

УДК 616.12-089.8-78:616.132.2-089.86:616.127-007.6
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2023-2-88-96>

Особенности ремоделирования миокарда левого желудочка и сердечной гемодинамики после коронарного шунтирования on-pump или off-pump

Маянская С.Д.¹, Абзалова Г.Ф.², Гараева Л.А.³, Абдульянов И.В.³, Тепляков А.Т.⁴, Березикова Е.Н.⁵, Гребенкина И.А.⁵

¹ Казанский государственный медицинский университет (КГМУ)
Россия, Республика Татарстан, 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, 49

² Межрегиональный клинико-диагностический центр (МКДЦ)
Россия, Республика Татарстан, 420101, г. Казань, ул. Карбышева, 12а

³ Казанская государственная медицинская академия (КГМА) – образовательный филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования (РМАНПО)
Россия, Республика Татарстан, 420012, г. Казань, ул. Муштары, 11

⁴ Научно-исследовательский институт (НИИ) кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр (НИМЦ) Российской академии наук
Россия, 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а

⁵ Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
Россия, 630091, г. Новосибирск, Красный пр., 52

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Изучить сравнительную динамику ремоделирования левого желудочка (ЛЖ) после операций коронарного шунтирования (КШ) с использованием методов искусственного кровообращения (ИК) и на бьющемся сердце.

Материалы и методы. В исследование включены 129 пациентов с верифицированной ишемической болезнью сердца (ИБС), которым было выполнено КШ в условиях ИК (on-pump) или на бьющемся сердце (off-pump). Всем пациентам перед операцией, через 1 нед и через 4 мес проводилась эхокардиография (ЭХОКГ) и объемная компрессионная осциллометрия (ОКО), результаты которых сравнивались в группах, разделенных по методике операции и в зависимости от наличия перенесенного инфаркта миокарда с использованием вариационных рядов, апостериорного критерия Тьюки, коэффициента Пирсона и коэффициента Спирмена.

Результаты. По данным ЭХОКГ не выявлено разницы гемодинамических показателей в группах сравнения в постоперационном периоде. По данным ОКО в группе «off-pump без постинфарктного кардиосклероза (ПИКС)» через 1 нед после операции отмечены статистические отличия следующих показателей: увеличение сердечного выброса (СВ) ($p < 0,001$), ударный объем (УО) и ударный индекс (УИ) ($p = 0,005$), мощность ЛЖ (МЛЖ) ($p = 0,015$), а также увеличение сердечного индекса и МЛЖ через 4 мес. В группе пациентов с ПИКС и on-pump через 1 нед после КШ наблюдалось снижение показателей МЛЖ ($p < 0,001$) и динамики расхода энергии ($p < 0,001$). При проведении корреляционного анализа были получены умеренные связи между инотропными параметрами сердечной гемодинамики УО, УИ, СВ, МЛЖ и артериального давления ($r = 0,33-0,47$; $p < 0,001$) и заметные связи между УО, УИ, СВ, МЛЖ и фракцией выброса ($r = 0,63-0,68$; $p < 0,001$).

Заключение. После операции КШ, выполненной off-pump, через 7 сут отмечено улучшение некоторых гемодинамических показателей и всех показателей инотропной функции сердца по сравнению с пациентами

✉ Маянская Светлана Дмитриевна, smayanskaya@mail.ru

on-pump. К 4-му мес после операции off-pump наблюдалось положительное гемодинамическое ре-ремоделирование по сравнению с послеоперационным периодом после on-pump.

Ключевые слова: коронарное шунтирование, off-pump, ремоделирование

Соответствие принципам этики. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено комитетом по этике КГМУ (протокол № 10 от 03.03.2011).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Маянская С.Д., Абзалова Г.Ф., Гараева Л.А., Абдульянов И.В., Тепляков А.Т., Березикова Е.Н., Гребенкина И.А. Особенности ремоделирования миокарда левого желудочка и сердечной гемодинамики после коронарного шунтирования on-pump или off-pump. *Бюллетень сибирской медицины*. 2023;22(2):88–96. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2023-2-88-96>.

Characteristics of left ventricular and cardiac hemodynamic remodeling after on-pump or off-pump coronary artery bypass grafting

Mayanskaya S.D.¹, Abzalova G.F.², Garaeva L.A.³, Abdulianov I.V.³, Teplyakov A.T.⁴, Berezikova E.N.⁵, Grebenkina I.A.⁵

¹ Kazan State Medical University

49, Butlerova Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420012, Russian Federation

² Interregional Clinical and Diagnostic Center

12A, Karbysheva Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420101, Russian Federation

³ Kazan State Medical Academy – branch of the Russian Medical Academy of Continuing Education

11, Mushtari Str., Kazan, Republic of Tatarstan, 420012, Russian Federation

⁴ Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center (NRMC), Russian Academy of Sciences

111a, Kievskaya Str., Tomsk, 634012, Russian Federation

⁵ Novosibirsk State Medical University (NSMU)

52, Krasnyi Av., Novosibirsk, 630091, Russian Federation

ABSTRACT

Aim. To study the comparative dynamics of left ventricular (LV) remodeling after on-pump and off-pump coronary artery bypass grafting.

Materials and methods. The study included 129 patients with verified coronary artery disease (CAD) who underwent coronary artery bypass grafting (CABG) with cardiopulmonary bypass (on-pump CABF) or beating heart surgery (off-pump CABG). All patients underwent transthoracic echocardiography (TTE) and volumetric compression oscillometry (VCO) before surgery, as well as one week and four months after it. The results were compared in groups divided according to the surgical technique and the presence of previous myocardial infarction using variation series, the Tukey's post-hoc test, the Pearson correlation coefficient, and the Spearman's rank correlation coefficient.

Results. According to TTE data, no difference in hemodynamic parameters between the groups in the postoperative period was noted. According to VCO data, a significant difference was revealed in the off-pump group without previous MI one week after surgery: an increase in cardiac output (CO) ($p < 0.001$), an increase in stroke volume (SV) and stroke index (SI) ($p = 0.005$), LV power (LVP) ($p = 0.015$), and also a rise in cardiac index and LVP four months after the surgery. In the on-pump group of patients with previous MI a week after CABG, a decrease in the LVP ($p < 0.001$) and dynamic changes of energy expenditure ($p < 0.001$) were observed. The correlation analysis revealed moderate correlations between the inotropic parameters of cardiac hemodynamics SV, SI, CO, LVP and blood pressure (BP) ($r\pi = 0.33-0.47$; $p < 0.001$) and strong correlations between SV, SI, CO, LVP and ejection fraction (EF) ($r\pi = 0.63-0.68$; $p < 0.001$).

Conclusion. Seven days after the off-pump CABG, an improvement in some hemodynamic parameters and all inotropic parameters of the heart was revealed compared with the on-pump group. Four months after the off-pump surgery, positive hemodynamic remodeling was observed compared with the postoperative period after the on-pump CABG.

Keywords: coronary artery bypass grafting, off-pump surgery, remodeling

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The authors state that they received no funding for the study.

For citation: Mayanskaya S.D., Abzalova G.F., Garaeva L.A., Abdulianov I.V., Teplyakov A.T., Berezikova E.N., Grebenkina I.A. Characteristics of left ventricular and cardiac hemodynamic remodeling after on-pump or off-pump coronary artery bypass grafting. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2023;22(2):88–96. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2023-2-88-96>.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы смертность от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) неуклонно снижается благодаря массовому внедрению в клиническую практику интервенционных методов лечения и диагностики ишемической болезни сердца (ИБС). Тем не менее при распространенном многососудистом атеросклеротическом поражении коронарных артерий (КА) со значительным кальцинозом, проксимальным стенозом левой КА, а также у больных с сахарным диабетом (СД) коронарное шунтирование (КШ) по-прежнему остается операцией выбора [1–3]. У такой группы пациентов успешно выполненная операция прямой реваскуляризации миокарда на открытом сердце приводит к улучшению клинического состояния, снижению функционального класса стенокардии и увеличению фракции выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) [4, 5].

КШ может проводиться как в условиях искусственного кровообращения (ИК) и фармако-холодовой кристаллоидной кардиоopleгии (ФХКП), или on-pump, так и на бьющемся сердце – off-pump coronary artery bypass, или off-pump [6–8]. При оперативном вмешательстве в условиях экстракорпорального кровообращения сердце подвергается ишемии и кардиоopleгии с дальнейшей реперфузией. При этом возникает состояние, известное как оглушенность миокарда, или «stunned myocardium», что вызывает задержку восстановления сократительной функции ЛЖ.

Стремление избежать реперфузионных осложнений, повысить результативность хирургического лечения и снизить послеоперационную смертность привело к развитию методики прямой реваскуляризации миокарда на бьющемся сердце – off-pump. Преимущества такого подхода связаны с отсут-

ствием травматических повреждений клеток крови, меньшей длительностью операции и отсутствием осложнений, связанных с ИК [9, 10].

Однако в современной литературе до сих пор недостаточно данных о различиях в ремоделировании сердца и сосудов у пациентов с ИБС, которые подверглись разным методам прямой реваскуляризации (on-pump и off-pump). Подобные данные представляются крайне важным, поскольку позволили бы планировать реабилитацию пациентов в послеоперационный период с учетом структурно-функциональную перестройки ЛЖ сердца, а именно изменения массы миокарда, камер сердца, его геометрии, его систолической и диастолической функции, ФВ и т.д.

Целью данного исследования явилось сравнительное исследование динамики ремоделирования ЛЖ у пациентов с ИБС после хирургической реваскуляризации миокарда с использованием методов on-pump и off-pump для оптимизации послеоперационной реабилитации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включены 129 пациентов с ИБС в возрасте 39–76 лет (средний возраст $57,2 \pm 8,6$ года) с тяжелыми стенотическими изменениями КА, подтвержденными по данным коронароангиографии (КАГ), с разной систолической функцией ЛЖ, которым было запланировано проведение КШ.

Критериями исключения из исследования считались: острый коронарный синдром (ОКС), острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК), сопутствующая патология клапанов, требующая хирургического вмешательства; аневризма аорты и ЛЖ, состояния после имплантации кардиостимулятора, а также онкологическое заболевание, острые воспалительные, бронхообструктивные, ревматические, эндокринные и инфекционные заболевания.

Всем больным проводилось аортокоронарное или маммарокоронарное шунтирование с наложением одного, двух (36,1%) и более трех шунтов (63,9%).

Все обследуемые пациенты были разделены на четыре группы: 1-я группа – пациенты с постинфарктным кардиосклерозом (ПИКС), которым КШ проводилось в условиях ИК (on-pump) – 47 человек; 2-я группа – пациенты без ПИКС, с КШ on-pump –

27 человек; 3-я группа – пациенты с ПИКС, которым КШ проводилось на бьющемся сердце (off-pump) – 28 человек; 4-я группа – пациенты без ПИКС, с КШ off-pump – 27 человек. Диагноз ИБС был подтвержден КАГ. Сравнительная характеристика пациентов по полу, возрасту, наличию факторов риска ССЗ и сопутствующих заболеваний в группах представлена в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика больных в группах, n (%)				
Показатель	Группа 1, n = 47	Группа 2, n = 27	Группа 3, n = 28	Группа 4, n = 27
Средний возраст, годы, $M \pm SD$	60,5 ± 1,0	61,3 ± 1,2	57,6 ± 2,2	64,8 ± 2,8
Мужчины	37 (78,7)	19 (70,3)	10 (35,7)	13 (48,1)
ИМТ, кг/м ² , $M \pm SD$	29,4 ± 4,7	27,8 ± 4,3	28,9 ± 4,1	29,2 ± 4,7
Курение	25 (53,2)	14 (51,8)	10 (35,7)	14 (51,8)
ГБ	25 (53,2)	22 (81,5)	10 (35,7)	13 (48,1)
Поражение 1 КА	12 (25,5)	10 (37,0)	8 (28,6)	10 (37,0)
Поражение ≥2 КА	31 (65,9)	17 (62,9)	6 (21,4)	6 (22,2)
Стеноз ствола ЛКА	4 (8,5)	–	–	–
СД	14 (29,8)	6 (22,2)	2 (7,1)	4 (14,8)
КШ (1–2 шунта)	14 (29,8)	15 (55,5)	10 (35,7)	10 (37,0)
КШ (≤3 шунтов)	33 (70,2)	12 (44,4)	4 (14,3)	6 (22,2)

Примечание. ГБ – гипертоническая болезнь, ИМТ – индекс массы тела, ЛКА – левая коронарная артерия.

Всем пациентам трехкратно перед КШ, через 7 сут и через 4 мес после операции для оценки ремоделирования и гемодинамики сердца проводилась эхокардиография (ЭХОКГ) и объемная компрессионная осциллометрия (ОКО). Исследование проводилось на фоне стандартной медикаментозной терапии ИБС и хронической сердечной недостаточности.

ЭХОКГ выполнялось ультразвуковой системой экспертного класса Vivid 7 Dimension Pro. Сроки проведения ЭХОКГ – непосредственно перед операцией, через 7 сут и через 4 мес после коронарного шунтирования. Во время процедуры оценивались следующие параметры: конечный диастолический размер (КДР) ЛЖ, конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ, конечный систолический объем (КСО) ЛЖ, ФВ ЛЖ (по Симпсону), толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) в диастолу, толщина задней стенки левого желудочка (ЗСЛЖ) в диастолу и объем левого предсердия. Геометрическая перестройка ЛЖ оценивалась путем расчета индексированных показателей относительной толщины стенок (ОТС), КДО, массы миокарда ЛЖ (ММЛЖ), объема левого предсердия (ОЛП).

ОКО проводилась с помощью анализатора параметров кровообращения АПКО-8-РИЦ (фирма «Сетал», г. Казань) [11]. В основе данного метода лежит способ оценки изменения объема крупных артериальных сосудов с помощью оригинальной

измерительной системы. Методика исследования заключается в автоматическом нагнетании воздуха в манжету с контролируемой скоростью и одновременным наблюдением осцилляций на мониторе до достижения порога компрессии и последующей автоматической декомпрессии. Исследование проводится в положении сидя, натошак, с индивидуальным подбором манжеты. Далее при помощи программного обеспечения прибора рассчитывались следующие гемодинамические показатели: сердечный выброс (СВ); сердечный индекс (СИ); ударный объем (УО); ударный индекс (УИ); мощность левого желудочка (МЛЖ) (произведение УО и среднего гемодинамического давления); время изгнания крови из ЛЖ (Тизг.) – расстояние от начала подъема пульсовой кривой до точки падения ее главной систолической части; объемная скорость выброса (ОСВ) – объем крови, выбрасываемой желудочком за 1 мин; расход энергии на продвижение 1 л крови (ЭПЛК). Зная величины мощности сокращения ЛЖ, минутного объема сердца и суммарное время изгнания за 1 мин, определяют расход энергии на перемещение 1 л крови за 1 мин через ЛЖ.

Статистический анализ проводился с использованием программы IBM SPSS Statistics 20, с помощью которой проводился параметрический и непараметрический анализ. Проверка сравниваемых совокупностей на нормальность распределения оценивалась

по критерию Вилкоксона – Манна – Уитни. Для исследования по качественным признакам использовался критерий Фишера. Различия между группами считали статистически значимыми при $p < 0,05$. При обнаружении статистически значимых различий между группами выполнялось парное сравнение совокупностей при помощи апостериорного критерия Тьюки. Для интервальных переменных проводились парные корреляции с коэффициентами по Пирсону

(r), для ординарных значений – с коэффициентом Спирмена. Данные представлены в виде абсолютных и относительных значений n (%) и среднего \pm среднеквадратичного отклонения $M \pm SD$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ показателей ремоделирования миокарда по данным ЭХОКГ в зависимости от наличия или отсутствия ПИКС представлен в табл. 2.

Таблица 2

Изменения показателей ремоделирования миокарда по данным ЭХОКГ в зависимости от метода операции и наличия ПИКС, $M \pm SD$					
Показатель	Срок	Группа 1, $n = 47$	Группа 2, $n = 27$	Группа 3, $n = 28$	Группа 4, $n = 27$
ММЛЖ, г	До КШ	239,5 \pm 11,5	178,8 \pm 7,0	220,8 \pm 20,4	188,6 \pm 6,2
	ч/з 7 сут	219,0 \pm 11,0*	163,1 \pm 8,8*	193,5 \pm 14,5*	170,3 \pm 5,7**
	ч/з 4 мес	195,5 \pm 9,3###	152,1 \pm 5,3###	167,1 \pm 10,8##	151,7 \pm 5,4###
МЖП, см	До КШ	1,10 \pm 0,04	1,10 \pm 0,04	1,15 \pm 0,07	1,14 \pm 0,05
	ч/з 7 сут	1,06 \pm 0,04*	1,07 \pm 0,03*	1,10 \pm 0,06	1,09 \pm 0,05
	ч/з 4 мес	1,0 \pm 0,03###	1,02 \pm 0,02###	1,02 \pm 0,05#	1,01 \pm 0,03###
ЗСЛЖ, см	До КШ	0,99 \pm 0,04	1,0 \pm 0,02	1,06 \pm 0,06	1,01 \pm 0,04
	ч/з 7 сут	0,99 \pm 0,03	1,0 \pm 0,02	0,98 \pm 0,05	1,01 \pm 0,03
	ч/з 4 мес	0,93 \pm 0,02#	0,98 \pm 0,02	0,95 \pm 0,03#	0,96 \pm 0,02##
ОТС ЛЖ	До КШ	0,37 \pm 0,02*	0,41 \pm 0,01	0,43 \pm 0,02	0,44 \pm 0,02
	ч/з 7 сут	0,36 \pm 0,01	0,41 \pm 0,02	0,39 \pm 0,02*	0,41 \pm 0,01
	ч/з 4 мес	0,34 \pm 0,01###	0,40 \pm 0,01##	0,36 \pm 0,02#	0,39 \pm 0,01#
КДО, мл	До КШ	133,5 \pm 8,8	82,4 \pm 4,1	102,8 \pm 8,2	78,8 \pm 3,5
	ч/з 7 сут	113,2 \pm 6,6***	73,9 \pm 3,6***	92,1 \pm 8,7**	69,5 \pm 3,4**
	ч/з 4 мес	104,2 \pm 5,3###	71,3 \pm 3,0###	85,3 \pm 6,2###	63,9 \pm 2,6##
ОЛП, мл	До КШ	72,9 \pm 3,8	58,3 \pm 2,3	85,0 \pm 9,2	60,4 \pm 2,8
	ч/з 7 сут	66,8 \pm 3,4***	54,5 \pm 2,2***	75,1 \pm 6,8*	56,7 \pm 2,6***
	ч/з 4 мес	64,4 \pm 2,6###	52,1 \pm 1,9###	57,3 \pm 4,2#	52,5 \pm 2,5###
ФВ, %	До КШ	45,0 \pm 1,4*	58,7 \pm 0,7	52,5 \pm 2,0	60,7 \pm 0,9
	ч/з 7 сут	44,7 \pm 1,5	57,0 \pm 0,7	50,5 \pm 1,7	58,7 \pm 1,3
	ч/з 4 мес	48,5 \pm 1,6##	61,9 \pm 0,8	54,4 \pm 1,8	61,8 \pm 1,0

Примечание. ЗСЛЖ – задняя стенка ЛЖ; КДО – конечно-диастолический объем ЛЖ; ММЛЖ – масса миокарда ЛЖ; МЖП – межжелудочковая перегородка; ОТС – относительная толщина стенки ЛЖ; ОЛП – объем левого предсердия; ФВ – фракция выброса.

* статистические различия между исходными показателями 1-й и 3-й группы: ОТС ЛЖ $p = 0,023$; ФВ $p = 0,009$; статистические различия в группах между исходными показателями и на 7-е сут после КШ: * $p < 0,05$; ** $p < 0,005$; *** $p < 0,001$; статистические различия в группах между исходными показателями и через 4 мес после КШ: # $p < 0,05$; ## $p < 0,005$ ### $p < 0,001$.

При оценке различий исходных показателей ЭХОКГ между группами пациентов, нами были получены статистически достоверные данные только по двум показателям – ОТС и ФВ ЛЖ. Так, у пациентов, имеющих в анамнезе ИМ, прооперированных методом off-pump (группа 3), толщина стенок ЛЖ была меньше, чем в группе прооперированных on-pump (группа 1), а ФВ, наоборот, несколько выше. Однако их различия между группами в послеоперационном периоде были несущественны.

За период наблюдения во всех группах пациентов независимо от наличия ПИКС и метода хирургического лечения уже через 1 нед после КШ, а особенно к 4-му мес послеоперационного периода наблюдалось значительное снижение ММЛЖ (см. табл. 2). При этом масса ЛЖ уменьшалась во всех

группах равномерно независимо от метода КШ. Изменения ОТС ЛЖ по сравнению с исходным уровнем становились статистически значимыми лишь через 4 мес после операции. КДО ЛЖ и ОЛП снижались уже через 1 нед после операции, через 4 мес наблюдалось еще более выраженное их уменьшение. Динамика ФВ в раннем послеоперационном периоде была незначительной. Однако через 4 мес после КШ в группе пациентов с ПИКС, оперированных с применением ИК и ФХКП, отмечалось статистически значимое увеличение данного показателя – от 45,0 \pm 1,4 до 48,5 \pm 1,6% ($p = 0,004$), что, вероятно, было связано с более низкой изначально сократительной способностью миокарда именно в данной группе. Параметры сердечной гемодинамики, полученные с помощью метода ОКО, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Гемодинамические показатели исходно, на 7-е сут и через 4 мес у больных, перенесших КШ, $M \pm SD$				
Показатель	Группа 1, $n = 47$	Группа 2, $n = 27$	Группа 3, $n = 28$	Группа 4, $n = 27$
СВ, л/мин:				
До КШ;	5,1 ± 0,1	5,2 ± 0,2	5,6 ± 0,3	4,8 ± 0,2
ч/з 7 сут;	4,9 ± 0,2	5,1 ± 0,2	5,5 ± 0,3	5,5 ± 0,2*
ч/з 4 мес	5,4 ± 0,2●	6,1 ± 0,3**	6,1 ± 0,3●	6,5 ± 0,2**
УО, мл:				
До КШ;	83,1 ± 2,7	79,9 ± 3,7	92,9 ± 5,2	78,6 ± 5,5
ч/з 7 сут;	63,2 ± 2,7*	66,1 ± 3,8*	84,1 ± 6,9	85,8 ± 4,7*
ч/з 4 мес	79,4 ± 2,8	87,6 ± 4,3**	90,3 ± 6,4	97,2 ± 5,5**
УИ, л/м ² :				
До КШ;	42,4 ± 1,5	43,7 ± 1,8	48,2 ± 3,2	43,0 ± 2,7
ч/з 7 сут;	34,9 ± 1,5*	36,3 ± 2,2*	43,1 ± 4,5	48,5 ± 2,5*
ч/з 4 мес	41,1 ± 1,4	48,1 ± 2,4**	47,2 ± 3,9	54,8 ± 2,8**
МЛЖ, Вт:				
До КШ;	3,5 ± 0,2	3,4 ± 0,3	3,6 ± 0,4	2,9 ± 0,2
ч/з 7 сут;	2,6 ± 0,1*	3,0 ± 0,2	3,5 ± 0,4	3,5 ± 0,2*
ч/з 4 мес	3,3 ± 0,2	3,7 ± 0,2	4,0 ± 0,4	4,1 ± 0,3**
СИ, л/мин ² :				
До КШ;	2,7 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,0 ± 0,2	2,7 ± 0,1
ч/з 7 сут;	2,6 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,9 ± 0,3	3,0 ± 0,1*
ч/з 4 мес	2,9 ± 0,1**	3,3 ± 0,2**	3,3 ± 0,2	3,6 ± 0,2**
$T_{изр}$, с:				
До КШ;	300,3 ± 10,1	309,0 ± 17,3	365,9 ± 40,7	309,8 ± 16,1
ч/з 7 сут;	297,4 ± 11,6	268,0 ± 17,6	409,9 ± 55,1	326,9 ± 33,2
ч/з 4 мес	322,6 ± 13,0	326,8 ± 17,1	331,2 ± 33,7	378,8 ± 28,2
ОСВ, мл/с:				
До КШ;	285,1 ± 14,1	280,8 ± 19,7	294,9 ± 29,8	235,9 ± 27,3
ч/з 7 сут;	235,6 ± 12,2	261,3 ± 16,8	306,0 ± 29,1	252,1 ± 37,2
ч/з 4 мес	267,6 ± 11,8	296,9 ± 16,9	294,3 ± 27,0	292,8 ± 36,2
ЭПЛК, Вт × с:				
До КШ;	12,2 ± 0,2	11,7 ± 0,3	12,1 ± 0,5	11,5 ± 0,3
ч/з 7 сут;	11,1 ± 0,2*	11,2 ± 0,3	11,6 ± 0,4	11,7 ± 0,4
ч/з 4 мес	12,4 ± 0,3	12,9 ± 0,4**	12,9 ± 0,5	12,7 ± 0,5**

* статистические различия между исходными показателями и на 7-е сут после операции: СВ, УО, УИ $p < 0,001$ (группа 4 $p < 0,005$); МЛЖ (группа 1 $p < 0,001$; группа 4 $p = 0,015$); СИ (группа 4 $p < 0,001$); ЭПЛК (группа 1 $p < 0,001$).

**статистические различия между исходными показателями и через 4 мес после операции: СВ $p < 0,05$; $p < 0,01$; УО $p < 0,005$; УИ $p < 0,001$; СИ $p < 0,005$; ЭПЛК $p < 0,05$; ● статистические различия между группами, $p < 0,05$.

Согласно полученным данным, через 1 нед после оперативного лечения СВ практически не менялся, за исключением пациентов группы 4 (off-pump без ПИКС), в которой данный показатель увеличился с $4,8 \pm 0,2$ до $5,5 \pm 0,2$ л/мин ($p < 0,001$). Однако уже через 4 мес после КШ у всех пациентов среднее значение СВ ЛЖ было выше, чем до операции, причем в группах после off-pump данный показатель был выше по сравнению с пациентами после on-pump ($p < 0,05$). Однако статистически значимые различия были выявлены только в группах пациентов без ПИКС.

УО и УИ ЛЖ через 1 нед после операции значительно снижались у пациентов, оперированных с применением ИК и ФХКП ($p < 0,001$), тогда как в группе 3 эти показатели уменьшались не столь существенно ($p = 0,164$), а в группе 4, наоборот, статистически значимо возрастали ($p = 0,005$). Через 4 мес

после КШ данные параметры гемодинамического ремоделирования ЛЖ у пациентов, имеющих в анамнез ИМ, возрастали до значений, сопоставимых с исходным уровнем. При этом наиболее выраженный прирост УО и УИ ЛЖ отмечался в группе 4 без ПИКС.

В группе 1 пациентов (с ПИКС) через 1 нед после КШ с применением ИК и ФХКП наблюдалось значительное снижение показателя мощности ЛЖ ($p < 0,001$), тогда как в группах 2 и 3 данный показатель был сопоставимым с исходными значениями ($p = 0,093$ и $p = 0,397$ соответственно). В группе 4 пациентов (без ПИКС после КШ на бьющемся сердце) уровень МЛЖ уже к концу 7-х сут, наоборот, демонстрировал статистически значимый рост ($p = 0,015$). Через 4 мес после операции показатель во всех группах, кроме 4-й, оказался сопоставимым с исходным уровнем, тогда как в последней наблюда-

лось его дальнейшее увеличение. В этой же группе отмечался аналогичный прирост СИ.

Наконец, динамика расхода энергии продвижения 1 л крови через ЛЖ через 1 нед после операции характеризовалась статистически значимым снижением с $12,2 \pm 0,2$ до $11,1 \pm 0,2$ Вт \times с у пациентов самой тяжелой группы 1 (с ПИКС и после КШ on-pump) ($p < 0,001$). В остальных группах значения ЭПЛК были сопоставимыми с исходным уровнем. Через 4 мес после шунтирования средние показатели увеличились во всех группах, но статистически значимый прирост был получен у пациентов без перенесенного ИМ. При проведении корреляционного анализа были получены умеренные связи между инотропными параметрами сердечной гемодинамики УО, УИ, СВ, МЛЖ и артериальным давлением ($r = 0,33-0,47$; $p < 0,001$) и заметные связи между УО, УИ, СВ, МЛЖ и ФВ ($r = 0,63-0,68$; $p < 0,001$).

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что после операции прямой реваскуляризации миокарда происходит адаптация сердца к новым условиям функционирования, что вызывает структурно-функциональную перестройку [12]. Вопрос о влиянии метода шунтирования (on-pump или off-pump) на показатели внутрисердечной гемодинамики и ре-ремоделирования сердца остается открытым. Тем не менее этот вопрос требует тщательного изучения, поскольку данные о динамике сердечных показателей в послеоперационном периоде могут использоваться как для оценки эффективности хирургического лечения [13, 14], так и для подбора программы реабилитации пациентов после шунтирования в зависимости от метода операции.

Вопрос о том, каким именно образом происходит функционально-анатомическая перестройка ЛЖ в послеоперационном периоде и какую роль в этом играет метод операции (on-pump или off-pump), в настоящее время не совсем ясен. Однако уже через 1 нед после КШ, и особенно к концу 4-го мес, независимо от метода операции и ИМ в анамнезе наблюдалось уменьшение ММЛЖ, а также показателей толщины стенок сердца – МЖП, ЗСЛЖ, ОТС. По-видимому, процессы, происходящие после реваскуляризации, сохранившей жизнеспособность миокарда, способствуют быстрой нормализации структурных и анатомических параметров миокарда и улучшению насосной функции ЛЖ, что подтверждается достоверным возрастанием этих показателей к концу наблюдения.

Аналогичные изменения в виде снижения отмечены в отношении объемных показателей сердца – КДО ЛЖ и ОЛП. Все это сопровождалось законо-

мерной динамикой основного параметра сократительной способности миокарда – ФВ, сначала в виде его уменьшения, а затем – достижения исходного уровня или даже небольшого роста [15]. Но все эти изменения носили довольно общий характер и не позволяли выявить различия в ремоделировании сердца при КШ как on-pump, так и off-pump. В конце концов хирургическая реваскуляризация независимо от метода приводила к положительным структурно-анатомическим изменениям сердца. В данной ситуации на представилось важным оценить не только структурное, но и гемодинамическое сердечное ремоделирование в группах с применением разных методов КШ.

В связи с этим была проведена оценка ряда параметров сердечной гемодинамики с помощью ОКО. Данный метод доступен, технически не имеет ограничений и может быть легко воспроизведен в практических условиях, что особенно важно для последовательного динамического наблюдения. По результатам данного исследования было выявлено значительное различие практически всех основных показателей гемодинамики, таких как СВ, СИ, УО, УИ ЛЖ в зависимости от метода шунтирования. Так, у пациентов в группе 1 (с ПИКС и on-pump) в течение 1 нед наблюдалось снижение данных параметров, тогда как у пациентов групп 3 и 4 (off-pump) показатели снижались незначительно. В группе 4 (без ПИКС), наоборот, наблюдался статистически значимый прирост. К 4-му мес после операции гемодинамика стабилизировалась во всех группах, однако у пациентов группы 4 эти параметры были существенно выше.

Мы не получили тесную корреляционную связь между параметрами ЭХОКГ, ОКО и непараметрическими данными, отражающими факторы риска, сопутствующие заболевания, ПИКС и количество шунтированных артерий. Поэтому можем предположить, что подобная зависимость от метода хирургического лечения связана не только с разной тяжестью ИБС в группах, но и, вероятно, с длительностью, травматичностью хирургического вмешательства, ишемическими и реперфузионными повреждениями, нефизиологичностью процедуры и, безусловно, кардиодепрессивным влиянием метода on-pump.

В таком режиме КШ, по данным разных исследователей, угнетение гемодинамических показателей сердца отмечается практически через 2 ч после операции и приводит к снижению ФВ в среднем с 50 до 30%. При этом сократительная функция сердца может восстанавливаться к концу 1-х сут после КШ или даже гораздо позднее [16, 17]. О кардиодепрессивном влиянии КШ «on-pump», приводящему

к быстрому снижению мощности ЛЖ и уменьшению расхода его ЭПЖК за 1 мин, свидетельствуют и наши данные. Между тем после КШ на бьющемся сердце этого снижения практически не наблюдалось, что может быть связано с относительно быстрым восстановлением активности миокарда после гипбернации даже у тяжелых пациентов. При этом наличие перенесенного ИМ существенно замедляло восстановление инотропной функции сердца вне зависимости от метода шунтирования. Тем не менее в группе пациентов, которым КШ было выполнено на бьющемся сердце, стабилизация его систолической функции наблюдалась значительно быстрее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, метод хирургического лечения влияет не только на структурно-анатомическое ремоделирование сердца, но и в значительной степени на параметры сердечной гемодинамики в послеоперационном периоде. У пациентов с ИБС после операции коронарного шунтирования, выполненного на бьющемся сердце (off-pump), через 7 сут наблюдается достоверное улучшение всех показателей инотропной функции сердца по сравнению с пациентами on-pump. К 4-му мес после операции в условиях off-pump параметры положительного гемодинамического ре-ремоделирования становятся еще заметнее, чем у пациентов после КШ в условиях ИК. Данный факт свидетельствует о более быстром и качественном восстановлении миокарда и позволяет оптимизировать программу реабилитационных мероприятий в зависимости от способа хирургического лечения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Поляков Р.С., Абугов С.А., Жбанов И.В., Саакян Ю.М., Пурецкий М.В., Пиркова А.А. и др. Коронарное стентирование у больных ишемической болезнью сердца с многососудистым поражением коронарного русла и низкими оценками по шкале SYNTAX SCORE. *Кардиология*. 2013;53(10):4–9.
- Locker C. Off-pump or on-pump coronary artery bypass grafting in diabetes: Is this the important question?. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2019;157(3):970–971. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2018.08.069.
- Zhang X., Wu Z., Peng X. et al. Prognosis of Diabetic Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Surgery Compared With Nondiabetics: A Systematic Review and Meta-analysis. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2011;25(2):288–298. DOI: 10.1053/j.jvca.2010.09.021.
- Mohr F., Morice M., Kappetein A. et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *The Lancet*. 2013;381(9867):629–638. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
- Panza J., Velazquez E., She L. et al. Extent of Coronary and Myocardial Disease and Benefit From Surgical Revascularization in LV Dysfunction. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014;64(6):553–561. DOI: 10.1016/j.jacc.2014.04.064.
- Simard T., Hibbert B., Poudjabbar A. et al. Percutaneous coronary intervention with or without on-site coronary artery bypass surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int. J. Cardiol.* 2013;167(1):197–204. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.12.035.
- Ma G., Fan Y., Shao W., Qi L. Meta-Analysis for the Prognosis of On-Pump Versus Off-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;72(3):344–345. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.03.544.
- Takagi H., Ando T., Mitta S. Meta-Analysis Comparing ≥ 10 -Year Mortality of Off-Pump Versus On-Pump Coronary Artery Bypass Grafting. *Am. J. Cardiol.* 2017;120(11):1933–1938. DOI: 10.1016/j.amjcard.2017.08.007.
- Kim K., Choi J., Oh S. et al. Twenty-year experience with off-pump coronary artery bypass grafting and early postoperative angiography. *Ann. Thorac. Surg.* 2020;109(4):1112–1119. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2019.07.053.
- Smart N., Dieberg G., King N. Long-term outcomes of on-versus off-pump coronary artery bypass grafting. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;71(9):983–991. DOI: 10.1016/j.jacc.2017.12.049.
- Шидловская С.А., Дедебаева Л.Б., Дегтярев В.А., Чомахидзе П.Ш., Копылов Ф.Ю. Опыт применения объемной компрессионной осциллометрии у пациентов с артериальной гипертензией. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015;8(2):33–37. DOI: 10.17116/kardio20158233-37.
- Shi Y., Denault A., Couture P., Butnaru A., Carrier M., Tardif J. Biventricular diastolic filling patterns after coronary artery bypass graft surgery. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2006;131(5):1080–1086.e3. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.01.015.
- Mathison M., Edgerton J., Horswell J., Akin J., Mack M. Analysis of hemodynamic changes during beating heart surgical procedures. *Ann. Thorac. Surg.* 2000;70(4):1355–1360. DOI: 10.1016/S0003-4975(00)01590-3.
- Liu J., Tanaka N., Murata K. et al. Prognostic value of pseudonormal and restrictive filling patterns on left ventricular remodeling and cardiac events after coronary artery bypass grafting. *Am. J. Cardiol.* 2003;91(5):550–554. DOI: 10.1016/S0002-9149(02)03304-0.
- Martinez E. No Major Differences in 30-Day Outcomes in High-Risk Patients Randomized to Off-Pump Versus On-Pump Coronary Bypass Surgery: The Best Bypass Surgery Trial. *Yearbook of Critical Care Medicine*. 2010;121(4):498–504. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.880443.
- Ng K., Popovic Z., Troughton R., Navia J., Thomas J., Garcia M. Comparison of left ventricular diastolic function after on-pump versus off-pump coronary artery bypass grafting. *Am. J. Cardiol.* 2005;95(5):647–650. DOI: 10.1016/j.amjcard.2004.10.043.
- Zhao D., Edelman J., Seco M., Bannon P., Vallely M. Long-term outcomes following off-pump coronary artery bypass grafting. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2018;72(3):345–347. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.04.068.

Вклад авторов

Маянская С.Д., Абзалова Г.Ф., Березикова Е.Н. – концепция и дизайн исследования. Абзалова Г.Ф. – сбор и обработка материала, статистическая обработка. Маянская С.Д., Гараева Л.А. – написание текста. Маянская С.Д., Абдульянов И.В, Тепляков А.Т., Гребенкина И.А. – редактирование.

Информация об авторах

Маянская Светлана Дмитриевна – д-р мед. наук, профессор кафедры госпитальной терапии, КГМУ, г. Казань, smayanskaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6701-5395>

Абзалова Гузель Фаритовна – канд. мед. наук, врач функциональной диагностики, МКДЦ, г. Казань, guselka88@bk.ru

Гараева Лилия Айратовна – канд. мед. наук, ассистент, кафедра кардиологии, рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии, КГМА – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, г. Казань, garaevalily@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9427-6037>

Абдульянов Ильдар Васильевич – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой кардиологии, рентгенэндоваскулярной и сердечно-сосудистой хирургии, КГМА – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО; врач сердечно-сосудистый хирург, кардиохирургическое отделение № 2, МКДЦ, г. Казань, ildaruna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2892-2827>

Тепляков Александр Трофимович – д-р мед. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, гл. науч. сотрудник, НИИ кардиологии, Томский НИМЦ, г. Томск, Vgelen1970@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0721-0038>

Березикова Екатерина Николаевна – д-р мед. наук, доцент, кафедра поликлинической терапии и общей врачебной практики, НГМУ, г. Новосибирск, <https://orcid.org/0000-0002-9630-0213>

Гребенкина Ирина Аркадьевна – канд. мед. наук, ассистент, кафедра поликлинической терапии и общей врачебной практики, НГМУ, г. Новосибирск, <https://orcid.org/0000-0002-5563-2983>

(✉) **Маянская Светлана Дмитриевна**, smayanskaya@mail.ru

Поступила в редакцию 05.09.2022;
одобрена после рецензирования 14.10.2022;
принята к публикации 08.12.2022