

## Гемодинамический статус пациентов с различными вариантами коморбидности ишемической болезни сердца до и после коронарного шунтирования

Гельцер Б.И.<sup>1</sup>, Сергеев Е.А.<sup>1</sup>, Котельников В.Н.<sup>1</sup>, Силаев А.А.<sup>1</sup>, Карпов Р.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)  
Россия, 690091, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт (НИИ) кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр (НИМЦ) Российской академии наук  
Россия, 634012, г. Томск, ул. Киевская, 111а

### РЕЗЮМЕ

**Цель** – оценить гемодинамический статус методом транспульмональной термодилуции (ТПТД) у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) с различными вариантами коморбидности до и после коронарного шунтирования (КШ).

**Материалы и методы.** Обследованы 66 больных ИБС (40 мужчин и 26 женщин) в возрасте 53–77 лет, поступивших на плановое КШ, которые были разделены на три группы коморбидности: кардиоваскулярную, респираторную и метаболическую. Первая из них представлена сочетанием ИБС и мультифокального атеросклероза, вторая – ИБС и хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), третья – ИБС и метаболического синдрома (МС). Всем больным проведено КШ в условиях искусственного кровообращения (ИК). Показатели гемодинамики регистрировали методом ТПТД с использованием модуля Pulsion Picco Plus (Германия) на трех этапах: после начала искусственной вентиляции легких (I этап), после завершения ИК (II этап) и через 24 ч после КШ (III этап).

**Результаты.** Больные ИБС с различными вариантами коморбидности отличались характерными признаками гемодинамических изменений. При сочетании ХОБЛ и ИБС после отхода от ИК и через 24 ч после КШ отмечен наиболее высокий индекс системного сосудистого сопротивления, минимальные значения глобальной фракции изгнания, менее заметное по отношению к другим группам больных снижение глобального конечного диастолического объема и легочного объема крови. При респираторной и метаболической коморбидности фиксировались максимальные значения индексов внесосудистой жидкости в легких и проницаемости легочных сосудов. У больных с кардиоваскулярной коморбидностью нарушения гемодинамического и волемического статуса в динамике наблюдения были менее выраженными.

**Заключение.** Использование метода ТПТД у больных ИБС до и после КШ позволяет детализировать функциональный статус системы кровообращения при различных вариантах коморбидности, что повышает эффективность риск-стратификации и точность прогнозирования возможных осложнений.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, коронарное шунтирование, коморбидность, транспульмональная термодилуция.

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

**Источник финансирования.** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 19-29-01077).

**Соответствие принципам этики.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Дальневосточного федерального университета (протокол № 12 от 15.11.2017).

**Для цитирования:** Гельцер Б.И., Сергеев Е.А., Котельников В.Н., Силаев А.А., Карпов Р.С. Гемодинамический статус пациентов с различными вариантами коморбидности ишемической болезни сердца до и после коронарного шунтирования. *Бюллетень сибирской медицины*. 2021; 20 (3): 29–37. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2021-3-29-37>.

## Hemodynamic status of patients with different comorbidities of ischemic heart disease before and after coronary artery bypass grafting

Geltser B.I.<sup>1</sup>, Sergeev E.A.<sup>1</sup>, Kotelnikov V.N.<sup>1</sup>, Silaev A.A.<sup>1</sup>, Karpov R.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Federal University (FEFU)

6, Sukhanova Str., Vladivostok, 690091, Russian Federation

<sup>2</sup> Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center (NRMC), Russian Academy of Sciences  
111a, Kievskaya Str., Tomsk, 634012, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim.** To assess the hemodynamic status by transpulmonary thermodilution (TPTD) in patients with ischemic heart disease (IHD) with different comorbidities before and after coronary artery bypass grafting (CABG).

**Materials and methods.** 66 patients with IHD (40 men and 26 women) aged 53 to 77 years who were admitted for planned CABG were examined. The patients were divided into three groups according to the comorbidity: cardiovascular, respiratory, and metabolic. The first comorbidity was represented by a combination of IHD and multifocal atherosclerosis, the second – by IHD and chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and the third – by IHD and metabolic syndrome (MS). All patients underwent CABG with the use of cardiopulmonary bypass. Hemodynamic parameters were recorded by the TPTD method using the Pulsion Picco Plus module (Germany) at 3 stages: after the start of mechanical ventilation (stage I), after the completion of cardiopulmonary bypass (stage II), and 24 hours after CABG (stage III).

**Results.** The patients with IHD with different comorbidities differed in characteristic signs of hemodynamic changes. In IHD with comorbid COPD, after withdrawal from the cardiopulmonary bypass and 24 hours after CABG, the highest index of systemic vascular resistance, the minimum values of the global ejection fraction, and a decrease in the global end-diastolic volume and pulmonary blood volume less noticeable compared with other groups of patients were noted. With comorbid respiratory and metabolic disorders, the maximum values for the indices of extravascular lung water and pulmonary vascular permeability were recorded. In the patients with a comorbid cardiovascular disease, hemodynamic and volume status violations in the dynamic follow-up were less pronounced.

**Conclusion.** The use of the TPTD method in patients with IHD before and after CABG makes it possible to specify the functional state of the circulatory system in different comorbidities, which increases the effectiveness of risk stratification and the accuracy of predicting possible complications.

**Key words:** ischemic heart disease, coronary artery bypass grafting, comorbidity, transpulmonary thermodilution.

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

**Source of financing.** This study was carried out within the framework and with financial support of the RFBR grant No. 19-29-01077.

**Conformity with the principles of ethics.** All patients signed an informed consent to participate in the study. The study was approved by the local Ethics Committee at Far Eastern Federal University (Protocol No. 12 of 15.11.2017).

**For citation:** Geltser B.I., Sergeev E.A., Kotelnikov V.N., Silaev A.A., Karpov R.S. Hemodynamic status of patients with different comorbidities of ischemic heart disease before and after coronary artery bypass grafting. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2021; 20 (3): 29–37. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2021-3-29-37>.

## ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) сохраняет одну из лидирующих позиций среди причин смертности населения во всем мире. По данным литературы, у 70% больных ИБС фиксируются различные варианты коморбидной патологии, которые нередко модифицируют клиническую картину основного заболевания и снижают эффективность фармакотерапии [1]. К наиболее распространенным формам коморбидности ИБС относят ее комбинации с другими заболеваниями сердечно-сосудистой системы, а также с метаболическим синдромом (МС) и хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ). Так, сочетание атеросклеротической окклюзии сонных и коронарных артерий (КА) имеет место у 75% пациентов, а комбинация ИБС с хронической ишемией нижних конечностей – у 37–78% [2]. МС верифицируют у 24% пациентов, направляемых на коронарное шунтирование (КШ), а ХОБЛ – у 35% [3].

По данным Американского общества торакальных хирургов, при коморбидности ИБС и МС риск послеоперационных осложнений увеличивается в 1,4 раза [3]. Исследование с использованием шкалы SYNTAX-II показало, что вероятность неблагоприятного госпитального периода после КШ при сочетании ХОБЛ и ИБС увеличивается в 2 раза [4]. У больных с сосудистой коморбидностью в зависимости от количества поврежденных атеросклерозом артериальных бассейнов риск послеоперационных сердечно-сосудистых событий возрастает с 1,64 до 10,5 раз по сравнению с изолированным поражением КА.

Высокая вероятность осложнений и неблагоприятного прогноза хирургического вмешательства у больных ИБС с коморбидной патологией определяет необходимость более тщательного контроля за функциональным статусом аппарата кровообращения на всех этапах госпитального периода [5]. В рутинной клинической практике в качестве методов гемодинамического мониторинга используют электрокардиографию, эхокардиографию, пульсоксиметрию, не инвазивное и инвазивное измерение артериального давления, регистрацию центрального венозного давления. Однако общепринятые методы исследования гемодинамики не всегда обеспечивают персонализированный подход к оценке функционального состояния системы кровообращения, что особенно важно в случаях высокого риска осложнений, ассоциированных с различными вариантами коморбидности.

В ряде работ показано, что использование современных технологий волюметрического и гемодинамического мониторинга существенно повышает эффективность ранней диагностики неблагоприятных

сердечно-сосудистых событий. К таким технологиям относят метод транспульмональной термодилуции, применение которого позволяет объективно оценить волемический и гемодинамический статус больных и своевременно осуществлять его коррекцию [6].

Цель настоящего исследования – оценить гемодинамический статус методом транспульмональной термодилуции у больных ИБС с различными вариантами коморбидности до и после КШ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В проспективное обсервационное клиническое исследование включены 66 больных ИБС (40 мужчин и 26 женщин) в возрасте 53–77 лет (с медианой 66 лет), поступивших в Медицинский центр Дальневосточного федерального университета для планового КШ. В зависимости от превалирования клинических проявлений сопутствующих заболеваний больные ИБС были разделены на три группы коморбидности: кардиоваскулярную, респираторную и метаболическую. В первую группу вошли 24 пациента с сочетанием ИБС и мультифокального атеросклероза (хронической ишемией нижних конечностей и атеросклеротическим сужением сонных артерий  $\geq 50\%$ ). Вторую группу составили 20 больных с ХОБЛ II–III степени вне обострения. Третья группа была представлена 22 пациентами ИБС с МС, верифицированным согласно клиническим рекомендациям Министерства здравоохранения РФ.

Среди обследованных последней группы индекс массы тела был в диапазоне 31–34 кг/м<sup>2</sup>, что свидетельствовало об ожирении I степени. У больных всех групп диагностирована хроническая сердечная недостаточность (ХСН) II–III функциональных классов по классификации NYHA и контролируемая АГ II–III степени с очень высоким риском. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Исследование одобрено локальным этическим комитетом Дальневосточного федерального университета (протокол № 12 от 15.11.2017) и соответствовало Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 № 266.

Гемодинамические и волемические показатели регистрировали методом транспульмональной термодилуции с использованием монитора Dreger Delta XL и модуля Pulsion PiCCO Plus (Германия) после введения в плечевую артерию катетера из набора PV2015L20. Длительность его нахождения в арте-

риальном русле составляла не более 3 сут. Промывание артериальной линии осуществлялась боллусами 0,9%-го раствора NaCl с добавлением гепарина 1 Ед/мл. При калибровке модуля выполнялись три последовательных термодилюции. Анализ гемодинамических и волевических параметров проводили на трех этапах исследования: непосредственно после интубации трахеи и начала ИВЛ (I этап); после завершения процедуры ИК (II этап); через 24 ч после оперативного вмешательства (III этап).

Регистрировали следующие параметры: ударный индекс (УИ), сердечный индекс (СИ), вариабельность пульсового давления (ВПД), вариабельность ударного объема (ВУО), индекс системного сосудистого сопротивления (ИССС), индекс глобального конечного диастолического объема крови (ИГКДО), глобальную фракцию изгнания (ГФИ), индекс функции сердца (ИФС), внесосудистую воду легких (ВСВЛ) и индекс внесосудистой воды легких (ИВСВЛ). Кроме того, рассчитывали следующие показатели: легочный объем крови (ЛОК) = ГКДО – ВСВЛ, индекс проницаемости легочных сосудов (ИПЛС) = ВСВЛ/ЛОК, индекс динамической артериальной эластичности ( $Ea_{dyn}$ ) = ВПД/ВУО.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программного обеспечения Statistica 10 (StatSoft Inc., США) и Excel (Microsoft Office 2018) в среде операционной системы Microsoft Windows 10. Проверку гипотезы нормальности распределения количественных признаков в анализируемых группах осуществляли с помощью теста Шапиро – Уилка. Анализ данных выполнялся с помощью описательных статистик: медиан ( $Me$ ) и их 95%-х доверительных интервалов (ДИ). ДИ рассчитывали методом бутстрепа. Межгрупповые различия оценивали с помощью теста Краскела – Уоллиса. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные данные демонстрировали, что на I этапе исследования показатели УИ и СИ у больных с кардиоваскулярной и метаболической коморбидностью соответствовали нормативным значениям (40–60 мл/м<sup>2</sup> и 3–5 л/мин/м<sup>2</sup>). После отхода от ИК у пациентов с ИБС в сочетании с поражением других артериальных бассейнов фиксировалось снижение УИ на 18% на фоне стабильного уровня СИ. На III этапе у лиц этой группы УИ достигал исходных значений, а СИ на 8,6% превышал их. При метаболической коморбидности на II этапе исследования показатели УИ и СИ снижались более существенно (на 37 и 18% соответственно), а через сутки после операции отмечена тенденция к их увеличению.

У пациентов с сочетанием ИБС и ХОБЛ отход от ИК сопровождался аналогичными изменениями гемодинамики: снижением УИ на 34%, а СИ – на 9%. Вместе с тем через 24 ч после КШ указанная тенденция нарастала, что иллюстрировалось дальнейшим снижением этих показателей.

У пациентов всех групп до операции фиксировалось увеличение ИГКДО и снижение ГФИ по отношению к их нормативным значениям, что указывало на систолодиастолическую дисфункцию миокарда (таблица). Через 24 ч после КШ у пациентов с кардиоваскулярной коморбидностью ИГКДО снизился на 12,7%, а ГФИ увеличился на 2%. При сочетании ИБС с МС динамика этих показателей была более выраженной и составляла 33 и 13,6% соответственно, что свидетельствовало о более значительном снижении преднагрузки и улучшении насосной функции сердца [5]. У пациентов с кардиореспираторной коморбидностью после отхода от ИК снижение ИГКДО от исходного уровня составило только 5%, а через 24 ч после КШ – 11%. При этом показатель ГФИ по отношению к другим группам обследованных на всех этапах исследования имел минимальные значения, что свидетельствовало о более низком кардиальном резерве у этой категории больных.

В нашем исследовании уровень ИФС, который является интегральным показателем производительности миокарда, до оперативного лечения у всех больных был значимо ниже нормативных значений. Через сутки после КШ у пациентов I и III групп отмечался прирост данного показателя до референсного диапазона, а у больных с респираторной коморбидностью он не достигал его. Показатель ИССС до оперативного лечения у пациентов всех групп существенно превышал нормативный уровень, но не имел межгрупповых различий. После КШ у больных с сосудистой и метаболической коморбидностью он снижался на 46–48%, а у лиц с сочетанием ХОБЛ и ИБС не отличался от исходных значений.

Показатели ВУО, ВПД и  $Ea_{dyn}$  относятся к предикторам гемодинамического ответа больных на инфузионную нагрузку и являются индикаторами кардиореспираторного взаимодействия в процессе ИВЛ [6]. Уровень ВУО и ВПД зависит от наполнения сосудистого русла и от способности сердца отвечать на внезапное увеличение преднагрузки. При этом повышение данных показателей ассоциируется с гиповолемией, а снижение – с нарастающей сердечной недостаточностью. Установлено, что после отхода от ИК статистически значимые изменения ВУО и ВПД имели место только среди пациентов с респираторной коморбидностью, что выражалось в их увеличении на 28 и 22% соответственно.

Таблица

Показатели системной и легочной гемодинамики у больных ИБС с различными вариантами коморбидности, Ме [95%-й ДИ]										
Показатель	Этап исследования								p	
	I			II			III			
	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20	ИБС + МС, n = 22	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20	ИБС + МС, n = 22	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20		ИБС + МС, n = 22
ИГКДО, мл (680–800)	989,3 <sup>51</sup> [911,1;1067,5]	948,5 <sup>2</sup> [786,2; 1110,8]	1193,56 <sup>3</sup> [993,4; 1393,7]	902,82 <sup>4</sup> [824,6; 981,1]	895,2 <sup>5</sup> [810,7; 979,7]	917,89 <sup>6</sup> [759,2; 1076,5]	899,06 <sup>7</sup> [806,94; 991,17]	847,33 <sup>8</sup> [745,8; 948,8]	897,56 <sup>9</sup> [707,01; 1088,11]	$P_{1-4} = 0,01;$ $P_{4-7} = 0,47;$ $P_{1-7} = 0,02;$ $P_{2-5} = 0,06;$ $P_{3-8} = 0,06;$ $P_{2-8} = 0,024;$ $P_{3-6} = 0,02;$ $P_{6-9} = 0,07;$ $P_{3-9} = 0,037;$ $P_{2-3} = 0,02$
ГФИ, % (25–35)	22 <sup>1</sup> [20;25]	19 <sup>2</sup> [18;22]	22 <sup>3</sup> [20;24]	21 <sup>4</sup> [19;24]	18 <sup>5</sup> [15;22]	21 <sup>6</sup> [18;25]	26 <sup>7</sup> [23;30]	19 <sup>8</sup> [16;21]	25 <sup>9</sup> [22;28]	$P_{1-4} = 0,06;$ $P_{4-7} = 0,053;$ $P_{1-7} = 0,03;$ $P_{2-5} = 0,452;$ $P_{3-8} = 0,07;$ $P_{2-8} = 0,73;$ $P_{3-6} = 0,65;$ $P_{6-9} = 0,073;$ $P_{3-9} = 0,01$
ИФС, л/мин (4,5–6,5)	3,9 <sup>1</sup> [3,2;4,6]	3,98 <sup>2</sup> [3,4;4,6]	3,25 <sup>3</sup> [3,1;3,42]	4,32 <sup>4</sup> [3,9;4,7]	3,94 <sup>5</sup> [3,66;4,23]	4,44 <sup>6</sup> [3,62;5,25]	4,75 <sup>7</sup> [4,4;5,1]	3,83 <sup>8</sup> [3,6; 4,09]	5 <sup>9</sup> [4,2;5,8]	$P_{1-4} = 0,06;$ $P_{4-7} = 0,03;$ $P_{1-7} = 0,001;$ $P_{2-5} = 0,08;$ $P_{3-8} = 0,07;$ $P_{2-8} = 0,06;$ $P_{3-6} = 0,007;$ $P_{6-9} = 0,078;$ $P_{3-9} = 0,0056$
ИССС, дли/сек/см <sup>5</sup> / м <sup>2</sup> (1 200– 2 000)	2345,6 <sup>1</sup> [1942,76; 2748,41]	2320,8 <sup>2</sup> [1910,3; 2731,36]	2355,89 <sup>3</sup> [1973,08; 2739,4]	1791,5 <sup>4</sup> [1499,1; 2084,2]	2359,67 <sup>5</sup> [2125,91; 2593,42]	1788,4 <sup>6</sup> [1600,28; 1976,83]	1646,4 <sup>7</sup> [1466,4; 1826,3]	2294 <sup>8</sup> [2070,7; 2517,3]	1589,33 <sup>9</sup> [1383,18; 1795,48]	$P_{1-4} = 0,02;$ $P_{4-7} = 0,07;$ $P_{1-7} = 0,002;$ $P_{2-5} = 0,45;$ $P_{3-8} = 0,09;$ $P_{2-8} = 0,06;$ $P_{3-6} = 0,005;$ $P_{6-9} = 0,07;$ $P_{3-9} = 0,015$
ВУО, % (<10)	7,7 <sup>11</sup> [4,63;10,8]	9,5 <sup>2</sup> [7,93;11,1]	7,22 <sup>3</sup> [4,13;10,3]	8,75 <sup>4</sup> [5,23;12,3]	11,5 <sup>5</sup> [6,57;16,4]	6,33 <sup>6</sup> [3,38; 9,39]	12,13 <sup>7</sup> [9,4;14,9]	16,8 <sup>8</sup> [12,2; 21,5]	14,22 <sup>9</sup> [9,8; 18,6]	$P_{1-4} = 0,06;$ $P_{4-7} = 0,043;$ $P_{1-7} = 0,03;$ $P_{2-5} = 0,06;$

Показатель	Окончание таблицы									
	Этап исследования									
	I			II			III			p
	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20	ИБС + МС, n = 22	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20	ИБС + МС, n = 22	ИБС + ПАБ, n = 24	ИБС + ХОБЛ, n = 20	ИБС + МС, n = 22	
ВПД, % (<10)	7,76 <sup>1</sup> [4,8;10,8]	7,67 <sup>2</sup> [6,36;8,98]	6,33 <sup>3</sup> [4,34;8,33]	7,94 <sup>4</sup> [4,44;11,4]	10 <sup>5</sup> [6,35;13,7]	6,33 <sup>6</sup> [2,83;9,8]	9,94 <sup>7</sup> [7,9;12,3]	16,17 <sup>8</sup> [12,9;19,5]	12,22 <sup>9</sup> [7,9;16,5]	p <sub>5-8</sub> = 0,04; p <sub>2-8</sub> = 0,03; p <sub>3-6</sub> = 0,06; p <sub>6-9</sub> = 0,026; p <sub>3-9</sub> = 0,03 p <sub>1-4</sub> = 0,47; p <sub>4-7</sub> = 0,065; p <sub>1-7</sub> = 0,06; p <sub>2-5</sub> = 0,07; p <sub>5-8</sub> = 0,03; p <sub>2-8</sub> = 0,018; p <sub>3-6</sub> = 0,16; p <sub>6-9</sub> = 0,02; p <sub>3-9</sub> = 0,03
ИВСВЛ, мл/ кг (3–7)	10 <sup>1</sup> [8,4;11,6]	13,6 <sup>2</sup> [12,2;15,1]	14,2 <sup>3</sup> [13,1;15,4]	11,2 <sup>4</sup> [9,1;13,25]	14,3 <sup>5</sup> [12,1;17,1]	13,07 <sup>6</sup> [11,8;14,3]	7,88 <sup>7</sup> [7,16;8,6]	10 <sup>8</sup> [9,1;11]	12 <sup>9</sup> [10,2;13,8]	p <sub>1-4</sub> = 0,12; p <sub>4-7</sub> = 0,06; p <sub>1-7</sub> = 0,014; p <sub>2-5</sub> = 0,08; p <sub>5-8</sub> = 0,06; p <sub>2-8</sub> = 0,04; p <sub>3-6</sub> = 0,08; p <sub>6-9</sub> = 0,07; p <sub>3-9</sub> = 0,03
ЛОК, мл (170–200)	437,94 <sup>1</sup> [395,75;480,14]	395,33 <sup>2</sup> [369,74;420,92]	487,1 <sup>3</sup> [398,93;574,62]	392,47 <sup>4</sup> [359,34;425,6]	376 <sup>5</sup> [307,1;444,9]	370,89 <sup>6</sup> [315,11;426,67]	396,82 <sup>7</sup> [350,1;443,7]	350,83 <sup>8</sup> [313,1;389,1]	361,78 <sup>9</sup> [293,65;429,91]	p <sub>1-4</sub> = 0,032; p <sub>4-7</sub> = 0,65; p <sub>1-7</sub> = 0,003; p <sub>2-5</sub> = 0,04; p <sub>5-8</sub> = 0,75; p <sub>2-8</sub> = 0,06; p <sub>3-6</sub> = 0,03; p <sub>6-9</sub> = 0,07; p <sub>3-9</sub> = 0,02
ИПЛС, у.е. (1–3)	1,57 <sup>1</sup> [1,32;1,82]	2,22 <sup>2</sup> [1,94;2,5]	1,71 <sup>3</sup> [1,35;2,1]	1,66 <sup>4</sup> [1,45;1,87]	2,49 <sup>5</sup> [2,22;2,7]	2,52 <sup>6</sup> [2,32;2,72]	1,64 <sup>7</sup> [1,4;1,8]	1,8 <sup>8</sup> [1,7;2]	1,84 <sup>9</sup> [1,7;2,0]	p <sub>1-4</sub> = 0,045; p <sub>4-7</sub> = 0,15; p <sub>1-7</sub> = 0,06; p <sub>2-5</sub> = 0,07; p <sub>5-8</sub> = 0,03; p <sub>2-8</sub> = 0,022; p <sub>3-6</sub> = 0,004; p <sub>6-9</sub> = 0,03; p <sub>3-9</sub> = 0,042

Примечание. ПАБ – поражения периферических артериальных бассейнов; ИГКДО – индекс конечного диастолического объема; ГФИ – глобальная фракция изгнания; ИФС – индекс функции сердца; ИССС – индекс системного сосудистого сопротивления; ВУО – вариабельность ударного объема; ВПД – вариабельность пульсового давления; ИВСВЛ – индекс внесосудистой воды легких; ЛОК – легочный объем крови; ИПЛС – индекс проницаемости легочных сосудов; p<sub>1-9</sub> – уровень статистической значимости различий между аналогичными вариантами коморбидности на этапе исследования.

Через сутки после КШ фиксировался достоверный рост этих показателей среди больных всех групп, но с максимальным уровнем при сочетании ИБС и ХОБЛ. Показатель динамической артериальной эластичности у пациентов с сосудистой и метаболической коморбидностью до КШ находился выше порогового значения, а после операции он достигал его. При этом у пациентов с ХОБЛ имела место противоположная тенденция, которая выражалась в увеличении данного параметра на II и III этапах исследования.

Индикатор волемического статуса легких ИВСВЛ до операции превышал нормативные значения (3,0–7,0 мл/кг) у больных всех групп, но был наиболее высоким среди лиц с МС и ХОБЛ (см. таблицу). После отхода от ИК уровень ИВСВЛ существенно не изменялся, а через сутки после операции он снижался, но не достигал референсных значений. У больных с МС уровень ИВСВЛ был максимальным, что ассоциировалось с влиянием на легочный кровоток избыточного интраабдоминального давления [7]. До операции показатель ЛОК у больных с ХОБЛ был значимо ниже, чем в группах сравнения. После отхода от ИК у всех обследованных отмечена тенденция к его снижению, которая сохранялась и через 24 ч после КШ. На первом этапе исследования у пациентов с респираторной коморбидностью ИПЛС был значимо выше, чем в других группах. После отхода от ИК у больных с ХОБЛ и МС увеличение ИПЛС было более заметным, что могло свидетельствовать о возрастающей вероятности острого повреждения легких [8].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Авторами предпринята попытка комплексной оценки гемодинамического и волемического статуса больных ИБС для выяснения фенотипических особенностей кровообращения при различных клинических вариантах коморбидности. Установлено, что наличие исходно сниженных показателей ГФИ и ИФС у больных с кардиоваскулярной и метаболической коморбидностью и их последующий рост до референсного уровня демонстрируют существенное улучшение функционального статуса миокарда уже через сутки после его хирургической реваскуляризации. У пациентов с кардиореспираторной коморбидностью отсутствие положительной динамики этих показателей может быть обусловлено системными эффектами хронической артериальной гипоксемии и персистирующего воспаления, препятствующих восстановлению сократительной функции миокарда даже при возобновлении коронарного кровотока [1].

Результаты измерения ИССС при непрерывном мониторинге существенно дополняют гемодинамический «портрет» больных ИБС. Так, на I этапе исследования у большинства из них отмечалось повышение данного показателя на фоне нормальных или сниженных значений СИ, что характерно для лиц пожилого возраста с АГ [5]. После отхода от ИК у лиц с сосудистой и метаболической коморбидностью снижение ИССС указывало на сокращение постнагрузки на ЛЖ и улучшение его насосной функции. При респираторной коморбидности показатель ИССС в раннем послеоперационном периоде превышал верхнюю границу нормативных значений, что может быть обусловлено более заметным ограничением дилатационного потенциала периферического артериального русла при сочетании ИБС и ХОБЛ.

В настоящее время измерение ИГКДО относят к наиболее точным технологиям оценки статической преднагрузки на сердце [6]. В нашем исследовании до перевода на ИК данный показатель у больных с сочетанием ИБС и ХОБЛ был статистически значимо ниже, чем в других группах. В этих случаях сокращение объема диастолического наполнения камер сердца может быть следствием более заметного ограничения венозного возврата и повышения легочного сосудистого сопротивления, индуцированного ремоделированием легочной ткани. Это подтверждалось результатами оценки динамической преднагрузки с помощью показателей ВУО и ВПД.

Динамика их изменений в процессе ИВЛ свидетельствовала о том, что при респираторной коморбидности имеет место более значительное увеличение внутригрудного давления и снижение венозного возврата к сердцу, чем в группах сравнения. Высокий уровень  $Ea_{dyn}$  подтверждал концепцию избыточной артериальной ригидности у больных ХОБЛ [5]. По мнению ряда авторов, ИВСВЛ является одним из наиболее точных параметров, характеризующих объем внесосудистой жидкости в легких. Согласно литературным данным, увеличение этого индекса более 10 мл/кг является предиктором субклинического отека легких [8, 9].

В нашем исследовании наибольшие значения данного показателя были зафиксированы при респираторной и метаболической коморбидности, что может быть обусловлено более выраженными нарушениями легочного кровообращения у этой категории больных. Ранее показано, что увеличение давления в малом круге кровообращения приводит к эффекту «сита» легочных капилляров и провоцирует трансудацию жидкости в интерстиционную ткань [7]. К важным факторам патогенеза внесосудистой легочной гиперволемии относят синдром реперфузии легких.

Согласно рандомизированным клиническим исследованиям, его основной причиной является предшествующая гипоперфузия легких, развивающаяся на фоне ИК [2]. Накоплению внесосудистой жидкости в легких способствует также вскрытие плевральных полостей, системный воспалительный ответ на ИК, избыточная трансфузионная терапия, ателектазирование базальных сегментов легких и микроангиопатия, ассоциированная с МС и сахарным диабетом [3]. Для раннего распознавания кардиогенного и не кардиогенного отека легких важное значение имеет оценка показателя ИПЛС. Последний может значительно повышаться при остром респираторном дистресс-синдроме, но оставаться в пределах референсных значений при кардиогенном отеке легких.

Увеличение ИПЛС свидетельствует о синдроме «капиллярной утечки легких», что требует своевременного ограничения инфузионной терапии и назначения петлевых диуретиков. До оперативного лечения у больных с кардиореспираторной коморбидностью ИПЛС был значимо выше, чем в группах сравнения, что указывало на исходно более высокую проницаемость легочных капилляров, обусловленную влиянием патогенетических факторов ХОБЛ. После отхода от ИК в группах больных ИБС с сочетанием ХОБЛ и МС отмечен рост этого показателя. Полученные результаты свидетельствуют о том, что факторы кардиохирургического стресса, в том числе ИК, являются триггерами патофизиологических реакций, способствующих увеличению проницаемости легочных сосудов и вероятности респираторных осложнений у этой категории больных.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детализация циркуляторно-волемического статуса на основе ТПТД повышает эффективность риск-стратификации больных и точность прогнозирования возможных осложнений. Роль этих исследований возрастает при коморбидности ИБС, которая

ассоциируется с фенотипическими особенностями кровообращения, что в случаях её респираторного и метаболического вариантов проявлялось более заметным увеличением внесосудистой жидкости в легких и проницаемости легочных капилляров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лилли Л.С. Патофизиология сердечно-сосудистой системы. М.: Бино. Лаборатория знаний, 2016: 735.
2. Tennyson C., Lee R., Attia R. Is there a role for HbA1c in predicting mortality and morbidity outcomes after coronary artery bypassgraft surgery? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2013; 17 (6): 1000–1008. DOI: 10.1093/icvts/ivt351.
3. Raza S., Sabik J.F., Ainkaran P., Blackstone E.H. Coronary artery bypass grafting in diabetics: a growing healthcare cost crisis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015; 150 (2): 304–312. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.03.041.
4. Kurniawan E., Ding F.H., Zhang Q., Yang Z.K., Jian H.U., Shen W.F. Predictive value of SYNTAX score II for clinical outcomes in octogenarian undergoing percutaneous coronary intervention. *Journal of Geriatric Cardiology*. 2016; 13 (9): 733–739. DOI: 10.11909/j.issn.1671-5411.2016.09.014.
5. Киров М.Ю., Ленкин А.И., Кузьков В.В. Применение волюметрического мониторинга на основе транспульмональной термодилуции при кардиохирургических вмешательствах. *Общая реаниматология*. 2005; 1 (6): 70–79.
6. Hilty M.P., Franzen D.P., Wyss C., Biaggi P., Maggiorini M. Validation of transpulmonary thermodilution variables in hemodynamically stable patients with heart diseases. *Ann. Intensive Care*. 2017; 7 (1): 86. DOI: 10.1186/s13613-017-0307-0.
7. Tagami T., Ong M.E.H. Extravascular lung water measurements in acute respiratory distress syndrome: why, how, and when? *Current Opinion in Critical Care*. 2018; 24 (3): 209–215. DOI: 10.1097/MCC.0000000000000503.
8. Козлов И.А., Романов А.А. Биомеханика дыхания, внутрилегочная вода и оксигенирующая функция легких во время неосложненных операций с искусственным кровообращением. *Общая реаниматология*. 2007; 3 (3): 17–22.
9. Hilty M.P., Franzen D.P., Wyss C., Biaggi P., Maggiorini M. Validation of transpulmonary thermodilution variables in hemodynamically stable patients with heart diseases. *Ann. Intensive Care*. 2017; 7 (1): 86 DOI: 10.1186/s13613-017-0307-0.

## Вклад авторов

Гельцер Б.И. предложил концепцию исследования, руководил им и подготовкой рукописи. Карпов Р.С., Котельников В.Н. разрабатывали дизайн исследования, анализировали данные и готовила текст публикации. Сергеев Е.А., Силаев А.А. отвечали за сбор данных, интерпретацию результатов, готовили текст рукописи.

## Сведения об авторах

Гельцер Борис Израйлевич, д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента клинической медицины, ДВФУ, г. Владивосток. ORCID 0000-0002-9250-557X.



**Сергеев Евгений Александрович**, аспирант, врач-анестезиолог, Медицинский центр, Школа биомедицины, ДВФУ, г. Владивосток. ORCID 0000-0002-2176-7070.

**Котельников Владимир Николаевич**, д-р мед. наук, профессор, Департамент клинической медицины, Школа биомедицины, ДВФУ, г. Владивосток. ORCID 0000-0001-5830-1322.

**Силаев Андрей Анатольевич**, канд. мед. наук, доцент, Департамент клинической медицины, зав. Центром анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, Медицинский центр, Школа биомедицины, ДВФУ, г. Владивосток. ORCID 0000-0003-3701-4038.

**Карпов Ростислав Сергеевич**, д-р мед. наук, профессор, академик РАН, науч. руководитель НИИ кардиологии, Томский НИМЦ. ORCID 0000-0002-7011-4316.

(✉) **Котельников Владимир Николаевич**, e-mail: 671235@mail.ru

Поступила в редакцию 04.06.2020

Подписана в печать 28.12.2020