

Прогноз пацієнтів після операції аортокоронарного шунтування, поєданого з аневризмектомією, за даними тканинного доплерівського дослідження

М.М. ДОЛЖЕНКО¹, д. мед. н., професор; Н.М. НОСЕНКО¹, А.Ю. ПИЛИПЕНКО²⁻³, д. фіз.-мат. н., професор; Л.С. ГЛОБА³, д. техн. н., професор; О.О. ПРИХОДЬКО³, С.А. РУДЕНКО⁴

¹Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, Київ;

²Інститут математики НАН України, Київ;

³Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ», Київ;

⁴Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України, Київ/

Резюме

Прогноз пациентов после операции аортокоронарного шунтирования, комбинированного с аневризмэктомией, по данным тканевого доплерического исследования

М.Н. Долженко, Н.М. Носенко, А.Ю. Пилипенко, Л.С. Глоба, О.О. Приходько, С.А. Руденко

В статье приведены данные сравнительной оценки восстановления миокардиальной функции левого желудочка в течение 1 года после проведения аортокоронарного шунтирования, в сочетании с аневризмэктомией левого желудочка, с целью выявления предикторов неблагоприятного прогноза.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, аневризма левого желудочка, эхокардиография, тканевая импульсная доплерография, оперативное лечение

Summary

Prognosis of Patients after the Coronary Bypass Surgery, Combined with Aneurysmectomy, According to the Tissue Doppler Study

M. Dolzhenko, N. Nosenko, A. Piliipenko, L. Globa, O. Prikhodko, S. Rudenko

The article presents comparative evaluation of the data recovery of myocardial left ventricular function during 1 year after aortocoronary bypass grafting, combined with the aneurysmectomy of left ventricular, in order to identify predictors of adverse prognosis.

Keywords: coronary heart disease, myocardial infarction, left ventricular aneurysm, echocardiography, tissue Doppler pulse, surgical treatment

Метою проведення дослідження була порівняльна оцінка відновлення міокардіальної функції лівого шлуночка (ЛШ) протягом 1 року після проведення аортокоронарного шунтування, поєданого з аневризмектомією ЛШ, з метою виявлення предикторів несприятливого прогнозу.

Матеріали та методи дослідження

Проведено обстеження 148 хворих до операції аортокоронарного шунтування (АКШ), поєданого з аневризмектомією (АЕ), та після неї, які перенесли гострий інфаркт міокарда, з постінфарктною аневризмою лівого шлуночка (ПІ АЛШ), верифікованою за даними трансторакальної ехокардіографії, мультиспіральної комп'ютерної томографії з контрастуванням (МСКТ) та коронарвоентрикулографії (КВГ). У дослідження увійшли пацієнти, яким планувалося проведення реваскуляризації міокарда, які отримували стандартну терапію згідно з рекомендаціями Європейського товариства кардіологів (блокатори β-адренорецепторів, інгібітори АПФ, статини, антиагреганти, антагоністи альдостерону, нітрати за необхідності). Операцію АКШ+АЕ було проведено в Національному інституті серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова.

Вік пацієнтів становив від 46 до 66 років, в середньому – 56,38±9,28 року (M±SD); чоловіків – 133 (89,9%), жінок – 15 (10,1%). Гіпертонічна хвороба (ГБ) була у 86 (58,1%) пацієнтів; цукровий діабет (ЦД) 2-го типу – у 14 (9,4%). Стенокардія напруги спостерігалася у 112 (75,67%) хворих. За локалізацією перенесеного інфаркту міокарда: передньо-перетинково-верхівковий – у 69 (46,6%) пацієнтів; передньо-перетинково-верхівково-боковий – у 31 (20,9%); циркулярне ураження мало місце у 29 (19,6%) обстежених; ураження задньої стінки ЛШ (ЗСАШ) та верхівки ЛШ – у 19 (12,8%).

Критеріями виключення з дослідження були: гемодинамічно значимі ураження клапанів серця, наявність хронічних обструктивних захворювань легень, перенесений міокардит в анамнезі, тимчасова або постійна електрокардіостимуляція, пацієнти з гострою серцевою недостатністю, з імплантованим кардіовертером-дефібрилятором.

Всім пацієнтам окрім загально-клінічних обстежень було проведено еходопплерографію (ехокардіограф SonoAce 9900, Medison, Південна Корея) до оперативного лікування та через 1, 6, 9 місяців після нього. Виміри проводилися відповідно до рекомендацій Американського товариства ехокардіографії [18, 21,

22]. Глобальну скоротливість ЛШ оцінювали методом дисків Симпсона в 4- і 2-камерних позиціях з розрахунком кінцево-діастолічного (КДО, мл) і кінцево-сistolічного (КСО, мл) об'ємів ЛШ, їх індексів за відношенням до площі поверхні тіла і фракцію викиду ЛШ (ФВ ЛШ). За допомогою імпульсно-хвильового доплерівського дослідження вимірювали швидкість трансмітрального кровотоку (апикальна чотирьохкамерна позиція за допомогою установки пробного об'єму між кінчиками стулок мітрального клапана, Е – раннє діастолічне наповнення, А – систола передсердь, DT – час сповільнення раннього діастолічного наповнення, IVRT – час ізвольомічного розслаблення ЛШ). Кольорове картування в М-режимі використовували для розрахунку швидкості поширення раннього діастолічного потоку (Vp). Крім того, проводили дослідження в імпульсно-хвильовому режимі тканинної доплерографії. Вимірювання проводили в кількох послідовних серцевих циклах. Контрольний об'єм розташовували в досліджуваному регіоні міокарда максимально паралельно ультразвуковому променю, встановивши адекватний швидкісний діапазон (20–21 см/с). Виміри проводились у 4- і 2-камерних апікальних позиціях в зоні фіброзного кільця мітрального клапана. Сistolічну швидкістю вважали максимальну швидкість руху фіброзного кільця мітрального клапана під час систоли у напрямку верхівки серця – пік Sm. Вимірювали Sm міжшлуночкової перетинки (S МШП), бокової стінки ЛШ (S БСЛШ), передньої стінки ЛШ (S ПСЛШ), нижньої стінки ЛШ (S ЗСЛШ). Також вимірювали показники діастолі, діастолічні рухи Em (рання діастола), Am (систола передсердь). Використовувалися середні арифметичні значення трьох послідовних циклів. Також проводився розрахунок показників E/A, E/Em, E/Vp, Em/Am.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програмного пакета «Statistika 6.0 for Windows» та Microsoft Excel. Результати представлено у вигляді середнього значення \pm стандартне відхилення (M \pm SD). Обробку результатів проводили з використанням t-тесту, непараметричних методів статистичного аналізу, χ^2 -тестів, кореляційного аналізу за методом Пірсона або Спірмена, залежно від розподілу показника проводили визначення чутливості та специфічності показників, визначення співвідношень ризиків (OR). Довірчі інтервали були в межах 95%, різниця досліджуваних параметрів вважалася достовірною при $p < 0,05$ (при $p < 0,05$ є вагомими аргументи наявності різниці між вибірками, якщо навпаки – скоріше за все, середні двох вибірок рівні). Також проводився регресійний аналіз. Виконано аналіз виживання за методом Каплан–Майєра, відмінності в розподілі подій були визначені за допомогою лог-ранк тесту.

Результати та їх обговорення

Найбільшу кількість учасників дослідження становили пацієнти з передньо-перетинково-верхівковим ураженням ЛШ (46,6%). Незважаючи на різну локалізацію перенесеного інфаркту міокарда у всіх пацієнтів у патологічний процес (аневризматичне стоншення та вип'ячування) була включена верхівка, спостерігалася виражена дилатація та ремоделювання ЛШ, виражене порушення регіональної скоротливості, зниження глобальної систолічної функції. Отже, дану вибірку за показниками ураження міокарда можна вважати однорідною.

Середній показник ФВ у досліджуваній групі (n=148) до оперативного лікування становив 38,31 \pm 8,49. Середня систолічна швидкість S ЗСЛШ (см/с) – 7,7 \pm 2,2; S ПСЛШ (см/с) – 7,14 \pm 2,24; S МШП (см/с) – 6,50 \pm 1,83; S БСЛШ (см/с) – 7,9 \pm 2,06. Проведений кореля-

ційний аналіз показав наявність достовірних кореляційних зв'язків між показником глобальної ФВ та даними систолічної швидкості S при реєстрації рухів фіброзного кільця в ділянці МШП. Результати представлені в таблиці 1.

Проведення ревазуляризації та резекції аневризми ЛШ сприяє зменшенню внутрішньо-порожнинного тиску, зміні об'єму та покращенню геометрії ЛШ, відновленню кровопостачання міокарда [5]. Було вивчено зміну показників міокардіальної функції ЛШ у хворих через 1–2 тижні після проведення АКШ, поєданого з резекцією аневризми ЛШ.

Середня ФВ у досліджуваній групі (n=148) після проведення оперативного лікування достовірно покращилася (38,31 \pm 8,49 порівняно з 46,46 \pm 10,17 до лікування, $p < 0,0001$). Статистично достовірно зменшився об'єм порожнин ЛШ та лівого передсердя (КДІ ЛШ, мл/м²) – 115,03 \pm 21,86 та 76,29 \pm 22,02, $p < 0,0001$; КСІ ЛШ (мл/м²) – 75,29 \pm 15,33 та 42,38 \pm 10,66, $p < 0,0001$; ЛП (см) – 4,38 \pm 0,54 та 4,16 \pm 0,47, $p = 0,0002$ (табл. 2).

Після проведення оперативного лікування статистично достовірно змінилися показники діастолічної функції. Збільшення амплітуди раннього діастолічного наповнення трансмітрального кровотоку E (м/с) (0,65 \pm 0,24 порівняно з 0,76 \pm 0,26, $p = 0,0002$), збільшення

Таблиця 1. Результати кореляційного зв'язку систолічної швидкості S лівого шлуночка та фракції викиду лівого шлуночка

| Показник | Кореляція з фракцією викиду |
|--------------|-----------------------------|
| S ЗСЛШ, см/с | 0,4 |
| S МШП, см/с | 0,57 |
| S ПСЛШ, см/с | 0,17 |
| S БСЛШ, см/с | 0,13 |

Примітки (табл. 1, 3): S ЗСЛШ – систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці нижньої стінки лівого шлуночка; S МШП – систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці міжшлуночкової перетинки; S ПСЛШ – систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці передньої стінки лівого шлуночка; S БСЛШ – систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці бокової стінки лівого шлуночка.

Таблиця 2. Показники міокардіальної функції лівого шлуночка у хворих з ішемічною хворобою серця, післяінфарктною аневризмою лівого шлуночка до та після проведення оперативного лікування, поєданого з аневризмектомією лівого шлуночка

| Показник | До оперативного лікування (n=148), M \pm SD | Через 7–14 днів після АКШ+АЕ (n=148), M \pm SD | Достовірність, p |
|---------------------------|---|--|------------------|
| ФВ ЛШ, % | 38,31 \pm 8,49 | 46,46 \pm 10,17 | <0,0001 |
| КДІ ЛШ, мл/м ² | 115,03 \pm 21,86 | 76,29 \pm 22,02 | <0,0001 |
| КСІ ЛШ, мл/м ² | 75,29 \pm 15,33 | 42,38 \pm 10,66 | <0,0001 |
| ЛП, см | 4,38 \pm 0,54 | 4,16 \pm 0,47 | 0,0002 |
| E, м/с | 0,65 \pm 0,24 | 0,76 \pm 0,26 | 0,0002 |
| A, м/с | 0,62 \pm 0,23 | 0,57 \pm 0,19 | 0,042 |
| E/A, у.о. | 1,19 \pm 0,78 | 1,5 \pm 0,86 | 0,0013 |
| DT, мсек | 175,65 \pm 37,34 | 154,32 \pm 42 | <0,0001 |
| IVRT | 106,52 \pm 31,28 | 105,68 \pm 30,87 | 0,83 |
| Em, см/с | 7,05 \pm 2,29 | 6,88 \pm 2,38 | 0,53 |
| Am, см/с | 8,77 \pm 2,36 | 7,63 \pm 2,53 | 0,0001 |
| Em/Am, у.о. | 0,93 \pm 0,41 | 0,96 \pm 0,4 | 0,52 |
| E/Em, у.о. | 10,1 \pm 3,62 | 11,39 \pm 4,42 | 0,0064 |
| E/Vp, у.о. | 2,29 \pm 0,87 | 2,4 \pm 0,96 | 0,3 |

Примітки (табл. 2, 4): АКШ – аортокоронарне шунтування, АЕ – аневризмектомія, ФВ ЛШ – фракція викиду лівого шлуночка, КДІ ЛШ – кінцево-діастолічний об'єм лівого шлуночка, КСІ ЛШ – кінцево-сistolічний об'єм лівого шлуночка, ЛП – ліве передсердя.

співвідношення E/A з $1,19 \pm 0,78$ до $1,5 \pm 0,86$, $p=0,0013$. Після проведення АКШ, поєданого з АЕ ЛШ, у ранній післяопераційний період спостерігалось збільшення показників жорсткості та збільшення тиску наповнення ЛШ. Показник E/Em має важливу роль в оцінці тиску наповнення ЛШ [18]. Після проведення операції спостерігалось збільшення співвідношення з $10,1 \pm 3,62$ до $11,39 \pm 4,42$, $p=0,0064$. У проведеному дослідженні відмічено статистично достовірне скорочення DT (мсек) з $175,65 \pm 37,34$ до $154,32 \pm 42$, $p<0,0001$ (див. табл. 2). DT є важливим параметром, який слід розглядати при оцінці жорсткості ЛШ, особливо у пацієнтів без уповільнення релаксації ЛШ [18]. Клінічні дослідження виявили асоціацію зменшення DT трансмітрального потоку із серцевою недостатністю та смертю і госпіталізацією у пацієнтів з гострим інфарктом міокарда [19, 20]. Погіршення даних показників можна пояснити проведенням вентрикулопластики у всіх пацієнтів («штучним ремоделюванням») та адаптацією до нових гемодинамічних умов. Не виявлено достовірних змін показника IVRT ($p=0,83$); Em (см/с) (0,53); Em/Am (у.о.) (0,52); E/Vp (у.о.) (0,3).

Проведення оперативного лікування достовірно покращує показник систолічної функції ФВ ЛШ у досліджуваній групі, проте середня систолічна швидкість фіброзних кілець мітрального клапана, отримана при використанні тканинного доплерівського дослідження, зазнала протилежних змін. Спостерігалось зменшення амплітуди систолічної хвилі Sm у всіх досліджуваних ділянках. Достовірного зниження показники досягли при вимірюванні Sm в ділянці нижньої стінки ЛШ ($7,7 \pm 2,2$ порівняно з $7,24 \pm 1,25$; $p=0,029$), в ділянці передньої стінки ЛШ ($7,14 \pm 2,24$ порівняно з $6,31 \pm 2,09$; $p=0,0011$), в ділянці міжшлуночкової перетинки ($6,50 \pm 1,83$ порівняно з $6,01 \pm 2,14$; $p=0,035$). Показники систолічної швидкості руху фіброзного кільця в ділянці бокової стінки ЛШ теж зменшилися, але не досягли рівня достовірності. Отримані дані, можливо, пов'язані з тим, що рух фіброзного кільця в ділянці бокової стінки ЛШ має в нормі найбільшу амплітуду. Вплив АКШ, поєданого з резекцією аневризми ЛШ, на систолічну функцію ЛШ в ранній післяопераційний період представлено в таблиці 3.

Показники відновлення міокардіальної функції ЛШ після оперативного лікування були оцінені в динаміці через 6 місяців та через 1 рік після АКШ+АЕ. Смертність за перші 6 місяців становила 4,1%, за 1 рік – 7,4%.

При оцінці відновлення систолічної функції ЛШ за даними тканинного доплерівського дослідження порівняно з передопераційними даними ($n=148$) через 6 місяців ($n=142$) та через 1 рік ($n=137$) дослідження майже не було статистично достовірних змін. Проте при аналізі даних Sm, отриманих на 6-му місяці спостереження порівняно зі спостереженням через 1 рік, мало місце відновлення систолічної функції, а саме – статистично достовірне підвищення

Таблиця 3. Вплив аортокоронарного шунтування, поєданого з резекцією аневризми лівого шлуночка, на систолічну функцію через 1–2 тижні після операції

| Показник | До оперативного лікування ($n=148$), M±SD | Через 7–14 днів після АКШ+АЕ ($n=148$), M±SD | Достовірність, p |
|---------------|---|--|------------------|
| ФВ, % | $38,31 \pm 8,49$ | $46,46 \pm 10,17$ | $<0,0001$ |
| Sm ЗСЛШ, см/с | $7,7 \pm 2,2$ | $7,24 \pm 1,25$ | 0,029 |
| Sm ПСЛШ, см/с | $7,14 \pm 2,24$ | $6,31 \pm 2,09$ | 0,0011 |
| Sm МШП, см/с | $6,50 \pm 1,83$ | $6,01 \pm 2,14$ | 0,035 |
| Sm БСЛШ, см/с | $7,9 \pm 2,06$ | $7,75 \pm 1,99$ | 0,52 |

амплітуди систолічної хвилі. Відповідно систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці нижньої стінки ЛШ становила $6,74 \pm 1,89$ та $7,96 \pm 2,2$, $p<0,0001$; систолічна швидкість руху фіброзного кільця в ділянці передньої стінки ЛШ – $6,58 \pm 1,63$ та $7,18 \pm 1,87$, $p=0,0035$; в ділянці міжшлуночкової перетинки – $6,24 \pm 1,57$ та $6,71 \pm 1,53$, $p=0,0119$; в ділянці бокової стінки ЛШ – $7,75 \pm 2,16$ та $8,43 \pm 2,08$, $p=0,0079$ відповідно в 6 місяців та через 1 рік дослідження.

При оцінці розмірів порожнини ЛШ через 1 рік дослідження при порівнянні з передопераційними даними залишалася виражена позитивна динаміка (КДІ ЛШ [мл/м²] до операції – $115,03 \pm 21,86$ [$n=148$], через 6 місяців – $92,52 \pm 25,03$, $p<0,0001$ [$n=142$], через 1 рік – $88,78 \pm 33,18$, $p<0,0001$ [$n=137$]). Відмічено прогресування ремоделювання ЛШ в перші 6 місяців. Збільшення показників КДІ ЛШ ($76,29 \pm 22,02$ і $92,52 \pm 25,03$, $p<0,0001$) та КСІ ЛШ ($42,38 \pm 10,66$ і $52,05 \pm 21,68$, $p<0,0001$) визначено при порівнянні з ранніми післяопераційними даними. Проте не спостерігалось збільшення порожнин ЛШ через 1 рік спостереження порівняно зі спостереженням у 6 місяців. Враховуючи ці дані, а також збереження позитивної динаміки систолічної функції в період другого півріччя, можна стверджувати, що прогресування дилатації ЛШ протягом перших 6 місяців, можливо, мало адаптаційний характер у зв'язку з різкою зміною геометрії ЛШ внаслідок вентрикулопластики. Також

Таблиця 4. Оцінка відновлення міокардіальної функції лівого шлуночка за даними трансторакальної ехокардіографії протягом 1 року дослідження

| Показник | Через 7–14 днів після АКШ+АЕ ($n=148$), M±SD | Через 6 місяців після АКШ+АЕ ($n=142$), M±SD | Через 1 рік після АКШ+АЕ ($n=137$), M±SD | Достовірність, p ² |
|---------------------------|--|--|--|-------------------------------|
| ФВ ЛШ, % | $46,46 \pm 10,17$ | $46,30 \pm 13,18$ $p^1=0,9$ | $45,83 \pm 10,66$ $p^1=0,61$ | 0,74 |
| КДІ ЛШ, мл/м ² | $76,29 \pm 22,02$ | $92,52 \pm 25,03$ $p^1<0,0001$ | $88,78 \pm 33,18$ $p^1=0,0002$ | 0,29 |
| КСІ ЛШ, мл/м ² | $42,38 \pm 10,66$ | $52,05 \pm 21,68$ $p^1<0,0001$ | $50,91 \pm 27,38$ $p^1=0,0005$ | 0,7 |
| ЛП, см | $4,16 \pm 0,47$ | $4,17 \pm 0,4$ $p^1=0,85$ | $4,28 \pm 0,36$ $p^1=0,017$ | 0,0165 |
| E, м/с | $0,76 \pm 0,26$ | $0,74 \pm 0,21$ $p^1=0,47$ | $0,71 \pm 0,25$ $p^1=0,1$ | 0,28 |
| A, м/с | $0,57 \pm 0,19$ | $0,58 \pm 0,24$ $p^1=0,69$ | $0,57 \pm 0,24$ $p^1=1$ | 0,73 |
| E/A, у.о. | $1,5 \pm 0,86$ | $1,75 \pm 1,38$ $p^1=0,06$ | $1,5 \pm 1,07$ $p^1=1$ | 0,006 |
| DT, мсек | $154,32 \pm 42$ | $167,59 \pm 39,61$ $p^1=0,006$ | $175 \pm 58,79$ $p^1=0,0007$ | 0,217 |
| IVRT | $105,68 \pm 30,87$ | $106 \pm 29,34$ $p^1=0,93$ | $107,14 \pm 42,47$ $p^1=0,74$ | 0,79 |
| Em, см/с | $6,88 \pm 2,38$ | $7,18 \pm 1,45$ $p^1=0,199$ | $7,6 \pm 2,05$ $p^1=0,007$ | 0,049 |
| Am, см/с | $7,63 \pm 2,53$ | $7,69 \pm 2,66$ $p^1=0,84$ | $8,01 \pm 3,11$ $p^1=0,26$ | 0,36 |
| Em/Am, у.о. | $0,96 \pm 0,4$ | $1,04 \pm 0,6$ $p^1=0,18$ | $1,05 \pm 0,48$ $p^1=0,09$ | 0,88 |
| E/Em, у.о. | $11,39 \pm 4,42$ | $10,43 \pm 3,22$ $p^1=0,36$ | $10,23 \pm 4,33$ $p^1=0,026$ | 0,66 |
| E/Vp, у.о. | $2,4 \pm 0,96$ | $2,46 \pm 0,88$ $p^1=0,58$ | $2,53 \pm 0,79$ $p^1=0,22$ | 0,49 |

Примітки: p¹ – достовірність даних, отриманих через 6 місяців спостереження, порівняно з ранніми післяопераційними даними; p² – достовірність даних, отриманих через 1 рік після спостереження, порівняно з даними через 6 місяців.

спостерігалось незначне збільшення розмірів ЛП (см) (після операції – $4,16 \pm 0,47$, порівняно з 6 місяцями – $4,17 \pm 0,4$, $p=0,85$; порівняно з 1 роком – $4,28 \pm 0,36$, $p=0,017$).

Діастолічні показники жорсткості ЛШ, зменшення тиску наповнення ЛШ мали позитивну динаміку через 6 місяців та через 1 рік спостереження порівняно з даними, отриманими у ранній післяопераційний період (табл. 4).

Важливим завданням дослідження було визначити, як впливають вихідні показники систолічної функції на післяопераційну летальність, відновлення міокардіальної функції, прогресування серцевої недостатності (СН) протягом 1 року спостереження хворих. Всі пацієнти були розподілені на групи залежно від величини ФВ відповідно до міжнародних рекомендацій. Згідно з останніми рекомендаціями Європейського товариства ехокардіографії зниженою є ФВ ЛШ $<55\%$. Відповідно до класифікації м'яка дисфункція відзначається при ФВ ЛШ в межах $50-45\%$, помірна – $35-45\%$, тяжке зниження систолічної функції – $<35\%$ [24]. Згідно з даною класифікацією перед операцією всі хворі були розподілені на три однорідні за віком та статтю групи залежно від стану глобальної скоротливості ЛШ: група 1 – з м'якою систолічною дисфункцією (ФВ ЛШ $55-45\%$), $n=48$; група 2 – хворі з помірним зниженням систолічної функції (ФВ ЛШ $44-35\%$), $n=49$; група 3 – хворі з тяжким зниженням систолічної функції (ФВ $<35\%$), $n=51$. Одним із завдань даного дослідження було визначити, як впливає вихідний стан міокардіальної функції на наслідки АКШ, і, можливо, виявити чинники негативного прогнозу.

При оцінці смертності в групах протягом 1 року спостереження після оперативного втручання (АКШ+АЕ) виявлено, що найбільший показник спостерігався у третій групі – $13,7\%$ (7 випадків, $n=51$). У групах 1 та 2 – відповідно $2,08\%$ (1 випадок, $n=48$) та $4,08\%$ (2 випадки, $n=49$).

Пацієнти з ФВ $<35\%$ у популяції мають більш негативний прогноз та вищу смертність [25], що підтверджується отриманими авторами даними. В структурі кардіальних причин щодо кінцевої точки (смерть) переважали випадки прогресування СН. Криві виживаності (метод Каплан-Майєра – смертність з кардіальних причин)

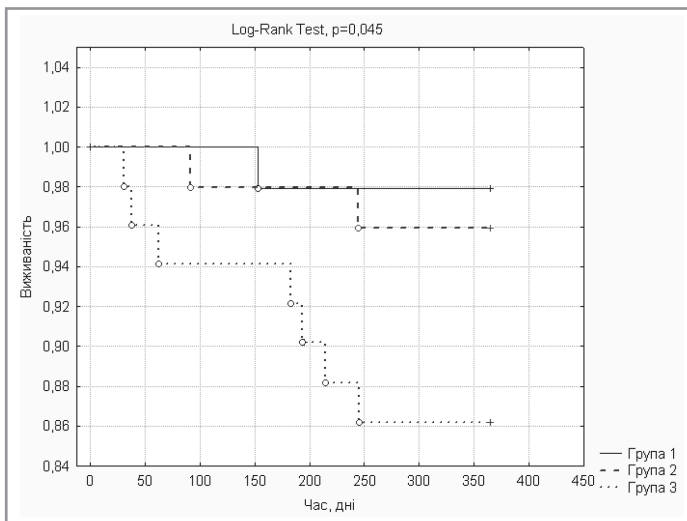


Рис. 1. Криві виживаності (метод Каплан-Майєра – смертність з кардіальних причин) у хворих залежно від величини показника фракції викиду протягом 1 року спостереження, дні ($p=0,045$, $\chi^2=6,16$, $df=2$)

Примітки: група 1 – хворі з м'якою систолічною дисфункцією (ФВ ЛШ $55-45\%$), $n=48$; група 2 – хворі з помірним зниженням систолічної функції (ФВ ЛШ $44-35\%$), $n=49$; група 3 – хворі з тяжким зниженням систолічної функції (ФВ $<35\%$), $n=51$.

у хворих залежно від величини показника ФВ протягом 1 року спостереження представлено на рисунку 1. Хворі з вираженим зниженням систолічної функції мали достовірно вищу кардіальну смертність (з рівнем значущості $0,05$).

Пацієнти з ішемічною хворобою серця (ІХС), особливо з постінфарктним кардіосклерозом, аневризмою ЛШ, мають виражене ремоделювання, дилатацію ЛШ і, відповідно, тяжке зниження систолічної функції. Тобто, у значної кількості хворих, які потребують реваскуляризації, ФВ $<35\%$, і вони складають групу високого ризику.

При однофакторному аналізі прогнозу після оперативного лікування (АКШ+АЕ) виявлено достовірні чинники, які впливають на частоту виникнення кінцевих точок (смерть від ІХС, прогресування СН). Достовірно погіршує післяопераційний прогноз у таких хворих наявність анамнезу ІХС >5 років, вік старше 60 років, ФВ $<35\%$, дилатація правого шлуночка. Чинники, що можуть характеризувати більший відносний ризик негативних подій, представлено на рисунку 2 і в таблиці 5.

Проведено оцінку кривих виживаності (метод Каплан-Майєра – смертність з кардіальних причин) у хворих залежно від

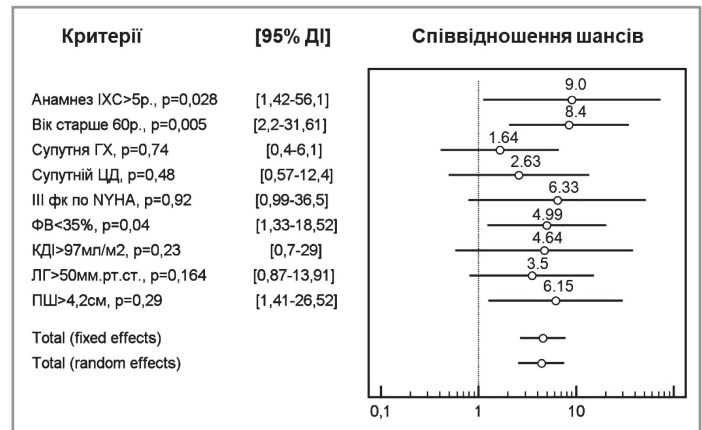


Рис. 2. Показники, що характеризують більший відносний ризик негативних подій протягом 12 місяців спостереження у пацієнтів після АКШ+АЕ

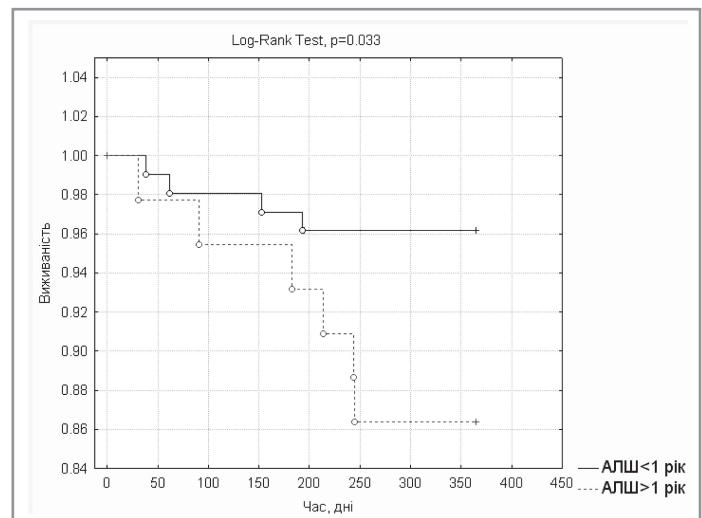


Рис. 3. Криві виживаності (метод Каплан-Майєра – смертність з кардіальних причин) у хворих залежно від часу встановлення діагнозу постінфарктної аневризми лівого шлуночка до проведення АКШ+АЕ

Примітка: АЛШ – діагноз «постінфарктна аневризма лівого шлуночка».

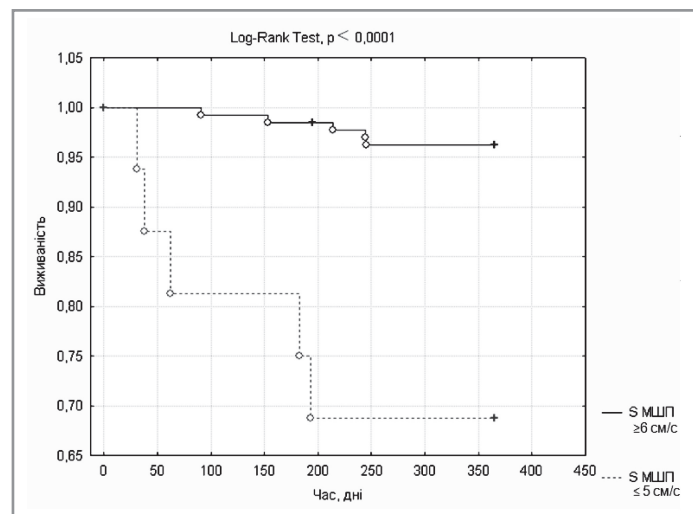
Таблиця 5. Клініко-ехокардіографічні показники, що можуть характеризувати більший відносний ризик негативних подій у пацієнтів після АКШ+АЕ, протягом 12 місяців спостереження

| Показник | Співвідношення шансів | 95% довірчий інтервал | Відносний ризик | P |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------|
| Анамнез ІХС >5 років | 9,0 | 1,42–56,1 | 8,1 | 0,028 |
| Вік старше 60 років | 8,4 | 2,2–31,61 | 7,0 | 0,005 |
| Супутня ГХ | 1,64 | 0,4–6,1 | 1,59 | 0,74 |
| Супутній ЦД 2-го типу | 2,63 | 0,57–12,4 | 2,39 | 0,48 |
| СН III ФК за NYHA | 6,33 | 0,99–36,5 | 5,8 | 0,92 |
| ФВ <35% | 4,99 | 1,33–18,52 | 4,34 | 0,04 |
| КДІ >97 мл/м ² | 4,64 | 0,7–29 | 4,32 | 0,23 |
| ЛГ >50 мм рт.ст. | 3,5 | 0,87–13,91 | 2,85 | 0,164 |
| ПШ >4,2 см | 6,15 | 1,41–26,52 | 5,47 | 0,29 |

Примітки (табл. 5, рис. 2): ІХС – ішемічна хвороба серця, ГХ – гіпертонічна хвороба, ЦД – цукровий діабет, СН – серцева недостатність, ФК – функціональний клас, ФВ – фракція викиду, КДІ – кінцево-діастолічний індекс, ЛГ – легенева гіпертензія, ПШ – правий шлуночок.

часу встановлення діагнозу постінфарктної аневризми ЛШ до проведення АКШ+АЕ. Дані представлено на рисунку 3. Пацієнти зі встановленим діагнозом «аневризма ЛШ» більше ніж за один рік до операції мають гірші показники ($p=0,033$).

Згідно з даними літератури швидкість руху мітрального кільця чи базальних сегментів (S' , S_m) відображає рух поздовжньої осі руху шлуночка. Субендокардіальні волокна істотно впливають на скорочення по довгій осі, вони особливо чутливі до перенавантаження, ішемії, ушкодження. Тому логічно вивчення впливу величини S' на прогноз, особливо у пацієнтів із СН, вираженим ремоделюванням ЛШ, порушенням регіонарної скоротливості. Всі вищевказані

**Рис. 4.** Криві виживаності (метод Каплан-Майєра – смертність з кардіальних причин, прогресування серцевої недостатності) протягом 1 року спостереження у хворих залежно від вихідних даних тканинного доплерівського дослідження S міжшлуночкової перетинки (S' МШП)**Таблиця 6.** Характеристика підгруп 1 та 2 до проведення оперативного лікування

| Характеристика/показник | Підгрупа 1 (n=132) | Підгрупа 2 (n=16) | Достовірність, p |
|-------------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| Вік, роки | 51,23±6,48 | 61,57±5,36 | <0,0001 |
| Анамнез ІХС >5 років | 34,8% | 81,25% | 0,0013 |
| ФВ, % | 39,48±10,58 | 25,35±7,34 | <0,0001 |
| КДІ, мл/м ² | 114,75±28,59 | 145,78±65,23 | 0,0008 |
| S' МШП, см/с | 6,78±1,3 | 5,32±1,21 | <0,0001 |
| E', см/с | 7,41±1,03 | 6,9±2,36 | 0,12 |
| E/E' | 9,81±2,37 | 13,26±3,89 | <0,0001 |
| DT, мсек | 178,5±35,4 | 159,27±27,56 | 0,038 |

Примітки: ІХС – ішемічна хвороба серця, ФВ – фракція викиду, КДІ – кінцево-діастолічний індекс, МШП – міжшлуночкова перетинка.

зані патологічні зміни характерні для пацієнтів з ІХС [19, 20, 21], постінфарктним кардіосклерозом, аневризмою ЛШ. При вивченні випадків смерті з кардіальних причин, випадків прогресування СН протягом 1 року спостереження після операції АКШ+АЕ у хворих залежно від вихідних даних тканинного доплерівського дослідження S' МШП виявлено статистично достовірно гірший прогноз у хворих із вихідними показниками S' МШП ≤ 5 см/с (рис. 4).

Всіх пацієнтів було розподілено на дві підгрупи залежно від клінічного стану через 1 рік спостереження. Пацієнти, у яких через 1 рік після оперативного лікування спостерігалось прогресування СН (скарги на набряки, задишку, зменшення ФВ [%] порівняно з ранніми післяопераційними даними), та хворі, що померли внаслідок кардіоваскулярних причин, віднесено до підгрупи 2, решта пацієнтів склали підгрупу 1. При аналізі цих підгруп виявлено, що гірший прогноз був у пацієнтів старшого віку (51,23±6,48 порівняно з 61,57±5,36 року, $p<0,0001$). Анамнез ІХС >5 років був у 13 (81,25%) пацієнтів підгрупи 2 та у 46 (34,8%) – підгрупи 1 (табл. 6).

Виявлено, що в підгрупі 2 спостерігалось більш виражене порушення систолічної функції (ФВ 39,48±10,58% у підгрупі 1 порівняно з 25,35±7,34% у підгрупі 2, $p<0,0001$); виражена дилатація ЛШ (КДІ – 114,75±28,59 мл/м² та 145,78±65,23 мл/м² відповідно по групах, $p=0,0008$); зменшення S' МШП (6,78±1,3 см/с та 5,32±1,21 см/с відповідно, $p<0,0001$), E' (7,41±1,03 см/с та 6,9±2,36 см/с відповідно, $p=0,12$), E/E' (9,81±2,37 та 13,26±3,89 відповідно, $p<0,0001$), DT (178,5±35,4 мсек та 159,27±27,56 мсек відповідно, $p=0,038$). Враховуючи гірші клініко-ехокардіографічні показники у підгрупі 1 до операції АКШ+АЕ і, відповідно, гірший прогноз протягом 1 року спостереження, можна припустити, що оперативне втручання у даної групи хворих було проведено у більш пізні терміни.

Для можливості оцінки відновлення систолічної функції ЛШ та її стану через 1 рік після оперативного втручання АКШ+АЕ було створено математичну модель для прогнозування стану пацієнтів після операції на основі даних ЕхоКГ-обстеження до операції. Враховуючи значний вплив на прогноз пацієнта медикаментозної терапії, з метою виключення дії факту наявності низького комплаєнсу та можливості розроблення та спрощення формули з використанням ЕхоКГ-показників, для статистичної обробки відібрано групу пацієнтів ($n=72$), які протягом 1 року спостереження найкраще дотримувалися лікарських рекомендацій і здійснювали постійний прийом статинів, блокаторів β -адренорецепторів, інгібіторів АПФ та антитромботичних засобів у адекватних дозах. За показаннями пацієнти приймали й інші групи лікарських засобів.

Для здійснення математичного моделювання використовували метод лінійної регресії – метод відновлення залежності між кількома змінними. Цей метод полягає в наступному. Припустимо, потрібно спрогнозувати невідомий параметр Y (спостережуване), наприклад, стан пацієнта після операції за деякими відомими параметрами або факторами (регресорами) X_1, \dots, X_n , відповідно до результатів аналізів до операції. В багатьох випадках можна вважати, що залежність є приблизно лінійною та задається формулою:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + \dots + b_n X_n + \varepsilon,$$

де b_0, b_1, \dots, b_n – це деякі універсальні, але невідомі константи, які не залежать від пацієнта; ε – деяка випадкова величина з нульовим середнім, яка відповідає несистематичним похибкам вимірювання або іншим випадковостям, що впливають на результат експерименту.

Припустимо, що було проведено m спостережень та одержано дані $Y_k, X_{k1}, \dots, X_{kn}$, де $k=1, \dots, m$ – номер експерименту, Y_k – результат експерименту, X_{k1}, \dots, X_{kn} – регресори.

Для знаходження оцінки невідомих параметрів застосуємо метод найменших квадратів, а саме виберемо такі b_0, b_1, \dots, b_n для яких мінімізується сума квадратів відхилень реально спостережуваних Y_k від їх оцінок $k = b_0 + b_1 X_{k1} + \dots + b_n X_{kn}$:

$$\sum_{k=1}^m (Y_k - (b_0 + b_1 X_{k1} + \dots + b_n X_{kn}))^2 \rightarrow \min.$$

Добре відомо, що мінімум досягається на векторі $B = (X^T X)^{-1} X^T Y$, де $X = \begin{bmatrix} | & & | \\ X_{k1} & \dots & X_{kn} \\ | & & | \end{bmatrix}_{1 \leq k \leq m}$, $X_{k0} = 1$, $Y = (Y_1, \dots, Y_m)$.

В ролі параметра Y , який ми прогнозуємо, було обрано такі параметри – ФВ ЛШ (%) та КДО ЛШ (мл) через 1 рік після оперативного втручання.

Параметрів, які досліджувалися до операції, – дуже багато, близько 70. Звичайно, при побудові лінійної регресії рекомендується обмежитися кількома із них, що найбільше впливають на прогноз. Авторами було обрано п'ять із них, які мають найбільші коефіцієнти кореляції з прогнозованою величиною. Статистична обробка масиву даних дала такий результат. На значення ФВ ЛШ через 1 рік після операції найбільше впливають такі фактори до операції: ФВ ЛЖ ($r=0,77$), КДР ($r=-0,62$), КСР ($r=-0,68$), КСО ($r=-0,69$), КСІ ($r=-0,75$).

Створення математичної моделі для прогнозування стану пацієнтів після операції здійснювалося як спільна робота з провідним науковим співробітником, доктором фізико-математичних наук, професором А.Ю. Пилипенком (Інститут математики НАН України, НТУУ «КПІ»); завідувачем кафедри ІТМ НТУУ «КПІ», доктором технічних наук, професором Л.С. Глобою та О.О. Приходько (НТУУ «КПІ»).

Отримано такі коефіцієнти лінійної регресії: $b_0 = 58,08859293$, $b_1 = 0,125550547$ (ФВ ЛШ), $b_2 = -0,732420453$ (КДР), $b_3 = -3,141033991$ (КСР), $b_4 = -0,024920438$ (КСО), $b_5 = -0,028777756$ (КСІ).

Відповідно ФВ (%) через 1 рік після АКШ+АЕ: $\text{ФВ}\% = b_0 + b_1 \cdot \text{ФВ}_1 + b_2 \cdot \text{КДР}_1 + b_3 \cdot \text{КСР}_1 + b_4 \cdot \text{КСО}_1 + b_5 \cdot \text{КСІ}_1 = 58,08 + 0,13 \cdot \text{ФВ}_1 - 0,73 \cdot \text{КДР}_1 - 3,14 \cdot \text{КСР}_1 + 0,02 \cdot \text{КСО}_1 - 0,03 \cdot \text{КСІ}_1$,

де $\text{ФВ}_1, \text{КДР}_1, \text{КСР}_1, \text{КСО}_1, \text{КСІ}_1$ – дані, отримані до операції АКШ+АЕ.

На значення КДО через 1 рік після операції АКШ+АЕ найбільше впливають такі фактори до операції: КДР ($r=0,69$), КСР ($r=0,63$), КДО ($r=0,65$), КДІ ($r=0,61$), КСО ($r=0,62$).

Отримано такі коефіцієнти лінійної регресії: $b_0 = 20,64497$, $b_1 = -2,67563$ (КДР), $b_2 = 21,82783$ (КСР), $b_3 = 0,684514$ (КДО), $b_4 = -0,18472$ (КДІ), $b_5 = -0,41235$ (КСО). Відповідно КДО через 1 рік після АКШ+АЕ:

$\text{КДО (мл)} = b_0 + b_1 \cdot \text{КДР}_1 + b_2 \cdot \text{КСР}_1 + b_3 \cdot \text{КДО}_1 + b_4 \cdot \text{КДІ}_1 + b_5 \cdot \text{КСО}_1 = 20,64 - 2,68 \cdot \text{КДР}_1 + 21,82 \cdot \text{КСР}_1 + 0,68 \cdot \text{КДО}_1 - 0,18 \cdot \text{КДІ}_1 - 0,41 \cdot \text{КСО}_1 \pm 37,80$,

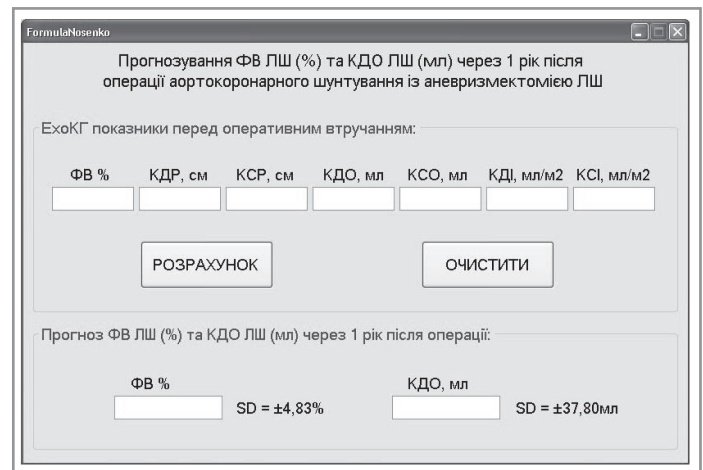


Рис. 5. Програма для автоматичного розрахунку прогнозу фракції викиду (%) та кінцево-діастолічного об'єму (мл)

де $\text{КДР}_1, \text{КСР}_1, \text{КДО}_1, \text{КДІ}_1, \text{КСО}_1$ – дані, отримані до операції АКШ+АЕ.

Через рік після операції фактична середня ФВ% ($n=72$) становила $44,93 \pm 8,56$, фактичне середнє КДО – $182,61 \pm 55,60$ мл, $n=137$. У спрогнозованих значеннях, отриманих в результаті застосування отриманих лінійних залежностей до вихідних даних, математичне сподівання для ФВ (розрахункове середнє, значення, $n=72$) становило $44,93 \pm 4,83\%$, для КДО – $182,61 \pm 37,80$ мл. Як видно, середньоквадратичне відхилення спрогнозованих значень знизилось порівняно з середньоквадратичним відхиленням реальних значень. Це означає, що прогноз, збережений за отриманими формулами за значеннями КДО і ФВ ЛШ, точніший, ніж прогноз за середнім значенням. При порівнянні фактичної середньої ФВ (%) через рік після операції з розрахунковим середнім значенням ФВ (%) різниця була не достовірною ($p=0,3689$, тобто дані не відрізняються), для фактичного середнього КДО порівняно зі спрогнозованим значенням $p=0,4726$. Таким чином, даний метод надає можливість більш точного та коректного прогнозу стану пацієнта через рік після операції і відповідно ФВ (%) через 1 рік після АКШ+АЕ:

$\text{ФВ}\% = 58,01 + 0,13 \cdot \text{ФВ}_1 - 0,73 \cdot \text{КДР}_1 - 3,14 \cdot \text{КСР}_1 + 0,02 \cdot \text{КСО}_1 - 0,03 \cdot \text{КСІ}_1 \pm 4,83$, де $\text{ФВ}_1, \text{КДР}_1, \text{КСР}_1, \text{КСО}_1, \text{КСІ}_1$ – дані, отримані до операції АКШ+АЕ. Відповідно, КДО через 1 рік після АКШ+АЕ:

$\text{КДО (мл)} = 20,64 - 2,68 \cdot \text{КДР}_1 + 21,82 \cdot \text{КСР}_1 + 0,68 \cdot \text{КДО}_1 - 0,18 \cdot \text{КДІ}_1 - 0,41 \cdot \text{КСО}_1 \pm 37,80$,

де $\text{КДР}_1, \text{КСР}_1, \text{КДО}_1, \text{КДІ}_1, \text{КСО}_1$ – дані, отримані до операції АКШ+АЕ.

З метою спрощення розрахунку у практичній діяльності лікарів розроблено та реалізовано програму для автоматичного розрахунку прогнозованих показників ФВ та КДО (рис. 5).

Враховуючи отримані результати даної роботи, для оцінки детермінант прогнозу у пацієнтів з ІХС, постінфарктним кардіосклерозом, аневризмою ЛШ доцільно використовувати метод ЕхоКГ з тканинною доплерографією. Даний метод може використовуватися для оцінки ризику хворих із СН.

Висновки

1. Проведення операції АКШ+АЕ покращує показник глобальної систолічної функції ЛШ. Збільшення ФВ достовірно залишається протягом року спостереження, при цьому достовірно зменшився об'єм порожнин ЛШ та лівого передсердя.

- Виявлена кореляційна залежність показників систолічного піку S_m з величиною глобальної скоротливості ФВ ($r=0,57$) у пацієнтів з ІХС, постінфарктним кардіосклерозом та аневризмою ЛШ, при вимірі в базальних сегментах МШП, до проведення оперативного втручання (чутливість – 82%, специфічність – 72%).
- Після проведення АКШ, поєднаного з аневризмектомією ЛШ, у ранній післяопераційний період спостерігається збільшення показників жорсткості та збільшення тиску наповнення ЛШ.
- Проведення оперативного лікування достовірно покращує показник систолічної функції ФВ у досліджуваній групі, проте середні систолічні показники, отримані при використанні тканинного доплерівського дослідження, зазнають протилежних змін у ранній післяопераційний період. Відновлення систолічної функції після АКШ+АЕ за даними тканинного доплерівського дослідження відбувається через півроку.
- При оцінці розмірів порожнини ЛШ через 1 рік дослідження порівняно з передопераційними даними залишається виражена позитивна динаміка. Проте відмічено прогресування ремоделювання ЛШ в перші 6 місяців після операції.
- Хворі з вираженим зниженням систолічної функції мають у 2,3 рази достовірно вищу кардіальну смертність, ніж із легкою та помірно систолічною дисфункцією. Вивчено достовірні чинники, які впливають на частоту виникнення кінцевих точок (смерть від ІХС, прогресування СН) і достовірно погіршують післяопераційний прогноз у таких хворих після операції АКШ, поєднаного з аневризмектомією ЛШ: це анамнез ІХС >5 років, вік старше 60 років, ФВ <35%, дилатація правого шлуночка.
- Литвицкий П.Ф. Патофизиология // ГЭОТАР-МЕД. – 2002. – №808. – С. 6–12.
- Рыбакова М.К., Алехин М.Н., Митьков В.В. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. – М.: Видар, 2008. – С. 512.
- Alam M., Wardell J., Andersson E. et al. Characteristics of mitral and tricuspid annular velocities determined by pulsed wave Doppler tissue imaging in healthy subjects // J. Am. Soc. Echocardiogr. – 1999. – Vol. 12 (8). – P. 618–628.
- Arco J. Teske. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using tissue Doppler and speckle tracking // Cardiovasc. Ultrasound. – 2007. – Vol. 5. – P. 27–48.
- Elnomany M.F., Abdelhameed A.K. Mitral annular motion as a surrogate for left ventricular function: correlation with brain natriuretic peptide levels // Eur. J. Echocardiography. – 2006. – Vol. 7, №3. – P. 187–198.
- Dolzhenko M.N., Rudenko S.A., Potashev S.V. et al. Left ventricle diastolic function in the patients after coronary arteries bypass graft combined with left ventricle aneurismectomy according to tissue doppler imaging: one year follow-up // PMJ. – 2007. – Vol. 83, №979. – P. 320–324.
- Mohamed F.E. Mitral annular motion as a surrogate for left ventricular function: Correlation with brain natriuretic peptide levels // Eur. J. of Echocardiography. – 2006. – Vol. 7 (3). – P. 187–198.
- Mullens W., Borowski A.G. Tissue Doppler imaging in the estimation of intracardiac filling pressure in decompensated patients with advanced systolic heart failure // Circulation. – 2009. – Vol. 6. – P. 13–15.
- Nagueh S.F., Middleton K.J. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures // J. Am. Coll. Cardiol. – 1997. – Vol. 30 (6). – P. 1527–1533.
- Arques S., Roux E., Luccioni R. Current clinical applications of spectral tissue Doppler echocardiography (E/E' ratio) as a noninvasive surrogate for left ventricular diastolic pressures in the diagnosis of heart failure with preserved left ventricular systolic function // Cardiovasc. Ultrasound. – 2007. – Vol. 5. – P. 5–16.
- Citro R., Bossone E., Kuersten B. et al. Tissue Doppler and strain imaging: anything left in the echo-lab? // Cardiovasc. Ultrasound. – 2008. – Vol. 6. – P. 54–68.
- Trambaiolo P., Salustri A., Tonti G. et al. Tissue Doppler: the physical principles, representational and analytical modalities and clinical applications // Ital. Heart J. Suppl. – 2000. – Vol. 1. – P. 38–53.
- Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography // J. Am. S. of Echocardiography. – 2009. – Vol. 22, №2. – P. 107–133.
- Hansen A., Haass M., Zugck C. et al. Prognostic value of Doppler echocardiographic mitral inflow patterns: implications for risk stratification in patients with congestive heart failure // J. Am. Coll. Cardiol. – 2001. – Vol. 37. – P. 1049–1055.
- Bella J.N., Palmieri V., Roman M.J. et al. Mitral ratio of peak early to late diastolic filling velocity as a predictor of mortality in middle-aged and elderly adults: the Strong Heart Study // Circulation. – 2002. – Vol. 105. – P. 1928–1933.
- Nagueh S.F. et al. EAE/ASE Recommendations Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography // Eur. J. of Echocardiography. – 2009. – Vol. 10. – P. 165–193.
- 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 // J. of ASE. – 2005. – Vol. 18. – P. 1440–1459.
- <http://assets.escardio.org/Assets/Webcasts/EE2009/echocardiography-course/13-evaluation-systolic-function/index.htm>.
- Mahadevan G., Davis R.C. et al. Left ventricular ejection fraction: are the revised cut-off points for defining systolic dysfunction sufficiently evidence based? // Heart. – 2008. – Vol. 94 (Issue 4). – P. 426–428.

Література

- Алехин М.Н. Возможности практического использования тканевого доплера. Лекция 2. Тканевой доплер фиброзных колец атриовентрикулярных клапанов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2002. – №4. – С. 112–118.
- Алехин М.Н., Ахунова С.Ю., Рафиков А.Ю. Воспроизводимость измерений скоростей фиброзного кольца митрального клапана в режиме тканевого доплера // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2005. – №1. – С. 105–112.
- Амосова К.М., Руденко Ю.В., Ткачук Л.С. та ін. Повздовжня кінетика міокарда лівого шлуночка за даними імпульсної тканинної доплерехокардіографії після первинних коронарних втручань у хворих на гострий інфаркт міокарда // Серце і судини. – 2008. – №4. – С. 11–14.
- Беленков Ю.Н., Агманова Э.Т. Диастолическая функция сердца у больных с хронической сердечной недостаточностью и методы диагностики ее нарушений с помощью тканевой миокардиальной доплерэхокардиографии // Кардиология. – 2003. – №11. – С. 58–65.
- Долженко М.Н., Руденко А.В., Поташев С.В. и др. Изменение миокардиальной функции левого желудочка у больных с постинфарктным кардиосклерозом, по данным тканевой доплеровской визуализации после аортокоронарного шунтирования, комбинированного аневризмектомией левого желудочка // Серце і судини. – 2008. – №2 (22). – С. 34–41.