

DOI: 10.26693/JMBS03.06.139

УДК 616.132:616.132.2]-089.86-039.72:[612.13:615.47]-06:[616.831-005.7-005.4:616.89-008.45/.47]-085.225.1/.2-084

Радюшин Д. О.^{1,2}, Лоскутов О. А.¹, Дружина О. М.¹, Колесников В. Г.¹

МІКРОЕМБОЛІЗАЦІЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВотоКУ ПРИ ПРОВЕДЕННІ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТУВАННЯ В УМОВАХ ШТУЧНОГО КРОВООБІГУ

¹НМАПО імені П. Л. Шупика, Кафедра анестезіології та інтенсивної терапії, Київ, Україна²Одеська обласна клінічна лікарня, Україна

dradiushin@gmail.com

Пошкодження головного мозку займає одне з перших місць у списку післяопераційних ускладнень при виконанні кардіохірургічних операцій. В сучасній науковій літературі обговорюється багато механізмів пошкодження головного мозку у кардіохірургічних хворих, прооперованих в умовах штучного кровообігу. Відсутність єдиної думки у цьому питанні обґрунтовує необхідність проведення додаткових досліджень.

Метою дослідження було вивчити об'єм церебральної мікроемболізації в басейні середніх мозкових артерій при проведенні аортокоронарного шунтування в умовах штучного кровообігу, та дослідити зв'язок між церебральною мікроемболізацією та розвитком післяопераційних когнітивних розладів.

У дослідження включено 34 пацієнта (19 чоловіків та 15 жінок), яким було проведено аортокоронарне шунтування з використанням штучного кровообігу.

Моніторування церебрального кровотоку під час операції проводилося на апараті «Ангіодін 2К» («Биос», Росія).

Оцінка когнітивного статусу пацієнтів проводилась за допомогою вербальних, та невербальних тестів. Оцінювання проводилось двічі, до операції та на п'яту добу після операції. Критерієм діагностики післяопераційних когнітивних дисфункцій були зниження результатів тестування на 10% і більше при повноцінному дослідженні в двох тестах і більш та зниження на 2 бали і більше в тестах MoCA і MMSE.

Отримані дані свідчать, що у всіх пацієнтів після аортокоронарного шунтування в умовах штучного кровообігу, визначається мікроемболізація церебрального кровотоку, та, в кількості більше ніж 800 мікроемболів, призводить до клінічно вираженого погіршення функцій головного мозку в ранньому післяопераційному періоді ($r = 0,77$ $p < 0,05$).

Виявлені закономірності виникнення післяопераційних когнітивних дисфункцій є потужним ре-

зервом для отримання позитивних результатів при проведенні операцій аортокоронарного шунтування в умовах штучного кровообігу.

Ключові слова: мікроемболізація, церебральний кровотік, аортокоронарне шунтування, штучний кровообіг.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проведено в рамках виконання фрагменту планової комплексної науково-дослідної роботи «Профілактика газової мікроемболізації церебральних судин, при проведенні операцій аортокоронарного шунтування в умовах штучного кровообігу», № державної реєстрації 0117U002056.

Вступ. Пошкодження головного мозку займає одне з перших місць у списку післяопераційних ускладнень при виконанні кардіохірургічних операцій. За статистику такі пошкодження виявляються приблизно у 80% прооперованих [14, 21, 23–25].

На лікування хворих з порушеннями функції центральної нервової системи (ЦНС), які спостерігаються після виконання операцій аортокоронарного шунтування (АКШ), в світі щорічно витрачається від 2 до 4 млрд доларів [13].

У сучасній науковій літературі обговорюються наступні механізми пошкодження головного мозку у кардіохірургічних хворих, прооперованих в умовах штучного кровообігу (ШК) [4–7, 11, 16]:

- інтраопераційна мікроемболізація церебральних артерій;
- системна гіперперфузія в умовах ШК з порушенням ауторегуляції мозкового кровотоку;
- системна і церебральна запальна відповідь;
- набряк головного мозку;
- дисфункція гематоенцефалічного бар'єру;
- контактна активація клітин крові в ході ШК;
- метаболічні порушення;
- фармакологічний вплив анестетиків;
- інші хірургічні та індивідуальні фактори.

Важливо відзначити, що роль кожного з перерахованих вище патогенетичних факторів періоду

пераційного пошкодження мозку дискутується сучасними дослідниками, і єдина концепція етіопатогенезу порушення неврологічних функцій у кардіохірургічних хворих в післяопераційному періоді поки не сформульована.

У цілому ряді досліджень був продемонстрований зв'язок між обсягом мікроемболізації церебральних артерій і ступенем пошкодження мозку при операціях з ШК [3, 4, 8].

Інтраопераційні мікроемболи реєструються у переважній більшості кардіохірургічних хворих. Достовірна залежність між кількістю церебральних мікроемболів, з одного боку, і післяопераційними когнітивними порушеннями, з іншого боку, була продемонстрована в значній кількості нейропсихологічних досліджень [2, 3, 8].

Мета роботи. Вивчити об'єм церебральної мікроемболізації в басейні середніх мозкових артерій (СМА) при проведенні АКШ в умовах штучного кровообігу та дослідити зв'язок між церебральною мікроемболізацією та розвитком післяопераційних когнітивних розладів.

Матеріали та методи дослідження. У дослідження включено 34 пацієнта (19 чоловіків та 15 жінок), яким було проведено АКШ з використанням ШК.

Дослідження виконані з дотриманням основних положень «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964–2013 рр.), ІСН GCP (1996 р.), Директиви ЄЕС № 609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012 р. Кожен пацієнт підписував інформовану згоду на участь у дослідженні.

Середній вік пацієнтів становив $67,3 \pm 5,2$ років. Середній показник індексу маси тіла – $27,4 \pm 5,2$ кг/м². Середня тривалість операції складала $269,4 \pm 7,8$ хв., тривалість штучного кровообігу – $145 \pm 4,5$ хв.

Залежно від функціонального класу (ФК) стенокардії всі пацієнти розподілилися наступним чином: II ФК – 5 осіб (14,7%), III ФК – 24 особи (70,6%), IV ФК та нестабільна стенокардія – 5 осіб (14,7%).

Один інфаркт міокарда (ІМ) в минулому мали 22 (64,7%) пацієнта, два ІМ – 2 (5,9%) хворих. У 10 (29,4%) обстежених ішемічна хвороба серця (ІХС) протікала без ІМ в анамнезі.

Фракція викиду лівого шлуночка (ФВ) вище 40% була зареєстрована у 26 (76,5%) хворих, нижче 40% – у 8 (23,5%) осіб.

При дуплексному скануванні магістральних судин шиї, на доопераційному етапі, у всіх пацієнтів, гемодинамічно значущих стенозів в області загальної сонної або внутрішньої сонної артерії виявлено не було.

Усі пацієнти оперувалися в умовах загальної анестезії на основі севофлурану (1,5-2МАК). Вступний наркоз включав в себе пропофол ($1,5 \pm 0,3$ мг/кг) і фентаніл (1 мг/кг). Міорелаксація забезпечувалась піпекуронія бромидом ($0,07 - 0,08$ мг/кг), подальша аналгезія – фентанилом ($21,5 \pm 3,4$ мкг/кг на весь час оперативного втручання).

Штучна вентиляція легенів у обстежених пацієнтів проводилась повітряно-кисневою сумішшю (FiO₂ = 50%) в режимі нормовентиляції, під контролем газового складу крові (середнє значення рСО₂ артеріальної крові складав $35,3 \pm 2,4$ мм рт ст).

Штучний кровообіг проводився на апараті «S3» (Stockert, Німеччина) у ламінарному режимі, з використанням одноразових мембранних оксигенаторів «Affinity» (Medtronic, США) в умовах помірної гіпотермії (T = +32°C).

Первинне обстеження пацієнтів проводилось за 3 дні до операції і разом із загальноприйнятими методами включало в себе транстемпоральну доплерографію апаратом «Siemens» (Німеччина).

В процесі всіх операцій використовувався стандартний протокол анестезії, хірургічної техніки і штучного кровообігу.

Оцінка когнітивного статусу пацієнтів проводилась за допомогою вербальних, та невербальних тестів.

1. МоСА – монреальська шкала оцінки когнітивних функцій [18] (**рис. 1**) – батарея тестів, розроблена для швидкої оцінки когнітивних порушень. Тест оцінює пам'ять, "лобові" функції (зорово-конструктивні навички, швидкість мови, абстракція і ін.), номінативну функцію мови, зорово-просторовий праксис. Тривалість оцінки у літніх пацієнтів в середньому становила 15–20 хв. У післяопераційному періоді для оцінки за шкалою МоСА використовувалися альтернативні варіанти тесту (в тесті на запам'ятовування використовувалися інші слова, а в тесті копіювання – інша фігура)

2. MMSE – коротка шкала оцінки психічного статусу [12] (**рис. 2**) – методика широко застосовується з метою діагностики деменції. Досліджуються орієнтування, пам'ять, увага, мова, виконавчі функції і конструктивний праксис. Тривалість опитування у літніх людей зазвичай не перевищувала 15 хв.

3. Повноцінне дослідження різних когнітивних функцій: Trail-making test, Grooved Pageboard, тест на тонку моторику рук, заучування 10 слів А. Р. Лурия, тест Векслера, таблиці Шульте.

Критерієм діагностики ПОКД були зниження результатів тестування на 10% і більше при повноцінному дослідженні в двох тестах і більше та зниження на 2 бали і більше в тестах МоСА і MMSE.

Інтраопераційно моніторування церебрального кровотоку проводилося на апараті «Ангіодін 2К»

Монреальская шкала оценки когнитивных функций

ИМЯ: _____
 Образование: _____ Дата рождения: _____
 Пол: _____ ДАТА: _____

Зрительно-конструктивные/исполнительные навыки		Скопируйте куб	Нарисуйте ЧАСЫ (Десять минут двенадцатого) (3 балла)			БАЛЛЫ	
	[]	[]	[]	[]	[]	[]	
НАЗЫВАНИЕ					[]	[]	
ПАМЯТЬ	Прочтите список слов, испытуемый должен повторить их. Делайте 2 попытки. Попросите повторить слова через 5 минут.	ЛИЦО	БАРХАТ	ЦЕРКОВЬ	ФИАЛКА	КРАСНЫЙ	нет баллов
	Попытка 1	[]	[]	[]	[]	[]	
	Попытка 2	[]	[]	[]	[]	[]	
ВНИМАНИЕ	Прочтите список цифр (1 цифра/сек). Испытуемый должен повторить их в прямом порядке. [] 2 1 8 5 4 Испытуемый должен повторить их в обратном порядке. [] 7 4 2						[]
Прочтите ряд букв. Испытуемый должен хлопнуть рукой на каждую букву А. Нет баллов при > 2 ошибок.		[] ФБАВМНАА ЖКЛБАФАКДЕАААЖАМОФААБ					[]
Серийное вычитание по 7 из 100.		[] 93	[] 86	[] 79	[] 72	[] 65	[]
		4-5 правильных отв.: 3 балла, 2-3 правильных отв.: 2 балла, 1 правильный отв.: 1 балл, 0 правильных отв.: 0 баллов.					[]
РЕЧЬ	Повторите: Я знаю только одно, что Иван – это тот, кто может сегодня помочь. [] Кошка всегда пряталась под диваном, когда собаки были в комнате. []						[]
Беглость речи/ за одну минуту назовите максимальное количество слов, начинающихся на букву Л		[] _____ (N ≥ 11 слов)					[]
АБСТРАКЦИЯ	Что общего между словами, например, банан-яблоко = фрукты	[] поезд - велосипед		[] часы - линейка			[]
ОТСРОЧЕННОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ	Необходимо назвать слова БЕЗ ПОДСКАЗКИ	ЛИЦО []	БАРХАТ []	ЦЕРКОВЬ []	ФИАЛКА []	КРАСНЫЙ []	Баллы только за слова БЕЗ ПОДСКАЗКИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНО ПО ЖЕЛАНИЮ							
ОРИЕНТАЦИЯ	[] Дата [] Месяц [] Год [] День недели [] Место [] Город						[]
© Z.Nasreddine MD Version 7.1		www.mocatest.org		Норма 26 / 30		КОЛИЧЕСТВО БАЛЛОВ []	
Проведено: _____				перевод: Посохина О. В. Смирнова А. Ю.		Добавить 1 балл, если образование ≤ 12	

Рис. 1. Монреальська шкала оцінки когнітивних функцій, MoCA: короткий скринінговий інструмент оцінки помірних когнітивних порушень (за Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bédirian V., et al.)

Характеристика	Оценка, баллы
1. Ориентирование во времени: Назовите дату (число, месяц, год, день недели, время года)	0-5
2. Ориентирование в месте: Где мы находимся? (страна, область, город, клиника, комната)	0-5
3. Восприятие: Повторите три слова (например, дом, дерево, стол)	0-3
4. Концентрация внимания: Серийный счет («от 100 отнять 7») 5 раз	0-5
5. Память: Припомните 3 слова (см. п. 3)	0-3
6. Речь:	
6.1. Называние предметов (например, ручка, часы и т. п.)	0-2
6.2. Повторение фразы «Никаких если, и, или, но»	0-1
6.3. 3-этапная команда: «Возьмите правой рукой лист бумаги, сложите его вдвое и положите на стол»	0-3
6.4. Чтение. Прочтите и выполните команду: (например, «закройте глаза»)	0-1
6.5. Письмо (написать предложение)	0-1
6.6. Срисуйте рисунок	0-1

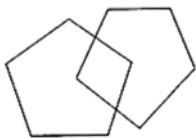


Рис 2. "Mini-mental state": практичний спосіб оцінювання когнітивного стану хворих для клініциста (за Folstein M.F., Folstein S.E., McHugh P.R.)

(«Биос», Росія). Вимірювання проводилися транстемпоральним доступом за стандартною методикою [1]. Базова оцінка лінійних показників кровотоку проводилася напередодні операції, і в подальшому інтраопераційно, починаючи з етапу вступного наркозу. При цьому використовувалися ультразвукові датчики лінійного формату з частотним діапазоном 5–10 МГц.

Результати дослідження та їх обговорення. В ході інтраопераційного дослідження, мікроемболічні сигнали в проекції середньої мозкової артерії, були зареєстровані у всіх обстежених пацієнтів. При цьому, середня кількість мікроемболів, зареєстрованих в проекції СМА впродовж усієї операції склала $753,44 \pm 15,60$, максимальна 841, а мінімальна 659.

Слід зазначити, що практично у всіх пацієнтів епізоди групової мікроемболії (від 2–3 до 10 і більше сигналів за проміжок часу в 1–5 секунд) відзначалися в зв'язку з хірургічними маніпуляціями на аорті, наприклад, під час канюляції або в момент накладання і зняття аортальних затискачів. В багатьох випадках групова мікроемболізація спостерігалася на початку штучного кровообігу, а також при відновленні ефективної серцевої діяльності, що також фіксувалося за допомогою трансстравохідного Ехо-КГ (рис. 3). У деяких хворих реєструвала-



Рис. 3. Трансстравохідне Ехо-КГ. Повітряні мікроемболі в корені аорти

ся значна кількість мікроемболічних сигналів протягом всього періоду ШК. Вони з'являлися відразу ж після включення апарату ШК і зникали безпосередньо після його зупинки незалежно від подій в операційному полі. Таким чином, у багатьох пацієнтів обсяг інтраопераційної мікроемболії визначався безпосередньо функціонуванням апарату ШК.

Під час дослідження в жодного пацієнта мікроемболізація СМА не супроводжувалася реакціями зіниць та значними гемодинамічними порушеннями. Середня швидкість кровотоку в СМА була мінімальна (рис. 4).

На етапі індукції в анестезію відзначалася депресія середньої лінійної швидкості кровотоку в басейні СМА, яка становила $28,9 \pm 2,95$ см/сек ($46,7 \pm \pm 2,5\%$ відносно початкової величини ($p = 0,0139$)).

Подальші спостереження показали, що на етапі підтримки анестезії, показники церебрального кровотоку стабілізувалися і були близькі за своїми значеннями до початкових величин.

Після підключення апарату штучного кровообігу і початку гіпотермії відзначалося зниження швидкості мозкового кровотоку, яка в середньому становила $34,8 \pm 2,64$ см/сек ($64,2 \pm 3,9\%$ від вихідної величини).

Основний етап реваскуляризації міокарда, в умовах розрахункової величини об'ємної швидкості

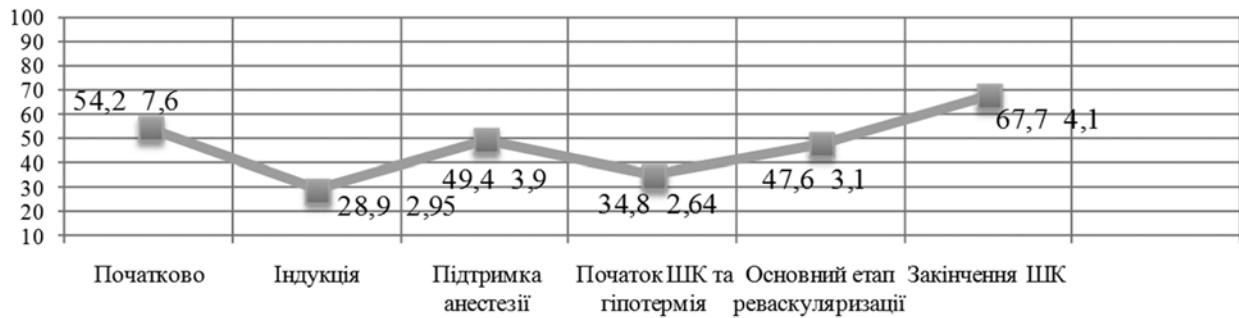


Рис. 4. Динаміка показників лінійної швидкості кровотоку в басейні середньої мозкової артерії (СМА) на різних етапах дослідження

перфузії, характеризувався стабілізацією досліджуваних показників. При цьому середня лінійна швидкість кровотоку в басейні СМА фіксувалася в межах $47,6 \pm 3,1$ см/сек ($78,6 \pm 9,2\%$ від початкових значень).

Після закінчення основного етапу операції, відновлення серцевої діяльності і досягнення нормотермії, спостерігалася стабілізація лінійної швидкості кровотоку в басейні СМА і прогресивне її збільшення до $67,7 \pm 4,1$ см/сек, що перевищувало попередні значення в середньому на $29,7 \pm 2,1\%$, а вихідні показники – на $19,9 \pm 2,5$.

В ході дослідження був встановлений статистично достовірний позитивний кореляційний взаємозв'язок між кількістю зареєстрованих мікроемболів (більше ніж 800) в проекції СМА та несприятливим перебігом неврологічного статусу в ранньому післяопераційному періоді ($r = 0,77$ $p < 0,05$) (рис. 5).

У 6 (17,6%) випадках після ШК спостерігалася серцева слабкість, що корегувалась помірними дозами симпатоміметиків.

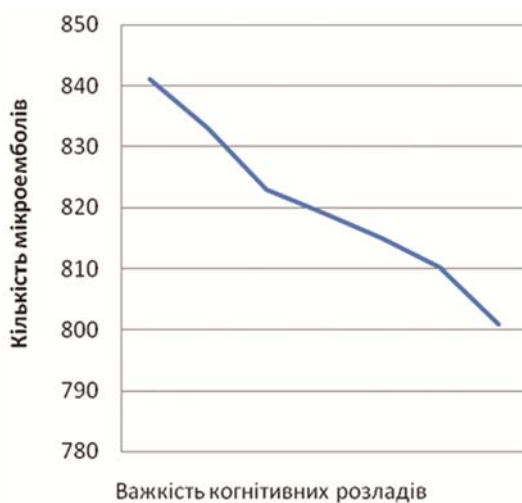


Рис. 5. Зв'язок когнітивних дисфункцій та кількості мікроемболів

В цілому ряді зарубіжних досліджень був продемонстрований зв'язок між обсягом мікроемболізації церебральних артерій і ступенем проявів ПОКД після операцій з ШК [3, 16, 19].

Середня кількість мікроемболів, яку ми отримали в нашому дослідженні, співпадає з аналогічними даними інших авторів. Переважна більшість мікроемболів фіксувалася на початку штучного кровообігу, в момент накладання затискача на аорту, а також при відновленні ефективної серцевої діяльності.

Крім мікроемболії, гіперперфузія також розглядається як фактор, який зумовлює інтраопераційне ішемічне пошкодження головного мозку [17, 20].

Ряд авторів у своїх дослідженнях вказують на достовірний зв'язок [10, 22] між інтраопераційними порушеннями перфузії мозку і погіршенням когнітивного статусу в післяопераційному періоді.

L. Carlan з співавт. висловив думку, що зниження перфузії головного мозку обмежує можливість кровотоку по вимиванню мікроемболів з мікроциркуляторного русла і що зони прикордонного кровообігу особливо чутливі до поєданого емболічно-гіперперфузійного пошкодження [9].

Результати вимірювання середньої швидкості мозкового кровотоку, отримані в нашому дослідженні, збігаються з даними інших авторів [17].

У нашому дослідженні максимальне зниження середньої швидкості церебрального кровотоку фіксувалось короточасно на етапі введеного наркозу, до $46,7 \pm 2,5\%$ відносно початкової величини. А вже на етапі штучного кровообігу середня швидкість складала $64,2 - 78,6 \pm 9,2\%$ від початкових значень, що було пов'язано з режимами перфузії.

Даний факт також не може не звертати на себе увагу, тому що є чинником, що сприяє розвитку післяопераційних когнітивних розладів.

Таким чином, різноманіття підходів до оцінки етіопатогенетичної ролі тих чи інших чинників у розвитку ПОКД при аортокоронарному шунтуванні в умовах ШК свідчить про відсутність оптимального рішення і підтверджує необхідність подальшого

вивчення питань захисту головного мозку, визначає наукову і практичну актуальність цього дослідження, його мету та завдання. Використання виявлених закономірностей виникнення післяопераційних когнітивних дисфункцій є потужним резервом для отримання позитивних результатів при проведенні операцій АКШ в умовах ШК.

Висновки

1. У всіх пацієнтів, прооперованих з приводу АКШ в умовах ШК, визначалася мікроемболізація церебрального кровотоку. Переважна більшість мікроемболів фіксувалася на початку штучного

кровообігу, в момент накладання затискача на аорту, а також при відновленні ефективної серцевої діяльності.

2. Інтраопераційна мікроемболізація церебрального кровотоку в кількості більше ніж 800 мікроемболів, призводить до клінічно вираженого погіршення функцій головного мозку в ранньому післяопераційному періоді.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому планується дослідження залежності післяопераційних когнітивних розладів від застосування різних режимів штучного кровообігу.

References

1. Belkin AA, Alasheev AM, Inyushkin SN. *Transkraniálnaya dopplerografiya v intensivnoy terapii*. Metodicheskoe posobie dlya vrachev. Petrozavodsk: Intel Tekh; 2006. 103 s. [Russian]
2. Bokeriya LA, Golukhova EZ, Polunina AG, Begachyov AV, Lefterova NP. Kognitivnye narusheniya u kardiokhirurgicheskikh bolnykh: nevrologicheskie korrelyaty, podkhody k diagnostike i klinicheskoe znachenie. *Kreativnaya kardiologiya*. 2007; 1(1-2): 231-42. [Russian]
3. Bokeriya LA, Golukhova EZ, Polunina AG, Zhuravleva SV, Breskina NYu, Begachyov AV, Lefterova NP. Mikroembolizatsiya tserebralnogo krovotoka pri operatsiyakh s iskusstvennym krovoobrashcheniem: intraoperatsionnye, gemoreologicheskie i ekhokardiograficheskie korrelyaty. *Annaly Khirurgii*. 2009; 6: 79–87. [Russian]
4. Abu-Omar Y, Balacumaraswami L, Pigott DW, Matthews PM, Taggart DP. Solid and gaseous cerebral microembolization during off-pump, on-pump, and open cardiac surgery procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2004 Jun; 127(6): 1759-65. PMID: 15173734. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2003.09.048
5. Abu-Omar Y, Cifelli A, Matthews PM, Taggart DP. The role of microembolisation in cerebral injury as defined by functional magnetic resonance imaging. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004 Sep; 26(3): 586-91. PMID: 15302055. DOI:10.1016/j.ejcts.2004.05.022
6. Ahlgren E, Lundqvist F, Nordlund A, Aren C, Rutberg H. Neurocognitive impairment and driving performance after coronary artery bypass surgery. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2003 March; 23 (Iss 3): 334–40. [https://doi.org/10.1016/s1010-7940\(02\)00807-2](https://doi.org/10.1016/s1010-7940(02)00807-2)
7. Anastasiadis K, Argiriadou H, Kosmidis M, Megari K, Antonitsis P, Thomaidou E, Aretouli E, Papakonstantinou C. Neurocognitive outcome after coronary artery bypass surgery using minimal versus conventional extracorporeal circulation: a randomised controlled pilot study. *Heart*. 2011; 97 (13): 1082–8. PMID: 21357641. doi: 10.1136/hrt.2010.218610
8. Berger M, Nadler JW, Browndyke J, Terrando N, Ponnusamy V, Cohen HJ, Whitson HE, Mathew JP. Postoperative Cognitive Dysfunction: Minding the Gaps in Our Knowledge of a Common Postoperative Complication in the Elderly. *Anesthesiol Clin*. 2015 Sep; 33(3): 517-50. PMID: 26315636. PMCID: PMC4555995. doi: 10.1016/j.anclin.2015.05.008
9. Caplan LR, Hennerici M. Impaired clearance of emboli (washout) is an important link between hypoperfusion, embolism, and ischemic stroke. *Arch Neurol*. 1998; 55(11): 1475–82. PMID: 9823834
10. Fearn SJ, Pole R, Wesnes K, Faragher EB, Hooper TL, McCollum SN. Cerebral injury during cardiopulmonary bypass: emboli impair memory. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001; 121: 1150–60. DOI: <https://doi.org/10.1067/mtc.2001.114099>
11. Floyd TF, Shah PN, Price CC, Harris F, Ratcliffe SJ, Acker MA, et al. Clinically silent cerebral ischemic events after cardiac surgery: their incidence, regional vascular occurrence, and procedural dependence. *Ann Thorac Surg*. 2006; 81(6): 2160–6. PMID: 16731147. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.01.080
12. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state": a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res*. 1975; 12(3): 189-98. PMID: 1202204
13. Glenn P Gravlee, Ed. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice*. 2nd edition. Philadelphia; 2000. Available from: http://tele.med.ru/book/cardiac_anesthesia/gr_home.htm
14. Kadoi Y, Kawauchi C, Kuroda M, Takahashi K, Saito S, Fujita N, Mizutani A. Association between cerebrovascular carbon dioxide reactivity and postoperative short-term and long-term cognitive dysfunction in patients with diabetes mellitus. *J Anesth*. 2011; 25(5): 641-7. PMID: 21681532. doi: 10.1007/s00540-011-1182-8
15. Liu YH, Wang DX, Li LH, Wu XM, Shan GJ, Su Y, et al. The effects of cardiopulmonary bypass on the number of cerebral microemboli and the incidence of cognitive dysfunction after coronary artery bypass graft surgery. *Anesth Analg*. 2009 Oct; 109(4): 1013-22. PMID: 19762724. doi: 10.1213/ane.0b013e3181aed2bb
16. Mitchell SJ, Merry AF. Perspective on Cerebral Microemboli in Cardiac Surgery: Significant Problem or Much Ado About Nothing? *J Extra Corpor Technol*. 2015 Mar; 47(1): 10-5. PMID: 26390674 PMCID: PMC4566815

17. Mypinder S, Sekhon, Philip N, Ainslie, Donald E, Griesdale. Clinical pathophysiology of hypoxic ischemic brain injury after cardiac arrest: a “two-hit” model. *Crit Care*. 2017; 21: 90. PMID: 28403909. PMCID: PMC5390465. doi: 10.1186/s13054-017-1670-9
18. Nasreddine ZS, Phillips NA, Bédirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *J Am Geriatr Soc*. 2005; 53(4): 695-9. PMID: 15-817019. DOI: 10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x
19. Pappa M, Theodosiadis N, Tsounis A, Sarafis P. Pathogenesis and treatment of post-operative cognitive dysfunction. *Electron Physician*. 2017 Feb; 9(2): 3768–75. doi: 10.19082/3768
20. Rebecca F Gottesman, Guy M McKhann, Charles W Hogue. Neurological Complications of Cardiac Surgery. *Semin Neurol*. 2008 Nov; 28(5): 703–15. PMID: 19115176. PMCID: PMC5607742. doi: 10.1055/s-0028-1105973
21. Selnes OA, Gottesman RF, Grega MA, Baumgartner WA, Zeger SL, McKhann GM. Cognitive and neurologic outcomes after coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med*. 2012 Jan 19; 366(3): 250-7. PMID: 22256807. doi: 10.1056/NEJMra1100109
22. Selnes OA, Goldsborough MA, Borowicz LM, Enger, Ch, Quaskey ShA, McKhann GM. Determinants of cognitive change after coronary artery bypass surgery: a multifactorial problem. *Ann Thorac Surg*. 1999; 67: 1669–76. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(99\)00258-1](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(99)00258-1)
23. Sirvinskas E, Usas E, Mankute A, Raliene L, Jakuska P, Lenkutis T, Benetis R. Effects of intraoperative external head cooling on short-term cognitive function in patients after coronary artery bypass graft surgery. *Perfusion*. 2013; 29(2): 1-6. PMID: 23878011. doi: 10.1177/0267659113497074
24. Tarakji KG, Sabik JF III, Bhudia SK, Batizy LH, Blackstone EH. Temporal onset, risk factors, and outcomes associated with stroke after coronary artery bypass grafting. *JAMA*. 2011 Jan 26; 305(4): 381-90. PMID: 21266685. doi: 10.1001/jama.2011.37
25. Tournay-Jetté E, Dupuis G, Bherer L, Deschamps AT, Cartier R, Denault A.. The Relationship between cerebral oxygen saturation changes and postoperative cognitive dysfunction in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2011; 25(1): 95-104. PMID: 20650659. doi: 10.1053/j.jvca.2010.03.019

УДК 616.132:616.132.2]–089.86–039.72:[612.13:615.47]–06:[616.831–005.7–005.4:616.89–008.45/.47]–085.225.1/.2–084

МИКРОЭМБОЛИЗАЦИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО КРОВотоКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

Радюшин Д. А., Лоскутов О. А., Дружина А. М., Колесников В. Г.

Резюме. Повреждение головного мозга занимает одно из первых мест в списке послеоперационных осложнений при выполнении кардиохирургических операций. В современной научной литературе обсуждается много механизмов повреждения головного мозга у кардиохирургических больных, прооперированных в условиях искусственного кровообращения. Отсутствие единого мнения в этом вопросе обосновывает необходимость проведения дополнительных исследований.

Целью исследования было изучить объем церебральной микроэмболизации в бассейне средних мозговых артерий при проведении аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения, и исследовать связь между церебральной микроэмболизацией и развитием послеоперационных когнитивных расстройств. В исследование включено 34 пациента (19 мужчин и 15 женщин), которым было проведено аортокоронарное шунтирование с использованием искусственного кровообращения.

Мониторирование церебрального кровотока во время операции проводилось на аппарате «Ангиодин 2К» («Биос», Россия). Оценка когнитивного статуса пациентов проводилась с помощью вербальных и невербальных тестов. Оценивание проводилось дважды, до операции и на пятые сутки после операции. Критерием диагностики послеоперационных когнитивных дисфункций было снижение результатов тестирования на 10% и более при полноценном исследовании в двух тестах и более и снижение на 2 балла и более в тестах MoCA и MMSE.

Полученные данные свидетельствуют, что у всех пациентов после аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения, определяется микроэмболизация церебрального кровотока, и в количестве более 800 микроэмболов, приводит к клинически выраженному ухудшению функций головного мозга в раннем послеоперационном периоде ($r = 0,77$ $p < 0,05$).

Выявленные закономерности возникновения послеоперационных когнитивных дисфункций являются мощным резервом для получения положительных результатов при проведении операций аортокоронарного шунтирования в условиях искусственного кровообращения.

Ключевые слова: микроэмболизация, церебральный кровоток, аортокоронарное шунтирование, искусственное кровообращение.

UDC 616.132:616.132.2]–089.86–039.72:[612.13:615.47]–06:[616.831–005.7–005.4:616.89–008.45/.47]–085.225.1/.2–084

Microembolization of Cerebral Blood Flow during Coronary Artery Bypass Grafting in Conditions of Artificial Blood Circulation

Radiushyn D. A., Loskutov O. A., Druzhina A. M., Kolesnikov V. G.

Abstract. Ischemic heart disease is one of the leading causes of disability and mortality worldwide. Despite the considerable progress in the field of pharmacotherapy of ischemic heart disease, it is not always possible to achieve the desired effect, which serves as the basis for the use of surgical methods of revascularization.

Coronary bypass surgery is one of the most common surgical methods for the treatment of coronary artery disease and is traditionally performed in conditions of artificial circulation.

Damage to the brain is one of the first places in the list of postoperative complications in cardiosurgical operations. In modern scientific literature, there are discussions of various mechanisms of damage to the brain in cardiosurgical patients, operated under the conditions of artificial blood circulation. The lack of common opinion in this issue justifies the need for additional research.

The purpose of the study was to analyze the volume of cerebral microembolization in the basin of the middle cerebral arteries (MCA) during coronary artery bypass grafting (CABG) in conditions of artificial circulation (AC), and to investigate the relationship between cerebral microembolization and the development of postoperative cognitive disorders.

Material and methods. The study included 34 patients (19 men and 15 women) who underwent CABG using AC.

Monitoring of cerebral blood flow during the operation was carried out on the apparatus "Angiodin 2K" (Bios, Russia).

Assessment of the patients' cognitive status was carried out using verbal and nonverbal tests. Evaluation was carried out twice, before surgery and on the fifth day after the operation.

Results and discussion. Criteria for diagnosis of postoperative cognitive dysfunction (POCD) showed a decrease in the results of testing by 10% or more with a full study in two tests and more, and a decrease of 2 points or more in the tests of MOS and MMSE.

These data indicated that all patients had microembolization of the cerebral blood flow after aortocoronary shunting under the conditions of artificial circulation. Its amount was more than 800 microemboli, which resulted in a clinically pronounced impairment of brain function in the early postoperative period ($r = 0.77$ $p < 0.05$).

Conclusions. The understanding of regularities of the emergence of postoperative cognitive dysfunctions is a powerful resource for obtaining positive results when performing CABG operations under the conditions of the AC.

Keywords: microembolization, cerebral blood flow, coronary artery bypass grafting, artificial circulation.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 08.07.2018 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування