Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия
2021, Т. 14, №2, с. 149-154
https://doi.org/10.17116/kardio202114021149

Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery
2021, vol. 14, No. 2, pp. 149-154
https://doi.org/10.17116/kardio202114021149

OPCABG и ONCABG реваскуляризация миокарда у пациентов с систолической дисфункцией левого желудочка

© Н.В. ХАРИТОНОВ[1], В.В. ВИЦУКАЕВ[1], П.Д. МАКАЛЬСКИЙ[1], Н.А. ТРОФИМОВ[2, 3, 4, 5], В.Н. ЗАВГОРОДНИЙ[1], А.И. ЮСУПОВ[1]

[1]ФГБУ «Федеральный клинический центр» ФМБА России, Химки, Российская Федерация;
[2]БУ Чувашской Республики «Республиканский кардиологический диспансер», Чебоксары, Российская Федерация;
[3]ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей», Чебоксары, Российская Федерация;
[4]ФГБУ «Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования», Чебоксары, Российская Федерация;
[5]ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова», Чебоксары, Российская Федерация

Резюме

Цель исследования. Оценить непосредственные результаты хирургического лечения ишемической болезни сердца у пациентов с низкой фракцией выброса (ФВ), провести сравнительный анализ исходов и частоты осложнений после операции в условиях искусственного кровообращения (ИК) с тепловой кардиоплегией и на работающем сердце без ИК.

Материал и методы. Выполнено сплошное ретроспективное исследование больных с низкой ФВ, которым было проведено коронарное шунтирование в период 2008—2018 гг. Общая выборочная совокупность составила 333 пациента. Больные были распределены на две группы: 1-я контрольная группа — реваскуляризация миокарда в условиях ИК с тепловой кардиоплегией (ONCABG, *n*=153 пациента), 2-я исследуемая группа — реваскуляризация миокарда на работающем сердце без ИК (OPCABG, *n*=180 пациентов).

Результаты. Время искусственной вентиляции легких в послеоперационном периоде было значительно меньше в исследуемой группе (*p*=0,006). В обеих группах наблюдался воспалительный ответ, однако в группе контроля он был значимо выше (*p*=0,004). В обеих группах операция улучшила сократимость миокарда и ФВ в раннем послеоперационном периоде на 17% (*p*=0,8). Конечные систолический и диастолический объемы после операции уменьшились в обеих группах. У пациентов, перенесших операцию без ИК, частота неврологических осложнений была ниже по сравнению с группой ИК (*p*=0,036). В исследуемой группе частота сердечно-сосудистых и дыхательных осложнений после операции была значимо меньше, чем в группе контроля (*p*=0,045). Необходимость в рестернотомии, заместительной почечной терапии в исследуемой группе была также ниже, чем в группе контроля (*p*=0,023 и *p*=0,048 соответственно). Госпитальная летальность в контрольной группе была достоверно меньше (*p*=0,004).

Вывод. Коронарное шунтирование на работающем сердце у больных с низкой ФВ ЛЖ не только не уступает традиционному вмешательству в условиях ИК и кардиоплегии, но и превосходит его по частоте послеоперационных осложнений и летальности.

Ключевые слова: *аортокоронарное шунтирование, низкая фракция выброса, искусственное кровообращение, ишемическая болезнь сердца.*

Информация об авторах:
Харитонов Н.В. — https://orcid.org/0000-0002-2630-6505
Вицукаев В.В. — https://orcid.org/0000-0002-5588-8727
Макальский П.Д. — https://orcid.org/0000-0001-6206-9693
Трофимов Н.А. — https://orcid.org/0000-0002-1975-5521
Завгородний В.Н. — https://orcid.org/0000-0002-4503-1543
Юсупов А.И. — https://orcid.org/0000-0003-1884-6349
Автор, ответственный за переписку: Харитонов Н.В. — e-mail: xariton27@gmail.com

Как цитировать:
Харитонов Н.В., Вицукаев В.В., Макальский П.Д., Трофимов Н.А., Завгородний В.Н., Юсупов А.И. OPCABG и ONCABG реваскуляризация миокарда у пациентов с систолической дисфункцией левого желудочка. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021;14(2):149–154. https://doi.org/10.17116/kardio202114021149

Opcabg and oncabg myocardial revascularization in patients with left ventricular systolic dysfunction

© N.V. KHARITONOV[1], V.V. VITSUKAYEV[1], P.D. MAKALSKIY[1], N.A. TROFIMOV[2, 3, 4, 5], V.N. ZAVGORODNIY[1], A.I. YUSUPOV[1]

[1]Federal Clinical Center of FMBA of Russia, Khimki, Russia;
[2]Republican Cardiology Dispensary, Cheboksary, Russia;
[3]Institute for Advanced Training of Physicians, Cheboksary, Russia;
[4]Federal Center for Traumatology, Orthopedics and Arthroplasty, Cheboksary, Russia;
[5]Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

Abstract

Objective. To evaluate the immediate results of surgical treatment of coronary artery disease in patients with reduced left ventricular ejection fraction, to compare the outcomes and incidence of complications after off-pump and on-pump coronary artery bypass grafting.

Material and methods. A retrospective study included 333 patients with reduced left ventricular ejection fraction who underwent coronary artery bypass surgery in 2008—2018. Patients were divided into 2 groups: 1 control group — on-pump coronary artery bypass grafting with warm-blood cardioplegia (ONCABG, *n*=153 patients), 2 study group — off-pump coronary artery bypass grafting (OPCABG, *n*=180 patients).

Results. Duration of postoperative mechanical ventilation was significantly less in the study group (p=0.006). Both groups had an inflammatory response, but this process was significantly higher in the control group (p=0.004). In both groups, surgery improved myocardial contractility in early postoperative period by 17% (p=0.8). End-systolic and end-diastolic volumes were significantly reduced after surgery in both groups (p=0.4). Postoperative neurological morbidity was lower after OPCABG compared to ONCABG (p=0.036). In the study group, the incidence of postoperative cardiovascular and respiratory complications was significantly lower than in the control group (p=0.045). Need for re-sternotomy and renal replacement therapy was lower in the study group compared to the control group (p=0.023 and p=0.048, respectively). In-hospital mortality was significantly lower in the control group (p=0.004).

Conclusion. Off-pump CABG in patients with reduced left ventricular ejection fraction is an effective alternative to conventional on-pump surgery. Moreover. This procedure ensures less incidence of postoperative complications and mortality.

Keywords: *coronary artery bypass grafting, low ejection fraction, cardiopulmonary bypass, coronary artery disease.*

Information about the authors:
Kharitonov N.V. — https://orcid.org/0000-0002-2630-6505
Vitsukayev V.V. — https://orcid.org/0000-0002-5588-8727
Makalskiy P.D. — https://orcid.org/-0001-6206-9693
Trofimov N.A. — https://orcid.org/0000-0002-1975-5521
Zavgorodniy V.N. — https://orcid.org/0000-0002-4503-1543
Yusupov A.I. — https://orcid.org/0000-0003-1884-6349
Corresponding author: Kharitonov N.V. — e-mail: xariton27@gmail.com

To cite this article:
Kharitonov NV, Vitsukayev VV, Makalskiy PD, Trofimov NA, Zavgorodniy VN, Yusupov AI. OPCABG and ONCABG myocardial revascularization in patients with left ventricular systolic dysfunction. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg. = Kard. i serd.-sosud. khir.* 2021;14(2):149—154. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/kardio202114021149

Актуальность

Низкая фракция выброса (ФВ) у пациентов кардиохирургического профиля является несомненным отрицательным прогностическим критерием высокого риска гемодинамических осложнений как в интраоперационном, так и в послеоперационном периоде [1, 2].

Классическая операция в условиях искусственного кровообращения (ИК) с кардиоплегией (on-pump coronary artery bypass grafting, ONCAB) имеет ряд осложнений, обусловленных ишемией миокарда, несмотря на развитие методик кардиоплегии и совершенствование используемых растворов. У 10% пациентов в раннем послеоперационном периоде встречается снижение сердечного выброса [3].

Благодаря множеству статей с обнадеживающими гемодинамическими, ангиографическими и экономическими результатами в последние десятилетия операции по «off-pump» методике (off-pump coronary artery bypass grafting, OPCAB) вновь приобрели значительный интерес у кардиохирургов [4—12].

По результатам исследований оперативных вмешательств у пациентов с высоким операционным риском, в том числе с низкой ФВ, методика off-pump зарекомендовала себя лучше, чем операции с использованием искусственного кровообращения (ИК) [13—14]. Рандомизированные контролируемые исследования BHACAS [15] и SMART [16] убедительно доказали, что OPCAB и ONCAB характеризуются сходной отдаленной проходимостью конduитов. Кроме того, ряд исследований демонстрируют отсутствие преимущества OPCAB перед ONCAB [6, 17, 18].

В настоящее время у пациентов со сниженной ФВ вопрос обеспечения интраоперационной гемодинамики является почвой для дискуссий, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Цель исследования — оценить непосредственные результаты хирургического лечения ишемической болезни сердца (ИБС) у пациентов с низкой ФВ, провести сравнительный анализ исходов и частоты осложнений после операции в условиях ИК с тепловой кардиоплегией (ONCABG) и на работающем сердце без ИК (OPCAB).

Материал и методы

На базе кардиохирургического отделения ФГБУ «ФКЦ» ФМБА России (Химки) выполнено сплошное ретроспективное исследование больных с низкой ФВ (меньше 40%), которым было проведено коронарное шунтирование в период 2008—2018 гг. Общая выборочная совокупность составила 333 пациента. Больные были распределены на две группы:

1) контрольная группа — реваскуляризация миокарда в условиях ИК с тепловой кардиоплегией (ONCAB, *n*=153);

2) исследуемая группа — реваскуляризация миокарда на работающем сердце без ИК (OPCAB, *n*=180).

Пациентов наблюдали в раннем послеоперационном периоде. Средняя длительность госпитализации в обеих группах составила 5,5 сут.

Таблица 1. **Методы превентивной предоперационной подготовки пациентов исследуемых групп**

Table 1. **Preventive preoperative management of patients in both groups**

Метод превентивной подготовки	ONCABG (n=153)	OPCABG (n=180)	$p\chi^2$
ВАБК, *n* (%)	9 (5,9)	3 (1,7)	0,15
ВАБК + левосимендан, *n* (%)	14 (9,2)	2 (1,1)	0,23
Левосимендан, *n* (%)	36 (23,5)	64 (35,6)	0,12

Критериями включения в исследование являлись стабильные пациенты с хронической ИБС и низкой ФВ (меньше 40%), которым было проведено коронарное шунтирование.

Критериями исключения являлись:

— пациенты с гемодинамически значимым поражением периферических артерий;

— пациенты с сопутствующими врожденными или приобретенными пороками сердца, требующими хирургической коррекции;

— пациенты с постинфарктной аневризмой левого желудочка, перенесенной тромбоэмболией легочной артерии.

В связи со значительно сниженной ФВ левого желудочка в рамках предоперационной подготовки у пациентов обеих групп превентивно подготавливали внутриаортальную баллонную контрпульсацию (ВАБК) и/или использовали внутривенное введение левосимендана **(табл. 1)**. Обе методики зарекомендовали себя с положительной стороны, однако с 2012 г. в качестве превентивной подготовки полностью отошли от применения ВАБК в пользу инфузии левосимендана по техническим причинам. Пациенты исследуемых групп были сопоставимы по этому показателю. Остальным больным проводилась стандартная предоперационная подготовка.

Хирургическое вмешательство у всех пациентов проводилось на интубационном наркозе, хирургический доступ — через срединную стернотомию. В качестве кондуитов использовали внутреннюю грудную артерию (левую и/или правую ВГА), большую подкожную вену (БПВ), лучевую артерию. Средний индекс реваскуляризации миокарда в обеих группах был сопоставим (3,4 в исследуемой группе и 3,3 в контрольной группе). Также не было различий по видам графтов: аутоартериальная и аутовенозная реваскуляризация использовалась в равном количестве в обеих группах. Все операции на ИК осуществлялись в условиях нормотермии, подключение аппарата ИК — по схеме «правое предсердие — аорта». Кровяная кардиоплегия по Calafiore использована в 96,8% случаев (n=149), фармакохолодовая кристаллоидная кардиоплегия р-ром «Кустодиол» — в 3,2% (n=4) случаев. Всем пациентам в первую очередь накладывали дистальные анастомозы, проксимальные анастомозы накладывались на боковом отжатии аорты.

При операциях «off-pump» применяли вакуумные стабилизаторы и накладывали глубокий шов на перикард для лучшей экспозиции. С 2017 г. для измерения кровотока и сопротивления по шунту начали применять ультразвуковую флоуметрию. Удовлетворительным считали сопротивление (PI) менее 5. Скорость кровотока оценивали индивидуально в зависимости от степени поражения, конкурирующего кровотока, диаметра нативной артерии.

Статистическая обработка осуществлялась параметрическим анализом количественных признаков по *t*-критерию Стьюдента парным и непарным методами, критерием c^2 при использовании программного обеспечения «IBM SPSS Statistics».

Результаты и обсуждение

Демографические и клинические характеристики обеих групп были сопоставимыми **(табл. 2)**.

Средний возраст оперированных больных составил 61±1,0 лет. Мужчины в нашем исследовании значительно превалировали в обеих группах (93% (n=142) и 86% (n=155) соответственно). Средняя дооперационная ФВ в контрольной группе составила 35,2%, в исследуемой группе — 35,6% (p=0,39). Всем пациентам рассчитывали риск неблагоприятного исхода коронарного шунтирования по шкале EuroScore II (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation). Последний был высоким в обеих группах (5,5 против 5,2 балла, p>0,05).

Время послеоперационной ИВЛ было значительно меньше в исследуемой группе (209 мин) по сравнению с контрольной группой (437 мин) (p=0,006). Вероятно, это связано с меньшей длительностью самой операции на работающем сердце и меньшей частотой дыхательных осложнений.

Также проведен анализ длительности пребывания больного в отделении реанимации после операции. Этот показатель составил 66 ч в контрольной группе и 31 ч в исследуемой группе (p=0,062). Этот критерий очень зависим от индивидуального клинического состояния каждого пациента. Так, один тяжелый больной может находиться в отделении до недели, а клинически стабильный — до 15—16 ч.

В обеих группах наблюдался статистически значимый (p<0,05) прирост лейкоцитов и СОЭ в послеоперационном периоде, однако в контрольной группе лейкоциты после операции выросли в среднем на 56%, а в исследуемой — на 36% (p=0,047). СОЭ в контрольной группе выросла на 216%, в исследуемой — на 109% (p=0,004). Это связано с воспалительным ответом организма в результате активации гуморальных и клеточных факторов иммунитета на травму, инициируемой контактом плазмы крови пациента с чужеродными поверхностями контура аппарата искусственного кровообращения [19].

Постгеморрагическая анемия наблюдалась в обеих группах. В контрольной группе гемоглобин после операции уменьшился в среднем на 24,7%, в исследуемой группе — на 14% (p>0,05).

Стоит отметить, что у пациентов обеих групп операция улучшила контрактильность миокарда и ФВ в сравнении с аналогичными дооперационными значениями. В обеих группах наблюдался значимый прирост ФВ. В контрольной группе ФВ после операции выросла в среднем на 17,3%, в исследуемой группе — на 17,1%. Разница между до- и послеоперационным параметрами была сопоставимой в обеих группах (p=0,8).

При оценке ультразвуковых показателей отмечалось значительное сокращение полости левого желудочка (КСО и КДО) в раннем послеоперационном периоде (p<0,05). В контрольной группе КДО после операции снизился в среднем на 6,2%, в исследуемой группе — на 17,3%

Таблица 2. **Клинико-инструментальная характеристика пациентов исследуемых групп**
Table 2. **Characteristics of patients in both groups**

Показатель	OPCAB (*n*=180)	ONCAB (*n*=153)	$p\chi^2$
Возраст, года	61,2	60,3	0,24
Мужчины, *n* (%)	155 (86)	142 (93)	0,56
Женщины, *n* (%)	25 (14)	11 (7)	0,28
Средняя ФВ ЛЖ, %	35,6	35,2	0,39
EuroScore II, балл	5,2	5,5	0,86
Повышение уровня мочевины крови, %	44	53	0,23
Повышение уровня креатинина крови, %	5	4	0,34
Уменьшение КДО ЛЖ, %	17,3	6,2	0,42
Уменьшение КСО ЛЖ, %	27,8	17	0,4
Прирост ФВ после операции, %	17,3	17,1	0,8
ИВЛ, мин	209	437	0,006
Длительность нахождения в ОРиТ, ч	31	66	0,062
Прирост лейкоцитов, %	36	56	0,05
Прирост СОЭ,	109	216	0,004
Снижение гемоглобина, %	14	24,7	0,2
ДН, *n*	8	63	0,012
ОССН, *n*	6	43	0,045
Рестернотомия, *n*	2	15	0,023
Аритмия, *n*	4	22	0,03
Неврологические осложнения, *n*	1	10	0,036
ОПН, *n*	1	7	0,048
Летальность, *n* (%)	2 (1,1)	11 (7,2)	0,004

Примечание. ЛЖ — левый желудочек, КДО — конечно-диастолический объем, КСО — конечно-систолический объем, ИВЛ — искусственная вентиляция легких, ОРиТ — отделение реанимации и интенсивной терапии, СОЭ — скорость оседания эритроцитов, ДН — дыхательная недостаточность, ОССН — острая сердечно-сосудистая недостаточность, ОПН — острая почечная недостаточность.

(p=0,42). В контрольной группе КСО после операции уменьшился в среднем на 17%, в исследуемой группе — на 27,8% (p=0,4). КСО является лучшим показателем общей геометрии левого желудочка, так как в меньшей степени зависит от нагрузки на ЛЖ, поэтому индекс КСО считается отличным предиктором благоприятных отдаленных результатов [20]. Мы наблюдали сопоставимую динамику ремоделирования полости левого желудочка у пациентов обеих групп (p=0,2 по КСО и p=0,42 по КДО).

Для оценки фильтрационной и выделительной функций почек после операции оценивали уровень креатинина и мочевины крови в послеоперационном периоде. По данным литературы, повреждение почек при операциях с ИК развивается более чем у 40% пациентов [21]**.** По данным проведенной исследовательской работы, в раннем послеоперационном периоде наблюдалось увеличение в крови уровня мочевины (на 53% после ONCAB и 44% после OPCAB, p=0,23) и креатинина (на 4% после ONCAB и 5% после OPCAB, p=0,34). В связи с этим мы можем отметить, что использование аппарата ИК не повлияло на накопление азотистых шлаков в послеоперационном периоде.

В ходе исследования проведена оценка послеоперационных неврологических осложнений (острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК), стойкая энцефалопатия, преходящие нарушения мозгового кровообращения, неметаболические судорожные припадки без признаков фокального повреждения мозга). Результаты нашего исследования подтверждают тот факт, что после операции на работающем сердце (OPCAB) частота неврологических осложнений ниже по сравнению с вмешательствами в условиях ИК (ONCAB) (p=0,036). Это связано с тем, что в группе исследования не осуществляются манипуляции на аорте (нет необходимости в канюляции) и нет цитокинового ответа организма на ИК [22]. У пациентов с отягощенным неврологическим анамнезом (перенесенные ОНМК, транзиторная ишемическая атака) и/или атероматозной аортой мы избегали бокового пережатия аорты для наложения проксимальных анастомозов. Для этого в нашей клинике мы использовали технику «no-touch aorta» (бимаммарное либо секвенциальное шунтирование), также по показаниям использовали устройство «Heartstring III». По данному показателю группы были сопоставимы.

На основании данных мониторинга сердечно-сосудистых показателей и инфузионной терапии в кардиореанимации оценивали послеоперационную сердечно-сосудистую недостаточность (острую левожелудочковую и/или правожелудочковую недостаточность разной степени тяжести, потребовавшую длительной инотропной поддержки), различные нарушения ритма сердца (фибрилляция и трепетание предсердий, атриовентрикулярная блокада, желудочковая тахикардия). В исследуемой группе частота этих осложнений была значимо меньше, чем в группе контроля (p=0,03). На основании этого можно заключить, что операция без ИК улучшает послеоперационные результаты хирургической реваскуляризации миокарда.

Несмотря на то, что современные кардиоплегические растворы обеспечивают надежную защиту миокарда, выполняя операцию на работающем сердце, мы поддерживаем его нормальные физиологические и метаболические

процессы, тем самым уменьшаются риски сердечно-сосудистых осложнений в послеоперационном периоде.

При использовании методики OPCAB нами выявлено значительное снижение частоты дыхательных осложнений, таких как пневмоторакс, гидроторакс, обострение хронических бронхолегочных заболеваний (8 случаев в группе OPCAB против 63 в группе ONCAB, p=0,045). Отмечено уменьшение суммарного количества случаев рестернотомии вследствие кровотечений, диастаза грудины, инфицирования раны, тромбозов шунтов (2 случая при OPCAB против 15 при ONCAB, p=0,023). Также наблюдалось снижение частоты послеоперационной острой почечной недостаточности, потребовавшей заместительной почечной терапии (1 случай в группе OPCAB против 7 случаев в группе ONCAB, p=0,048).

Госпитальная летальность в контрольной группе составила 7,2% (n=11), в исследуемой группе — 1,1% (n=2) (p=0,004). У 6 пациентов контрольной группы причиной летального исхода стала острая сердечно-сосудистая недостаточность, в том числе вследствие периоперационного инфаркта миокарда. Трое больных умерли вследствие ОНМК, два пациента — в связи с ТЭЛА. Причинами летального исхода в исследуемой группе были периоперационный инфаркт миокарда и сепсис.

Выводы

1. Хирургическая реваскуляризация миокарда на работающем сердце (OPCAB) у пациентов с выраженным снижением систолической функции левого желудочка позволяет значительно улучшить выживаемость данной категории больных (p=0,004), а также снизить количество послеоперационных осложнений (p=0,045) по сравнению с группой ONCAB.

2. Коронарное шунтирование на работающем сердце можно рассматривать в качестве операции выбора у пациентов, которым планируется изолированная хирургическая реваскуляризация миокарда, включая больных с исходно скомпрометированным миокардом левого желудочка. Данная проблема подлежит дальнейшему исследованию и изучению.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Трофимов Н.А., Медведев А.П., Бабокин В.Е., Драгунов А.Г., Кичигин В.А., Никольский А.В., Жамлиханова С.С. Влияние циркулярной симпатической денервации легочных артерий на степень легочной гипертензии у пациентов с патологией митрального клапана и фибрилляцией предсердий. *Клин. и эксперимент. хир. журнал им. акад. Б.В. Петровского*. 2019;7:4:32-41.
Trofimov NA, Medvedev AP, Babokin VE, Dragunov AG, Kichigin VA, Nikol'skiĭ AV, ZHamlihanova SS. Vliyanie cirkulyarnoĭ simpaticheskoĭ denervacii legochnyh arteriĭ na stepen' legochnoĭ gipertenzii u pacientov s patologieĭ mitral'nogo klapana i fibrillyacieĭ predserdiĭ. *Klin. i eksperiment. hir. zhurn. im. akad. B.V. Petrovskogo.* 2019;7:4:32-41. (In Russ.).
https://doi.org/10.24411/2308-1198-2019-14004

2. Babokin V, Trofimov N. Prevention of atrial fibrillation recurrence after the Maze IV procedure. *Ann Thorac Surg.* 2020;109:1624-1625. https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.08.087

3. Flack J, Cook J, May S, Lemeshow S, Engelman R, Rousou J, Deaton D. Does Cardioplegia Type Affect Outcome and Survival in Patients With Advanced Left Ventricular Dysfunction? Results From the CABG Patch Trial. *Circulation.* 2000;102(suppl 3):III-84-III-89.
https://doi.org/10.1161/01.cir.102.suppl_3.iii-84

4. El Gamel A, Cochrane A. On and Off Pump: The Marriage of Opposites With Potential Long-Term Rewards. *Heart, Lung and Circulation*. 2019;28(8):1141-1143.
https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.05.173

5. Tasdemir O, Vural K, Karagoz H, Bayazit K. Coronary artery bypass grafting on the beating heart without the use of extracorporeal circulation: review of 2052 cases. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116(1):68-73.
https://doi.org/10.1016/s0022-5223(98)70244-2

6. Shroyer A, Grover F, Hattler B, et al. On-Pump versus Off-Pump Coronary-Artery Bypass Surgery. *New England Journal of Medicine*. 2009;361(19):1827-1837.
https://doi.org/10.1056/nejmoa0902905

7. Ascione R, Lloyd C, Underwood M, Lotto A, Pitsis A, Angelini G. Economic outcome of off-pump coronary artery bypass surgery: a prospective randomized study. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(6):2237-2242.
https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)01123-6

8. Ascione R, Lloyd C, Underwood M, Gomes W, Angelini G. On-pump versus off-pump coronary revascularization: evaluation of renal function. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(2):493-498.
https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00566-4

9. Ascione R, Lloyd C, Gomes W, Caputo M, Bryan A, Angelini G. Beating versus arrested heart revascularization: evaluation of myocardial function in a prospective randomized study1. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 1999;15(5):685-690.
https://doi.org/10.1016/s1010-7940(99)00072-x

10. Arom K, Emery R, Flavin T, Petersen R. Cost-effectiveness of minimally invasive coronary artery bypass surgery. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(4):1562-1566.
https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00962-5

11. Трофимов Н.А., Медведев А.П., Бабокин В.Е., Никольский А.В., Ефимова И.П., Плечев В.В., Плечева Д.В., Бабокина С.В., Кашин В.Ю., Жамлиханов Н.Х., Егоров Д.В. Эффективность процедуры Cox Maze-IV у кардиохирургических пациентов с фибрилляцией предсердий. *Кардиология*. 2020;60(5):83-89.
Trofimov NA, Medvedev AP, Babokin VE, Nikol'skij AV, Efimova IP, Plechev VV, Plecheva DV, Babokina SV, Kashin VYu, Zhamlihanov NH, Egorov DV. Effektivnost' procedury Cox Maze-IV u kardiohirurgicheskih pacientov s fibrillyaciej predserdij. *Kardiologiya.* 2020;60(5):83-89. (In Russ.).
https://doi.org/10.18087/cardio.2020.5.n991

12. Трофимов Н.А., Медведев А.П., Никольский А.В., В.А. Кичигин, Жамлиханова С.С., Бабокин В.Е. Денервация легочных артерий у пациентов с пороками митрального клапана, осложненными фибрилляцией предсердий и высокой легочной гипертензией. *Современные технологии в медицине*. 2019;11:4:95-105.

Trofimov NA, Medvedev AP, Nikol'skij AV, Kichigin VA, Zhamlihanova SS, Babokin VE. Denervaciya legochnyh arterij u pacientov s porokami mitral'nogo klapana, oslozhnennymi fibrillyaciej predserdij i vysokoj legochnoj gipertenziej. *Sovremennye tekhnologii v medicine*. 2019;11:4:95-105. (In Russ.). https://doi.org/10.24022/0236-2791-2019-61-6-506-514

13. Boyd W, Desai N, Del Rizzo D, Novick R, McKenzie F, Menkis A. Off-pump surgery decreases postoperative complications and resource utilization in the elderly. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(4):1490-1493. https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00951-0
14. Arom K, Flavin T, Emery R, Kshettry V, Janey P, Petersen R. Safety and efficacy of off-pump coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg.* 2000;69(3):704-710. https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)01510-6
15. Angelini G, Culliford L, Smith D et al. Effects of on- and off-pump coronary artery surgery on graft patency, survival, and health-related quality of life: Long-term follow-up of 2 randomized controlled trials. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(2):295-303.e5. https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.09.046 9
16. Puskas J, Williams W, O'Donnell R, et al. Off-Pump and On-Pump Coronary Artery Bypass Grafting Are Associated With Similar Graft Patency, Myocardial Ischemia, and Freedom From Reintervention: Long-Term Follow-Up of a Randomized Trial. *Ann Thorac Surg.* 2011;91(6):1836-1843. https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2010.12.043
17. Chernyavskiy A, Ruzmatov T, Podsosnikova T, Efendiev V, Yefanova O. Effect of coronary artery bypass grafting and reconstruction of the left ventricle at moderate mitral insufficiency during surgical treatment of coronary artery disease with a low ejection fraction. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2015;17(2):14. https://doi.org/10.21688/1681-3472-2013-3-14-17
18. Chikwe J, Lee T, Itagaki S, Adams D, Egorova N. Long-Term Outcomes After Off-Pump Versus On-Pump Coronary Artery Bypass Grafting by Experienced Surgeons. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(13):1478-1486. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.07.029
19. Lappas D. Book Review Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice Edited by Glenn P. Gravlee, Richard F. Davis, and Joe R. Utley. 845 pp., illustrated. Baltimore, Williams and Wilkins. 1993;135:0-683-03720-X. *New England Journal of Medicine*. 1994;330(18):1322-1323. https://doi.org/10.1056/nejm199405053301825
20. Senior R, Lahiri A, Kaul S. Effect of revascularization on left ventricular remodeling in patients with heart failure from severe chronic ischemic left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol.* 2001;88(6):624-629. https://doi.org/10.1016/s0002-9149(01)01803-3
21. Tabakyan E, Partigulov S, Lepilin M et al. Early Diagnosis of Acute Kidney Injury during Open Heart Surgery under Extracorporeal Circulation. *General Reanimatology.* 2013;9(1):51. https://doi.org/10.15360/1813-9779-2013-1-51
22. Dominici C, Salsano A, Nenna A, et al. Neurological outcomes after on-pump vs off-pump CABG in patients with cerebrovascular disease. *J Card Surg.* 2019;34(10):941-947. https://doi.org/10.1111/jocs.14158

Поступила 20.08.2020
Received 20.08.2020
Принята к печати 05.11.2020
Accepted 05.11.2020