

© Коллектив авторов, 2019

УДК 616.12+616.2:616.12-005.4-036.12:616.127-089.844

*Л.А. Бокерия, О.Л. Бокерия, Л.А. Глушко, М.Ю. Мироненко, С.А. Донаканян,  
М.Б. Биниашвили, В.А. Шварц, А.Д. Петросян, А.В. Зубко*

## **Отдаленные результаты оценки состояния кардиореспираторной системы у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца после неполной реваскуляризации миокарда**

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское ш., 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, доктор мед. наук, профессор, академик РАН и РАМН, директор, orcid.org/0000-0002-6180-2619

Бокерия Ольга Леонидовна, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр., член-корр. РАН, orcid.org/0000-0002-7711-8520

Глушко Людмила Александровна, канд. мед. наук, кардиолог, врач функциональной диагностики, заведующая группой, orcid.org/0000-0002-6532-7261

Мироненко Марина Юрьевна, канд. мед. наук, врач ультразвуковой диагностики, заведующая отделением;

Донаканян Сергей Агванович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, заведующий отделением, orcid.org/0000-0003-0942-2931

Биниашвили Михаил Борисович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург, вед. науч. сотр., orcid.org/0000-0003-2988-309X

Шварц Владимир Александрович, канд. мед. наук, науч. сотр., кардиолог, orcid.org/0000-0002-8931-0376

Петросян Андрей Давидович, канд. мед. наук, сердечно-сосудистый хирург,

orcid.org/0000-0002-0001-0693

Зубко Александр Владимирович, канд. мед. наук, заведующий группой, orcid.org/0000-0001-8958-1400

**Введение.** При выраженному диффузном поражении коронарного русла возможность полной реваскуляризации достигает всего 20–30%. Неполная реваскуляризация миокарда у данной тяжелой категории пациентов направлена на улучшение параметров кардиореспираторной системы. Таким образом, актуальной задачей в определении качества лечения является оценка состояния кардиореспираторной системы у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС) в отдаленном периоде после неполной реваскуляризации.

**Цель** – проанализировать отдаленные результаты оценки состояния кардиореспираторной системы у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца после неполной реваскуляризации миокарда.

**Материал и методы.** В ФГБУ «НМИЦСХ им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ обследованы 12 пациентов с хронической ишемической болезнью сердца перед выполнением неполной реваскуляризации миокарда и в отдаленном послеоперационном периоде (средний срок послеоперационного наблюдения составил  $23,4 \pm 7,1$  мес). Средний возраст пациентов составил  $58,8 \pm 6,5$  года, средний индекс массы тела –  $30,9 \pm 2,2$  кг/м<sup>2</sup>, 91% больных – пациенты мужского пола. Кардиореспираторный нагрузочный тест с анализом газообмена проводился по методу «breath-by-breath» на аппарате Ultima CardiO2 (Medical Graphics, США). Определяли объем выполненной нагрузки (Вт), долю от прогнозных значений выполненной нагрузки, уровень анаэробного порога (мл/кг/мин), максимального потребления кислорода (peak VO<sub>2</sub>, мл/кг/мин), долю от значений нормы кислородного пульса (%), вентиляторную эффективность (VE/VCO<sub>2</sub>). В зависимости от объема оперативного вмешательства пациенты были рандомизированы на четыре группы.

**Результаты.** В отдаленные сроки после выполненной неполной реваскуляризации миокарда у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца отмечается статистически достоверное улучшение параметров кардиореспираторной системы ( $p < 0,05$ ). Зарегистрировано повышение медианы объема выполненной нагрузки – с 117 (106; 136) до 141 (123; 158,5) Вт, повышение медианы анаэробного порога у пациентов в послеоперационном периоде с 12,1 (9,6; 13,2) до 13,2 (10,5; 15,2) мл/кг/мин. Прирост медианы peak VO<sub>2</sub> с 12,8 (10,6; 13,2) до 16 (11,5; 18,7) мл/кг/мин отражал повышение порога толерантности к физической нагрузке, что сопровождалось снижением функционального класса (ФК) хронической сердечной недостаточности

(с  $3,16 \pm 0,42$  до  $1,33 \pm 0,97$  ФК) и стенокардии (с  $2,75 \pm 0,48$  до  $0,5 \pm 0,96$  ФК). Повышение вентиляторной эффективности отражалось в снижении медианы коэффициента  $VE/VCO_2$  с  $35,1$  ( $32; 39$ ) до  $30$  ( $27,2; 33,6$ ) и снижении вентиляторного класса (с  $2,5 \pm 0,84$  до  $1,5 \pm 1,4$  ФК).

**Заключение.** В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца на фоне неполной реваскуляризации миокарда отмечается повышение физической работоспособности и вентиляторной эффективности.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система; реваскуляризация миокарда; хроническая ишемическая болезнь сердца.

**Для цитирования:** Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Глушко Л.А., Мироненко М.Ю., Донаканян С.А., Биниашвили М.Б., Шварц В.А., Петросян А.Д., Зубко А.В. Отдаленные результаты оценки состояния кардиореспираторной системы у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца после неполной реваскуляризации миокарда. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2019; 20 (7–8): 602–9. DOI: 10.24022/1810-0694-2019-20-7-8-602-609

**Для корреспонденции:** Глушко Людмила Александровна, E-mail: laglushko@bakulev.ru

*L.A. Bockeria, O.L. Bockeria, L.A. Glushko, M.Yu. Mironenko, S.A. Donakanyan,  
M.B. Biniashvili, V.A. Shvarts, A.D. Petrosyan, A.V. Zubko*

## **Long-term results of state assessment of cardiorespiratory system in patients with chronic ischemic heart disease after incomplete myocardial revascularization**

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Ministry of Health of the Russian Federation, Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Leo A. Bockeria, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of RAS, Director, orcid.org/0000-0002-6180-2619

Ol'ga L. Bockeria, Dr. Med. Sc., Professor, Chief Researcher, Corresponding Member of RAS, orcid.org/0000-0002-7711-8520

Lyudmila A. Glushko, Cand. Med. Sc., Cardiologist, Functional Diagnostician, Head of Groupe, orcid.org/0000-0002-6532-7261

Marina Yu. Mironenko, Cand. Med. Sc., Ultrasound Diagnostician, Head of Department;

Sergey A. Donakanyan, Cand. Med. Sc., Cardiovascular Surgeon, Head of Department, orcid.org/0000-0003-0942-2931

Mikhail B. Biniashvili, Cand. Med. Sc., Cardiovascular Surgeon, Leading Resercher, orcid.org/0000-0003-2988-309X

Vladimir A. Shvarts, Cand. Med. Sc., Researcher, Cardiologist, orcid.org/0000-0002-8931-0376

Aleksandr V. Zubko, Cand. Med. Sc., Head of Group, orcid.org/0000-0001-8958-1400

**Background.** The quantity of stenosed coronary arteries predetermines a possibility of carrying out full revascularization. Thus, in 90% of cases with single vascular lesions of the coronary artery, complete myocardial revascularization is possible. With a pronounced diffuse lesion of the coronary bed, the possibility of complete revascularization reaches only 20–30%. Evaluation of the long-term postoperative results of the state of cardiorespiratory system in patients with chronic ischemic heart disease after incomplete revascularization is relevant.

**Aim** – to evaluate the long-term results of the cardiorespiratory system in patients with chronic coronary heart disease after incomplete myocardial revascularization.

**Material and methods.** In Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Ministry of Health of the Russian Federation were examined 12 patients with chronic coronary artery disease before and after a surgical incomplete myocardial revascularization (the average period of postoperative follow-up was  $23,4 \pm 7,1$  months). The average age of patients was  $58,8 \pm 6,5$  years, the average body mass index –  $30,9 \pm 2,2$  kg/m<sup>2</sup>, of which 91% ( $n = 11$ ) – male patients. Cardiorespiratory exercise test was conducted according to Ramp Protocol. Analysis of gas exchange was carried out by the method of «breath-by-breath» on the device (Ultima CardiO2, Medical Graphics, USA). The volume of the performed work (WR, W), % of the predicted values of the performed work, the level of anaerobic threshold (AT, ml/kg/min), the maximum oxygen consumption (peak VO<sub>2</sub>, ml/kg/min), oxygen pulse (O<sub>2</sub> pulse, ml/bmp), % of predicted oxygen pulse values,%, ventilatory efficiency (VE/VCO<sub>2</sub>) were determined. Depending on the volume of surgery, the patients were randomized into 4 groups.

**Results.** In the postoperative period in patients with chronic coronary heart disease there was a statistically significant improvement in the parameters of the cardiorespiratory system ( $p < 0,05$ ). The increase in the median volume of the performed work was registered – from 117 (106; 136) W to 141,5 (123; 158,5) W, the median % of the predicted values of work – from 72 (62; 80) % to 86 (79; 97,5)%. The increase in the median level of anaerobic threshold in patients in the postoperative period (from 12,1 (9,6; 13,2) to 13,2 (10,5; 15,2) ml/kg/min). The increase in the median peak VO<sub>2</sub> (from 12,8 (10,6; 13,2) to 16 (11,5; 18,7) ml/kg/min, which was accompanied by a decrease in the functional class (FC) of chronic heart failure (from  $3,16 \pm 0,42$  to  $1,33 \pm 0,97$  FC) and angina (from  $2,75 \pm 0,48$  to  $0,5 \pm 0,96$  FC). The increase in ventilatory efficiency was reflected in a decrease of the median VE/VCO<sub>2</sub> ratio from 35,1 (32; 39) to 30 (27,2; 33,6) and a decrease of the ventilatory class (from  $2,5 \pm 0,84$  to  $1,5 \pm 1,4$  FC).

**Conclusion.** The obtained results of cardiorespiratory exercise testing made it possible to objectively assess the long-term results of the state of the cardiorespiratory system in patients with chronic coronary heart disease after incomplete myocardial revascularization. In the long-term postoperative period in patients with chronic coronary heart disease on the background of incomplete myocardial revascularization there is an increase in physical performance and ventilatory efficiency.

**Keywords:** cardiorespiratory system; myocardial revascularization; chronic ischemic heart disease.

**For citation:** Bockeria L.A., Bockeria O.L., Glushko L.A., Mironenko M.Yu., Donakanyan S.A., Biniashvili M.B., Shvarts V.A., Petrosyan A.D., Zubko A.V. Long-term results of state of cardiorespiratory system in patients with chronic ischemic heart disease after incomplete myocardial revascularization. *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2019; 20 (7–8): 602–9 (in Russ.). DOI: 10.2402/1810-0694-2019-20-7-8-602-609

**For correspondence:** Lyudmila A. Glushko; E-mail: laglushko@bakulev.ru

**Acknowledgements.** The materials were prepared with the support of the complex theme “Diagnosis and monitoring of gas exchange rates in patients with heart failure who need surgical treatment”.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received July 18, 2019

Accepted July 20, 2019

## Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) практически во всех странах мира, в зависимости от урбанизации, уровня жизни, прочих социальных факторов, занимает ведущее место среди нозологических форм, определяющих высокую летальность и заболеваемость. В силу особенностей естественного течения ИБС пациенты длительное время не обращаются к врачу и госпитализируются в стационар при обострении ИБС – развитии острого инфаркта миокарда (ОИМ), стенокардии высокого функционального класса, иных тяжелых осложнений [1, 2]. Пациенты с выраженным поражением коронарного русла находятся в группе риска развития послеоперационных кардиореспираторных осложнений, обусловлены как основным, так и фоновыми заболеваниями [3, 4]. Количество стенозированных коронарных артерий предопределяет возможность проведения полной реваскуляризации. Так, в 90% случаев при односуди-

стом поражении коронарной артерии возможно проведение полной реваскуляризации миокарда. При выраженном диффузном (рис. 1) поражении коронарного русла возможность полной реваскуляризации составляет всего 20–30% [5].

В связи с ростом числа проводимых хирургических реваскуляризаций миокарда у пациентов с хронической ИБС возрастает необходимость выполнения такой процедуры у больных с многососудистым поражением коронарного русла, в том числе неполной реваскуляризации миокарда. Интегральная оценка функционального состояния кардиореспираторной системы в отдаленном периоде у пациентов после неполной реваскуляризации миокарда является актуальной задачей.

Цель данного исследования – оценить состояние кардиореспираторной системы у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца в отдаленном периоде после неполной реваскуляризации миокарда.

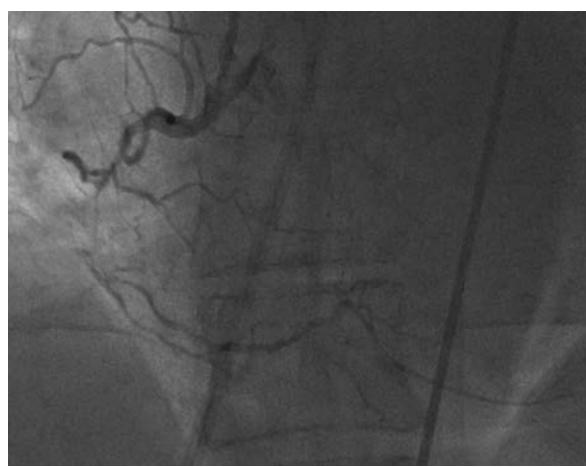


Рис. 1. Диффузное поражение системы правой (a) и левой (б) коронарных артерий

## Материал и методы

В ФГБУ «НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева» МЗ РФ обследованы 12 пациентов с хронической ИБС предоперационно и в отдаленные сроки после хирургической реваскуляризации миокарда (средний период послеоперационного наблюдения составил  $23,4 \pm 7,1$  мес) (табл. 1).

Пациенты были с сохранной сократительной способностью миокарда левого желудочка (по данным эхокардиографического исследования медиана фракции выброса левого желудочка составила 49,7 (48,3; 53,8) %.

**Кардиореспираторный нагрузочный тест.** Кардиореспираторный нагрузочный тест проводился по протоколу Ramp [1, 6–10] с компьютерной спирометрией. Анализ газообмена выполняли по методу «breath-by-breath» на аппарате (Ultima CardiO2, Medical Graphics, США) (рис. 2) [3, 4, 10–12]. Все кардиореспираторные нагрузочные тесты были проведены с соблюдением требований рекомендаций ACC/AHA Practice Guidelines Update for Exercise Testing. Причинами прекращения теста были: горизонтальная или косонисходящая депрессия сегмента ST 2 мм и более, появление во время исследования нарушений ритма и проводимости; жалобы пациента на усталость, одышку, боль в ногах, нарастающую стенокардию; выраженный гипертонический тип реакции на физическую нагрузку (свыше 250/115 мм рт. ст.).

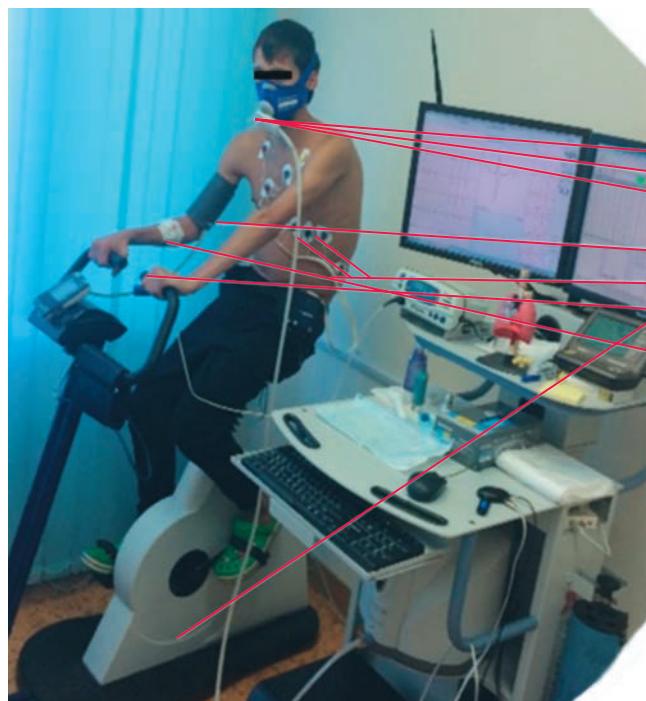


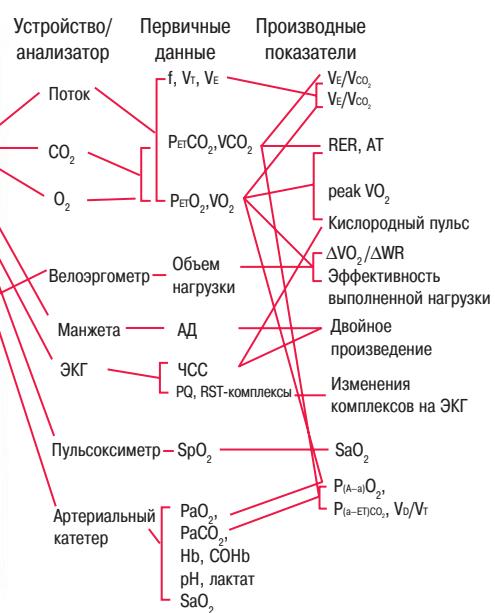
Рис. 2. Проведение кардиореспираторного нагрузочного тестирования с компьютерной спирометрией у пациента с хронической ишемической болезнью сердца для объективной оценки состояния кардиореспираторной системы

Таблица 1  
Базовая характеристика пациентов ( $n = 12$ )

Параметр	Значение
Возраст, лет, $M \pm SD$	$58,8 \pm 6,5$
Число пациентов мужского/женского пола, $n$ (%)	11 (91,7)/1 (8,3)
ИМТ, кг/м <sup>2</sup> , $M \pm SD$	$30,9 \pm 2,2$
Наличие перенесенных ОИМ, $n$ (%)	10 (83)
Артериальная гипертензия, $n$ (%)	12 (100)
Сахарный диабет, $n$ (%)	4 (33,3)
Курение в анамнезе, $n$ (%)	11 (91,7)
ХОБЛ, $n$ (%)	7 (58,3)
ФВ ЛЖ, %, Me (Q25,Q75)	49,7 (48,3; 53,8)

Примечание. ИМТ – индекс массы тела; ОИМ – острый инфаркт миокарда; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка.

Определяли объем выполненной нагрузки (Вт), проценты от прогнозных значений, уровень анаэробного порога (АП, мл/кг/мин), максимальное потребление кислорода (peak  $\dot{V}O_2$ , мл/кг/мин), кислородный пульс ( $O_2$  pulse, мл/уд), процент от значений нормы, вентиляторную эффективность ( $VE/VCO_2$ ) [8, 13, 14]. В зависимости от объема оперативного вмешательства пациенты были рандомизированы на четыре группы: 1-я группа ( $n = 3$ ) – аортокоронарное шунтирование (АКШ), трансмиокардialная лазерная реваскуляризация (ТМЛР) и введение аутологичных стволовых клеток костного мозга (АСККМ); 2-я группа ( $n = 2$ ) – выполнение аортокоронарного



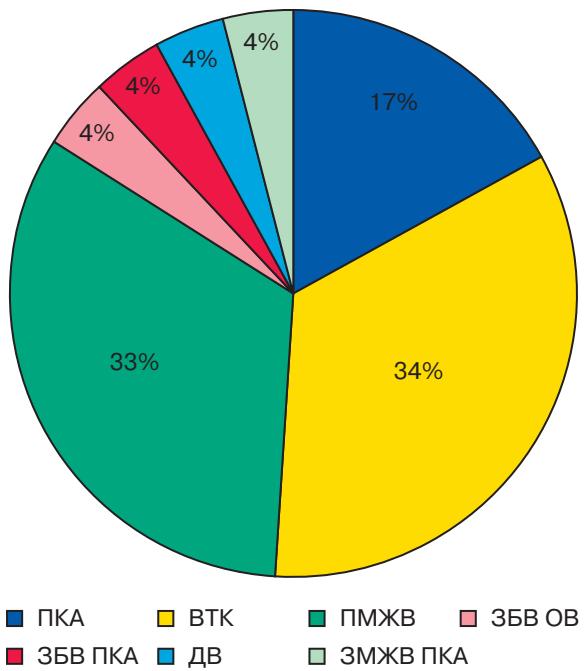


Рис. 3. Частота процедур реваскуляризации коронарных артерий у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца

шунтирования и трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации; 3-я группа ( $n=5$ ) — проведение аортокоронарного шунтирования; 4-я группа ( $n=2$ ) — выполнение аортокоронарного шунтирования и введение аутологичных стволовых клеток костного мозга.

У большинства пациентов с многососудистым поражением коронарного русла выполнялась хирургическая реваскуляризация ветви тупого края (ВТК; 34% случаев), передней межжелудочковой ветви (ПМЖВ; 33%) и правой коронарной артерии (ПКА; 17%). Также проводилась реваскуляризация заднебоковой ветви огибающей артерии (ЗБВ ОВ), заднебоковой ветви правой коронарной артерии, диагональной ветви (ДВ) и задней межжелудочковой ветви (ЗМЖВ) правой коронарной артерии (рис. 3).

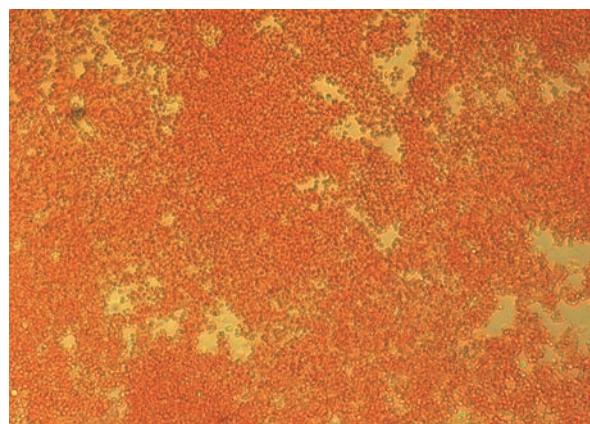


Рис. 4. Световая микроскопия пунктата костного мозга (а); фотография костномозговых мононуклеаров, полученная с использованием автоматического счетчика клеток (Countess) (б)

До рандомизации всем пациентам выполнялась сцинтиграфия миокарда в целях определения зон ишемии и выбора тактики хирургического лечения. Так, пациентам 1-й группы (АКШ+ТМЛР+АСККМ) прямая реваскуляризация миокарда проводилась с дополнением в виде трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации с имплантацией аутологичной мононуклеарной фракции стволовых клеток костного мозга. Во 2-й группе (АКШ+ТМЛР) операция АКШ выполнялась с дополнением только трансмиокардиальной лазерной реваскуляризацией. Пациенты 3-й группы перенесли изолированное АКШ, несмотря на невозможность выполнения полной реваскуляризации, а в 4-й группе (АКШ+АСККМ) пациентам выполнялось АКШ в сочетании с имплантацией аутологичной мононуклеарной фракции стволовых клеток костного мозга. Заборpunktата (в объеме 40–60 мл) костного мозга проводили непосредственно в день оперативного вмешательства за 1–2 ч до транспортировки пациента в операционную. Выделение необходимого пула клеток осуществлялось с помощью центрифугирования и магнитной сепарации в лаборатории клеточных технологий НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева МЗ РФ (рис. 4). На заключительном этапе выделения этих клеток для определения возможности их применения оценивали жизнеспособность полученного клеточного материала.

Трансмиокардиальные лазерные каналы создавались в бессосудистой зоне при помощи CO<sub>2</sub>-лазерной установки «Перфокор» под контролем чреспищеводной ЭхоКГ с последующей инъекцией АСККМ вокруг каналов с использованием инсулинового шприца. Стволовые клетки вводили в соответствующую зону миокарда ЛЖ по 0,2 мкл за одну инъекцию.

Статистический анализ проводился с помощью программы Statistica 8.0 (StatSoft Inc.).



При анализе показателей кардиореспираторного нагрузочного тестирования с помощью теста Шапиро–Уилка было выявлено отличное от нормального распределение величин, в связи с чем для сравнения показателей применены непараметрические методы.

Динамика показателей кардиореспираторной системы для зависимых величин оценивалась с использованием непараметрического сравнительного анализа по Вилкоксону. При  $p < 0,05$  различия показателей считались статистически достоверными.

## Результаты

В отдаленные сроки ( $23,4 \pm 7,1$  мес) после реваскуляризации миокарда обследованы

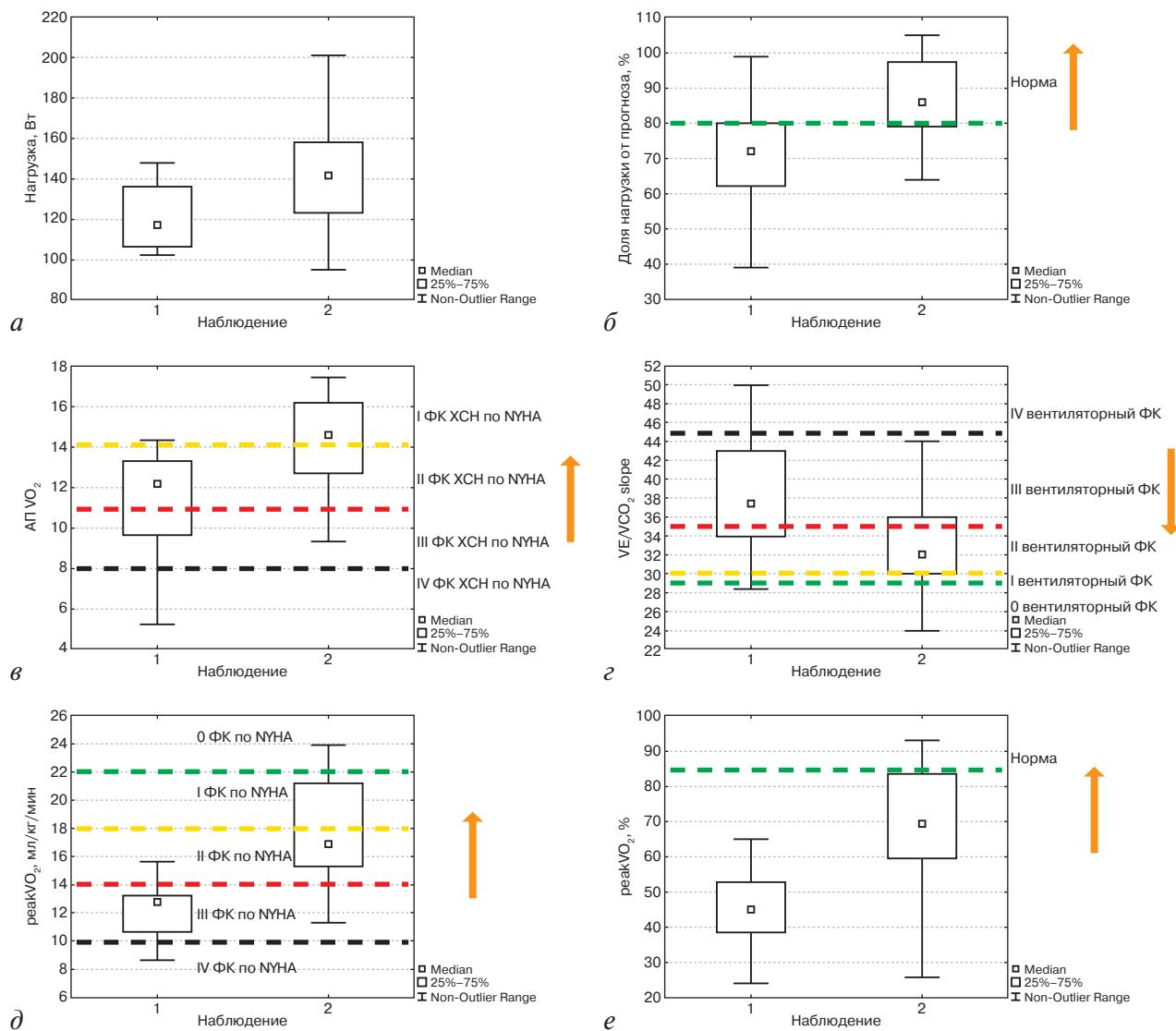


Рис. 5. Динамика показателей кардиореспираторной системы у пациентов в отдаленном послеоперационном периоде:

а – объем выполненной нагрузки; б – объем выполненной нагрузки в процентах от нормы; в – вентиляторный аэробный порог (AP VO<sub>2</sub>); г – вентиляторный эквивалент по углекислому газу (VE/VCO<sub>2</sub>); д – пиковое потребление кислорода (peakVO<sub>2</sub>); е – пиковое потребление кислорода в процентах от нормы

Зеленой пунктирной линией отделены показатели нормы от сниженных показателей, желтой – разграничены I и II ФК, красной – II и III ФК, черной – III и IV ФК

12 пациентов. Летальных исходов не наблюдалось.

При оценке функции кардиореспираторной системы отмечалось статистически достоверное улучшение показателей: выполненной нагрузки (с 117 (106; 136) до 141,5 (123; 158,5) Вт (рис. 5, а) и в процентах от нормы (с 72 (62; 80) до 86,0 (79; 97,5)% (рис. 5, б), что отражает повышение порога толерантности к физической нагрузке. Увеличение физической активности пациентов проявилось повышением вентиляторного аэробного порога (с 12,1 (9,6; 13,2) до 13,2 (10,5; 15,2) мл/кг/мин) (рис. 5, в). В отдаленном послеоперационном периоде отмечалось повышение вентиляторной эффективности, что проявлялось снижением вентиляторного класса и вентиляторного эквивалента по углекислому

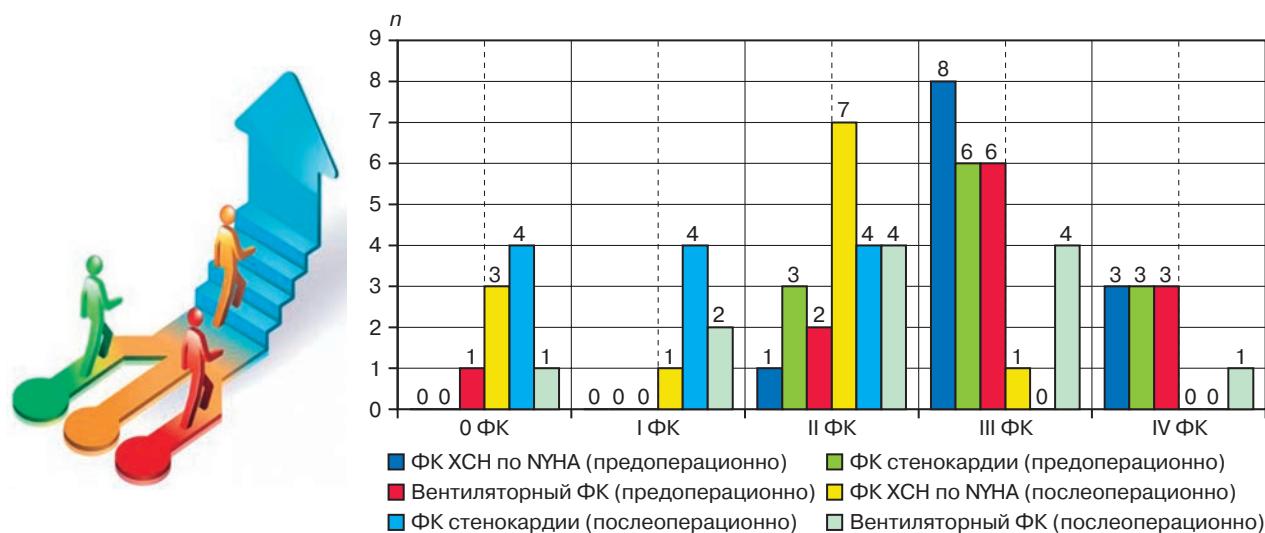


Рис. 6. Распределение обследованных пациентов по функциональным классам хронической сердечной недостаточности, стенокардии и вентиляторным классам

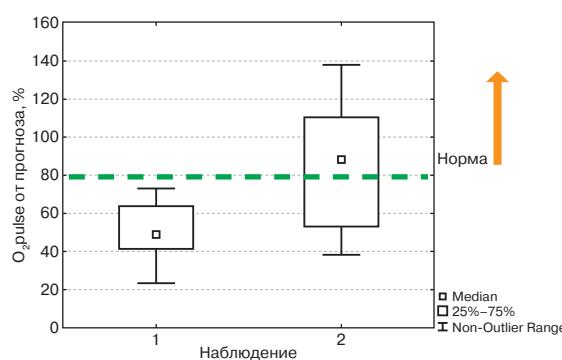


Рис. 7. Динамика кислородного пульса в отдаленном послеоперационном периоде

газу ( $VE/VCO_2$  slope) с 37,4 (33,8; 43,0) до 32,0 (30,0; 36,0) (рис. 5, г).

Отмечалось статистически достоверное повышение пикового потребления кислорода как в абсолютных (с 12,8 (10,7; 13,2) до 16,0 (11,5; 18,7) мл/кг/мин (рис. 5, д)), так и в относительных величинах (с 44 (41; 47) до 69 (51; 85) % от нормы (рис. 5, е)). Повышение пикового потребления кислорода сопровождалось снижением функционального класса стенокардии и хронической сердечной недостаточности (рис. 6) [1, 15–17]. Также отмечалось статистически достоверное повышение кислородного пульса в процентах от нормы (до 78,0 (47,5; 107,5)%) (рис. 7).

## Заключение

По данным литературы, при ишемической болезни сердца наблюдается ухудшение функционального состояния кардиореспираторной системы (снижаются толерантность к физической нагрузке, объем выполненной нагрузки, нарушается кинетика потребления кислорода, повышается вентилятор-

ный эквивалент по углекислому газу [4, 8, 10]). Кроме того, в раннем послеоперационном периоде у пациентов кардиохирургического профиля дополнительно снижаются параметры кардиореспираторной системы после срединной стернотомии или боковой торакотомии, при длительном нахождении на искусственной вентиляции легких.

В результате реваскуляризации миокарда у пациентов в отдаленном периоде снижается симптом-лимитированная гиподинамия, повышается уровень физической активности, толерантность к физическим нагрузкам, вентиляторная эффективность.

Неинвазивная методика интегральной оценки состояния кардиореспираторной системы позволяет оценить клиническую эффективность выполненного хирургического вмешательства у пациентов кардиохирургического профиля в отдаленном послеоперационном периоде.

**Финансирование.** Материалы подготовлены при поддержке комплексной темы «Диагностика и мониторинг показателей газообмена у пациентов с сердечной недостаточностью, нуждающихся в оперативном лечении».

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература [References]

- Montalescot G., Sechtem U., Achenbach S., Andreotti F., Arden Ch., Budaj A. et al. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology. *Eur. Heart J.* 2013; 34: 2949–3003. DOI: 10.1016/j.rec.2013.11.008
- Prise en charge du coronarien opéré en chirurgie non cardiaque [Perioperative assessment of cardiac risk patient in non-cardiac surgery]. *Ann. Fr. Anesth. Reanim.* 2011; 30: e5–e29. DOI: 10.1016/j.annfar.2011.05.013

3. Goodey S.J., Yow H., Saedon M., Shakespeare J., Hill Ch.E., Watson D. et al. Risk stratification by pre-operative cardiopulmonary exercise testing improves outcomes following elective abdominal aortic aneurysm surgery: a cohort study. *Perioper. Med. (Lond.)*. 2013; 2: 10. DOI: 10.1186/2047-0525-2-10
4. Guazzi M. Abnormalities in cardiopulmonary exercise testing ventilatory parameters in heart failure: pathophysiology and clinical usefulness. *Curr. Heart Fail. Rep.* 2014; 11: 80–7. DOI: 10.1007/s11897-013-0183-3
5. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Шварц В.А., Петровсян А.Д., Донаканян С.А., Биниашвили М.Б. и др. Рандомизированное открытое одноцентровое сравнительное клиническое исследование альтернативных стратегий хирургического лечения больных ишемической болезнью сердца при невозможности полной реваскуляризации миокарда. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН*. 2018; 19 (4): 495–502. DOI: 10.24022/1810-0694-2018-19-4-495-502  
[Bockeria L.A., Bockeria O.L., Shvarts V.A., Petrovсян A.D., Donakanyan S.A., Biniashvili M.B. et al. Randomized open clinical comparative study of alternative methods for incomplete myocardial revascularization in patients with ischemic heart disease – «RENAIS-SANCE». *The Bulletin of Bakoulev Center. Cardiovascular Diseases*. 2018; 19 (4): 495–502 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2018-19-4-495-502]
6. Fihn S.D., Blankenship J.C., Alexander K.P., Bittl J.A., Byrne J.G., Fletcher B.J. et al. 2014 ACC/AHA/AATS/PCNA/SCAI/STS focused update of the guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American Association for Thoracic Surgery. Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015; 149: e5–e23. DOI: 10.3410/f.2671959.2334057
7. Fletcher G.F., Ades P.A., Kligfield P., Arena R., Balady G.J., Bittner V.A. et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2013; 128: 873–934. DOI: 10.1161/cir.0b013e31829b5b44
8. Wasserman K., Hansen J., Sietsema K. et al. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 4th ed. Lippincott, Philadelphia: Williams and Wilkins; 2005.
9. Wolk M.J., Bailey S.R., Doherty J.U., Douglas P.S., Hendel R.C., Krame Ch.M. et al. ACCF/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2013 multimodality appropriate use criteria for the detection and risk assessment of stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Heart Association, American Society of Echocardiography, American Society of Nuclear
- Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2014; 63: 380–406. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.11.009
10. Guazzi M., Adams V., Conraads V., Halle M., Mezzani A., Vanhees L. et al. EACPR/AHA Joint Scientific Statement. Clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur. Heart J.* 2012; 33: 2917–27. DOI: 10.1093/euroheartj/ehs221
11. Guazzi M., Arena R., Halle M., Piepoli M.F., Myers J., Lavie C.J. 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Circulation*. 2016; 133: e694–e711. DOI: 10.1161/cir.0000000000000406
12. Voss F., Schueler M., Lauterbach M., Bauer A., Katus H.A., Becker R. Safety of symptom-limited exercise testing in a big cohort of a modern ICD population. *Clin. Res. Cardiol.* 2016; 105: 53–8. DOI: 10.1007/s00392-015-0885-5
13. Arena R., Myers J., Abella J., Peberdy M.A., Bensimhon D., Chase P., Guazzi M. Development of a ventilatory classification system in patients with heart failure. *Circulation*. 2007; 115: 2410–7. DOI: 0000-0001-5556-6616
14. Cohen-Solal A., Tabet J.Y., Logeart D., Bourgoin P., Tokmakova M., Dahan M. A non-invasively determined surrogate of cardiac power ('circulatory power') at peak exercise is a powerful prognostic factor in chronic heart failure. *Eur. Heart J.* 2002; 23: 806–14. DOI: 10.1053/euhj.2001.2966
15. Myers J., Arena R., Cahalin L.P., Labate V., Guazzi M. Cardiopulmonary exercise testing in heart failure. *Curr. Probl. Cardiol.* 2015; 40: 322–72. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2015.01.009
16. Piepoli M.F., Hoes A.W., Agewall S., Albus Ch., Brotons C., Catapano A.L. et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts). Developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *Eur. Heart J.* 2016; 37: 2315–81. DOI: 10.1093/euroheartj/ehw106
17. Ponikowski P., Voors A.A., Anker S.D., Bueno H., Cleland J.G.F., Coats A.J.S. et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur. J. Heart Fail.* 2016; 18: 891–975. DOI: 10.1002/ejhf.592

Поступила 18.07.2019

Принята к печати 20.07.2019