

## Органопротективные эффекты экстракорпоральной мембранной оксигенации и внутриаортальной баллонной контрпульсации при чрескожном коронарном вмешательстве высокого риска у пациентов с острым коронарным синдромом

Р. А. Корнелюк, Д. Л. Шукевич, И. Е. Верещагин, В. И. Ганюков

Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний,  
Россия, 650002, г. Кемерово, Сосновый бульвар, 6

## Organoprotective Effects of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Intra-Aortic Balloon Pump in High-Risk Percutaneous Coronary Intervention in Patients with Acute Coronary Syndrome

Roman A. Kornelyuk, Dmitry L. Shukevich,  
Ivan E. Vereshchagin, Vladimir I. Ganyukov

Research Institute of complex problems of cardiovascular disease,  
6 Sosnovy bulvar, 650002 Kemerovo, Russia

**Цель исследования:** оценить органопротективные эффекты вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) и внутриаортальной баллонной контрпульсации (ВАБК) во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска (ЧКВ ВР) при остром коронарном синдроме.

**Материалы и методы.** В исследование включили 51 пациента и разделили на две исследуемые группы. Группа 1 (ЧКВ+ЭКМО)  $n=29$  — пациенты, которым во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска оказывалась механическая поддержка кровообращения в виде вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации. Группа 2 (ЧКВ+ВАБК)  $n=22$  — пациенты, которым во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска оказывалась механическая поддержка кровообращения в виде внутриаортальной баллонной контрпульсации. Для сравнения органопротективных свойств механической поддержки кровообращения в интра— и послеоперационном периоде оценивали динамику инструментальных и лабораторных маркеров органного повреждения: электрокардиограммы, эхокардиограммы, содержания тропонина I, общей и МВ фракции креатинфосфокиназы, креатинина, NGAL, сатурации венозной крови.

**Результаты.** На следующие сутки после вмешательства отмечали следующие показатели исследуемых параметров: тропонин I — 0,18 (0,1; 2,3) нг/мл в группе ЧКВ+ЭКМО и 1,64 (0,92; 2,36) нг/мл в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,045$ ); сывороточный NGAL — 139,4 (88,1; 166,7) нг/мл в группе ЧКВ+ЭКМО и 212,3 (102; 279) в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,027$ ); почечная дисфункция (стадии R, I, F по RIFLE) — 2 (6,8%) наблюдения в группе ЧКВ+ЭКМО и 7 (31,8%) в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,021$ ); полиорганная недостаточность (2 и более баллов по SOFA) — 3 (10,3%) наблюдения в группе ЧКВ+ЭКМО и 12 (54,5%) в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,001$ ).

**Заключение.** Вено-артериальная ЭКМО по сравнению с ВАБК оказывает более выраженный органопротективный эффект путем достижения гемодинамической стабильности, что, в свою очередь, предупреждает развитие гипоксии и последующей органной дисфункции. Кроме того, в условиях вено-артериальной ЭКМО обеспечивается лучшее качество и полнота реваскуляризации, а также снижается госпитальная летальность.

**Ключевые слова:** органопротекция; чрескожное коронарное вмешательство; экстракорпоральная мембранная оксигенация; внутриаортальная баллонная контрпульсация; острый коронарный синдром

**Purpose of the study:** to evaluate the organoprotective effects of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation and intra-aortic balloon pump during high-risk percutaneous coronary intervention in acute coronary syndrome.

**Materials and methods.** Patients required mechanical circulatory support ( $n=51$ ) were divided into two study groups: patients who received mechanical circulatory support by veno-arterial extracorporeal membrane

**Адресс для корреспонденции:**

Роман Александрович Корнелюк  
E-mail: kornra@kemcardio.ru

**Correspondence to:**

Roman A. Kornelyuk  
E-mail: kornra@kemcardio.ru

oxygenation (ECMO) (Group 1,  $n=29$ ) during high-risk percutaneous coronary intervention, and Group 2 patients who received mechanical circulatory support by intra-aortic balloon pump (IABP) during high-risk percutaneous coronary intervention (Group 2,  $n=22$ ). The dynamics of instrumental parameters and laboratory markers of organ damage were evaluated by electrocardiography, echocardiography, determining troponin I, creatine phosphokinases and creatinine levels, NGAL, venous blood saturation to compare the organoprotective properties of mechanical circulation support in the intra- and postoperative period.

**Results.** The following values of the parameters were found the next day after the intervention: troponin I — 0.18 (0.1; 2.3) ng/ml in the ECMO group and 1.64 (0.92; 2.36) ng/ml in the IABP group ( $P=0.045$ ); serum NGAL — 139.4 (88.1; 166.7) ng/ml in the ECMO group and 212.3 (102; 279) in the IABP group ( $P=0.027$ ); renal dysfunction (stages R, I, F according to RIFLE) — 2 (6.8%) observations in the ECMO group and 7 (31.8%) in the IABP group ( $P=0.021$ ); multiple organ failure (2 or more points according to SOFA) — 3 (10.3%) cases in the ECMO group and 12 (54.5%) in the IABP group ( $P=0.001$ ).

**Conclusion.** Veno-arterial ECMO in comparison with IABP has a more pronounced organoprotective effect by achieving better hemodynamic stability, which, in turn, prevents hypoxia and the subsequent development of organ dysfunction. In addition, in conditions of veno-arterial ECMO, better completeness and quality of revascularization is ensured, and hospital mortality is also reduced.

**Keywords:** organoprotection, percutaneous coronary intervention, extracorporeal membrane oxygenation, intra-aortic balloon pump, acute coronary syndrome

DOI:10.15360/1813-9779-2020-1-16-26

## Введение

Чрескожное коронарное вмешательство высокого риска (ЧКВ ВР) — это собирательный термин, объединяющий под собой целую группу факторов, наличие или сочетание которых определяют высокий риск технических и гемодинамических осложнений чрескожной реваккуляризации. Одним из ведущих критериев высокого риска является многососудистое поражение коронарных артерий (КА) [1, 2]. При этом оптимальная тактика реваккуляризации является предметом дискуссии, и при многососудистом поражении КА предпочтение отдается операции коронарного шунтирования [3]. Однако существуют клинические ситуации, когда в операции коронарного шунтирования может быть отказано на основании высокого риска по шкале STS или EuroScore II. При этом ведущими критериями, определяющими риск, являются острый коронарный синдром (ОКС), низкая фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), коморбидный фон, ожирение, высокий риск геморрагических осложнений на фоне двойной антиагрегантной терапии [4, 5]. Консервативная тактика в случае отказа от реваккуляризации при ОКС сопровождается высокой (28%) госпитальной летальностью.

Таким образом, ЧКВ, выполняемое по жизненным показаниям, несет высокий риск осложнений, в первую очередь — гемодинамических, что, в свою очередь, влечет за собой нарушение доставки кислорода органам. Гипоксия является одним из ключевых механизмов развития критических состояний и полиорганной недостаточности (ПОН) [6]. В связи с этим применение устройств механической поддержки кровообращения (МПК) во время ЧКВ ВР является патогенетически обоснованным.

## Introduction

High-risk (HR) percutaneous coronary intervention (PCI) is an umbrella term that combines a whole group of factors, the presence or combination of which determine the high risk of technical and hemodynamic complications of percutaneous revascularization. One of the leading criteria for high risk is multivessel coronary artery disease (CAD) [1, 2]. In this instance, the optimal tactics of revascularization is a matter of discussion, and in case of CAD, coronary bypass surgery is preferable [3]. However, there are clinical situations where coronary bypass surgery may be denied on the basis of high risk on the STS or EuroScore II scales. At the same time, the leading risk criteria include an acute coronary syndrome (ACS), low ejection fraction of the left ventricle (LVEF), comorbid background, obesity, and a high risk of hemorrhagic complications with double antiplatelet therapy [4, 5]. In case of refusal of revascularization during ACS, conservative tactics is employed accompanied by high (28%) hospital mortality. Thus, PCI for vital indications carries a high risk of complications, primarily in hemodynamics, which entails a alteration of oxygen delivery to organs. Hypoxia is one of the key mechanisms for the development of critical conditions and multiple organ failure (MOF) [6]. In this regard, the use of mechanical circulatory support devices (MCSD) during HR PCI is pathogenetically significant. Among the existing MCSD methods, the most common and studied are IABP, veno-arterial (VA) extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), Impella (Abiomed Inc, Denver, Massachusetts), TandemHeart (CardiacAssist, Inc., Pittsburgh, PA). Each of these methods has its advantages and disadvantages. For example, TandemHeart, having a sufficiently high pump delivery rate, provides only one-ventricular support and requires sufficient experience of atrioseptostomy during device installa-

Среди существующих методов МПК наиболее распространенными и изученными являются внутриаортальная баллонная контрпульсация (ВАБК), вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО), Impella (Abiomed Inc, Денвер, Массачусетс), TandemHeart (CardiacAssist, Inc., Питтсбург, Пенсильвания). Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Так, например, TandemHeart, имея достаточно высокую производительность насоса, оказывает лишь одножелудочковую поддержку и требует достаточного опыта аtriосептостомии при установке устройства. Impella также имеет хорошую производительность, однако при необходимости двухжелудочковой поддержки требуется имплантация двух устройств, что создает существенные ограничения ввиду крайне высокой стоимости устройства.

ВАБК на протяжении нескольких десятков лет была «золотым стандартом» МПК при кардиогенном шоке на фоне ишемической болезни сердца, однако оценка уровня доказательности эффективности метода продолжает снижаться в новых редакциях клинических рекомендаций.

ВА ЭКМО помимо высокой производительности и двухжелудочковой поддержки имеет возможность обеспечения экстракорпорального газообмена, но при всем при этом ЭКМО — самая инвазивная методика среди МПК, что может быть связано с большей частотой осложнений [7]. Вместе с тем, степень органного повреждения в условиях того или иного вида МПК при ЧКВ ВР является малоизученной темой ввиду выраженной «узости» этой категории пациентов. В подавляющем числе случаев представленные работы по теме ЧКВ ВР преследуют цель — изучение качества реваскуляризации, ее влияния на отдаленные исходы. Однако, ближайший послеоперационный период, требующий интенсивной терапии, зачастую выпадает из поля зрения исследователей.

Цель исследования — оценить органопротективные эффекты вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации и внутриаортальной баллонной контрпульсации во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска при остром коронарном синдроме.

## Материал и методы

Наблюдательное ретро-проспективное исследование провели в период 2015–2019 гг. на базе Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний г. Кемерово. В исследование включили 51 пациента, которые подверглись ЧКВ ВР при ОКС. Исследование было одобрено локальным этическим комитетом Научно-исследовательского института комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний.

Impella also has good pump delivery rate, but given the necessity of two-ventricular support, implantation of two devices is required. The latter significantly restricts its use due to the high cost of the device. For several decades, mechanical circulatory support by intra-aortic balloon pump (IABP) was the standard of MCS for cardiogenic shock in a coronary heart disease; however, the effectiveness of the method continues to decline in new versions of clinical recommendations. In addition to high productivity and two-ventricular support, VA ECMO has the ability to provide extracorporeal gas exchange, but ECMO is the most invasive technique among MCS which may be associated with a higher frequency of complications [7]. At the same time, the degree of organ damage under the conditions of a particular type of MCS for PCI is a poorly studied subject because this category of patients is limited. In most cases, the papers presented in the topic of HR PCI, pursue the goal of studying the quality of revascularization and its effect on long-term outcomes. However, the immediate postoperative period requiring intensive care often falls outside the field of view of researchers. The aim of the study was to evaluate the organoprotective effects of VA ECMO and IABP during high-risk percutaneous coronary intervention for acute coronary syndrome.

## Materials and Methods

An observational retro-prospective study was conducted during the period 2015–2019 on the premises of the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases of Kemerovo. The study included 51 patients who underwent HR PCI with ACS. The study was approved by the local ethics committee of the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases.

The inclusion criteria were a combination of two or more of the following symptoms: ACS or myocardial infarction, severity of CAD according to Syntax Score  $\geq 23$ , LVEF  $\leq 45\%$ , contraindications for emergency coronary bypass surgery. These criteria are consistent with HR PCI criteria approved by the international clinical expert consensus led by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI) in 2015 [2]. Hemodynamically significant rhythm disturbances, systolic blood pressure  $< 90$  mmHg, any acute organ dysfunction, or 2 and more points by the SOFA organ dysfunction scale, clinical death before the intervention were the exclusion criteria.

Patients required mechanical circulatory support were divided into two groups: Group 1 (ECMO group) — patients who had the support of VA ECMO during HR PCI ( $n=29$ ), and Group 2 (IABP group) — patients who were supported by IABP during intervention ( $n=22$ ).

According to the inclusion criteria, 51 patients were selected, among which there were 33 men (64.7%) and 18 women (35.3%). The median age of the patients in the entire population was 64.5 (57.5; 74). The ECMO group included 29 patients, the IABP group — 22 patients. According to the main clinical and demographic parameters, such as age, comorbid background, obesity, severity and nature of CAD, myocardial contractility, the

Таблица 1. Клиническая и демографическая характеристика пациентов.

Table 1. Clinical and demographic characteristics of patients.

Parameters	Values of parameters in groups		P
	ECMO, n=29	IABP, n=22	
Age	64 (57; 74)	66 (58,5; 78)	0.91
Male gender, %	68,9	59	0.46
Body mass index	31 (28; 36)	27.5 (25; 32)	0.09
Diabetes	8 (27,5%)	5 (22,7%)	0.58
A history of myocardial infarction	13 (44,8%)	14 (63,6%)	0.18
Stroke anamnesis	5 (17,2%)	4 (18,1%)	0.97
A history of chronic obstructive pulmonary disease	4 (13,8%)	2 (9%)	0.54
A history of chronic renal failure	8 (27,5%)	6 (27,2%)	0.98
LVEF, %	45 (31; 59)	38.5 (34; 50)	0.71
LVEF < 35%	4 (13,8%)	6 (27,2%)	0.23
EuroSCORE II	2.81 (1,66; 4,62)	2.4 (0,79; 3,62)	0.65
LMCA stenosis > 50%	16 (55,1%)	11 (50%)	0.71
SYNTAX Score	28 (26; 35)	31.5 (27; 32)	0.63

**Note.** For tab. 1 and 2. PCI — percutaneous coronary intervention; ECMO — extracorporeal membrane oxygenation; IABP — intra-aortic balloon pump; LVEF — left ventricular ejection fraction; EuroSCORE — European system for cardiac operative risk evaluation; LMCA — left main coronary artery; SYNTAX Score — Synergy between Percutaneous Coronary Intervention with TAXUS and Cardiac Surgery. Significance of intergroup differences was recognized at  $P < 0.05$ .

**Примечание.** Для табл.1, 2: Parameters — параметры; values of ... in groups — значения ... в группах; ECMO — экстракорпоральная мембранная оксигенация; IABP — внутриаортальная баллонная контрпульсация; age — возраст; male gender — мужской пол; body mass index — индекс массы тела; diabetes — диабет; a history of myocardial infarction — инфаркт миокарда в анамнезе; stroke anamnesis — инсульт в анамнезе; a history of chronic obstructive pulmonary disease — хроническая обструктивная болезнь легких в анамнезе; a history of chronic renal failure — хроническая болезнь почек; LVEF — фракция изгнания левого желудочка; LVEF < 35% — фракция изгнания левого желудочка < 35%; EuroSCORE II — европейская шкала оценки риска при кардиохирургических вмешательствах; LMCA stenosis > 50% — стеноз ствола левой коронарной артерии > 50%; SYNTAX Score — шкала оценки тяжести поражения коронарного русла. Significance of intergroup differences — достоверность межгрупповых различий признавали при  $p < 0,05$ .

Критериями включения в исследования было сочетание двух и более из нижеперечисленных признаков: ОКС или инфаркт миокарда, тяжесть поражения коронарных артерий по Syntax Score  $\geq 23$ , ФВ ЛЖ  $\leq 45\%$ , противопоказания к экстренной операции коронарного шунтирования. Эти критерии согласуются с критериями ЧКВ ВР, утвержденными международным клиническим экспертным консенсусом во главе с Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI) в 2015 году [2]. Критерии исключения были следующие: гемодинамически значимые нарушения ритма, систолическое артериальное давление  $< 90$  мм рт. ст., любая острая органная дисфункция, либо же наличие  $\geq 2$  баллов по шкале органной дисфункции SOFA, клиническая смерть до начала интервенции.

Исследуемых пациентов разделили на две группы. Группа 1 (ЧКВ+ЭКМО) — пациенты, которым во время ЧКВ ВР оказывали механическую поддержку кровообращения в виде ВА ЭКМО ( $n=29$ ). Группа 2 (ЧКВ+ВАБК) — пациенты, которым во время ЧКВ ВР оказывали механическую поддержку кровообращения в виде ВАБК ( $n=22$ ).

Согласно критериям включения в исследование отобрали 51 пациента, из них 33 мужчин (64,7%) и 18 женщин (35,3%). Медиана возраста пациентов всей генеральной совокупности составила 64,5 (57,5; 74). В группу ЧКВ+ЭКМО вошли 29 пациентов, в группу ЧКВ+ВАБК — 22 пациента. По основным клинико-демографическим параметрам, таким как возраст, коморбидный фон, ожирение, тяжесть и характер поражения коронарных артерий, сократительная способность миокарда, представленные группы не имели статистически значимых различий (табл. 1). Все пациенты имели многососудистое поражение КА

presented groups did not have statistically significant differences (table 1). All patients had a multivessel CAD with an initial score of Syntax Score  $\geq 23$ : stenosis of two or more large epicardial arteries and/or their branches with a diameter at least 2.5 mm and a degree of stenosis of at least 70% and/or stenosis of the left main coronary artery (LMCA) not less than 50%.

In the ECMO group, in 21 (72.4%) patients, cannulation was performed through open surgical access in the femoral artery and femoral vein, in the remaining 8 cases (27.6%) — using the puncture method with the help of endovascular stapling device Prostar XL (Abbott, USA). In 28 cases (96.6%), arterial cannulation was performed through the common femoral artery, and in one case (3.4%) — through the right subclavian artery, due to severe atherosclerosis of the iliofemoral arterial segment. In all cases venous cannulation was performed through the left common femoral vein. The cannulas were positioned under fluoroscopy so that the end of the venous cannula was set at the level of the right atrium, and the end of the arterial cannula was in the aortic bifurcation. 15–17 Fr cannulas were used for arterial cannulation, 21–23 Fr. — for venous cannulation. ECMO flow rate was controlled for a perfusion index of 2.0–2.5 l/min/m<sup>2</sup>. Anticoagulation was supported by bolus administration of unfractionated heparin to maintain a target activated blood coagulation time of 200–250 seconds.

In the IABP group, a balloon device of 8 Fr 30 or 40 cm3 - depending on anthropometry and the balloon device manufacturer' recommendations — was installed by puncture using the Seldinger technique through the common femoral artery. In all cases IABP synchronization was performed automatically through the tensiometric port of the balloon device in the aorta in relation to heart rate of 1:1. Anticoagulation was supported by

с исходным баллом по Syntax Score  $\geq 23$ : стенозы двух и более крупных эпикардальных артерий и/или их ветвей диаметром не менее 2,5 мм со степенью стеноза не менее 70% и/или стеноз ствола левой КА (СтЛКА) не менее 50%.

В группе ЧКВ+ЭКМО у 21 (72,4%) пациента канюляцию выполняли через открытый хирургический доступ в области бедренной артерии и бедренной вены, в остальных 8 случаях (27,6%) — пункционным способом с использованием эндоваскулярного шивающего устройства Prostar XL (Abbott, США). В 28 случаях (96,6%) артериальную канюляцию выполняли через общую бедренную артерию, и в одном случае (3,4%) через правую подключичную артерию, ввиду выраженного атеросклероза илеофemorального артериального сегмента. Венозную канюляцию во всех случаях выполняли через общую бедренную вену. Канюли позиционировали в условиях рентгеноскопии так, чтобы конец венозной канюли был на уровне правого предсердия, а конец артериальной — на уровне бифуркации аорты. Для артериальной канюляции использовали канюли 15–17 Fr, для венозной — 21–23 Fr. Объемная скорость перфузии ЭКМО варьировалась в пределах 70–100% от расчетной для обеспечения перфузионного индекса — 2,0–2,5 л/мин/м<sup>2</sup>. Антикоагуляцию поддерживали болюсным введением нефракционированного гепарина для поддержания целевого активированного времени свертывания крови 200–250 секунд.

В группе ЧКВ+ВАБК баллонное устройство (8 Fr, 30 или 40 см<sup>3</sup>), в зависимости от антропометрии и рекомендаций производителя баллонного устройства, устанавливали пункционно по методике Сельдингера через общую бедренную артерию. Синхронизация ВАБК во всех случаях выполняли в автоматическом режиме через тензиометрический порт баллонного устройства в аорте в соотношении с частотой сердечных сокращений 1:1. Антикоагуляцию поддерживали болюсным введением нефракционированного гепарина для поддержания целевого активированного времени свертывания крови 200–250 секунд.

Мониторинг центральной гемодинамики осуществляли путем прямой тензиометрии в лучевой артерии и посредством катетеризации легочной артерии катетером Сван-Ганца. Для сравнения органопротективных свойств МПК в интра- и послеоперационном периоде оценивали динамику инструментальных и лабораторных маркеров органного повреждения: электрокардиограммы, эхокардиограммы, содержания тропонина I, общей и MB фракции креатинфосфокиназы, креатинина, NGAL (neutrophil gelatinase-associated lipocalin — липокаин, ассоциированный с желатиной нейтрофилов), сатурации венозной крови (SvO<sub>2</sub>). Кроме того, оценивали полноту и качество реваскуляризации по шкале Syntax. Степень выраженности органной дисфункции оценивали по шкалам SOFA (2 и более баллов), RIFLE (стадии R, I, F). Также оценивали частоту развития таких осложнений МПК как острое нарушение мозгового кровообращения, нарушение кровообращения в нижних конечностях, почечная и печеночная дисфункция, гемолиз, а также геморагические осложнения. Клинически значимой для кровотечения принималась степень 3a по шкале BARC.

bolus administration of unfractionated heparin to maintain a blood coagulation time of 200–250 seconds.

Monitoring of central hemodynamics was carried out by direct tensiometry in the radial artery and by catheterization of the pulmonary artery with a Swan-Ganz catheter. To compare the organoprotective properties of MCS in the intra- and postoperative period, the dynamics of instrumental and laboratory markers of organ damage were assessed: electrocardiography, echocardiography, troponin I level, creatine phosphokinase-MB, creatinine, neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL), venous blood saturation (SvO<sub>2</sub>). In addition, the completeness and quality of revascularization was evaluated according to the SYNTAX score. The severity of organ dysfunction was evaluated according to the scales of SOFA (2 or more points), RIFLE (stages R, I, F). The incidence of such complications of MCS as an acute cerebrovascular accident, circulatory disorders in the lower extremities, renal and hepatic dysfunction, hemolysis, as well as hemorrhagic complications were also evaluated. The grade 3a on the BARC scale was taken as clinically significant for bleeding.

Statistical processing was performed using SPSS software. To verify the nature of the distribution of the trait, the Shapiro-Wilk test was used. Due to the fact that more than 80% of the signs were not repaired by the law of normal distribution, quantitative data were presented by the median with an interquartile intervals (Me (25%; 75%)). Qualitative data were indicated as percentages (%). For the intergroup comparison of quantitative data, the Mann-Whitney test was used; for comparing qualitative data, the Pearson Chi-square was employed. Significance of differences between groups was determined at  $P < 0.05$ .

## Results and Discussion

Comparative characteristics of the key research results are presented in table 2. The average duration of the endovascular intervention in the ECMO group was 100 (70; 150) minutes. The total ECMO support time was 225 (180; 240) minutes. There was arrhythmia of the type of ventricular fibrillation in the ECMO group in 1 case (3.4%), and there was a short-term transient depression of the ST segment by ECG in 7 (24.1%) cases that, in condition of MCS, was not accompanied with a significant violation of hemodynamics. Depression of the ST segment coincided with manipulations on LMCA. However, regressed myocardial ischemia was registered by ECG at the end of manipulations on LMCA. In all cases the ECMO procedure was discontinued immediately after PCI. Hemodynamic and cardiac rhythm stability without high doses of inotropic support, mean arterial pressure  $> 65$  mmHg, cardiac index  $> 2.2$ – $2.5$  l/min/m<sup>2</sup> during flow rate of 0.8–1 l/min for 15–20 minutes were the criteria for weaning from ECMO.

The average duration of the endovascular intervention in the IABP group was 44 (28; 87) minutes. The total IABP time support was 538 (179; 1072) minutes. There were arrhythmias such as ventricular fibrillation or ventricular tachycardia, which

**Таблица 2. Сравнение результатов исследований.**  
**Table 2. Comparative characteristics of the research results.**

Parameters	Values of parameters in groups		P
	ECMO, n=29	IABP, n=22	
Duration of the endovascular intervention, min	100 (70;150)	44 (28; 87)	0.001
Duration MCS, min	225 (180; 240)	538 (179; 1072)	0.001
Life-risk arrhythmia during PCI	1 (3.4%)	2 (9%)	0.39
MCS stop in cath lab	29 (100%)	11 (50%)	0.001
SvO <sub>2</sub> during of the endovascular intervention	67 (61; 74)	59 (51; 65)	0.04
High doses of inotropic support	2 (6.8%)	11 (50%)	0.001
LVEF, %	46 (33; 60)	39 (30; 49)	0.69
Troponin I, ng/ml	0.18 (0.1; 2,3)	1.64 (0.92; 2.36)	0.045
Creatine phosphokinase-MB, ME/l	46 (18; 137)	200 (33; 405)	0.04
Stages R, I, F by RIFLE score	2 (6.8%)	7 (31.8%)	0.021
Serum NGAL, ng/ml	139.4 (88.1; 166.7)	212.3 (102; 279)	0.027
Mechanical ventilation duration, hours	13.5 (2; 23)	48 (2; 96)	0.001
MOF (2 ≥ SOFA score)	3 (10.3%)	12 (54.5%)	0.001
SOFA score	3 (1; 4)	6 (3; 8)	0.02
Residual SYNTAX score	10 (2; 19)	18 (11; 24)	0.01
Bleeding, 3a BARC score	13 (44.8%)	4 (18.1%)	0.046
Hospital lethality	1 (3.4%)	5 (22.7%)	0.034

**Note.** MCS — mechanical circulatory support; SvO<sub>2</sub> — venous oxygen saturation; NGAL — neutrophil gelatinase-associated lipocalin; MOF — multiple organ failure; NGAL — neutrophil gelatinase-associated lipocalin; SOFA — sequential organ failure assessment score; BARC — bleeding academic research consortium score. Significance of intergroup differences was recognized at  $P < 0.05$ .

**Примечание.** Duration of the endovascular intervention — продолжительность основного эндоваскулярного этапа, минут; duration MCS — продолжительность механической поддержки кровообращения; life-risk arrhythmia during PCI — жизнеугрожающие нарушения ритма во время чрескожного коронарного вмешательства; MCS stop in cath lab — окончание механической поддержки кровообращения в рентгеноперационной; SvO<sub>2</sub> during of the endovascular intervention — сатурация венозной крови во время основного эндоваскулярного этапа; high doses of inotropic support — высокие дозы инотропной поддержки; troponin I, ng/ml — тропонин I, нг/мл; creatine phosphokinase-MB, ME/l — креатинфосфокиназа-MB, ME/л; Stages R, I, F by RIFLE score — стадии R, I, F по шкале RIFLE; serum NGAL, ng/ml — сывороточный липокаин, ассоциированный с желатинозой нейтрофилов, нг/мл; mechanical ventilation duration, hours — продолжительность механической вентиляции легких, часы; MOF (2 ≥ SOFA score) — полиорганная недостаточность (2 ≥ баллов по шкале SOFA); SOFA score — шкала оценки выраженности органной дисфункции; residual SYNTAX score — остаточный балл по шкале SYNTAX; bleeding, 3a BARC score — кровотечение 3a стадии по шкале BARC; hospital mortality — госпитальная летальность. Significance of intergroup differences — достоверность межгрупповых различий признавали при  $p < 0,05$ .

Статистическую обработку выполнили с использованием программного обеспечения IBM SPSS Statistics. Для проверки характера распределения признака использовали критерий Шапиро-Уилка. Ввиду того, что более 80% признаков не подчинялись закону нормального распределения количественные данные представили медианой с интерквартильным интервалом (Me (25%; 75%)). Качественные данные указали в виде процентов (%). Для межгруппового сравнения количественных данных использовали критерий Манна-Уитни, для сравнения качественных данных — Хи-квадрат Пирсона. Статистически значимым считали значение  $p < 0,05$ .

## Результаты и обсуждение

Сравнительную характеристику ключевых результатов исследования представили в таблице 2. Средняя длительность основного эндоваскулярного этапа в группе ЧКВ+ЭКМО составила 100 (70; 150) минут. Общее время ЭКМО поддержки составило 225 (180; 240) минут. В группе ЧКВ+ЭКМО во время выполнения основного эндоваскулярного этапа в 1 случае (3,4%) отмечали нарушения ритма по типу фибрилляции желудочков, а также в 7 (24,1%) случаях отмечали кратковременную переходящую

required immediate defibrillation, and was also accompanied with a violation of systemic hemodynamics in 2 cases (9%) during the procedure. IABP support continued in the intensive care unit in 11 (50%) patients; in other cases, support was discontinued after PCI immediately in the cath lab. Hemodynamic and cardiac rhythm stability without high doses of inotropic support, mean arterial pressure >65 mmHg, cardiac index >2.2–2.5 l/min/m<sup>2</sup> against a background of decrease in IABP support to 1:2 and 1:4 were criteria for weaning from IABP.

The need for inotropic support in ECMO group was observed in 17 (58.6%) patients with a duration of 12 (3; 17) hours, while in the IABP group — in 12 (54.5%) with a duration of 22 (13; 39) hours ( $P=0.001$ ). High doses of inotropic support (adrenaline >0.1 µg/kg/min, dobutamine >10 µg/kg/min) were observed in 2 (6.8%) patients in the ECMO group, and 11 patients in the IABP group (50%) ( $P=0.001$ ). Inotropic support in the PCI + IABP group required a combination with vasopressor support with norepinephrine in 2 (6.8%) cases. There were no statistically significant differences between the groups. When comparing LVEF the next day after the intervention and the values were

депрессию сегмента ST по ЭКГ, что на фоне МПК не сопровождалось значимым нарушением гемодинамики. Депрессия сегмента ST совпадала с манипуляциями на СтЛКА, однако при прекращении манипуляций на последнем наступал регресс ишемии миокарда по данным ЭКГ. Во всех случаях процедуру ЭКМО прекращали непосредственно после ЧКВ в рентгеноперационной. Критериями отлучения от ЭКМО были: стабильность гемодинамики и сердечного ритма с использованием или без использования терапевтических доз инотропной поддержки, среднее артериальное давление >65 мм рт. ст., сердечный индекс >2,2–2,5 л/мин/м<sup>2</sup> на фоне объемной скорости перфузии 0,8–1 л/мин в течение 15–20 минут.

Средняя длительность основного этапа в группе ЧКВ+ВАБК составила 44 (28; 87) минуты. Общее время поддержки ВАБК составило 538 (179; 1072) минут. Во время процедуры в 2 случаях (9%) отмечали нарушения ритма по типу фибрилляции желудочков или желудочковой тахикардии, что требовало немедленной электроимпульсной терапии, а также сопровождалось нарушением системной гемодинамики. У 11 (50%) пациентов поддержку ВАБК продолжали в отделении интенсивной терапии, в остальных случаях поддержку прекращали после ЧКВ непосредственно в рентгеноперационной. Критериями отлучения от ВАБК были: стабильность гемодинамики и сердечного ритма с использованием или без использования минимальных терапевтических доз инотропной поддержки, среднее артериальное давление >65 мм рт. ст., сердечный индекс >2,2–2,5 л/мин/м<sup>2</sup> на фоне уменьшения поддержки ВАБК до 1:2 и 1:4.

Потребность в инотропной поддержке в группе ЧКВ+ЭКМО наблюдали у 17 (58,6%) пациентов с продолжительностью 12 (3; 17) часов, тогда как в группе ЧКВ+ВАБК — у 12 (54,5%) с продолжительностью 22 (13; 39) часов ( $p=0,001$ ). Выход из терапевтического диапазона инотропной поддержки (адреналин >0,1 мкг/кг/мин, добутамин >10 мкг/кг/мин) в группе ЧКВ+ЭКМО наблюдали у 2 (6,8%) пациентов, в группе ЧКВ+ВАБК — у 11 (50%) пациентов ( $p=0,001$ ), причем инотропная поддержка в группе ЧКВ+ВАБК в 2 (6,8%) случаях требовала комбинации с вазопрессорной поддержкой норадреналином. При сравнении ФВ ЛЖ на следующие сутки после вмешательства не отмечали статистически значимых отличий между исследуемыми группами: значения составили 46 (33; 60) и 39% (30; 49) в группах ЧКВ+ЭКМО и ЧКВ+ВАБК, соответственно ( $p=0,69$ ).

С позиций обеспечения стабильной гемодинамики во время и после ЧКВ, ЭКМО показала себя как лучший метод МПК. Известно,

46 (33; 60) and 39% (30; 49) in the ECMO and IABP groups respectively ( $P=0,69$ ).

From the standpoint of ensuring stable hemodynamics during and after PCI, ECMO showed itself to be the best method of MCS. It is known that with the development of severe hemodynamic disturbances up to cardiogenic shock during PCI, the VA ECMO is a more effective MCS method [8]. The frequency of life-risk arrhythmia during the main stage of PCI was not statistically different between the groups. Nevertheless, the development of such arrhythmias in ECMO conditions was not accompanied by a deterioration in systemic hemodynamics, while in IABP conditions, on the contrary, there was a cardiac arrest and immediate electrical pulse therapy aimed at restoring the effective heart rhythm was required. Also, one of the key criteria for excommunication from MCS was the presence of a satisfactory cardiac index value in the range of 2.2–2.5 l/min/m<sup>2</sup> without high doses of inotropic support. In conditions of IABP, the use of inotropic support was statistically significantly more often required, moreover, in maximum therapeutic doses, or in combination with norepinephrine. At the same time, weaning from IABP occurred in 50% in the operating room; in other cases, MCS prolongation was required, which indicates more pronounced manifestations of heart failure syndrome in this group, despite statistically insignificant differences in LVEF after a day between the study groups. This is also confirmed by the SvO<sub>2</sub> data, which statistically significantly differed between the groups directly during PCI. In the ECMO group, the median SvO<sub>2</sub> was higher, which indicates the best oxygen delivery with this MCS method. However, we did not observe statistically significant differences in this indicator in the post-operative period.

The level of troponin I the day after PCI in the ECMO group was 0.18 (0.1; 2.3) ng/ml, in the IABP group — 1.64 (0.92; 2.36) ng/ml ( $P=0.045$ ). The level of creatine phosphokinase-MB the next day after PCI in the ECMO group was 46 (18; 137) IU/l, in the IABP group — 200 (33; 405) IU/l ( $P=0.04$ ). Thus, statistically significant differences in the levels of these markers of myocardial damage between the studied groups also indicate a high degree of transferred myocardial ischemia during the procedure under conditions of IABP.

Renal failure (RF) was observed in the ECMO group in 2 (6.8%) patients, in the IABP group — in 7 (31.8%) patients ( $P=0.021$ ). Moreover, stage R was observed in 2 (6.8%) cases in the ECMO group and in 5 (22.7%) cases in the IABP group ( $P=0.1$ ); stage I was observed in 0 (0%) cases in the ECMO group and in 1 (4.5%) case in the IABP group ( $P=0.247$ ); Stage F was observed in 0 (0%) cases in the ECMO group and in 1 (4.5%) case in the IABP group ( $P=0.247$ ). The NGAL level the day after PCI in the

что при развитии тяжелых гемодинамических нарушений вплоть до кардиогенного шока во время ЧКВ более эффективным методом МПК является ВА ЭКМО [8]. Частота жизнеугрожающих нарушений ритма во время основного этапа ЧКВ статистически не отличалась между группами. Тем не менее развитие таких аритмий в условиях ЭКМО не сопровождалось ухудшением системной гемодинамики, тогда как в условиях ВАБК, напротив, отмечали остановку кровообращения, что потребовало немедленной электроимпульсной терапии, направленной на восстановление эффективного ритма сердца. Также одним из ключевых критериев отлучения от МПК было наличие удовлетворительного значения СИ (в пределах 2,2–2,5 л/мин/м<sup>2</sup>) без превышения терапевтического диапазона инотропных препаратов. В условиях ВАБК статистически значимо чаще требовалось использование инотропных препаратов, причем в максимально терапевтических дозах, либо в комбинации с норадреналином. Вместе с тем отлучение от ВАБК происходило в 50% случаев в операционной, в остальных случаях требовалась пролонгация МПК, что указывает на более выраженные проявления синдрома сердечной недостаточности в этой группе, несмотря на статистически незначимые отличия ФВ ЛЖ в исследуемых группах спустя сутки после ЧКВ. Это подтверждается и данными SvO<sub>2</sub>, которые статистически значимо различались между группами непосредственно во время ЧКВ ВР. В группе ЧКВ+ЭКМО медиана SvO<sub>2</sub> была выше, что указывает на лучшую доставку кислорода при данном методе МПК. Вместе с тем, не наблюдали статистически значимых отличий этого показателя в послеоперационном периоде.

Содержание тропонина I на следующие сутки после ЧКВ в группе ЧКВ+ЭКМО составило 0,18 (0,1; 2,3) нг/мл, в группе ЧКВ+ВАБК — 1,64 (0,92; 2,36) нг/мл ( $p=0,045$ ). Содержание КФК МВ на следующие сутки после ЧКВ в группе ЧКВ+ЭКМО составило 46 (18; 137) ЕД/л, в группе ЧКВ+ВАБК — 200 (33; 405) ЕД/л ( $p=0,04$ ). Таким образом, статистически значимые различия содержания этих маркеров повреждения миокарда между исследуемыми группами также указывают на большую степень перенесенной ишемии миокарда во время процедуры в условиях ВАБК.

Почечная дисфункция (ПД) по шкале RIFLE отмечали в группе ЧКВ+ЭКМО у 2 (6,8%) пациентов, в группе ЧКВ+ВАБК у 7 (31,8%) пациентов ( $p=0,021$ ). Причем стадию R наблюдали в 2 (6,8%) случаях в группе ЧКВ+ЭКМО и в 5 (22,7%) случаях в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,1$ ); стадию I наблюдали в 0 (0%) случаях в группе ЧКВ+ЭКМО и в 1 (4,5%) случае в группе

IABP group was 139.4 (88.1; 166.7) ng/ml, in the IABP group — 212.3 (102; 279) ( $P=0.027$ ). RF, assessed on the RIFLE scale, was observed more often in the IABP group. When assessing the incidence of RF separately for each stage, no significant differences were found. Serum NGAL confirms a lower degree of kidney damage in the ECMO group. There are some studies where the incidence of acute renal failure during percutaneous revascularization of LMCA and coronary artery bypass grafting in patients with existing chronic renal failure were compared, and it was shown that RF developed less frequently in PCI [9]. There is no information, which MCS-based methods were used for those interventions. It is known that the development of RF in ACS significantly increases the risk of death [10]. The study of RF as a complication of IABP, preceding the operation of coronary bypass surgery, does not show a reliable connection between these phenomena [11], but, in turn, does not show comparative data with revascularization in the form of PCI, in which IABP is used much more often. IABP is known to improve renal blood flow [12], but the correct anatomical comparability of the balloon and aorta is extremely important since this mismatch entails renal complications [13]. F. Pappalardo et al. showed that with the development of cardiogenic shock, IABP does not protect against RF, and with its development the risk of death significantly increases [14]. Studies on the development of RF with using ECMO show a high incidence of this complication, but the fact that the etiology of RF is associated with the primary disease and impaired oxygen delivery to the kidneys rather than with the use of ECMO is always stipulated. ECMO in this situation is just one of the intensive care methods that supports global perfusion and provides oxygen transport to all organs [15]. Thus, the development of RF in ACS has been investigated only in severe patients, while this issue has not been studied in initially hemodynamically stable patients. However, the results of this study showed that with HR PCI, the use of IABP was most commonly associated with the development of renal dysfunction compared to ECMO.

MOF was observed in 3 (10.3%) cases in the PCI + ECMO group and in 12 (54.5%) cases in the IABP group ( $P=0.001$ ). The median score in the ECMO group was 3 (1; 4) points, while in the IABP group it was 6 (3; 8) points ( $P=0.02$ ) by SOFA score. Thus, we observed not only a more frequent development of MOF in the IABP group, but also a greater degree of severity of MOF.

The duration of the endovascular intervention of PCI was higher in the group using ECMO. This was due to the fact that, because of MCS specificity and better hemodynamic stability, the operator had more opportunities for the most complete revascularization that evidenced by significant dif-

ЧКВ+ВАБК ( $p=0,247$ ); стадию F — в 0 (0%) случаях в группе ЧКВ+ЭКМО и в 1 (4,5%) случае в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,247$ ). Содержание NGAL на следующие сутки после ЧКВ в группе ЧКВ+ВАБК составил 139,4 (88,1; 166,7) нг/мл, в группе ЧКВ+ВАБК — 212,3 (102; 279) ( $p=0,027$ ). Таким образом, мы наблюдали развитие ПД по шкале RIFLE чаще в группе ЧКВ+ВАБК. При оценке частоты развития ПД отдельно по каждой стадии достоверных различий не выявили. Значения содержания сывороточного NGAL подтверждает меньшую степень повреждения почек в группе ЧКВ+ЭКМО. Известны исследования, когда сравнивалась частота развития острой почечной недостаточности при чрескожной реваскуляризации Ст.ЛКА и операции коронарного шунтирования у пациентов с имеющейся хронической почечной недостаточностью, где показано, что ПД в условиях ЧКВ развивалась реже [9]. Вместе с тем, не представлено, какие методы МПК использовались при данных вмешательствах. Однако известно, что развитие ПД при ОКС существенно повышает риск смерти [10]. Исследование ПД как осложнения ВАБК, предшествующего операции коронарного шунтирования, не показывает достоверной связи между этими явлениями [11], но, в свою очередь, и не отражает сравнительных данных с реваскуляризацией в виде ЧКВ, при котором ВАБК применяется значительно чаще. Известно, что ВАБК улучшает почечный кровоток [12], однако крайне важной является правильная анатомическая сопоставимость баллона и аорты, так как это несоответствие влечет за собой почечные осложнения [13]. F. Parralardo и соавторы показали, что при развитии кардиогенного шока ВАБК не защищает от ПД, а при ее развитии значительно возрастает риск летального исхода [14]. Исследования по развитию ПД при использовании ЭКМО показывают высокую частоту этого осложнения, но всегда оговаривается тот факт, что этиология ПД связана с первичным заболеванием и нарушением доставки кислорода к почкам, а не с использованием ЭКМО. И ЭКМО в этой ситуации является именно одним из методов интенсивной терапии, который поддерживает глобальную перфузию и обеспечивает транспорт кислорода ко всем органам [15]. Таким образом, развитие ПД при ОКС является изученной темой только у пациентов в критическом состоянии, тогда как этот вопрос у исходно гемодинамически стабильных пациентов не изучался. Результаты данного исследования показали, что при ЧКВ ВР использование ВАБК чаще ассоциируется с развитием почечной дисфункции по сравнению с ЭКМО.

ПОН, как событие наблюдали в 3 (10,3%) случаях в группе ЧКВ+ЭКМО и в 12 (54,5%) случаях в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,001$ ). При оценке

различий в резидуальном SYNTAX score между изученными группами. Резидуальный SYNTAX score в группе ЭКМО составил 10 (2; 19) баллов, а в группе ВАБК достиг 18 (11; 24) баллов ( $P=0.01$ ). Также, эндоваскулярные хирурги субъективно отметили лучший комфорт при выполнении ПКИ в условиях ЭКМО.

Среди всех пациентов, мы не отметили никаких осложнений, кроме геморрагического. BARC кровотечение по шкале 3a или более было отмечено у 13 (44,8%) пациентов в группе ЭКМО и у 4 (18,1%) пациентов в группе ВАБК ( $P=0.046$ ). Несмотря на очевидно лучшие гемодинамические эффекты и минимизацию повреждения органов при использовании ЭКМО, существует высокая частота геморрагических осложнений в группе использования этого типа МКС. Это, в свою очередь, может дискредитировать технику, так как переливание крови, которое может потребоваться при таких осложнениях, является предиктором развития MOF. Высокая частота кровотечений, скорее всего, связана с большей инвазивностью этого метода, а также с относительно небольшим опытом команды, так как частота геморрагических осложнений снизилась. Полученные данные согласуются с мировым опытом, который также отмечает, что более частое и рутинное использование ЭКМО снижает потенциальное количество осложнений [16].

В целом, госпитальная смертность, которая была значительно ниже и отмечена в 1 (3,4%) случае в группе ЭКМО по сравнению с 5 (22,7%) случаями в группе ВАБК ( $P=0.035$ ). Рандомизированное контролируемое исследование SHOCK 2 не показало снижения смертности при использовании ВАБК у пациентов с кардиогенным шоком [17], в то время как ЭКМО согласно другим нерандомизированным исследованиям ассоциировалась с улучшением выживаемости [16]. Ограничением этих исследований является то, что изначально гемодинамически стабильные пациенты не были изучены.

## Conclusion

Сравнивая с ВАБК, вено-артериальное ЭКМО имеет более выраженное органозащитное действие, позволяющее достичь лучшей гемодинамической стабильности, что, в свою очередь, предотвращает гипоксию и последующее развитие органной дисфункции, что подтверждено как клиническими, так и лабораторными маркерами. Кроме того, в условиях вено-артериального ЭКМО, лучше обеспечена полнота и качество реваскуляризации, гарантируется, и снижена госпитальная смертность.

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

по шкале органной дисфункции SOFA медиана баллов в группе ЧКВ+ЭКМО составила 3 (1; 4), тогда как в группе ЧКВ+ВАБК составила 6 (3; 8) ( $p=0,02$ ). Таким образом, наблюдали не только более частое развитие ПОН в группе ЧКВ+ВАБК, но и большую степень выраженности ПОН.

Длительность основного эндоваскулярно-го этапа ЧКВ была выше в группе с использованием ЭКМО. Это связано с тем, что в условиях этого вида МПК при лучшей гемодинамической стабильности оператор имел больше возможностей для максимально полной реваскуляризации, что подтверждается достоверными отличиями в остаточном SYNTAX между исследуемыми группами. Остаточный SYNTAX в группе ЧКВ+ЭКМО составил 10 (2; 19) баллов, тогда как в группе ЧКВ+ВАБК составил 18 (11; 24) баллов ( $p=0,01$ ). Рентгеноэндоваскулярные хирурги субъективно отмечали лучший комфорт при выполнении ЧКВ в условиях ЭКМО.

Каких-либо осложнений, кроме геморрагических, среди всех пациентов не отмечали. Кровотечение с оценкой 3а и более по шкале BARC наблюдали у 13 (44,8%) пациентов в группе ЧКВ+ЭКМО и у 4 (18,1%) пациентов в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,046$ ). Несмотря на очевидно лучшие гемодинамические эффекты и минимизацию органного повреждения при использовании ЭКМО, именно при применении этого вида МПК наблюдали большую частоту геморрагических осложнений. Это, в свою очередь, может дискредитировать методику, так как гемотрансфузии, которые могут потребоваться в связи с этими осложнениями, сами по себе являются предиктором развития ПОН. Большая частота кровотечений, по всей видимости, связана с большей инвазивностью этого метода МПК, а также с относительно небольшим опытом команды, по мере накопления которого частота геморрагических осложнений

уменьшалась. Полученные данные согласуются с общемировым опытом, который свидетельствует, что более частое и рутинное использование ЭКМО снижает потенциальное число осложнений [16].

Результатирующей вышеописанного является госпитальная летальность, которая была значимо ниже и отмечалась в 1 (3,4%) случае в группе ЧКВ+ЭКМО по сравнению с 5 (22,7%) случаями в группе ЧКВ+ВАБК ( $p=0,035$ ). Рандомизированное контролируемое исследование SNOCK 2 не показало снижения летальности при применении ВАБК у пациентов с кардиогенным шоком [17], тогда как применение ЭКМО по данным других не рандомизированных исследований ассоциировано с улучшением выживаемости [16]. Ограничением этих исследований, опять же, является то, что исходно гемодинамически стабильные пациенты не обследовались.

## Заключение

ВА ЭКМО по сравнению с ВАБК оказывает более выраженный органопротективный эффект путем достижения лучшей гемодинамической стабильности, что, в свою очередь, предупреждает развитие гипоксии и последующей органной дисфункции. Кроме того, в условиях ВА ЭКМО обеспечивается лучшее качество и полнота реваскуляризации, а также снижается госпитальная летальность.

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

## Литература

1. Myat A., Patel N., Tehrani S., Banning A.P., Redwood S.R., Bhatt D.L. Percutaneous Circulatory Assist Devices for High-Risk Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2015; 8 (2): 229–244. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.07.030
2. Rihal C.S., Naidu S.S., Givertz M.M., Szeto W.Y., Burke J.A., Kapur N.K., Kern M., Garratt K.N., Goldstein J.A., Dimas V., Tu T.; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI); Heart Failure Society of America (HFSA); Society of Thoracic Surgeons (STS); American Heart Association (AHA), and American College of Cardiology (ACC). 2015 SCAI/ACC/HFSA/STS Clinical Expert Consensus Statement on the Use of Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiovascular Care: Endorsed by the American Heart Association, the Cardiological Society of India, and Sociedad Latino Americana de Cardiologia Intervencion; Affirmation of Value by the Canadian Association of Interventional Cardiology-Association Canadienne de Cardiologie d'intervention. *J Am Coll Cardiol.* 2015; 65 (19): e7–e26. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.03.036
3. Тарасов Р.С., Неверова Ю.Н., Ганюков В.И., Иванов С.В., Барбараш О.Л., Барбараш Л.С. Результаты реваскуляризации миокарда у пациентов с острым коронарным синдромом без подъема сегмента ST при многососудистом коронарном атеросклерозе. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2016; (3): 52–58. DOI: 10.17802/2306-1278-2016-3-52-58
4. Chalmers J., Pullan M., Fabri B., McShane J., Shaw M., Mediratta N., Poullis M. Validation of EuroSCORE II in a modern cohort of patients undergoing cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013; 43 (4): 688–694. DOI: 10.1093/ejcts/ezs406
5. Fukui T., Tabata M., Morita S., Takanashi S. Early and long-term outcomes of coronary artery bypass grafting in patients with acute coronary syndrome versus stable angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 145 (6): 1577–1583, 1583.e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.05.043
6. Рябов Г.А. Гипоксия критических состояний. М.: Медицина, 1988. — 288 с.
7. Корнелюк Р.А., Верещакгин И.Е., Шукевич Д.Л., Ганюков В.И. Механическая поддержка кровообращения при чрескожном ко-

## References

1. Myat A., Patel N., Tehrani S., Banning A.P., Redwood S.R., Bhatt D.L. Percutaneous Circulatory Assist Devices for High-Risk Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2015; 8 (2): 229–244. DOI: 10.1016/j.jcin.2014.07.030
2. Rihal C.S., Naidu S.S., Givertz M.M., Szeto W.Y., Burke J.A., Kapur N.K., Kern M., Garratt K.N., Goldstein J.A., Dimas V., Tu T.; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions (SCAI); Heart Failure Society of America (HFSA); Society of Thoracic Surgeons (STS); American Heart Association (AHA), and American College of Cardiology (ACC). 2015 SCAI/ACC/HFSA/STS Clinical Expert Consensus Statement on the Use of Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiovascular Care: Endorsed by the American Heart Association, the Cardiological Society of India, and Sociedad Latino Americana de Cardiologia Intervencion; Affirmation of Value by the Canadian Association of Interventional Cardiology-Association Canadienne de Cardiologie d'intervention. *J Am Coll Cardiol.* 2015; 65 (19): e7–e26. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.03.036
3. Tarasov R.S., Neverova Yu.N., Ganyukov V.I., Ivanov S.V., Barbarash O.L., Barbarash L.S. The results of myocardial revascularization in patients with acute coronary syndrome without ST segment elevation in multivascular coronary atherosclerosis. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistyykh zabolevanij.* 2016; (3): 52–58. [In Russ.]. DOI: 10.17802/2306-1278-2016-3-52-58
4. Chalmers J., Pullan M., Fabri B., McShane J., Shaw M., Mediratta N., Poullis M. Validation of EuroSCORE II in a modern cohort of patients undergoing cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013; 43 (4): 688–694. DOI: 10.1093/ejcts/ezs406
5. Fukui T., Tabata M., Morita S., Takanashi S. Early and long-term outcomes of coronary artery bypass grafting in patients with acute coronary syndrome versus stable angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 145 (6): 1577–1583, 1583.e1. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2012.05.043
6. Ryabov G.A. Hypoxia of Critical Conditions. M.: Meditsina, 1988. — 288. [In Russ.].
7. Kornelyuk R.A., Vereshchagin I.E., Shukevich D.L., Ganyukov V.I. Mechanical support of blood circulation during high-risk percutaneous

- ронарном вмешательстве высокого риска. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2018; 7 (4S): 54–65. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-54-65
8. Корнилов И.А., Гражданкин И.О., Редькин Д.А., Дерягин М.Н., Ефремов С.М., Ломиворотов В.В. Экстракорпоральная мембранная оксигенация при остром инфаркте миокарда, осложненном кардиогенным шоком. *Общая реаниматология*. 2013; 9 (3): 54. DOI: 10.15360/1813-9779-2013-3-54
  9. Giustino G., Mehran R., Serruys P.W., Serruys P.W., Sabik J.F.3rd, Milojevic M., Simonton C.A., Puskas J.D., Kandzari D.E., Morice M.C., Taggart D.P., Gershlick A.H., Génereux P., Zhang Z., McAndrew T., Redfors B., Ragoosta M. 3rd, Kron I.L., Dressler O., Leon M.B., Pocock S.J., Ben-Yehuda O., Kappetein A.P., Stone G.W. Left Main Revascularization With PCI or CABG in Patients With Chronic Kidney Disease: EXCEL Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2018; 72 (7): 754–765. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.05.057
  10. Ismail M.D., Jalalonmuhali M., Azhari Z., Mariapun J., Lee Z.V., Zainal Abidin I., Wan Ahmad W.A., Zuhdi A.S.M.; NCVD-PCI investigators. Outcomes of STEMI patients with chronic kidney disease treated with percutaneous coronary intervention: the Malaysian National Cardiovascular Disease Database – Percutaneous Coronary Intervention (NCVD-PCI) registry data from 2007 to 2014. *BMC Cardiovasc Disord*. 2018; 18 (1): 184. DOI: 10.1186/s12872-018-0919-9
  11. Muniraju G., Pandey S., Chakravarthy M., Krishnamoorthy J., Narayan S., Jawali V. Intra-aortic balloon pump use does not affect the renal function in patients undergoing off pump coronary artery bypass surgery. *Ann Card Anaesth*. 2011; 14 (3): 188–191. DOI: 10.4103/0971-9784.83996.S
  12. Sloth E., Sprogøe P., Lindskov C., Hørlyck A., Solvig J., Jakobsen C. Intra-aortic balloon pumping increases renal blood flow in patients with low left ventricular ejection fraction. *Perfusion*. 2008 Jul; 23 (4): 223–226. DOI: 10.1177/0267659108100457
  13. Haralabos Parissis, Alan Soo, Bassel Al-Alao. Intra aortic balloon pump: literature review of risk factors related to complications of the intraaortic balloon pump. *J Cardiothorac Surg*. 2011; 6: 147. DOI: 10.1186/1749-8090-6-147
  14. Pappalardo F, Ajello S, Greco M, Celińska-Spodar M, De Bonis M, Zangrillo A, Montisci A. Contemporary applications of intra-aortic balloon counterpulsation for cardiogenic shock: a «real world» experience. *J Thorac Dis*. 2018; 10 (4): 2125–2134. DOI: 10.21037/jtd.2018.04.20
  15. Villa G, Katz N, Ronco C. Extracorporeal Membrane Oxygenation and the Kidney. *Cardiorenal Med*. 2015; 6 (1): 50–60. DOI: 10.1159/000439444
  16. Atkinson T.M., Ohman E.M., O'Neill W.W., Rab T., Cigarroa J.E.; *Interventional Scientific Council of the American College of Cardiology*. A Practical Approach to Mechanical Circulatory Support in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: An Interventional Perspective. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016; 9 (9): 871–883. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.02.046
  17. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, Ferenc M, Olbrich H.G., Hausleiter J, Richardt G, Hennersdorf M, Empen K, Fuernau G, Desch S, Eitel I, Hambrecht R, Fuhrmann J, Böhm M, Ebel H, Schneider S, Schuler G, Werdan K; IABP-SHOCK II Trial Investigators. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367 (14): 1287–1296. DOI: 10.1056/NEJMoa1208410
- coronary intervention. *Kompleksnye problemy serdechno-sosudistykh zabolevanij*. 2018; 7 (4S): 54–65. [In Russ.]. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-54-65
8. Kornilov I.A., Grazhdankin I.O., Redkin D.A., Deryagin M.N., Efremov S.M., Lomivorotov V.V. Extracorporeal Membrane Oxygenation in Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock. *Obshchaya Reanimatologiya—General Reanimatology*. 2013; 9 (3): 54. [In Russ.]. DOI: 10.15360/1813-9779-2013-3-54
  9. Giustino G., Mehran R., Serruys P.W., Serruys P.W., Sabik J.F.3rd, Milojevic M., Simonton C.A., Puskas J.D., Kandzari D.E., Morice M.C., Taggart D.P., Gershlick A.H., Génereux P., Zhang Z., McAndrew T., Redfors B., Ragoosta M. 3rd, Kron I.L., Dressler O., Leon M.B., Pocock S.J., Ben-Yehuda O., Kappetein A.P., Stone G.W. Left Main Revascularization With PCI or CABG in Patients With Chronic Kidney Disease: EXCEL Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2018; 72 (7): 754–765. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.05.057
  10. Ismail M.D., Jalalonmuhali M., Azhari Z., Mariapun J., Lee Z.V., Zainal Abidin I., Wan Ahmad W.A., Zuhdi A.S.M.; NCVD-PCI investigators. Outcomes of STEMI patients with chronic kidney disease treated with percutaneous coronary intervention: the Malaysian National Cardiovascular Disease Database – Percutaneous Coronary Intervention (NCVD-PCI) registry data from 2007 to 2014. *BMC Cardiovasc Disord*. 2018; 18 (1): 184. DOI: 10.1186/s12872-018-0919-9
  11. Muniraju G., Pandey S., Chakravarthy M., Krishnamoorthy J., Narayan S., Jawali V. Intra-aortic balloon pump use does not affect the renal function in patients undergoing off pump coronary artery bypass surgery. *Ann Card Anaesth*. 2011; 14 (3): 188–191. DOI: 10.4103/0971-9784.83996.S
  12. Sloth E., Sprogøe P., Lindskov C., Hørlyck A., Solvig J., Jakobsen C. Intra-aortic balloon pumping increases renal blood flow in patients with low left ventricular ejection fraction. *Perfusion*. 2008 Jul; 23 (4): 223–226. DOI: 10.1177/0267659108100457
  13. Haralabos Parissis, Alan Soo, Bassel Al-Alao. Intra aortic balloon pump: literature review of risk factors related to complications of the intraaortic balloon pump. *J Cardiothorac Surg*. 2011; 6: 147. DOI: 10.1186/1749-8090-6-147
  14. Pappalardo F, Ajello S, Greco M, Celińska-Spodar M, De Bonis M, Zangrillo A, Montisci A. Contemporary applications of intra-aortic balloon counterpulsation for cardiogenic shock: a «real world» experience. *J Thorac Dis*. 2018; 10 (4): 2125–2134. DOI: 10.21037/jtd.2018.04.20
  15. Villa G, Katz N, Ronco C. Extracorporeal Membrane Oxygenation and the Kidney. *Cardiorenal Med*. 2015; 6 (1): 50–60. DOI: 10.1159/000439444
  16. Atkinson T.M., Ohman E.M., O'Neill W.W., Rab T., Cigarroa J.E.; *Interventional Scientific Council of the American College of Cardiology*. A Practical Approach to Mechanical Circulatory Support in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention: An Interventional Perspective. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016; 9 (9): 871–883. DOI: 10.1016/j.jcin.2016.02.046
  17. H. Thiele., Zeymer U., Neumann F.J., Ferenc M., Olbrich H.G., Hausleiter J., Richardt G., Hennersdorf M., Empen K., Fuernau G., Desch S., Eitel I., Hambrecht R., Fuhrmann J., Böhm M., Ebel H., Schneider S., Schuler G., Werdan K.; IABP-SHOCK II Trial Investigators. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367 (14): 1287–1296. DOI: 10.1056/NEJMoa1208410

Поступила 29.09.19

Received 29.09.19

**Диссертации на соискание ученой степени доктора наук без опубликования основных научных результатов в ведущих журналах и изданиях, перечень которых утвержден Высшей аттестационной комиссией, будут отклонены в связи с нарушением п. 10 Положения о порядке присуждения ученых степеней.**

Перечень журналов ВАК, издаваемых в Российской Федерации по специальности 14.01.20 «Анестезиология и реаниматология», в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата медицинских наук:

- *Анестезиология и реаниматология;*
- *Общая реаниматология.*