

П.М. Семенів

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», Київ

Модифікована методика зменшення тривалості ішемії серця та реперфузії міокарда під час комбінованих операцій багатоклапанної корекції в поєднанні з коронарним шунтуванням

Мета – розробити та впровадити в практику методику зменшення тривалості ішемії серця під час тривалих оперативних втручань.

Матеріали і методи. Розроблено модифіковану методику шунтування коронарних артерій при комбінованих операціях, які потребують тривалого часу перетискання аорти. Проведено аналіз результатів одночасної корекції вад клапанів та шунтування коронарних артерій у 15 пацієнтів. Хірургічна тактика полягала в тому, що на першому етапі виконували шунтування коронарних артерій off pump, потім корекцію клапанних уражень.

Результати. Розроблена модифікована методика на етапі шунтування була ефективною. Ця методика потребує більше часу для виконання та є складнішою технічно, проте дає можливість значно скоротити час перетискання аорти, що своєю чергою дасть змогу зменшити частоту виникнення серцевої недостатності та кількість післяопераційних ускладнень порівняно з традиційною методикою, відповідно до якої всі етапи виконують в умовах кардіоплегічної зупинки.

Висновки. Використання методики превентивного відновлення коронарного кровообігу шляхом шунтування коронарної артерії на серці, що працює, до перетискання аорти показало її перевагу щодо тривалості штучного кровообігу та ішемічного часу серця, а також ступеня ушкодження міокарда. Застосування запропонованої в експерименті методики має суттєві технічні переваги порівняно з методикою класичного шунтування на серці, що працює, а саме: втримання гемодинамічної ситуації, зменшення тривалості штучного кровообігу та ішемічного часу серця, реперфузія міокарда на етапі відновлення серцевої діяльності, що позитивно впливає на показники його роботи.

Ключові слова: штучний кровообіг, хірургія клапанів, ішемічна хвороба серця, захист міокарда, кардіоплегія.

У сучасній кардіохірургії одним із найактуальніших питань є забезпечення належної протекції міокарда під час тривалих операцій із зупинкою серця, що особливо актуально для пацієнтів, які потребують одномоментних комбінованих втручань на клапанах та коронарних артеріях [1, 3, 4].

Неадекватна протекція міокарда призводить до вираженого набряку серцевого м'яза, іше-

мічних розладів, електричної нестабільності, зниження скоротливості, що супроводжується розвитком гострої серцевої недостатності в ранньому постперфузійному періоді. Основними причинами післяопераційної летальності внаслідок неадекватного захисту міокарда залишається гостра серцева недостатність та інфаркт міокарда [2, 6]. З огляду на початкову важкість пацієнтів з комбінованою патологією та потребою в її

одномоментній корекції, ризик операції значно збільшується через складність хірургічного втручання, збільшення тривалості штучного кровообігу та ішемії міокарда. За даними літератури, тривалість ішемії за таких операцій становить (180 ± 40) хв, тому питання зменшення негативного впливу гіпоксичного періоду на скоротливу здатність міокарда актуальне для пацієнтів, які потребують кардіохірургічних утручань, таких як одномоментна корекція декількох клапанів серця та реваскуляризація міокарда, коли потрібно тривалий час перетискати аорту для досягнення належної хірургічної корекції [4, 5, 8].

Матеріали і методи

Команда відділення ДУ «НІССХ імені М.М. Амосова НАМН України» розробила модифіковану методику шунтування коронарних артерій під час комбінованих операцій з тривалим перетисканням аорти. Проаналізовані результати одночасної корекції вад клапанів та шунтування коронарних артерій у 15 пацієнтів. Хірургічна тактика полягала в тому, що на першому етапі виконували шунтування коронарних артерій *off pump*, а потім корекцію клапанних уражень.

Середній вік оперованих пацієнтів становив $(63,2 \pm 13,6)$ року. Більшість з пацієнтів перенесли один або кілька інфарктів міокарда та мали III–IV функціональний клас за NYHA. Стан хворих на момент госпіталізації був важким через багатоклапанне ураження серця та ішемічну хворобу серця, яка потребувала хірургічної реваскуляризації коронарних судин. Індекс EuroSCORE становив у середньому 5,4, що підтверджувало суб'єктивну оцінку стану хворих. Втручання починали з шунтування КА на серці, що працює, а потім виконували корекцію клапанних уражень серця. У групі спостереження ($n = 15$) проведено такі варіанти хірургічних операцій: одночасне протезування аортального та мітрального клапанів, пластика тристулкового клапана та шунтування КА, або протезування аортального, пластика мітрального та тристулкового клапанів і шунтування КА.

Під час операції були застосовані тактичні етапи реваскуляризації міокарда, які охоплювали виділення внутрішньої грудної артерії та підготовку венозних трансплантатів. У деяких випадках ($n = 9$) шунтування *off pump* розпочинали класично з підшивання проксимальних кінців венозних шунтів до аорти. Розпочинали шунтування з колатеризованих КА, зокрема субоклюзованих КА, які кровопостачалися з басейну інших КА через колатералі. Залежно

від гемодинамічної ситуації етап шунтування в цій групі спостереження вдалося виконати без використання штучного кровообігу ($n = 13$). У двох пацієнтів цієї групи була проведена конверсія на допоміжний штучний кровообіг через нестабільну гемодинаміку, і частина анастомозів була виконана на паралельній перфузії. При шунтуванні на паралельній перфузії з огляду на недостатність мітрального клапана, низьку скоротливість та дилатацію камер серця проводили пасивне дренивання лівого шлуночка через праву легеневу вену. У разі реєстрації ознак ішемії міокарда застосовували інтракоронарні шунти. У 6 хворих етап шунтування було виконано за модифікованою методикою, яка буде описана далі.

Ми розробили вдосконалену методику коронарного шунтування на серці, що працює, з подальшою корекцією багатоклапанної патології на кардіоплегії, зважаючи на технічну складність цієї процедури. Особливо важко здійснювати аортотомію та маніпуляції на аортальному клапані, коли на аорту вже накладені проксимальні анастомози шунтів. Наша методика передбачає використання багатоканального перфузійного сету для кардіоплегії (Medtronic 14003 DLP MultiplePerfusionSet, США), який дозволяє уникнути описаних незручностей. Експериментальна модель цієї процедури представлена на *рис. 1*.

Застосування цієї методики передбачає таку технічну послідовність: спочатку, на першому етапі, під'єднували канюлю типу «ромашка» до аорти (*рис. 2*).

Далі приєднували багатоканальний перфузійний сет до антеградної канюлі. Систему заповнювали кров'ю (в експерименті використовували фізіологічний розчин) і під'єднували венозні графти (*рис. 3*). Після чого виконували дистальні анастомози КА. Шунтування проводили за стан-

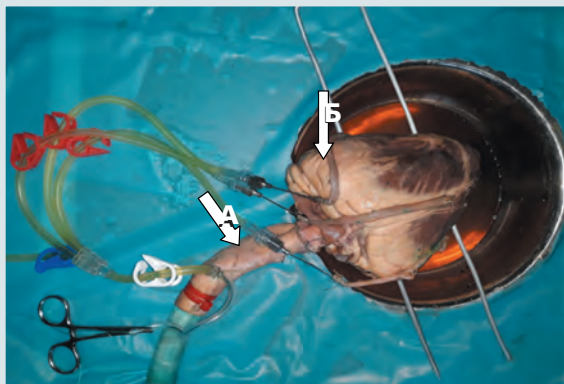


Рис. 1. Схема конекції перфузійного сету з венозними графтами (модель на свинячому серці):
А – конекція перфузійного сету з аортою; Б – венозні графти підключені до перфузійного сету



Рис. 2. Конекція одноканальної антеградної канюлі з аортою

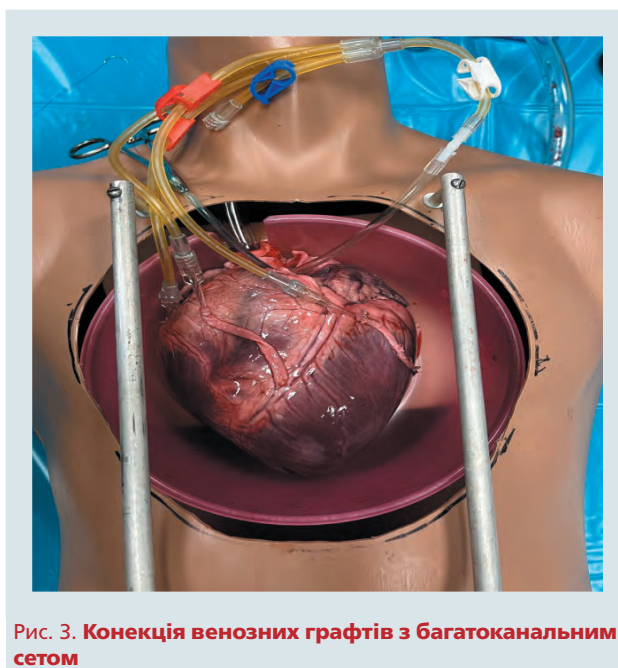


Рис. 3. Конекція венозних графтів з багатоканальним сетом

дартною методикою за схемою передня міжшлуночкова гілка, обвідна гілка та права КА. В аорті штучно підтримували тиск у межах від 90 до 120 мм рт. ст. і так здійснювали перфузію КА.

Цей метод дає змогу, перш за все, формувати дистальні анастомози, без їхнього попереднього підшивання до аорти – *off pump*, що зменшує технічні труднощі надалі під час втручання на аортальному клапані. За послідовного формування шунтів КА забезпечуються перфузією крові, що додатково насичує міокард киснем та підтримує гемодинамічну стабільність до запуску апарата штучного кровообігу.

Після охолодження пацієнта та накладання затискача на аорту можна застосовувати метод одночасного доставлення кардіоплегічного розчину в гирла КА, а потім в усі шунти одноментно, що допомагає поліпшити ефективність антеградного введення кардіоплегічного розчину з огляду на ураження КА.

Адекватність проходження фізіологічного розчину через перфузійний сет оцінювали за параметрами швидкості проходження фізіологічного розчину по коронарному руслу за допомогою флоуметрії (рис. 4).

Показники флоуметрії були такими: для ПМШГ – 168,5 мл/хв, опір (PI) – 0,99; ОГ-1 – 143,7 мл/хв, опір – 1,27; ПКА – 150,8 мл/хв, опір – 1,34. Отже, можна зробити висновок, що ця методика забезпечує адекватну перфузію кардіоплегічного розчину по КА.

Після закінчення корекції клапанних вад, зняття затискача з аорти, профілактики повітряної емболії та відновлення серцевої діяльності

формували проксимальні анастомози венозних шунтів з аортою.

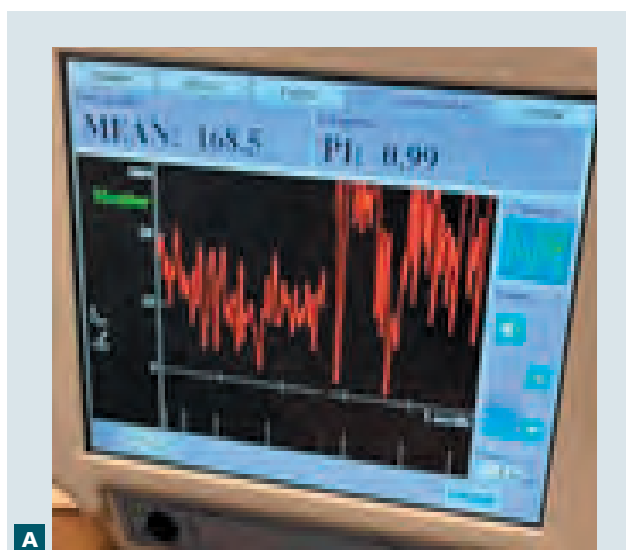
Модифікована методика шунтування КА на серці, що працює, в умовах операційної

Запропонована методика була застосована в 6 пацієнтів. Модифікація цієї методики дала змогу уникнути етапу підшивання проксимальних кінців автовенозних анастомозів до аорти. Саме за такої послідовності можна уникнути технічних незручностей надалі під час маніпуляцій для корекції аортального клапана.

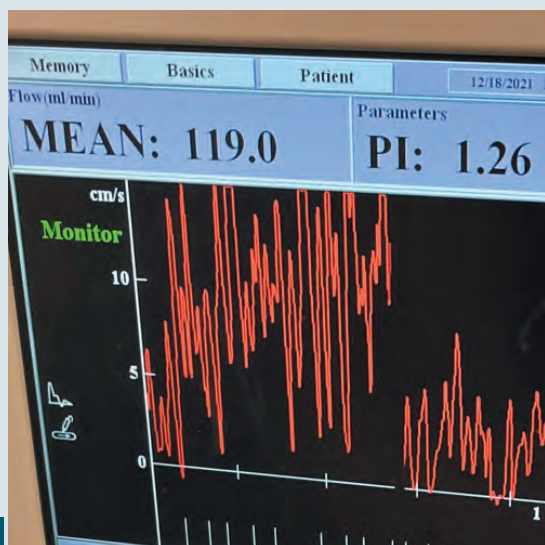
Як було описано раніше в експерименті, ми дотримувалися тактичної послідовності етапів хірургічних маніпуляцій, а саме:

1 етап: підшивання дистальних автовенозних шунтів на серці, що працює, за допомогою системи стабілізації серця Octorus та багатоканального перфузійного сету, до якого під'єднували автовенозні шунти.

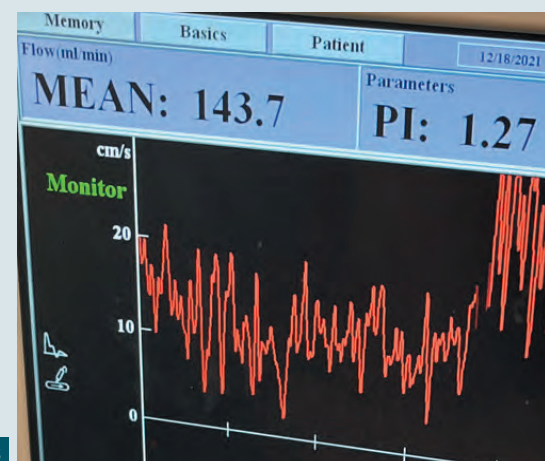
Спочатку накладали кисетний шов (prolen 3,0) на висхідну аорту та здійснювали конекцію антеградної одно- або двоканальної канюлі типу «ромашка», до якої під'єднували багатоканальний перфузійний сет. Систему заповнювали кров'ю та розпочинали накладати дистальні анастомози, які поетапно з'єднували з багатоканальним сетом. Перфузія крові з аорти до автовенозних шунтів здійснювалася через багатоканальний перфузійний сет, що дало змогу втримати стабільну гемодинамічну ситуацію.



А



Б



В

Рис. 4. Швидкість проходження кардіологічного розчину по КА: А – передньою міжшлуночковою гілкою (ПМШГ); Б – через шунт до обвідної гілки (ОГ-1); В – через шунт до правої КА (ПКА)

В усіх випадках вдалося провести коронарне шунтування на серці, що працює, без конверсії на штучний кровообіг. Адекватність перфузії крові через перфузійний сет до КА оцінювали за допомогою флоуметрії. Після завершення цього етапу за стандартною методикою було під'єднано та запущено апарат штучного кровообігу (АШК).

II етап: одномоментне антеградне доставлення кардіоплегічного розчину в підшиті шунти.

Після накладання затискача на аорту здійснювали аортотомію та антеградне доставлення кардіоплегічного розчину в гирла КА. Специфіка цієї методики дає змогу нам доповнити антеградне введення кардіоплегічного розчину через багатоканальний перфузійний сет в усі накладені раніше шунти одномоментно, що неможливо при використанні традиційної методики. Це модифіковане антеградне введення кардіоплегічного розчину через шунти на цьому етапі забезпечує краще проходження розчину через ураження КА та, на нашу думку, забезпечує кращий захист міокарда на антеградному етапі проведення кардіоплегії. Кардіоплегічний розчин подавали через систему доставлення з тиском 110 мм рт. ст. Адекватність проходження розчину ми також оцінювали за допомогою флоуметрії.

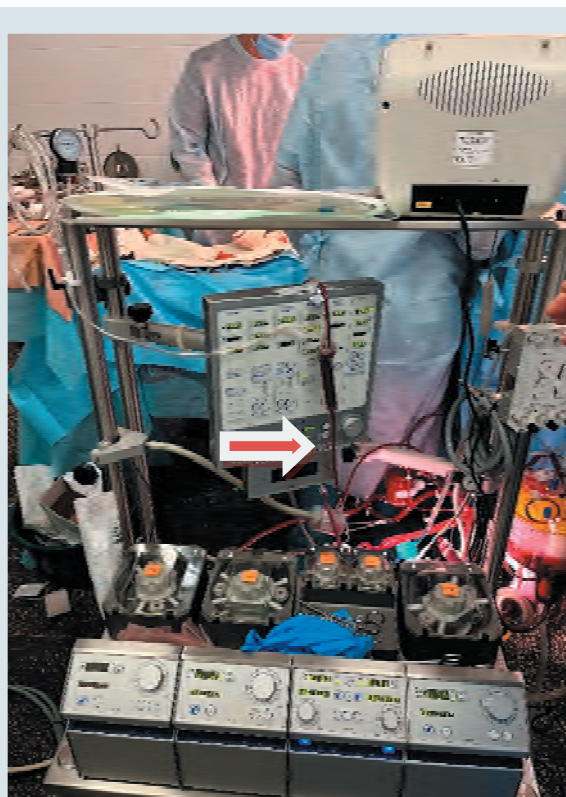


Рис. 5. Контур для доставлення оксигенованої крові з АШК

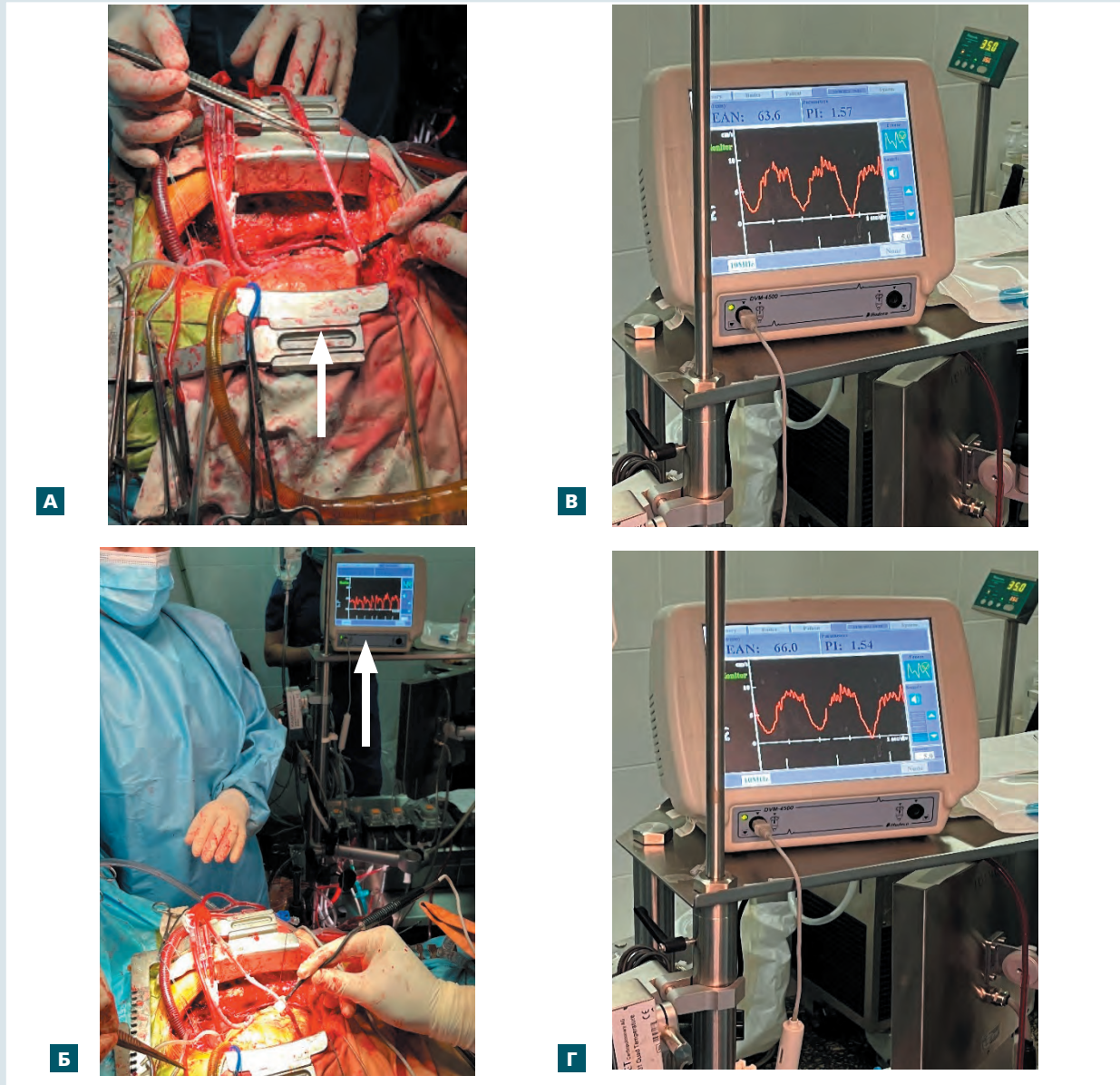


Рис. 6. Оцінка адекватності реперфузії серця через контур АШК: А – датчик флоуметрії; Б – система подачі оксигенованої крові через контур АШК; В, Г – швидкість реперфузії по венозних шунтах

III етап: корекція клапанних вад.

VI етап: після відновлення серцевої діяльності здійснюється реперфузія КА через контур в АШК.

Після завершення основного етапу, після герметизації камер серця та зняття затискача з аорти розпочинався етап відновлення серцевої діяльності. В середньому цей етап з моменту зняття затискача з аорти до моменту підшивання проксимальних кінців венозних шунтів до аорти триває 20 хв. Оскільки через антеградну канюлю типу «ромашка» здійснюють профілактику повітряної емболії, то конекція венозних шунтів до неї через багатоканальний сет буде недоречною.

А з огляду на особливості уражень КА міокард залишається ішемізованим до етапу, поки не будуть підшиті проксимальні шунти до аорти. Для профілактики та зменшення часу ішемії міокарда на етапі відновлення серцевої діяльності ми запропонували методику реперфузії міокарда через контур з АШК (рис. 6). Кров з оксигенатора подається через контур для доставлення кров'яної кардіоплегії, який є в кожному АШК, через багатоканальний перфузійний сет у венозні шунти (рис. 5).

Щоб запобігти травматизації інтими КА, кров з оксигенатора подавали безпосередньо в коронарні шунти з тиском 40 мм рт. ст. Швидкість

кровоплину ми також оцінювали за допомогою флоуметрії (рис. 6).

Коли почали підшивати шунти до аорти, наприклад розпочинали з шунта лівого басейну, накладаючи на нього затискач типу «бульдог», то перфузія правого басейну через шунт продовжувала здійснюватися через контур з АШК.

Результати

Середні значення тривалості штучного кровообігу: час ішемії становив ($179,2 \pm 38,9$) хв і час перетискання аорти – ($132,2 \pm 22,4$) хв. Також на тривалість штучного кровообігу вплинуло те, що двом пацієнтам проведено конверсію на штучний кровообіг та етап шунтування виконували на паралельній перфузії. Загальний час операції становив ($476,4 \pm 121,3$) хв (максимальна тривалість операції – 840 хв, мінімальна – 275 хв). Це було зумовлене застосуванням складнішої хірургічної техніки. Важливою перевагою хірургічної обраної тактики була можливість знизити ішемічний час.

В усіх випадках ($n = 6$) відзначали самостійне відновлення серцевої діяльності без проведення дефібриляції, на відміну від пацієнтів, у яких методика застосування багатоканального сету не використовувалася.

Для пацієнтів у ранньому післяопераційному періоді були характерні ознаки зниженої скоротливої здатності міокарда. Це було зумовлене тривалим періодом основного етапу операції та більшим часом ішемії. У частини хворих були зареєстровані ознаки гострої серцевої недостатності. Ступінь вираження серцевої недостатності ми оцінювали за рівнем інотропної підтримки, потрібної для забезпечення адекватного рівня гемодинаміки після відключення штучного кровообігу та закінчення операції, керуючись критеріями класифікації ESC Committee for Practice Guidelines (2010): ≤ 3 мкг·кг⁻¹·хв⁻¹ – мала ренальна доза; 3–5 мкг·кг⁻¹·хв⁻¹ – середня, позитивний інотропний ефект; $6 \geq$ мкг·кг⁻¹·хв⁻¹ – велика, позитивний вазопресорний ефект.

Практично всі пацієнти після завершення основного етапу операції потребували інотропної підтримки. В групі спостереження реєстрували мінімальні дози у 40 % хворих. З часом, на другу добу післяопераційного періоду, було зареєстровано зниження доз інотропної підтримки у всіх групах спостереження, що свідчило про відновлення транзитних порушень функції міокарда, коли значення середніх доз міметиків на другу добу знизилось до 28 % від похідного рівня.

Клінічні спостереження ураження міокарда, що характеризують необхідність використання

інотропної підтримки, були підтверджені лабораторно динамікою маркерів пошкодження міокарда в ранньому післяопераційному періоді. Ступінь пошкодження міокарда оцінювали за рівнем активності ферментів у сироватці крові через 12–14 год після операції порівняно з їхніми референтними значеннями в пацієнтів після кардіохірургічних втручань. В обстежених пацієнтів було значне перевищення референтних значень загальної КФК та її МВ фракції після кардіохірургічних втручань. Більшість пацієнтів мали нормальний рівень АЛАТ, АСАТ та ЛДГ.

Ми вважаємо, що серцева недостатність, яка розвинулася в ранньому післяопераційному періоді, є головним проявом недостатнього захисту міокарда. У групі спостереження не було жодного випадку інфаркту міокарда після операції, що підтверджене клінічним перебігом та динамікою рівня біохімічних маркерів. Також не було необхідності жодного разу застосовувати внутрішньо-аортальну балонну контрапульсацію.

Отже, можемо зробити висновок, що запропонована методика захисту міокарда була ефективною. Ця методика потребує більшого часу для виконання та є складнішою технічно, але значно зменшує час ішемії міокарда, що своєю чергою знижує вірогідність виникнення серцевої недостатності та частоту післяопераційних ускладнень.

Застосування запропонованої техніки з використанням багатоканального сету для забезпечення захисту міокарда та уникання гіпоксії міокарда під час аортокоронарного шунтування продемонструвало суттєві переваги, про що свідчило уникнення конверсії на паралельний штучний кровообіг та самостійне відновлення роботи серця в усіх 6 хворих, на відміну від випадків використання традиційної методики.

Висновки

Використання методики превентивного відновлення коронарного кровообігу шунтуванням коронарної артерії на серці, що працює, до перетискання аорти показало її перевагу щодо тривалості штучного кровообігу та ішемічного часу серця, а також ступеня ушкодження міокарда.

Застосування запропонованої в експерименті методики має суттєві технічні переваги порівняно з методикою класичного шунтування на серці, що працює, такі як: втримання гемодинамічної ситуації, зменшення тривалості штучного кровообігу та ішемічного часу серця, реперфузія міокарда на етапі відновлення серцевої діяльності, що позитивно впливає на показники його роботи.

Література

1. Ahmed OF, Al Kaabi LS, Kakamad FH, Mohammed SH, Salih RQ. Early outcome of combined coronary artery bypass grafting and valve surgery. *Edorium J Cardiothorac Vasc Surg.* 2018;5(1):100013C04OA2018. <https://doi.org/10.5348/100013C04OA2018OA>.
2. Loop FD, Higgins TL, Panda R, Pearce G, Estafanous FG. Myocardial protection during cardiac operations. Decreased morbidity and lower cost with blood cardioplegia and coronary sinus perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;104(3):608-18. PMID: 1513150.
3. Trenkwalder T, Nelson CP, Musameh MD, Mordi IR, Kessler T, Pellegrini C, et al. Effects of the coronary artery disease associated LPA and 9p21 loci on risk of aortic valve stenosis. *Int J Cardiol.* 2019;276:212-7. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.11.094>.
4. Kim BJ, Kim YS, Kim HJ, Ju MH, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, Chung CH. Concomitant mitral valve surgery in patients with moderate ischemic mitral regurgitation undergoing coronary Artery bypass grafting. *J Thorac Dis.* 2018;10(6):3632-42. <https://doi.org/10.21037/jtd.2018.05.148>.
5. Trummer G, Benk C, Beyersdorf F. Controlled automated reperfusion of the whole body after cardiac arrest. *J Thorac Dis.* 2019;11(10):S1464-S1470. doi:10.21037/jtd.2019.04.05.
6. Okba F. Ahmed, Fahmi H. Kakamad, Saif S. Almudhaffar, Rafid Hameed Hachim, Kayhan A. Najar, Abdulwahid M. Salih, Dahat A. Hussen, Shvan H. Mohammed, Mohammed Q. Mustafa, Karukh K. Mohammed, Diyar A. Oma. Combined operation for coronary artery bypass grafting and mitral valve replacement; risk and outcome. *Intern J Surgery Open.* 2021;35:100393. doi.org/10.1016/j.ijso.2021.100393.
7. Agha RA, Sohrabi C, Mathew G, Franchi T, Kerwan A. O'Neill N for the PROCESS Group The PROCESS 2020 guideline: updating consensus preferred reporting of CasE series in surgery (PROCESS) guidelines. *Int J Surg.* 2020;84:231-5. doi.org/10.1016/j.ijso.2020.11.005.
8. Teng Z, Ma X, Zhang Q, Yun Y, Ma C, Hu S, Zou C. Additional mitral valve procedure and coronary artery bypass grafting versus isolated coronary artery bypass grafting in the management of significant functional ischemic mitral regurgitation: a meta-analysis. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2017;58(1):121-30. <https://doi.org/10.23736/S0021-9509.16.08852-2>.

P.M. Semeniv

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

A modified technique for reducing the duration of ischemic time of the heart and myocardial reperfusion in multivalve correction combined with coronary grafting

The aim – to develop and put into practice a method of reducing the ischemic time of the heart during long-term cardiac surgery interventions.

Materials and methods. A modified technique of coronary artery bypass grafting has been developed for combined operations that require a long time to clamp the aorta. The results of simultaneous correction of valve defects and coronary artery bypass grafting in 15 patients were analyzed. At the first stage, off-pump coronary artery bypass grafting was performed, followed by correction of valvular lesions.

Results. The used technique requires more time to perform and is technically more difficult, but it allows to significantly reduce the ischemic time of the myocardium, which in turn will prevent heart failure and postoperative complications.

Conclusions. The application of the technique proposed in the experiment has significant advantages in terms of the duration of artificial blood circulation and the ischemic time of the heart, which favorably affects its performance.

Key words: artificial circulation, valve surgery, ischemic heart disease, myocardial protection, cardioplegia.