting: mitral valve repair for obstructive hypertrophic cardiomyopathy with mild septal hypertrophy / P. Fer-

patients. In addition, preoperative CT-planning prevented septal resection in areas of severe myocardial thinning due to crypts, and at the same time allowed to obtain information about the patency of the coronary arteries. These results suggest a new role for CT, which may make extended septal myectomy more accessible to surgeons and reduce the likelihood of iatrogenic VSD during correction of obstructive HCM.

## REFERENCES

1. Gersh BJ, Maron BJ, Bonow RO, Dearani JA, Fifer MA, Link MS, et al. 2011 ACCF/AHA guideline for the diagnosis and treatment of hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2011;124(24):2761-2796. doi: 10.1161/CIR.0b013e318223e230.
2. Ommen SR, Maron BJ, Olivetto I, Maron MS, Cecchi F, Betocchi S, et al. Long-term effects of surgical septal myectomy on survival in patients with obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(3):470-476. doi: 10.1016/j.jacc.2005.02.090.
3. Smedira NG, Lytle BW, Lever HM, Rajeswaran J, Krishnaswamy G, Kaple RK, et al. Current effectiveness and risks of isolated septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg*. 2008;85(1):127-133. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.07.063.
4. Balam SK, Ross RE, Sherrid MV, Schwartz GS, Hillel Z, Winson G, Swistel DG. Role of mitral valve plication in the management of hypertrophic cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg*. 2012;94(6):1990-1997. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.06.008.
5. Iacovoni A, Spirito P, Simon C, Iacovoni M, Di Dedda G, De Filippo P, et al. A contemporary European experience with surgical septal myectomy in hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J*. 2012; 33(16):2080-2087. doi: 10.1093/eurheartj/ehs064.
6. Desai MY, Bhonsale A, Smedira NG, Naji P, Thamilarasan M, Lytle BW, Lever HM. Predictors of long-term outcomes in symptomatic hypertrophic obstructive cardiomyopathy patients undergoing surgical relief of left ventricular outflow tract obstruction. *Circulation*. 2013;128(3):209-216. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000849.
7. Vriesendorp PA, Schinkel AF, Soliman OI, Kofflard MJ, de Jong PL, van Herwerden LA, et al. Long-term benefit of myectomy and anterior mitral leaflet extension in obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2015;115(5):670-675. doi: 10.1016/j.amjcard.2014.12.017.
8. Rastegar H, Boll G, Rowin EJ, Dolan N, Carroll C, Udelson JE, et al. Results of surgical septal myectomy for obstructive hypertrophic cardiomyopathy: the Tufts experience. *Ann Cardiovasc Surg*. 2017; 6(4):353-363. doi: 10.21037/acs.2017.07.07.
9. Klues HG, Schiffrers A, Maron BJ. Phenotypic spectrum and patterns of left ventricular hypertrophy in hypertrophic cardiomyopathy: Morphologic observations and significance as assessed by two-dimensional echocardiography in 600 patients. *J Am Coll Cardiol*. 1995;26(7):1699-1708. doi: 10.1016/0735-1097(95)00390-8.

- razzi, P. Spirito, A. Iacovoni et al. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2015. Vol. 66, no. 16. P. 1687–1696. doi: 10.1016/j.jacc.2015.07.069.
11. Prevalence and clinical profile of myocardial crypts in hypertrophic cardiomyopathy / M. S. Maron, E. J. Rowin, D. Lin et al. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2012. Vol. 5, no. 4. P. 441–447. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.112.972760.
  12. Extended septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy with anomalous mitral papillary muscles or chordae / K. Minakata, H. V. Schaff, K. J. Zehr et al. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004. Vol. 127, no. 2. P. 481–489. doi: 10.1016/j.jtcvs.2003.09.040.
  13. Messmer B. J. Extended myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann. Thorac. Surg.* 1994. Vol. 58, no. 2. P. 575–577. doi: 10.1016/0003-4975(94)92268-3.
  14. Geometric assessment of asymmetric septal hypertrophic cardiomyopathy by CMR / A. Florian, P. G. Masci, S. De Buck et al. *JACC: Cardiovasc. Imaging.* 2012. Vol. 5, no. 7. P. 702–711. doi: 10.1016/j.jcmg.2012.03.011.
  15. Maron M. S., Maron B. J. Clinical impact of contemporary cardiovascular magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation.* 2015. Vol. 132, no. 4. P. 292–298. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014283.
  10. Ferrazzi P, Spirito P, Iacovoni A, Calabrese A, Migliorati K, Simon C, et al. Transaortic chordal cutting: mitral valve repair for obstructive hypertrophic cardiomyopathy with mild septal hypertrophy. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(15):1687-1696. doi: 10.1016/j.jacc.2015.07.069.
  11. Maron MS, Rowin EJ, Lin D, Appelbaum E, Chan RH, Gibson CM, et al. Prevalence and clinical profile of myocardial crypts in hypertrophic cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5(4):441-447. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.112.972760.
  12. Minakata K, Schaff HV, Zehr KJ, Dearani JA, Daly RC, Orszulak TA, et al. Extended septal myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy with anomalous mitral papillary muscles or chordae. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(2):481-489. doi: 10.1016/j.jtcvs.2003.09.040.
  13. Messmer BJ. Extended myectomy for hypertrophic obstructive cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg.* 1994;58(2):575-577. doi: 10.1016/0003-4975(94)92268-3.
  14. Florian A, Masci PG, De Buck S, Aquaro GD, Claus P, Todiere G, et al. Geometric assessment of asymmetric septal hypertrophic cardiomyopathy by CMR. *JACC: Cardiovasc Imaging.* 2012;5(7):702-711. doi: 10.1016/j.jcmg.2012.03.011.
  15. Maron MS, Maron BJ. Clinical impact of contemporary cardiovascular magnetic resonance imaging in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation.* 2015;132(4):292-298. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.014283.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Марія Олександрівна Трегубова**, лікар-рентгенолог відділення «Променева діагностика», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Василь Васильович Лазоршинець**, академік НАМН України, доктор медичних наук, професор, директор ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Костянтин Володимирович Руденко**, доктор медичних наук, професор, заступник директора з лікувально-координаційної роботи, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Світлана Володимирівна Федьків**, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувачка відділення «Променева діагностика», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Олена Михайлівна Трембовецька**, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувачка відділення «Лабораторії ультразвукової діагностики», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Поліна Анатоліївна Данченко**, лікар-інтерн, Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Maria O. Tregubova**, radiologist of the «The Radiology Department», GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Vasyl V. Lazoryshynets**, academician of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, doctor of medical sciences, professor, Director of GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Kostiantyn V. Rudenko**, doctor of medical sciences, professor, Deputy Director for Medical and Coordination Work, GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Svitlana V. Fedkiv**, doctor of medical sciences, senior researcher, Head of the «The Radiology Department» at GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Olena M. Trembovetska**, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Head of the «Laboratory of Ultrasound Diagnostics GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Polina A. Danchenko**, intern, Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Yuriy I. Vitkovsky**, radiologist of the «The Radiology Department», GI Amosov National Institute of

**Юрій Ігорович Вітковський**, лікар-рентгенолог відділення «Променева діагностика», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Михайло Сергійович Іщенко**, лікар-рентгенолог відділення «Променева діагностика», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Андрій Юрійович Гаврилишин**, аспірант, серцево-судинний хірург, ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Варвара Володимирівна Парфент'єва**, лікар-рентгенолог відділення «Променева діагностика», ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ

**Юрій Юрійович Стуков**, науковий співробітник, Центр регенеративної медицини, відділ серцево-судинної медицини Університет Флориди, Гейнсвілл, США

Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Mykhailo S. Ishchenko**, radiologist of the «The Radiology Department», GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Andriy Y. Havrylyshyn**, post-graduate student, cardiovascular surgeon, GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Varvara V. Parfentyeva**, radiologist of the «The Radiology Department», GI Amosov National Institute of Cardiovascular Surgery of the NAMS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Yuriy Yu. Stukov**, MD, Postdoctoral research fellow, Center of Regenerative Medicine, Division of cardiovascular medicine, University of Florida, Gainesville, USA

*Стаття надійшла до редакції 20.05.2020*

*Received: 20.05.2020*