https://doi.org/10.25512/DIR.2018.12.4.02

ДИНАМИКА ДИАФРАГМАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ МАММАРОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

В.В. Базылев – д.м.н., сердечно-сосудистый хирург, главный врач
***Т.И. Парамонова** – к.м.н., зав. отделением лучевой диагностики, врач-рентгенолог
А.В. Вдовкин – врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики
Е.Е. Кобзев – врач сердечно-сосудистый хирург

ФГБУ «Федеральный центр сердечно - сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Пенза).
440071 Российская Федерация, г. Пенза, ул. Стасова, 6

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- дисфункция диафрагмы
- послеоперационная диафрагмальная дисфункция
- маммарокоронарное шунтирование

АННОТАЦИЯ:

Цель исследования: установить способы маммарокоронарного шунтирования (МКШ) определяющие высокие шансы сохранения в течение раннего послеоперационного периода дисфункции диафрагмы со стороны выделения внутренней грудной артерии (ВГА) на основании анализа динамики диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после операций.

Материалы и методы: в ретроспективное исследование включили 880 пациентов в раннем периоде после операций МКШ. Определяли подвижность куполов диафрагмы на 2,8±0,88 день после проведенных операций при переводе из реанимации в стационар и повторно на 7,7±1,9 день при переводе в отделение реабилитации. Пациенты были разделены на 3 группы. Первая группа с нормальной подвижностью диафрагмы при исходном исследовании 529 (60,1%) пациентов. Вторая группа с диафрагмальной дисфункцией при исходном исследовании и восстановившейся подвижностью диафрагмы при повторном исследовании 249(28,3%) пациента. Третья группа с диафрагмальной дисфункцией, сохраняющейся при повторном исследовании 102(11,6%) пациента. Критерием диафрагмальной дисфункции была величина амплитуды движения диафрагмы меньше 10 мм. С помощью модели логистической регрессии определяли влияние способов МКШ на вероятность сохранения диафрагмальной дисфункции к концу раннего послеоперационного периода. В модель включили два способа МКШ: *«in situ»* и аутотрансплантатом.

Результаты: при первичном исследовании у 39,9% пациентов выявлена диафрагмальная дисфункция, в 21,1% левосторонняя, в 8,0% правосторонняя и в 10,8% двухсторонняя. Распространенность диафрагмальной дисфункции в течение раннего послеоперационного периода уменьшается в три раза, с 39,9 % до 11,5% и сохранялась чаще в виде одностороннего поражения: левостороннего у 7,2% пациентов или правостороннего у 3,4%, реже сохраняется двухсторонняя дисфункция – у 0,9% пациентов. Восстановление функции диафрагмы при повторном исследовании наблюдалось в 71,2% случаев исходной дисфункции. Установлено различное влияние на сохранение к концу раннего послеоперационного периода унилатеральной и двухсторонней диафрагмальной дисфункции в зависимости от способов МКШ и их сочетания. Высокая вероятность сохранения диафрагмальной дисфункции со стороны выделения правой ВГА наблюдалась после шунтирования *«in situ»* (OR 4,4; CI 2,2–8,9) и со стороны выделения левой ВГА после шунтирования трансплантатом (OR 4,1; CI 1,6–10,6). Другие способы шунтирования либо не оказывали влияния на сохранение дисфункции со стороны выделения ВГА, либо влияние прослеживалось, но было статистически незначимым.

Выводы: приобретенная после МКШ дисфункция диафрагмы носит обратимый характер. В течение раннего послеоперационного периода у 71,2% больных происходит полное восстановление подвижности диафрагмы, распространенность диафрагмальной дисфункции уменьшается в три раза, частота двухсторонней дисфункции диафрагмы снижается в 10 раз. Способы МКШ, *«in situ»* и аутотрансплантатом, разнонаправлено влияют на вероятность сохранения в течение раннего послеоперационного периода дисфункции диафрагмы со стороны хирургической манипуляции. Результаты исследования указывают, что шансы сохранения диафрагмальной дисфункции были в 4,4 раза выше со стороны шунтирования правой ВГА *«in situ»* и в 4,1 раза со стороны шунтирования левой ВГА трансплантатом. В то время как вероятность сохранения диафрагмальной дисфункции была низкой со стороны шунтирования правой ВГА трансплантатом и отсутствовала со стороны шунтирования левой ВГА *«in situ»*.

Для цитирования: *Базылев В.В., Парамонова Т.И., Вдовкин А.В., Кобзев Е.Е. «ДИНАМИКА ДИАФРАГМАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ МАММАРОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ». Журнал «Диагностическая и интервенционная радиология» 2018;12(4):22–32*

***Адрес для корреспонденции (Correspondence to):** Парамонова Татьяна Иннокентьевна (Paramonova T.I.), e-mail: paramonti@yandex.ru*

DYNAMICS OF DIAPHRAGMATIC DYSFUNCTION IN THE EARLY POSTOPERATIVE PERIOD DEPENDING ON METHODS OF CABG WITH USE OF ITA

Bazylev V.V. – MD, PhD
***Paramonova T.I.** – MD, PhD
Vdovkin A.V. – MD
Kobzev Ev.Ev. – MD

Ministry of Health of the Russan Federation
Federal Center of Cardiovascular Surgery (Penza, Russia).
6, Stasova str., Penza, Russian Federation, 440071

KEY-WORDS:

- dysfunction of the diaphragm
- postoperative diaphragmatic dysfunction
- CABG with use of ITA

ABSTRACT:

Aim: was to establish methods of coronary artery bypass graft (CABG) with use of internal thoracic artery (ITA), that influenced high risk of continued diaphragmatic dysfunction in early post-operative period, on the base of analysis of dynamics of diaphragmatic dysfunction after operation.

Materials and methods: the retrospective study included 880 patients in the early period after CABG with use of ITA. The mobility of diaphragm domes was estimated on 2,8±0,88 day after the surgery, when transferred from the intensive care unit to the in-patient department and again on 7,7±1,9 day when transferred to the rehabilitation department. Patients were divided into 3 groups. The first group with normal diaphragm mobility with an initial study of 529(60,1%) patients. The second group with diaphragmatic dysfunction in the initial study and the restored mobility of the diaphragm in a re-examination of 249(28,3%) patients. The third group with diaphragmatic dysfunction, which persists in the re-examination of 102(11,6%) patients. The criterion for diaphragmatic dysfunction was the amplitude of the diaphragm's movement ess than 10 mm. Using the model of logistic regression, the influence of the CABG methods on the probability of maintaining diaphragmatic dysfunction at the end of the early postoperative period was determined. Two CABG methods were included in the model: *«in situ»* and autograft.

Results: in the primary study, 39,9% of patients had diaphragmatic dysfunction, 21,1% left-sided, 8,0% right-sided, and 10,8% bilateral. The prevalence of diaphragmatic dysfunction during the early postoperative period decreases threefold, from 39,9% to 11,5%, and was persisted more often as a unilateral lesion: left-sided in 7,2% of patients or right-sided in 3,4%, Less often, bilateral dysfunction persists in 0,9% of patients. Restoration of the function of the diaphragm during repeated examination was observed in 71,2% of cases of initial dysfunction. A different effect was established on the persistence of unilateral and bilateral diaphragmatic dysfunction by the end of the early postoperative period, depending on methods of CABG with use of ITA and their combination. High likelihood conservation diaphragmatic dysfunction by the right harvest of ITA was observed after bypass *«in situ»* (OR 4.4; CI 2,2-8,9) and by the harvest of ITA left after bypass graft (OR 4.1; CI 1,6-10,6). Other methods of grafting either did not have an effect on the preservation of dysfunction on the part of the ITA harvest, or the effect was traced, but was statistically insignificant.

Conclusion: dysfunction of the diaphragm acquired after CABG with use of ITA is reversible. During the early postoperative period, 71,2% of patients undergo full restoration of diaphragm mobility, the prevalence of diaphragmatic dysfunction decreases three-fold, the frequency of bilateral diaphragm dysfunction decreases by 10 times. Methods of CABG with use of ITA, *«in situ»* and autograft, affect the likelihood of the dysfunction of the diaphragm retained during the early postoperative period by surgical manipulation. Results of the study indicate that chances of maintaining diaphragmatic dysfunction were 4,4 times higher by grafting the right ITA *«in situ»* and 4,1 times by grafting the left ITA with a graft. While the likelihood of maintaining diaphragmatic dysfunction was low by grafting the right ITA with a graft and was absent from the grafting of the left ITA *«in situ»*.

Введение

В научной литературе отмечается, что приобретенная диафрагмальная дисфункция наиболее часто развивается после проведения операций маммарокоронарного шунтирования (МКШ) [1-3]. Установлено, что сам факт выделения внутренней грудной артерии (ВГА) несет в себе риск снижения функции внешнего дыхания [4, 5].

Однако, в научной литературе имеются противоречивые данные о влиянии того или иного метода выделения ВГА на функцию внешнего дыхания. Одни исследователи при оценке влияния на показатели дыхания шунтирования левой ВГА *«in situ»* установили увеличение частоты послеоперационной легочной дисфункции, другие не наблюдали её увеличения [6, 7]. Также практически нет исследований о влиянии выделения правой ВГА на послеоперационную диафрагмальную

Статья поступила в редакции в августе 2018 года.

дисфункцию или вентиляционные нарушения [3]. К тому же, в доступной литературе мы не нашли работ с оценкой влияния способов шунтирования на подвижность диафрагмы непосредственно со стороны хирургической манипуляции.

Кроме того, большинство авторов изучали, в основном, случаи тяжелого пареза диафрагмы после МКШ и, как правило, в позднем послеоперационном периоде – после 10-14 суток [2, 8]. Крайне мало литературных данных о динамике диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после МКШ [9]. При этом ряд авторов признают, что диафрагмальная дисфункция является недооцениваемой причиной необъяснимого послеоперационного диспноэ. [4, 10, 11]. Поэтому достаточно актуально изучение не только клинически значимой диафрагмальной дисфункции, но и субклинических форм так, как при неспецифичной клинике редко диагностируются даже двухстороннее поражение, а односторонние нарушения могут вообще остаться без внимания [8, 11].

Новизна нашей работы заключается в том, что был проведен статистический анализ динамики и причин сохранения диафрагмальной дисфункции со стороны выделения ВГА в раннем периоде после операций МКШ.

Цель исследования: провести анализ динамики диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после операций МКШ. Установить способы МКШ определяющие высокие шансы сохранения в течение раннего послеоперационного периода дисфункции диафрагмы со стороны выделения ВГА.

Материалы и методы

В ретроспективное исследование включили 880 пациентов в раннем периоде после операций МКШ. Критерием отбора было проведение дублированного рентгенологического исследования: в раннем периоде после операции не позднее 8 суток и повторно не позднее 14 суток. Первичные исследования осуществлялись в среднем на 2,8±0,88 день после проведенных операций при переводе из реанимации в стационар. Повторные исследования происходили в среднем на 7,7±1,9 послеоперационный день при переводе в отделение реабилитации. Интервал между исследованиями составил в среднем 4,9±1,7 дней. Пациенты были в возрасте от 31 до 81 года, в среднем 60,2±6,8 лет. Преобладали мужчины – 720(81,1%) человек.

Подвижность куполов диафрагмы определялась путем измерения амплитуды их движения на двух последовательных рентгеновских снимках – с глубоким вдохом и полным выдохом **(рис.1)**.

Точкой начала измерения служил анатомический ориентир, не изменяющий свое положение при дыхании – купол плевры. Критерием диафрагмальной дисфункцией была величина амплитуды движения диафрагмы меньше 10 мм [12]. Цифровая рентгенография органов грудной клетки осуществлялась на аппарате Siemens Axiom Iconos R200 в вертикальном положении в прямой задней проекции. Измерения осуществлялись на рабочей станции Siemens Syngo Imaging XS.

Послеоперационная диафрагмальная дисфункция

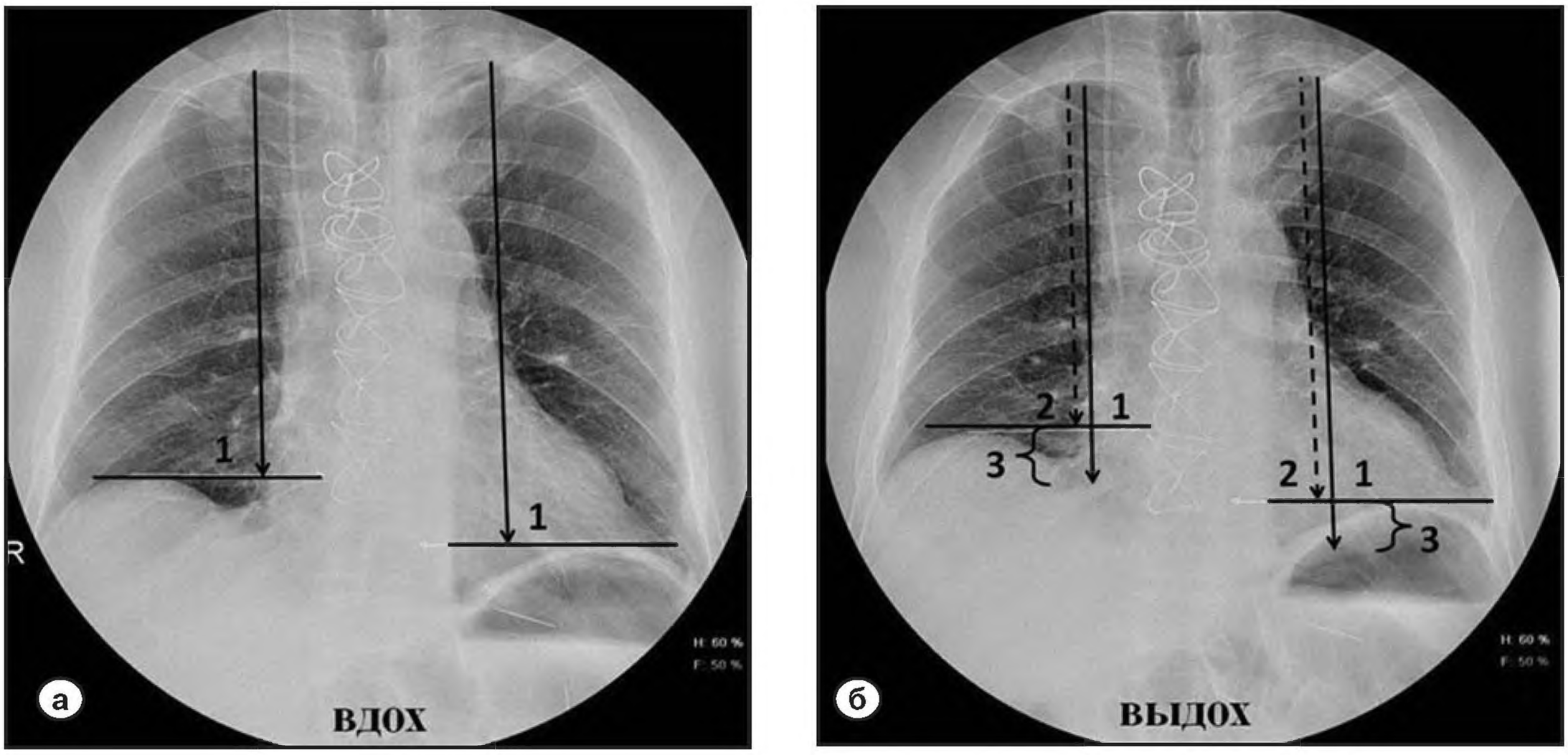

Рис. 1. Измерение подвижности куполов диафрагмы. Цифровая рентгенография органов грудной клетки в вертикальном положении в прямой задней проекции Измерения на двух последовательных снимках, с глубоким вдохом (а) и полным выдохом (б).
1 – положение купола диафрагмы при вдохе; 2 – положение купола диафрагмы при выдохе; 3- подвижность (амплитуда движения) купола диафрагмы.

наблюдалась при первичном исследовании у 351 (39,9%) пациента и при повторном исследовании у 102(11,6%). Пациенты были разделены на 3 группы. Первая группа с нормальной подвижностью диафрагмы при исходном исследовании включала 529(60,1%) пациентов.

Вторая группа с диафрагмальной дисфункцией при исходном исследовании и восстановившейся подвижностью диафрагмы при повторном исследовании включала 249(28,3%) пациента.

Третья группа с дисфункцией диафрагмы сохраняющейся при повторном исследовании включала 102 (11,6%) пациента.

В исследование включили пациентов, у которых в протоколе операции были четко указаны способы выделения ВГА при проведении МКШ. Правостороннее МКШ было проведено 21(2,4%) пациенту, левостороннее 348(39,5%) и двухстороннее 511(58,1%) пациентам.

В качестве шунта использовалась правая ВГА *«in situ»* 303(34,4%) пациентам и трансплантатом 229(26,0%). Левая ВГА использовалась *«in situ»* 835(94,9%) пациентам и трансплантатом 24(2,7%). Помимо изолированного МКШ производились сочетанные операции. Пластика аневризмы левого желудочка проводилась 101(11,5%) пациенту, протезирование или пластика митрального и трикуспидального клапанов осуществлена 62(7%) пациентам, операции на аорте и аортальном клапане 30(3,4%) пациентам, радиочастотная абляция 27(3,1%).

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения Microsoft Offise Excel 2007 и SPSS Statistics V21. Количественные данные представлены при нормальном распределении в виде среднего и стандартного отклонения (M±SD). Оценку межгрупповых различий количественных данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). Различия считали статистически значимыми при значениях $p<0,05$. Оценку межгрупповых различий качественных данных проводили с помощью критерия хи-квадрат с поправкой Бонферони (p=0,05/число сравнений). В нашем случае при сравнении трех групп уровень значимости различий с поправкой Бонферони был 0,05/3 = 0,017.

Построена математическая модель, на основании которой изучали взаимосвязь между изучаемыми факторами риска (способы МКШ) и исходом (сохранение при повторном исследовании диафрагмальной дисфункции).

В модель включили два способа шунтирования правой и левой ВГА: *«in situ»* и трансплантатом. Шунтирование *«in situ»* сохраняет естественное кровоснабжение из подключичной артерии и осуществляется с отсечением ВГА дистально. Шунтирование артериальным трансплантатом обеспечивает кровоток через свободный сосудистый графт и осуществляется с отсечением ВГА дистально и проксимально **(рис. 2)**.

Для составления таблиц сопряженности количественные показатели подвижности диафрагмы перевели в категориальные. Уровень статистической значимости составленных таблиц сопряженности определяли по критерию хи-квадрат для категориальных величин. На основании таблиц сопряженности проводился многофакторный логистический регрессионный анализ методом включения комплекса переменных с вычислением общего отношения шансов методом Мантеля - Хенцеля. На первом этапе оценили влияние способов МКШ на вероятность сохранения к концу раннего послеоперационного периода унилатеральной и двухсторонней диафрагмальной дисфункции. Вторым этапом анализировали влияние способов МКШ на шансы сохранения дисфункции купола диафрагмы со стороны выделения ВГА потому, что при повторном исследовании двухсторонняя дисфункция наблюдалась достаточно редко (0,9%) и сохранялась в подавляющем большинстве наблюдений в виде одностороннего поражения. В итоговых результатах представлена величина отношения шансов (OR) с указанием 95% доверительного интервала (CI) и критического уровня значимости (величина p).

Результаты

Первичные и повторные исследования проводились без статистически значимой межгрупповой разницы сроков исследования и без значимых различий межисследовательского интервала **(табл. 1)**. Исследуемые группы имели статистически значимые межгрупповые отличия только по половой принадлежности – мужчины преобладали в группе с исходно нормальной подвижностью диафрагмы (p=0,009), однако и в двух других группах они составляли большинство. Клинические переменные, повышающие риск послеоперационного диспноэ: ХОБЛ, ХСН 2 и 3 ст., ожирение 2 и 3

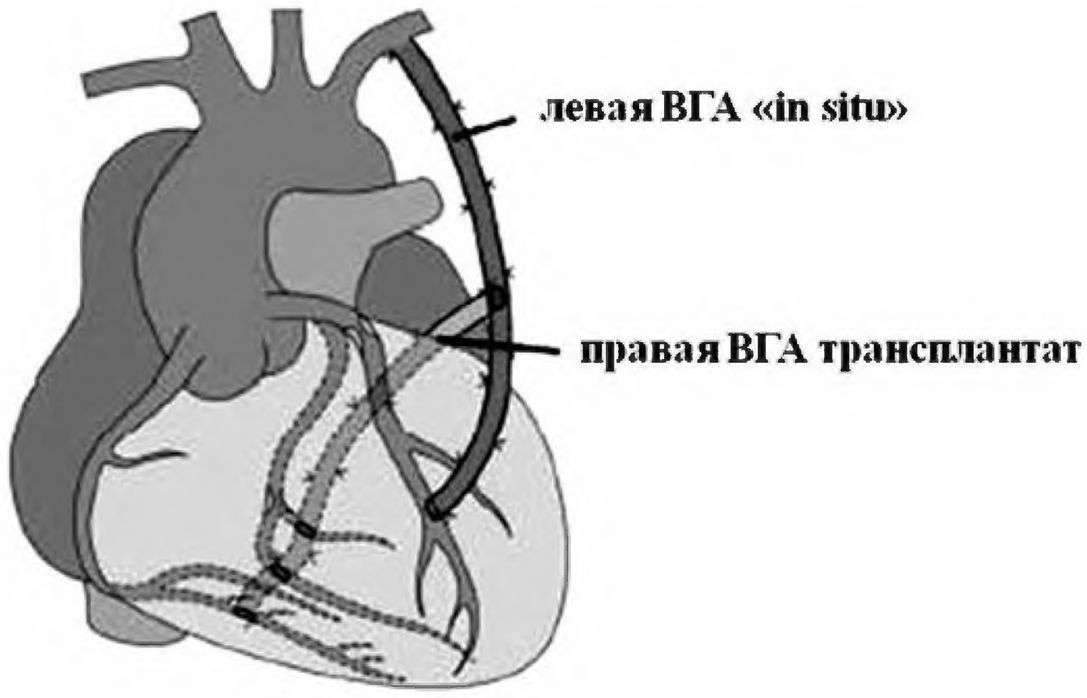

Рис. 2. Схематическое изображение способов маммарокоронарного шунтирования на примере использования левой внутренней грудной артерии «in situ» и правой внутренней грудной артерии свободным трансплантатом. ВГА – внутренняя грудная артерия.

Таблица 1. **Клинико-демографические характеристики групп исследования**

	Исходно нормальная функция диафрагмы, n=529	**Восстановившаяся подвижность диафрагмы,** n = 249	**Сохраняющаяся дисфункция диафрагмы,** n = 102	**ANOVA,** p	**χ^2,** p*
Первичное исследование, сутки	2,8±0,91	2,8±0,80	2,9±0,91	0,211	
Повторное исследование, сутки	7,7±1,7	7,7±2,2	7,8±1,9	0,627	
Интервал исследований, сутки	4,9±1,5	5,0±2,0	4,9±1,6	0,789	
Мужчины	450(85,1%)	191(76,7%)	79(77,5%)		**0,009**
Возраст, лет	60,1±6,7	60,4±7,1	60,4±6,5	0,801	
ИМТ, кг/м^2	29,2±4,5	30,1±4,9	29,3±5,1	0,033	
Ожирение 2 и 3 ст.	55(10,4%)	42(16,9%)	14(13,7%)		0,038
ХОБЛ	6(1,2%)	4(1,6%)	3(2,9%)		0,376
ХСН 2 и 3 ст.	326(61,6%)	156(62,7%)	75(73,5%)		0,072
Операции с ИК	482(91,1%)	227(91,2%)	97(95,1%)		0,398
Время ИК, мин	74,8±46,2	79,1±50,7	83,7±54,6	0,175	
Длительность ИВЛ, час:мин	6:51±6:00	7:00±4:59	8:43±13:40	0,050	
ИВЛ больше 12 часов	46(8,7%)	20(8,0%)	13(12,7%)		0,351
Клапанные операции	33(6,2%)	19(7,6%)	10(9,8%)		0,399
Операции на аорте	20(3,8%)	7(2,8%)	3(2,9%)		0,756
Пластика аневризмы ЛЖ	56(10,6%)	32(12,9%)	13(12,7%)		0,596
Радиочастотная абляция	13(2,5%)	12(4,8%)	2(2,0%)		0,162

Примечание: **критический уровень значимости различий с поправкой Бонферони: p< 0,017*
ИМТ – индекс массы тела, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ХСН – хроническая сердечная недостаточность, ИК – искусственное кровообращение, ИВЛ – искусственная вентиляция легких, ЛЖ – левый желудочек сердца.

Рис. 3. *Распространенность послеоперационной диафрагмальной дисфункции при исходном и повторном исследовании (Статистическая значимость межгрупповых различий p<0,001, при всех видах дисфункции диафрагмы)*
а – исходная диафрагмальная дисфункция (2,8±0,88 дня после операций);
б – сохранившаяся диафрагмальная дисфункция (7,7±1,9 дней после операций).

ст. (ИМТ больше 35 кг/м^2) не имели статистически значимых межгрупповых различий. Интраоперационные переменные, значимость которых для развития диафрагмальной дисфункции широко представлена литературными данными: клапанные операции, использование радиочастотной абляции, прочие кардиохирургические операции, производимые при искусственном кровообращении, продленная искусственная вентиляция легких в послеоперационном периоде в нашем исследовании не имели статистически значимых межгрупповых различий **(табл. 1)**.

При первичном исследовании выявлено 70(8%) пациентов с правосторонней диафрагмальной дисфункцией, с левосторонней 186(21,1%) и с двухсторонней 95(10,8%) пациентов **(рис. 3)**. При повторных обследованиях, перед переводом в отделение реабилитации, отмечалось статистически значимое (p<0,001) уменьшение распространенности всех видов дисфункции диафрагмы. Правосторонняя диафрагмальная дисфункция сохранялась у 30(3,4%) пациентов, левосторонняя у 63(7,2%) и двухсторонняя у 8(0,9%) пациентов **(рис. 3)**.

Таким образом, распространенность диафрагмальной дисфункции в течение раннего послеоперационного периода уменьшается в три раза, восстановление функции диафрагмы произошло в 71,2% случаев исходной дисфункции.

При исходном одностороннем поражении диафрагмы восстановление функции отмечалось у 52(74,3%) пациентов при исходной правосторонней дисфункции и у 133(71,5%) пациентов при исходном левостороннем поражении **(рис. 4)**. При повторном исследовании у пациентов с исходной двухсторонней дисфункцией лишь у 8(8,4%) пациентов сохранилось двухстороннее нарушение функции диафрагмы. В то время как, у большинства пациентов отмечено изменение повреждения диафрагмы на одностороннее поражение. Дисфункция сохранилась в виде левостороннего пораже-

Таблица 2. **Распространенность различных видов и способов МКШ в группах исследования**

Виды и способы МКШ	Исходно нормальная функция диафрагмы, n=529	Восстановившаяся подвижность диафрагмы, n=249	Сохраняющаяся дисфункция диафрагмы, n=102	критерий χ^2, p*
Правостороннее МКШ	18(3,4%)	1(0,4%)	2(2,0%)	0,037
Левостороннее МКШ	234(44,2%)	85(34,1%)	29(28,4%)	**0,002**
Двухстороннее МКШ	277(52,4%)	163(65,5%)	71(69,6%)	**<0,001**
Правая ВГА *«in situ»*	158(29,9%)	107(43,0%)	38(37,3%)	**0,002**
Правая ВГА трансплантатом	137(25,9%)	57(22,9%)	35(34,3%)	0,086
Левая ВГА *«in situ»*	502(94,9%)	241(96,8%)	92(90,2%)	0,040
Левая ВГА трансплантатом	9(1,7%)	7(2,8%)	8(7,8%)	**0,003**

Примечание: **критический уровень значимости различий с поправкой Бонферони: p< 0,017.*
МКШ – маммарокоронарное шунтирование, ВГА – внутренняя грудная артерия.

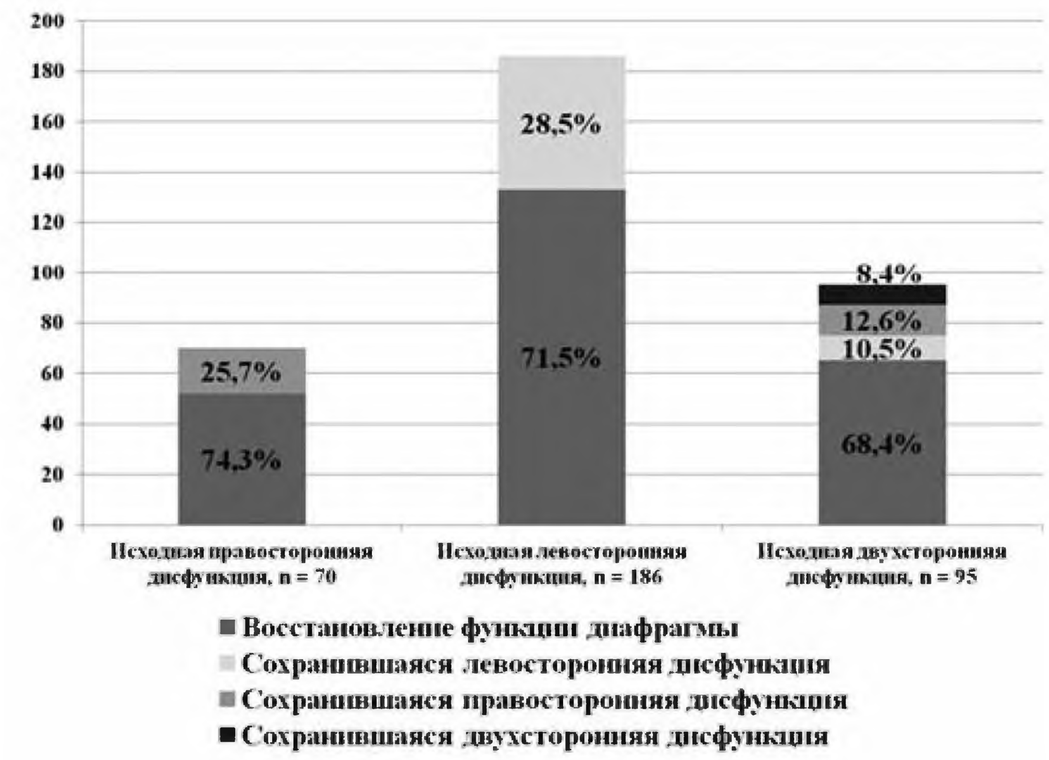

Рис. 4. *Динамика восстановления функции диафрагмы при повторном исследовании. Процент указан от исходного вида диафрагмальной дисфункции.*

ния у 12(12,6%) пациентов и в виде правостороннего у 10(10,5%) пациентов. Произошло восстановление подвижности куполов диафрагмы в 65(68,4%) случаях исходной двухсторонней дисфункции **(рис. 4)**.

Показательно статистически значимое межгрупповое различие распространенности видов и способов проведенных МКШ **(табл. 2)**.

Операция двухстороннего МКШ преобладала в группе с сохраняющейся диафрагмальной дисфункцией, в то время как, в группах с исходно нормальной подвижностью диафрагмы преобладали пациенты с односторонним МКШ. Также в группе с сохраняющейся диафрагмальной дисфункцией чаще встречалось шунтирование правой ВГА *«in situ»* и левой ВГА трансплантатом.

В ходе регрессионного логистического анализа установили, что при влиянии комплекса предикторов (способы МКШ) статистически значимые и высокие шансы сохранения при повторном исследовании унилатеральной диафрагмальной дисфункции отмечались после шунтирования правой ВГА *«in situ»* (OR 4,0; CI 1,9-8,7) и левой ВГА трансплантатом (OR 3,6; CI 1,3-10,1) **(табл. 3)**.

Шунтирование правой ВГА трансплантатом оказывало влияние на сохранение унилатеральной дисфункции, но было статистически незначимым (OR 1,4; CI 0,66-3,1). Шунтирование левой ВГА *«in situ»* не оказывало влияния на сохранение дисфункции со стороны выделения (OR 0,60; CI 0,23- 1,6). Шансы сохранения в течение раннего послеоперационного периода двухсторонней диафрагмальной дисфункции были высокими после сочетания шунтирования правой ВГА *«in situ»* и левой ВГА трансплантатом (OR 10,2; CI 1,2–89,8) и после комбинации правой и левой ВГА «in situ» (OR 3,6; CI 0,87–15,5) **(табл. 3)**. Низкие и статистически незначимые шансы сохранения двухсторонней дисфункции диафрагмы отмечались после сочетания шунтирования правой ВГА трансплантатом и левой ВГА *«in situ» (*OR 1,7; CI 1,3–2,3). Не было случаев двухсторонней дисфункции диафрагмы при комбинации правой и левой ВГА трансплантатом.

При оценке влияния способов МКШ на шансы сохранения при повторном исследовании диафрагмальной дисфункции со стороны выделения ВГА установили, что наиболее высокая вероятность наблюдались со стороны шунтирования правой ВГА *«in situ»* (OR 4,4; CI 2,2–8,9) и со стороны шунтирования левой ВГА трансплантатом (OR 4,1; CI 1,6–10,6) **(табл. 4).** Небольшие и статистически незначимые шансы сохранения дисфункции отмечались после шунтирования правой ВГА трансплантатом (OR 1,3; CI 0,66–2,7), а после шунтировании левой ВГА «in situ» шансы сохранения диафрагмальной дисфункции отсутствовали (OR 0,55; CI 0,22– 1,3).

Таблица 3. **Результаты логистического регрессионного анализа влияния способов МКШ на шансы сохранения при повторном исследовании унилатеральной и двухсторонней диафрагмальной дисфункции**

Предикторы диафрагмальной дисфункции (способ шунтирования)	**отношение шансов** (OR)	**95% доверительный интервал** (CI)	**величина** p
Сохраняющаяся правосторонняя диафрагмальная дисфункция			
Правая ВГА «*in situ*»	4,0	1,9; 8,7	**<0,001**
Правая ВГА трансплантатом	1,4	0,66; 3,1	0,356
Сохраняющаяся левосторонняя диафрагмальная дисфункция			
Левая ВГА «*in situ*»	0,60	0,23; 1,6	0,296
Левая ВГА трансплантатом	3,6	1,3; 10,1	**0,013**
Сохраняющаяся двухсторонняя диафрагмальная дисфункция			
Правая ВГА «*in situ*» и левая ВГА трансплантатом	10,2	1,2; 89,8	**0,036**
Правая и левая ВГА «*in situ*»	3,6	0,87; 15,5	0,076
Правая ВГА трансплантатом и левая ВГА «*in situ*»	1,1	0,21; 5,2	0,964
Правая и левая ВГА трансплантатом	0	-	-

Примечание: *ВГА – внутренняя грудная артерия.*

Таблица 4. **Результаты логистического регрессионного анализа вероятности сохранения при повторном исследовании диафрагмальной дисфункции со стороны выделения ВГА в зависимости от способа МКШ**

Предикторы диафрагмальной дисфункции	**отношение шансов** (OR)	**95% доверительный интервал** (CI)	**величина** p
Сохраняющаяся диафрагмальная дисфункция со стороны выделения правой ВГА			
Шунтирование правой ВГА «*in situ*»	4,4	2,2; 8,9	**<0,001**
Шунтирование правой ВГА трансплантатом	1,3	0,66; 2,7	0,426
Сохраняющаяся диафрагмальная дисфункция со стороны выделения левой ВГА			
Шунтирование левой ВГА «*in situ*»	0,55	0,22; 1,3	0,189
Шунтирование левой ВГА трансплантатом	4,1	1,6; 10,6	**0,004**

Примечание: *ВГА – внутренняя грудная артерия.*

Обсуждение

Установлено, что ВГА, используемая в качестве маммарокоронарного шунта, является более предпочтительным сосудом для реваскуляризации миокарда в сравнении с венозными графтами [13, 14]. Шунты из обеих ВГА имеют высокие показатели проходимости даже в отдаленном послеоперационном периоде [15, 16]. Наряду с этим у ВГА тоже существуют определенные недостатки, основным из которых считается травматичность доступа. Наиболее частой причиной приобретенной диафрагмальной дисфункции после кардиохирургических операций большинство авторов считают нарушение проводимости диафрагмального нерва со стороны выделения ВГА [3, 8, 9, 17].

Ранее было установлено что, по сравнению с другими кардиохирургическими вмешательствами, риск дисфункции диафрагмы в раннем послеоперационном периоде возрастал в 3,4 раза после двухстороннего выделения ВГА. Унилатеральная дисфункция диафрагмы имела в 2,7 раза больше шансов развития со стороны выделения левой ВГА и в 2 раза больше со стороны выделения правой ВГА [1]. Однако в нашем исследовании установлено, что к окончанию раннего послеоперационного периода после МКШ частота двухсторонней дисфункции диафрагмы снизилась в 10 раз (с 10,8% до 0,9%). При этом у большинства пациентов отмечается изменение двухсторонней дисфункции диафрагмы на одностороннюю, и таким образом, в итоге, преобладание унилатеральных поражений. Нами была установлена статистически значимая связь дисфункции каждого из куполов диафрагмы со способом выделения ВГА со стороны поражения. Шансы сохранения диафрагмальной дисфункции были в 4,4 раза выше со стороны шунтирования правой ВГА *«in situ»* и в 4,1 раза со стороны шунтирования левой ВГА трансплантатом **(рис. 5)**.

Другие способы шунтирования либо не оказывали

влияния на сохранение дисфункции со стороны выделения ВГА, либо влияние прослеживалось, но было статистически незначимым. В связи с этим, хотелось бы отметить, что во время кардиохирургических вмешательств левый и правый диафрагмальные нервы в равной степени подвержены влиянию искусственного кровообращения и многих других периоперационных факторов, кроме одного рассматриваемого в ходе нашего исследования отличия – различие в заборе ВГА со стороны сохраняющейся унилатеральной диафрагмальной дисфункции.

Чем можно объяснить разнонаправленное влияние способов МКШ, *«in situ»* и аутотрансплантатом, на вероятность сохранения дисфункции диафрагмы? Мы считаем что, на это влияет особенности анатомии и технологии выделения левой и правой ВГА.

Левая ВГА *«in situ»* при шунтировании левой коронарной артерии является кондуитом, используемым по умолчанию [18]. В то время как, использование левой ВГА свободным трансплантатом чаще вынужденное и обусловлено скомпрометированным кровотоком по артерии, поэтому основными причинами использования этого способа шунтирования служат стеноз или окклюзия первого сегмента подключичной артерии, травма при выделении или поражение атеросклерозом самой ВГА [19]. Вероятно исходное нарушение перфузии диафрагмального нерва и диафрагмы через левую ВГА, при шунтировании трансплантатом критически усугубляются, что приводит к более частому развитию диафрагмальной дисфункции.

Правая ВГА *«in situ»* является шунтом позволяющим избежать манипуляций на восходящей аорте [16, 20]. Однако, существующая проблема недостаточности длины шунта из правой ВГА *«in situ»* для достижения дистальных отделов правой или левой коронарных артерий, приводит к использованию правой ВГА в виде свободного кондуита [20-22]. Вероятно, что именно манипуляции, обеспечивающие достаточную длину шунта из правой ВГА *«in situ»* ответственны за увеличение частоты развития унилатеральной диафрагмальной дисфункции.

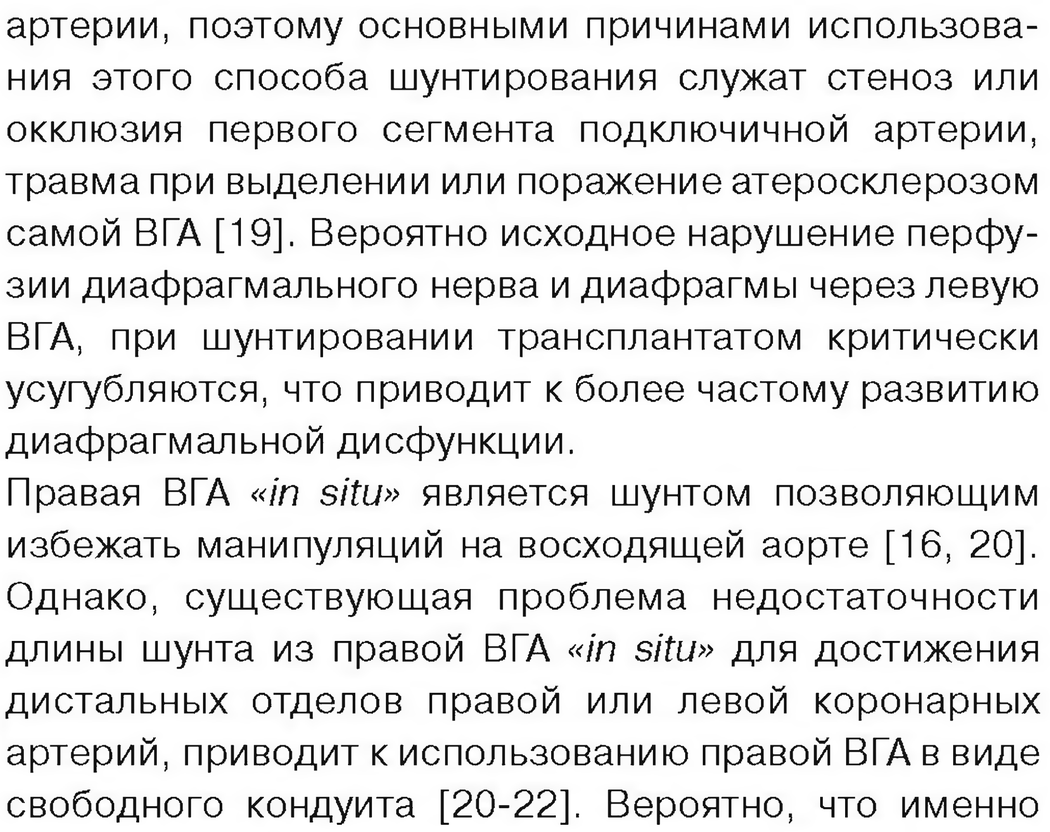

Рис. 5. *Графические результаты логистического регрессионного анализа вероятности сохранения диафрагмальной дисфункции со стороны выделения ВГА.*

Чем обусловлена обратимость послеоперационного поражения диафрагмы и относительно быстрое восстановление функции диафрагмы у 71,2% пациентов с приобретенной после МКШ диафрагмальной дисфункцией? Мы согласны с мнением ряда авторов и считаем, что развитие дисфункции диафрагмы со стороны выделения ВГА может быть вызвано не только компрессионно – травматическим повреждением диафрагмального нерва, но и развитием острой ишемической нейропатии обусловленной функционально значимым нарушением кровоснабжения со стороны выделения ВГА [23, 24].

Было выявлено, что после высокого выделения левой ВГА на 71% уменьшается перфузия левого диафрагмального нерва с вытекающими отсюда нарушениями нервной проводимости [23]. Возможно, это состояние постишемической «оглушенности» диафрагмального нерва после транзиторной ишемической атаки, отображающее дезадаптивные изменения метаболизма нервных структур и вызывающее временное нарушение функционирования диафрагмального нерва. Как следствие, развитие преходящей мышечной слабости диафрагмы. Поэтому после активизации пациентов, наполнения коллатерального русла кровообращения регрессирует нарушение нервной проводимости и восстанавливается функция диафрагмы [23]. Этого не происходит при более глубоких ишемических или компрессионно-травматических повреждениях диафрагмального нерва, когда повреждение аксонов и демиелинизация служат причинами стойкой или необратимой диафрагмальной нейропатии [24, 25]. Кроме этого, надо отметить, что обе ВГА также вносят непосредственный вклад в кровоснабжение диафрагмы. На уровне VII ребра они делятся на мышечно-диафрагмальную артерию (a. musculophrenica) и верхнюю надчревную артерию. Мышечно-диафрагмальная артерия снабжает диафрагму, мышцы пяти-шести нижних межреберных промежутков и поперечную мышцу живота, которые активно участвуют в акте дыхания. После выделения ВГА страдает кровоснабжение этих мышц, что, безусловно, вносит свой вклад в развитие дисфункции диафрагмы. Напротив, скорость и выраженность развития коллатерального кровоснабжения влияет на восстановление подвижности диафрагмы.

В заключении хотелось бы отметить, что до сих пор не сложилось единого мнения о том, как использовать для бимаммарного шунтирования правую ВГА: *«in situ»* или свободным трансплантатом, и какую конфигурацию использования обеих ВГА предпочесть в той или иной ситуации [26, 27]. Считается, что наиболее перспективным направлением является использование Y–образных конструкций из левой ВГА *«in situ»* и

свободного трансплантата из правой ВГА **(рис. 2)** [28]. Таким образом, полученные нами результаты дают основания предполагать, что предпочтительной комбинацией для бимаммарного шунтирования с позиции уменьшения частоты послеоперационной диафрагмальной дисфункции будет использование сочетания правой ВГА трансплантатом и левой ВГА *«in situ»* **(рис. 5)**.

Выводы

Приобретенная после МКШ дисфункция диафрагмы носит обратимый характер. В течение раннего послеоперационного периода у 71,2% больных происходит полное восстановление подвижности диафрагмы, распространенность диафрагмальной дисфункции уменьшается в три раза, частота двухсторонней дисфункции диафрагмы снижается в 10 раз.

Способы МКШ, *«in situ»* и аутотрансплантатом, разнонаправлено влияют на вероятность сохранения в течение раннего послеоперационного периода дисфункции диафрагмы со стороны хирургической манипуляции. Результаты исследования указывают, что шансы сохранения диафрагмальной дисфункции были в 4,4 раза выше со стороны шунтирования правой ВГА *«in situ»* и в 4,1 раза со стороны шунтирования левой ВГА трансплантатом. В то время как вероятность сохранения диафрагмальной дисфункции была низкой со стороны шунтирования правой ВГА трансплантатом и отсутствовала со стороны шунтирования левой ВГА *«in situ»*. ■

Список литературы

1. Парамонова Т.И., Вдовкин А.В., Палькова В.А. Факторы, влияющие на развитие диафрагмальной дисфункции в раннем послеоперационном периоде после кардиохирургических вмешательств. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2016; 10(2):11-16.

2. Canbaz S., Turgut N., Halici U., et al. Electrophysiological evaluation of phrenic nerve in-jury during cardiac surgery – a prospective, controlled, clinical study. *BMC Surgery.* 2004, 4:2

3. Deng Y., Byth K., Paterson H.S. Phrenic nerve injury associated with high free right internal mammary artery harvesting. *Ann Thorac Surg.* 2003; 76(2):459-463

4. Базылев В.В., Парамонова Т.И., Вдовкин А.В., и соавт. Оценка факторов, влияющих на развитие диспноэ в раннем послеоперационном периоде после кардиохирургических вмешательств. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2016; 10(4):19-27.

5. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, et al. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001; 19:827-833.

6. Matsumoto M., Konishi Y., Miwa S., et al. Effect of different methods of internal thoracic artery harvest on pulmonary function. *Ann Thorac Surg.* 1997; 63:653-655.

7. Uzun K., Kara H., Uğurlu D. The Effects Of Internal Mammary Artery Harvesting Techniques On Pulmonary Functions. *Koşuyolu Kalp Dergisi.* 2011; 14(3):76-78.

8. Diehl J.L., Lofaso F., Deleuze P., et al. Clinically relevant diaphragmatic dysfunction after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994; 107:487-498

9. Базылев В.В., Парамонова Т.И., Вдовкин А.В. Анализ положения и подвижности диафрагмы у взрослых с нормальной функцией легких до и после кардиохирургических операций. *Лучевая диагностика и терапия.* 2017; (1):53-63.

10. Davison A., Mulvey D. Idiopathic diaphragmatic weakness. *BMJ* 1992; 304:492-494

11. McCool F.D., McCool G.E. Dysfunction of the Diaphragm. *N Engl J Med.* 2012; 366:932-942

12. Kim W.Y., Suh H.J., Hong S.B., et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical Care Medicine.* 2011; 12:2627-2630.

13. Базылев В.В., Немченко Е.В., Карнахин В.А., и соавт. Флоуметрическая оценка коронарных шунтов в условиях искусственного кровообращения и на работающем сердце. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2016; 22(1):67-72.

14. Rankin J.S., Tuttle R.H., Wechsler A.S. et al. Techniques and benefit of multiple internal mammary artery bypass at 20 year of follow up. *Ann Thorac Surg.* 2007; 83:1008–1015.

15. Buxton B.F., Tatoulis J., Fuller J.A. The right internal thoracic artery: the forgotten conduit – 5,766 patients and 991 angiograms. *The Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2011; 92: 9-17.

16. Lytle B.W., Blackstone E.H., Sabik J.F. et al. The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann Thorac Surg* 2004;78(6):2005-2014.

17. Tripp H.F., Sees D.W., Lisagor P.G., et al. Is phrenic nerve dysfunction after cardiac surgery related to internal mammary harvesting? *J Card Surg.* 2001, 16(3):228-231

18. Calafiore A.M., Di Giammarco G., Teodori G., et al. Bilateral internal thoracic artery grafting with and without cardiopulmonary bypass: six-year clinical outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005; 130(2):340—345.

19. Цыгельников С.А. Внутренняя грудная артерия в хирургическом лечении ишемической болезни сердца: варианты и тактика использования, результаты. Автореферат Дис. док. мед. наук. М., 2010; 49.

20. Buxton B.F., Ruengskulrach P., Fuller J., et al. The right internal thoracic artery graft – benefits of grafting the left coronary system and native vessels with a high-grade stenosis. *The European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2000; 18: 255–261.

21. Базылев В.В., Немченко Е.В., Павлов А.А., и соавт. Сравнительные результаты реваскуляризации бассейна правой коронарной артерии с использованием бимаммарного Y-графта и аутовены. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2014; 5:11-18.

22. Вечерский Ю.Ю., Андреев С.Л., Затолокин В.В. Тактика использования правой внутренней грудной артерии «in situ» при коронарном шунтировании. *Ангиология и сосудистая хирургия.* 2015; 1(21): 148–154.

23. O'Brien J.W., Johnson S.H., VanSteyn S.J., et al. Effects of internal mammary artery dissection on phrenic nerve perfusion and function. *Ann Thorac Surg.* 1991; 52: 182-188.

24. Sharma A.D., Parmley C.L., Sreeram G., et al. Peripheral nerve injuries during cardiac surgery: risk factors, diagnosis, prognosis, and prevention. *Anesth Analg*. 2000; 91(6):1358

25. Wilcox PG, Pardy RL. Diaphragmatic weakness and paralysis. *Lung.* 1989; 167:323-341

26. Buxton B.F., Hayward P.A. The art of arterial revascularization – total arterial revascularization in patients with triple vessel coronary artery disease. *The Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2013; 2: 543–551.

27. Paterson H.S., Naidoo R., Byth K., et al. Full myocardial revascularization with bilateral internal mammary artery Y grafts. *The Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2013; 2: 444-452.

28. Акчурин Р. С., Ширяев А. А., Бранд Я. Б., и соавт. Хирургия коронарных артерий – крайности и алгоритмы реваскуляризации. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2001; 2:13-17.

References

1. Paramonova T.I., Vdovkin A.V., Pal'kova V.A. Factors, influencing the development of diaphragmatic dysfunction in the early postoperative period after cardiac surgery. *Diagnosticheskaya I interventsionnaya radiologia.* 2016; 10(2):11-16.

2. Canbaz S, Turgut N, Halici U, et al. Electrophysiological evaluation of phrenic nerve in-jury during cardiac surgery – a prospective, controlled, clinical study. *BMC Surgery.* 2004, 4:2

3. Deng Y, Byth K, Paterson HS. Phrenic nerve injury associated with high free right internal mammary artery harvesting. *Ann Thorac Surg.* 2003; 76(2):459-463

4. Bazylev V.V., Paramonova T.I., Vdovkin A.V., i soavt. Ocenka faktorov, vliyayushchih na razvitie dispnoeh v rannem posleoperacionnom periode posle kardiohirurgicheskih vmeshatel'stv. [Factors affecting the development of dyspnea in the early postoperative period after cardiac surgery] *Diagnosticheskaya i intervencionnaya radiologiya.* 2016; 10(4):19-27.

5. Bonacchi M, Prifti E, Giunti G, et al. Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2001; 19:827-833.

6. Matsumoto M., Konishi Y., Miwa S., et al. Effect of different methods of internal thoracic artery harvest on pulmonary function. *Ann Thorac Surg.* 1997; 63: 653-655.

7. Uzun K, Kara H, Uğurlu D. The Effects Of Internal Mammary Artery Harvesting Techniques On Pulmonary Functions. *Koşuyolu Kalp Dergisi.* 2011; 14(3):76-78.

8. Diehl JL, Lofaso F, Deleuze P, et al. Clinically relevant diaphragmatic dysfunction after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994; 107:487-498

9. Bazylev V.V., Paramonova T.I., Vdovkin A.V. Analiz polozheniya i podvizhnosti diafragmy u vzroslyh s normal'noj funkciej legkih do i posle kardiohirurgicheskih operacij. [Analysis of position and mobility of the diaphragm in adults with normal lung function before and after cardiac surgery.] *Luchevaya diagnostika i terapiya.* 2017;(1):53-63.

10. Davison A., Mulvey D. Idiopathic diaphragmatic weakness. *BMJ* 1992; 304:492-494

11. McCool F.D., McCool G.E. Dysfunction of the Diaphragm. *N Engl J Med.* 2012; 366:932-942

12. Kim WY, Suh HJ, Hong SB, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical Care Medicine.* 2011; 12:2627-2630.

13. Bazylev V.V., Nemchenko E.V., Karnahin V.A., i soavt. Floumetricheskaya ocenka koronarnyh shuntov v usloviyah iskusstvennogo krovoobrashcheniya i na rabotayushchem serdce. [Flowmetric estimation of coronary grafts in conditions of extracorporeal circulation and on a working heart.] *Angiologiya i sosudistaya hirurgiya.* 2016; 22(1):67-72.

14. Rankin JS, Tuttle RH, Wechsler AS. et al. Tech-

niques and benefit of multiple internal mammary artery bypass at 20 year of follow up. *Ann Thorac Surg.* 2007; 83:1008–1015.

15. Buxton BF, Tatoulis J, Fuller JA. The right internal thoracic artery: the forgotten conduit – 5,766 patients and 991 angiograms. *The Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2011; 92: 9-17.

16. Lytle BW, Blackstone EH, Sabik JF. et al. The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann Thorac Surg* 2004;78(6):2005-2014.

17. Tripp HF., Sees DW, Lisagor P.G, et al. Is phrenic nerve dysfunction after cardiac surgery related to internal mammary harvesting? *J Card Surg.* 2001, 16(3):228-231

18. Calafiore AM, Di Giammarco G., Teodori G, et al. Bilateral internal thoracic artery grafting with and without cardiopulmonary bypass: six-year clinical outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005; 130(2):340—345.

19. Cygel'nikov S.A. Vnutrennyaya grudnaya arteriya v hirurgicheskom lechenii ishemicheskoj bolezni serdca: varianty i taktika ispol'zovaniya, rezul'taty. [Internal thoracic artery in the surgical treatment of ischemic heart disease: options and tactics of use, results.] Avtoreferat Dis. dok. med. nauk. M., 2010; 49.

20. Buxton BF, Ruengskulrach P, Fuller J, et al. The right internal thoracic artery graft – benefits of grafting the left coronary system and native vessels with a high-grade stenosis. *The European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2000; 18: 255–261.

21. Bazylev V.V., Nemchenko E.V., Pavlov A.A., i soavt. Sravnitel'nye rezul'taty revaskulyarizacii bassejna pravoj koronarnoj arterii s ispol'zovaniem bimammarnogo Y-grafta i autoveny. [Comparative results of revascularization of right coronary artery basin using bimammary Y-graft and autovein.] *Grudnaya i serdechno-sosudistaya hirurgiya.* 2014; 5:11-18.

22. Vecherskij YU.YU., Andreev S.L., Zatolokin V.V. Taktika ispol'zovaniya pravoj vnutrennej grudnoj arterii «in situ» pri koronarnom shuntirovanii. [Tactics of using the right internal thoracic artery *«in situ»* in CABG surgery.] *Angiologiya i sosudistaya hirurgiya.* 2015; 1(21):148–154.

23. O'Brien JW, Johnson SH, VanSteyn SJ, et al. Effects of internal mammary artery dissection on phrenic nerve perfusion and function. *Ann Thorac Surg.* 1991; 52: 182-188.

24. Sharma AD, Parmley CL, Sreeram G, et al. Peripheral nerve injuries during cardiac surgery: risk factors, diagnosis, prognosis, and prevention. *Anesth Analg.* 2000; 91(6):1358

25. Wilcox PG, Pardy RL. Diaphragmatic weakness and paralysis. *Lung.* 1989; 167:323-341

26. Buxton BF, Hayward PA. The art of arterial revascularization – total arterial revascularization in patients with triple vessel coronary artery disease. The Annals of Cardiothoracic Surgery. 2013; 2: 543–551.

27. Paterson HS, Naidoo R., Byth K, et al. Full myocardial revascularization with bilateral internal mammary artery Y grafts. T*he Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2013; 2: 444-452.

28. Akchurin R. S., Shiryaev A. A., Brand YA. B., i soavt. Hirurgiya koronarnyh arterij – krajnosti i algoritmy revaskulyarizacii. [Surgery of coronary arteries - extremes and algorithms of revascularization.] *Grudnaya i serdechno-sosudistaya hirurgiya*. 2001; 2:13-17.