



УДК 616.132.2

DOI 10.17802/2306-1278-2019-8-1-100-111

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ЧРЕСКОЖНОМ КОРОНАРНОМ ВМЕШАТЕЛЬСТВЕ

А. А. Гречишкин , С. В. Майнгарт, А. С. Некрасов, А.Н. Федорченко, В.А. Порханов

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, улица 1 Мая, 167, Краснодар, Российская Федерация, 350086

Основные положения

- Представлен обзор современных устройств ЧМПК, результатов исследований, проведенных по оценке их эффективности и безопасности, определение показаний для применения устройств, а также практических моментов их эксплуатации для принятия алгоритма по выбору устройств ЧМПК.

Резюме

Несмотря на стремительное развитие эндоваскулярной хирургии, смертность при чрескожном коронарном вмешательстве (ЧКВ) у пациентов с высокими рисками тяжелых кардиальных осложнений и в критических состояниях (кардиогенный шок, остановка сердечной деятельности) остается крайне высокой. Успех ЧКВ напрямую зависит от способности «кардиокоманды» предотвращать и своевременно купировать тяжелые нарушения сердечной деятельности. На данный момент фармакологическая терапия не способна полноценно бороться с развитием тяжелых кардиальных событий при проведении ЧКВ. Именно поэтому в таких ситуациях использование устройств чрескожной механической поддержки кровообращения (ЧМПК) может оказать неоценимую помощь при лечении данной категории пациентов. Несмотря на то, что в течение нескольких десятилетий устройства ЧМПК используются для стабилизации пациентов при кардиогенном шоке и обеспечения гемодинамической поддержки при ЧКВ высокого риска, результаты их применения остаются неоднозначными. Целью настоящей статьи является обзор современных устройств ЧМПК, имеющихся данных и результатов исследований, показаний для их применения, а также практических моментов их эксплуатации, которые могут помочь в принятии правильного решения по выбору устройств ЧМПК.

Ключевые слова Механическая поддержка кровообращения • ЧКВ • Кардиогенный шок

Поступила в редакцию: 23.11.18; поступила после доработки: 15.02.19; принята к печати: 13.03.19

MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT IN PATIENTS UNDERGOING PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION

A.A. Grechishkin , S.V. Mayngart, A.S. Nekrasov, A.N. Fedorchenko, V.A. Porhanov

State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, 167, 1 Maya St., Krasnodar, Russian Federation, 350086

Highlights

- The review accumulates all existing data on the modern percutaneous mechanical circulatory support devices, evidences on their effectiveness and safety, the determination of indications for their use, as well as some practical operational considerations in selecting percutaneous mechanical circulatory support devices.

Abstract

Despite the rapid evolution in the development of endovascular surgery, the mortality of patients undergoing percutaneous coronary interventions (PCI) with high risk of severe cardiac complications and critical conditions (cardiogenic shock, cardiac arrest) remains extremely high. The success of PCI directly depends on the ability of the Heart Team to prevent and timely eliminate severe cardiac disorders. Despite the rapid evolution in the development of endovascular surgery,

Для корреспонденции: Гречишкин Андрей Анатольевич, e-mail: surgeon205@mail.ru; адрес: 350086, Россия, Краснодар, улица 1 мая, 167

Corresponding author: Grechishkin Andrey A., e-mail: surgeon205@mail.ru; address: Russian Federation, 350086, Krasnodar, 167, 1 Maya St.

Abstract

the mortality of patients undergoing percutaneous coronary interventions (PCI) with high risk of severe cardiac complications and critical conditions (cardiogenic shock, cardiac arrest) remains extremely high. The success of PCI directly depends on the ability of the Heart Team to prevent and timely eliminate severe cardiac disorders. Pharmacological therapy is not able to completely resist the development of severe cardiac events during PCI. In such situations the usage of devices for percutaneous mechanical circulation support (PMCS) can make an invaluable help in the treatment of this group of patients. Despite the fact that the PMCS devices are used to stabilize patients with cardiogenic shock and to provide hemodynamic support for high-risk PCI for several decades, the results of their application remain ambiguous. The purpose of this article is to review all existing literature on modern PMCS devices, available data and research results, indications for their use, and operational considerations that can ensure the decision-making process in selecting optimal PMCS devices.

Keywords

Mechanical circulatory support • PCI • Cardiogenic shock

Received: 23.11.18; received in revised form: 15.02.19; accepted: 13.03.19

Список сокращений

ЧКВ	– чрескожное коронарное вмешательство	ЧКВ-ВР	– чрескожное коронарное вмешательство с высокими рисками
ЧМПК	– чрескожная механическая поддержка кровообращения	ВАБК	– внутриаортальный баллонный контрпульсатор
ОИМ	– острый инфаркт миокарда	ВА-ЭКМО	– веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация
САД	– среднее артериальное давление		

Введение

За последние два десятилетия интервенционная кардиология достигла больших успехов в лечении пациентов с сердечной патологией. Согласно последним статистическим данным Американской кардиологической ассоциации, ЧКВ является наиболее распространенным методом реваскуляризации и применяется у пациентов со сложными поражениями коронарных артерий, широким спектром сопутствующей патологии и острым инфарктом миокарда (ОИМ) с тяжелыми нарушениями сердечной деятельности и гемодинамики [1]. Несмотря на стремительное развитие эндоваскулярной хирургии, смертность при неотложных состояниях (кардиогенный шок, остановка сердечной деятельности) остается крайне высокой – более 40% [2, 3]. Медикаментозная терапия не может полноценно предотвратить развитие тяжелых кардиальных событий при проведении ЧКВ. Таким образом, при лечении пациентов с тяжелой сердечной патологией использование чрескожной механической поддержки кровообращения (ЧМПК) может оказать неоценимую помощь.

Существуют три основные цели, на которые направлена работа устройств ЧМПК (Рис. 1). Во-первых, необходимо обеспечить поддержку кровообращения для сохранения адекватного уровня среднего артериального давления (САД) и перфузии жизненно важных органов. Во-вторых, требуется разгрузка ЛЖ – уменьшение давления и объема крови в поло-

сти ЛЖ с целью сокращения потребности миокарда в кислороде. В-третьих, существенно важно поддержание адекватного уровня АД в коронарных артериях при одновременном снижении диастолического давления в ЛЖ с целью сохранения перфузии миокарда, снижения степени его ишемии и повреждения. Каждый из этих трех компонентов уравнения гемодинамической поддержки может быть достигнут при соответствующем использовании устройств механической поддержки кровообращения [4].

ЧМПК используется главным образом в следующих клинических ситуациях: проведение чрескожного коронарного вмешательства с высокими рисками (ЧКВ-ВР) развития тяжелых кардиальных осложнений; кардиогенный шок (КШ) и пациенты с остановкой сердечной деятельности.

Устройства ЧМПК значительно изменились с тех пор, как впервые в 1960-х гг. был использован внутриаортальный баллонный контрпульсатор (ВАБК) [5]. Хотя ВАБК является основой устройств ЧМПК, недавние исследования продемонстрировали отсутствие его эффективности [6, 7]. Введение в клиническую практику новых устройств ЧМПК в сочетании с данными клинических исследований бросает вызов роли ВАБК при КШ и ЧКВ-ВР [8, 9]. Новые устройства механической поддержки кровообращения (Рис. 2), такие как Impella (Abiomed Inc., Danvers, Massachusetts), TandemHeart (CardiacAssist, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania) и вено-

артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО), обеспечивают значительно большую поддержку гемодинамики и, следовательно, могут улучшить клинические исходы (Рис. 3) [10].

При наличии множества доступных способов лечения задача «кардиокоманды» заключается в том, чтобы понять, когда следует использовать ЧМПК, какой тип устройства выбрать и какие практические моменты следует учитывать при использовании этих устройств.

Устройства ЧМПК. Принципы работы ВАБК

ВАБК представляет собой баллон, заполненный гелием, объемом от 30 до 60 мл (в зависимости от роста больного), который заводится через бедренную артерию и позиционируется в нисходящей аорте на 2 см ниже отхождения левой подпочечной артерии (Рис. 2). Принцип работы заключается в раздувании баллона в самом начале диастолы, когда аортальный клапан закрыт, что вызывает вытеснение соответствующего объема крови из аорты и приводит к улучшению кровотока в коронарных, церебральных, почечных и других артериях. Затем баллон сдувается перед началом систолы, что способствует снижению конечного диастолического давления в аорте и увеличению выброса крови из ЛЖ. Режимы работы контрпульсатора, раздувание и сдувание баллона в зависимости от фазы сердечной деятельности синхронизируются с ЭКГ.

Impella

Система Impella представляет собой аксиальный насос, задача которого перекачивать кровь из ЛЖ в восходящую аорту, что способствует разгрузке ЛЖ (Рис. 2), тем самым уменьшая конечную диастолическую нагрузку на стенки ЛЖ и увеличивая аортальное и внутрикоронарное давление, резерв коронарного кровотока, а также стимулируя снижение коронарного микрососудистого сопротивления [11]. Существует несколько модификаций устройства Impella, различающихся по объему перекачиваемой крови (Рис. 3). Impella 5.0 требует хирургического доступа к бедренной или подмышечной артериям и, следовательно, не является действительно чрескожным. Устройства Impella 2.5 и Impella CP устанавливаются чрескожно. При поражении и дисфункции правого желудочка используется Impella RP, которая устанавливается трансвенозно и перекачивает кровь из правого желудочка (ПЖ) в легочную артерию (ЛА).

Tandemheart

Устройство TandemHeart представляет собой мощный насос с двумя канюлями, который осуществляет декомпрессию левого желудочка и обеспечивает постоянную подачу кислородосодержащей крови в

органы (Рис. 2). Первая канюля для забора оксигенированной крови устанавливается через бедренную вену, а далее путем транссептальной пункции заводится в левое предсердие. Вторая канюля заводится через бедренную артерию, позиционируется на уровне бифуркации аорты и возвращает кровь обратно в артериальное русло. Устройство улучшает показатели сердечного индекса, среднего АД, уменьшает давление заклинивания легочной артерии и центральное венозное давление, что приводит к уменьшению давления наполнения обоих желудочков и проявляется в снижении нагрузки на миокард и его потребности в кислороде [12]. Также имеется разновидность устройства TandemHeart, называемое ProTek Duo, которое используется для поддержания гемодинамики при дисфункции правого желудочка.

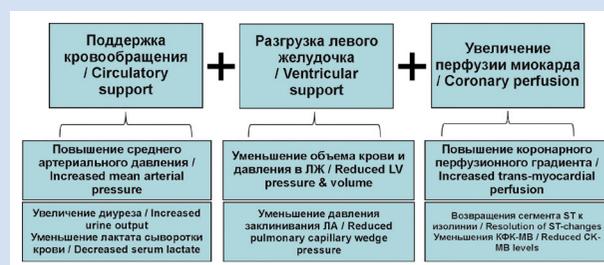


Рисунок 1. Основные цели ЧМПК

Примечание: ЛА – легочная артерия; ЛЖ – левый желудочек; КФК-МВ – креатинфосфокиназа-МВ.

Figure 1. The main goals of the percutaneous mechanical circulatory support (PMCS) devices

Note: LV – left ventricular; CK-MB – creatine kinase-MB.

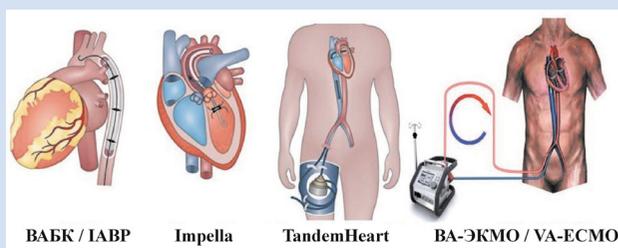


Рисунок 2. Устройства ЧМПК

Примечание: ВАБК – внутриаортальный баллонный контрпульсатор; ВА-ЭКМО – веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация.

Figure 2. PMCS devices

Note: IABP – intra-aortic balloon pumping; VA-ECMO – veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation.

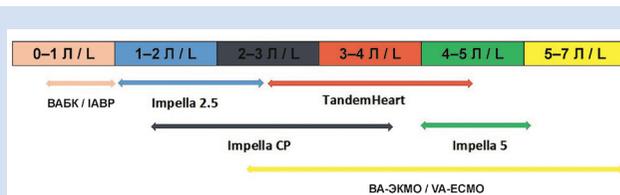


Рисунок 3. Сравнение устройств ЧМПК и их влияние на системный кровоток

Примечание: ВАБК – внутриаортальный баллонный контрпульсатор; ВА-ЭКМО – веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация.

Figure 3. Comparison of PMCS devices and their effect on systemic blood flow

Note: IABP – intra-aortic balloon pumping; VA-ECMO – veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation.

Веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация

Система состоит из венозного резервуара, внешнего центробежного насоса крови, мембранного оксигенатора и подогреваемого гепаринизированного контура. ВА-ЭКМО является эффективным модифицированным сердечно-легочным шунтом (из венозной системы в артериальную), который обеспечивает непрерывный, не пульсирующий сердечный выброс; устанавливается чрескожно посредством пункции бедренных артерии и вены (Рис. 2). Артериальная канюля устанавливается в нисходящей аорте. Венозная канюля – в правом предсердии. ВА-ЭКМО удаляет углекислый газ и обогащает кислородом венозную кровь через искусственную мембрану, тем самым минуя легочную циркуляцию [13]. Она является единственным устройством ЧМПК, которое оксигенирует кровь и может обеспечить значительную поддержку гемодинамики (Рис. 3).

Для предотвращения развития возможных тромботических осложнений каждое устройство ЧМПК требует проведения антикоагулянтной терапии.

Клинические ситуации, требующие использования устройств ЧМПК ЧКВ высокого риска

Множественные переменные определяют ЧКВ-ВР, включая клиническое состояние, коронарную анатомию, состояние гемодинамики, сердечный ритм и сопутствующие заболевания (Табл. 1) [14, 15]. ЧКВ у данной группы пациентов связано с внутрибольничной смертностью от 5% до 15% [13, 18].

ЧМПК используется для обеспечения стабильности во время мероприятий высокого риска более 25 лет. Целью ЧМПК при ЧКВ-ВР является обеспечение достаточного объема сердечного выброса для поддержания адекватной перфузии миокарда, головного мозга, почек и периферических органов. В исследовании Nellis et al. на животных было проде-

монстрировано, что между коронарными артериолами и венулами существует градиент давления около 40 мм рт.ст. Устойчивая гипотензия с коронарным перфузионным градиентом <40 мм рт.ст. может привести к глубокой ишемии миокарда, которая быстро подавляет насосную функцию ЛЖ, что может привести к сердечно-сосудистому коллапсу и остановке сердца [19]. Измерение конечного диастолического давления левого желудочка (КДД ЛЖ) перед ЧКВ может помочь дифференцировать, находится ли пациент в кардиогенном шоке, и определить, требуется ли ЧМПК до начала ЧКВ.

Предварительное процедурное планирование является ключом к успеху при проведении комплексных вмешательств высокого риска [20]. С использованием устройств ЧМПК термин «защищенное ЧКВ» теперь является основой для комплексной реваскуляризации коронарных артерий. Данные рандомизированных исследований и реестров не продемонстрировали преимущества ВАБК у пациентов, подвергающихся ЧКВ [21]. Гемодинамическая поддержка устройством Impella увеличивает 90-дневную выживаемость по сравнению с пациентами, «защищенными» ВАБК. В исследовании PROTECT II гипотензивные события происходили реже в группе устройства Impella по сравнению с ВАБК (11,8% против 17,2%, $p < 0,001$) [22]. Механизм этого преимущества, по-видимому, связан с лучшей поддержкой сердечной деятельности устройством Impella [18]. Учитывая результаты исследования PROTECT II, Impella 2.5 одобрено для использования при ЧКВ-ВР.

Кардиогенный шок

Кардиогенный шок является одним из наиболее тяжелых осложнений ОИМ, но при этом относительно редко встречается (примерно у 7% всех ОИМ) [23, 24]. Даже при быстрой реперфузионной терапии в лице первичного ЧКВ показатели смертности по-прежнему варьируются от 30% до 50% [3].

Таблица 1. Критерии ЧКВ высокого риска
Table 1. High-risk PCI

Клинические показатели / Clinical	Сопутствующие заболевания / Comorbidities	Анатомия коронарных артерий / Coronary anatomy
<ul style="list-style-type: none"> ФВ ЛЖ <35% / LVEF <35% Нарушения ритма / Electrical instability Хроническая сердечная недостаточность / Congestive heart failure 	<ul style="list-style-type: none"> Тяжелый аортальный стеноз / Severe aortic stenosis Тяжелая митральная регургитация / Severe mitral regurgitation Хроническое обструктивная болезнь легких / Chronic obstructive pulmonary disease Хроническая болезнь почек / Chronic kidney disease Диабет / Diabetes Цереброваскулярное заболевание / Cerebrovascular disease Периферическое сосудистое заболевание / Peripheral vascular disease Возраст >75 лет / Age >75 years Острый коронарный синдром / Acute coronary syndrome 	<ul style="list-style-type: none"> Последний неокклюзированный сосуд / Last patent vessel Поражение незащищенного ствола ЛКА / unprotected left main coronary artery Трехсосудистое поражение с показателем SYNTAX >33 / Three-vessel disease, SYNTAX score >33 Целевая коронарная артерия, обеспечивает коллатеральным кровотоком >40% объема миокарда / Target vessel providing collaterals to a territory, which supplies >40% of the myocardium Бифуркационное поражение ствола ЛКА / Distal left main bifurcation

Примечание: ЛКА – левая коронарная артерия; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка.
Note: LVEF – left ventricular ejection fraction.

В исследовании SHOCK были определены клинические и гемодинамические критерии для определения кардиогенного шока (Табл. 2) [24].

Необходимо понимать, что КШ – это не просто снижение насосной функции сердца, но и синдром полиорганной недостаточности (СПН), возникающий в результате периферической гипоперфузии и микроциркуляторной дисфункции, который может осложниться синдромом системного воспалительного ответа (ССВО) и сепсисом [25, 26]. С фармакологической терапией, которая рутинно используется при КШ, не все так однозначно. В руководстве Европейского кардиологического общества по острой и хронической сердечной недостаточности говорится, что «инотропные препараты группы катехоламинов вызывают тахикардию, повышают потребность миокарда в кислороде и могут вызвать суправентрикулярную и вентрикулярную тахикардию, тем самым способствуя увеличению смертности» [27]. Альтернативой или дополнением к инотропной и вазопресорной поддержке может быть ЧМПК.

Кардиогенный шок может быть классифицирован следующим образом: пре-/ранний шок, шок и

выраженный шок (Табл. 3). Данное разделение может помочь с определением подходящего устройства ЧМПК [28, 30]. Таким образом, требуется структурированный подход для определения наилучшего устройства ЧМПК у пациентов с кардиогенным шоком.

Таблица 2. Критерии кардиогенного шока
Table 2. Hemodynamic criteria for cardiogenic shock

Клинические / Clinical	Гемодинамические / Hemodynamic
<ul style="list-style-type: none"> Систолическое АД <90 мм рт.ст. в течение 30 мин / systolic blood pressure <90 mm Hg for 30 min Гипоперфузия органов / End-organ hypoperfusion Прохладные конечности / Cool extremities Диурез <30 мл/ч / Urine output <30 ml/h ЧСС >60 ударов/мин / Heart rate >60 beats/min 	<ul style="list-style-type: none"> СИ <2,2 мл/мин/м² / Cardiac index <2.2 ml/min/m² ДЗЛА >15 мм рт.ст. / pulmonary capillary wedge pressure >15 mm Hg

Примечание: АД – артериальное давление; СИ – сердечный индекс; ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии; ЧСС – частота сердечных сокращений.

Таблица 3. Виды кардиогенного шока
Table 3. Spectrum of cardiogenic shock

А. Пре-/ ранний шок / Pre/Early Shock	
Клинические показатели / Clinical	САД <100 мм рт.ст. / SBP <100 mm Hg ЧСС 70–100 ударов/мин / HR 70–100 beats/min Нормальный уровень лактата в крови / Normal lactate level Нормальный уровень сознания / Normal level of consciousness Прохладные конечности / Cool extremities
Гемодинамические показатели / Hemodynamic	Сердечный индекс (СИ) 2–2.2 / Cardiac index 2–2.2 ДЗЛА <20 мм рт.ст. / pulmonary capillary wedge pressure <20 mm Hg КДД ЛЖ <20 мм рт.ст. / left ventricular end diastolic pressure <20 mm Hg Индекс мощности сердца >1 Вт / cardiac power >1 W
Вазоактивные препараты / Vasoactive medications	0 или 1 (низкая доза) / 0 or 1 low dose
В. Кардиогенный шок / Cardiogenic Shock	
Клинические показатели / Clinical	САД <90 мм рт.ст. / SBP <90 mm Hg ЧСС >100 ударов/мин / HR >100 beats/min Лактат >2 ммоль/л / Lactate >2 mmol/l Измененный психический статус / Altered mental status Прохладные конечности / Cool limbs
Гемодинамические показатели / Hemodynamic	ДЗЛА >20 мм рт.ст. / Pulmonary capillary wedge pressure >20 mm Hg КДД ЛЖ >20 мм рт.ст. / Left ventricular end diastolic pressure >20 mm Hg Индекс мощности сердца <1 Вт / Cardiac power <1 W
Вазоактивные препараты / Vasoactive medications	1 (доза от умеренной до высокой) / 0 or 1 low dose
С. Выраженный кардиогенный шок / Severe shock	
Клинические показатели / Clinical	САД <90 мм рт.ст. / SBP <90 mm Hg ЧСС >120 ударов/мин / HR >120 beats/min Лактат >4 ммоль/л / Lactate >4 mmol/l Заторможенное состояние / Obtunded Прохладные конечности / Cool extremities
Гемодинамические показатели / Hemodynamic	СИ <1,5 / Cardiac index <1,5 ДЗЛА >30 мм рт.ст. / PCWP >30 mm Hg КДД ЛЖ >30 мм рт.ст. / LVEDP >30 mm Hg Индекс мощности сердца <0,6 Вт / CPO <0.6 W
Вазоактивные препараты / Vasoactive medications	2 или более / 2 or more

Примечание: ДЗЛА – давление заклинивания легочной артерии; КДД ЛЖ – конечное диастолическое давление левого желудочка; САД – среднее артериальное давление; СИ – сердечный индекс; ЧСС – частота сердечных сокращений.

Note: CPO – cardiac power output; HR – heart rates; LVEDP – left ventricular end diastolic pressure; PCWP – pulmonary capillary wedge pressure; SBP – systolic blood pressure.

Использование ВАБК может быть оправдано для лечения прешокового состояния при ЧКВ. Для определения потребности в замене устройства ЧМПК необходима оценка состояния пациента и его гемодинамики. Следует повторять оценку гемодинамики пациента через 15–30 минут после первоначального размещения устройства. Для пациентов с КШ рекомендуется использование устройства Impella [31]. В исследовании ISAR-SHOCK в течение 30 минут после установки ЧМПК сердечный индекс в группе ВАБК увеличился на 0,11, но отмечалось снижение диастолического и среднего артериального давления, в то время как в группе устройства Impella 2.5 происходило увеличение СИ на 0,49 и САД [32].

У пациентов, отвечающих критериям тяжелого кардиогенного шока, первоначальными устройствами выбора ЧМПК являются Impella (CP или 5.0) или TandemHeart, а не ВАБК. При необходимости по решению междисциплинарного консилиума пациенту может быть проведена замена ЧМПК на хирургическое вспомогательное устройство ЛЖ или ВА ЭКМО [31].

При острой систолической дисфункции правого желудочка, осложнившейся развитием тяжелого КШ, основными вариантами гемодинамической поддержки являются TandemHeart Pro Tek Duo, Impella RP и ВА ЭКМО [33]. У пациентов с бивентрикулярной сердечной недостаточностью рассматриваются следующие варианты ЧМПК: ВА ЭКМО или комбинация таких устройств, как TandemHeart Pro Tek Duo или Impella RP совместно с Impella CP или 5.0 [34].

Кардиогенный шок после остановки сердца с восстановлением и без восстановления сердечной деятельности

Внебольничная остановка сердца имеет значительную летальность – от 90% до 93% [35, 36]. Для пациентов с выраженной сердечно-легочной недостаточностью (левожелудочковой и / или бивентрикулярной) после остановки сердечной деятельности, включая дыхательную недостаточность, при которой имеются трудности в поддержании адекватной оксигенации/вентиляции, или при длительной сердечно-легочной реанимации следует рассматривать ВА ЭКМО. Рекомендации Американской Ассоциации Сердца по сердечно-легочной реанимации и неотложной помощи при сердечно-сосудистых заболеваниях от 2015 г. используют термин «экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация» (ЭСЛР), который подразумевает использование ВА ЭКМО для пациентов с остановкой сердца [35]. Однако использование этого устройства может быть связано с перегрузкой ЛЖ, что может потребовать проведения дополнительных мер для его разгрузки (установка ВАБК, Impella, вено-веноартериальной ЭКМО; биатриальная канюляция, чрескожная септостомия) [37].

Сравнение устройств чрескожной механической поддержки кровообращения: клинические наблюдения и результаты исследований

Несмотря на то, что самый обширный опыт работы имеется с использованием ВАБК, тем не менее, это устройство ЧМПК обеспечивает минимальную гемодинамическую поддержку, которая может быть недостаточной в условиях более тяжелых форм кардиогенного шока [35, 39–41].

Использование устройств ЧМПК при ЧКВ-ВР и кардиогенном шоке изучалось в нескольких рандомизированных клинических исследованиях. ВАБК широко изучался и применялся в клинической практике, но не снижал смертность у пациентов с кардиогенным шоком или при ЧКВ-ВР, за исключением пациентов с ОИМ с подъемом сегмента ST после тромболиза [42, 43]. Устройство Impella продемонстрировало превосходную гемодинамическую поддержку и поддержание уровня индекса мощности сердца по сравнению с ВАБК у пациентов с ЧКВ-ВР и КШ, тем не менее, данные рандомизированные клинические исследования были слишком малы, чтобы продемонстрировать преимущества (снижение смертности) от использования устройства Impella. Индекс мощности сердца (САД × СИ/451) представляет собой независимый предиктор смертности при постановке диагноза КШ, ОИМ и выраженной систолической дисфункции ЛЖ [29, 44]. FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) одобрило использование устройства Impella при кардиогенном шоке после ОИМ и операциях на открытом сердце.

Ограниченные данные рандомизированных клинических исследований устройства TandemHeart демонстрируют его превосходную гемодинамическую поддержку по сравнению с ВАБК при КШ [9, 12]. TandemHeart – это высокопрофильная система, и существенным ограничением для ее эксплуатации являются критическая ишемия конечностей, кровотечение и другие сосудистые заболевания. Хотя устройство улучшало гемодинамические и метаболические переменные более эффективно, чем ВАБК, это не приводило в итоге к увеличению выживаемости пациентов [45]. Однако появление устройства Impella CP, которое поддерживает эквивалентный кровоток, основанный на более низкопрофильной системе, может значительно ограничить применение TandemHeart при ЧКВ-ВР.

Обсервационные исследования продемонстрировали значительно лучшие показатели поддержки кровообращения, уменьшения смертности и неврологических исходов с помощью ЭСЛР; однако никаких данных рандомизированных исследований на данный момент нет [38–40]. ВА ЭКМО имеет более высокий уровень сосудистых осложнений по сравнению с ВАБК. Часто при использовании ВА ЭКМО, чтобы предотвратить повышенную потребность миокарда в кислороде, необходима «разгрузка» ЛЖ [46, 47].

Несмотря на отсутствие рандомизированных клинических испытаний, данные реестров демонстрируют значительный рост использования ВА ЭКМО у пациентов с остановкой сердца [10, 41]. Новые руководящие принципы не поддерживают рутинное использование ЭСЛР и имеют рекомендации класса IIb у пациентов с остановкой сердца с продолжительной СЛР более 10 мин [35].

Алгоритм принятия решения при выборе устройства ЧМПК

При выявлении критического состояния или критериев высокого риска для эффективной борьбы с предполагаемыми или уже возникшими гемодинамическими нарушениями следует организовать многодисциплинарный консилиум с формированием «кардиокоманды». Данный подход может способствовать улучшению результатов лечения пациентов, хотя эффективность его работы не была доказана в клинических испытаниях [48]. Из-за жизнеугрожаю-

щего характера состояния пациента и необходимости быстрого вмешательства подход к работе с участием «кардиокоманды» не всегда возможен.

Следующим шагом является определение наиболее подходящего уровня гемодинамической поддержки. С появлением в клинической практике нескольких устройств ЧМПК принятие данного решения может быть довольно сложным. Atkinson et al. предложили алгоритм для упрощения процесса выбора устройства ЧМПК при возникновении вышеперечисленных клинических состояний (Рис. 4) [31].

Каждое устройство имеет конкретные противопоказания, которые должны быть приняты во внимание до начала их развертывания [49, 50].

Выводы

Для пациентов, подвергающихся ЧКВ при кардиогенном шоке, и/или с высокими рисками развития тяжелых нарушений сердечной деятельности необходимо организовать мультидисциплинарный подход

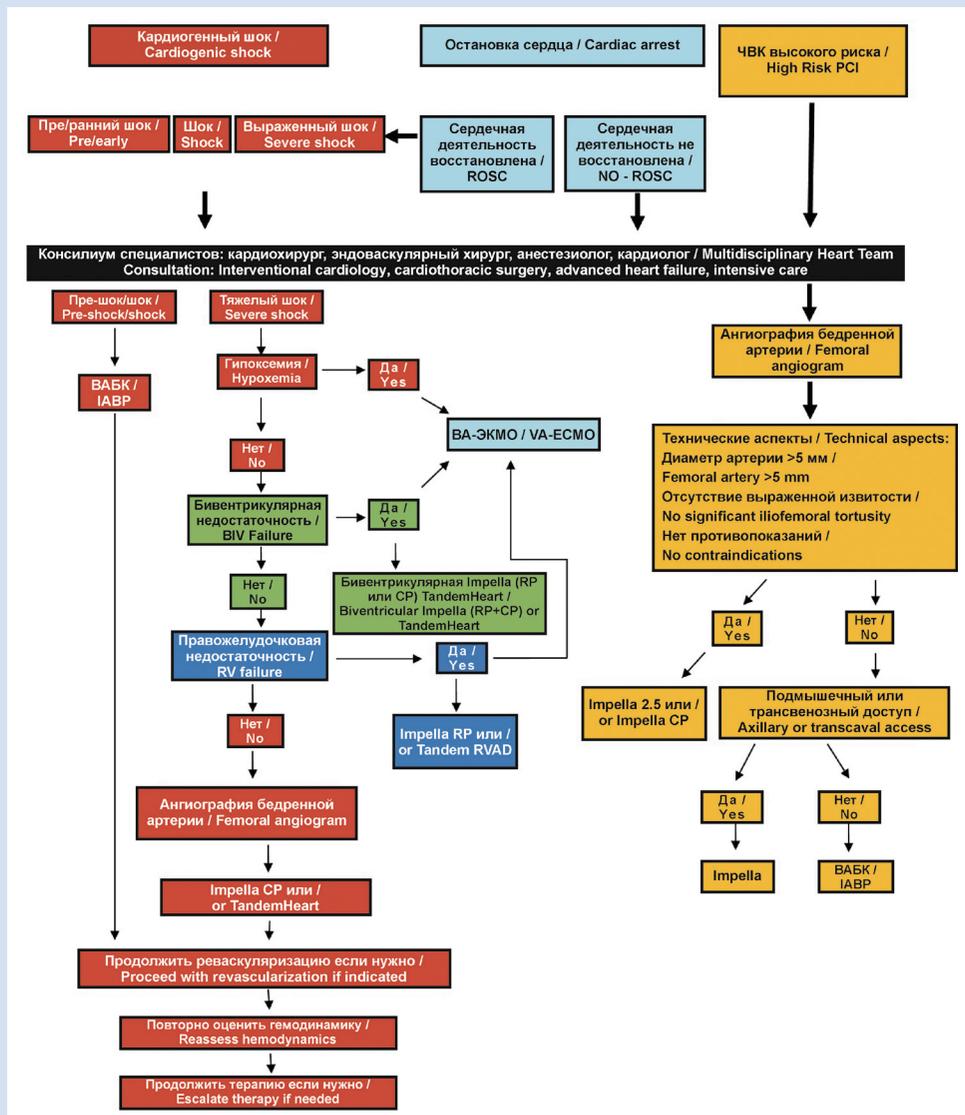


Рисунок 4. Алгоритм выбора устройства ЧМПК у пациентов с кардиогенным шоком, остановкой сердца и ЧКВ-ВР
Примечание: ВА-ЭКМО – веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация.
Figure 4. Algorithm for choosing PMCS device in patients with cardiogenic shock, cardiac arrest and High risk PCI
Note: VA-ECMO – veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation; BIV – biventricular; RV – right ventricular; ROSC – return of spontaneous circulation.

для принятия решения об установке ЧМПК. Данный подход может быть реализован в лице «кардиокоманды», в обязанности которой будет входить оценка клинического состояния, гемодинамики и анатомии пациента, технических особенностей в отношении доступа, а также наличия показаний и противопоказаний к каждому устройству. Для успешной реализации программы использования устройств ЧМПК необходимо провести надлежащую подготовку задействованного медперсонала. На данный момент существуют алгоритмы по выбору устройств ЧМПК, которые значительно могут помочь врачам в соответствующих клинических ситуациях. Новые устройства ЧМПК предлагают более высокий уровень гемодинамической поддержки, но, тем не менее, на данный момент это не привело к улучше-

нию клинических результатов. Для понимания этого несоответствия необходимы дальнейшие крупные многоцентровые рандомизированные исследования.

Конфликт интересов

С. В. Майнгарт заявляет об отсутствии конфликта интересов. А. А. Гречишкин заявляет об отсутствии конфликта интересов. А. С. Некрасов заявляет об отсутствии конфликта интересов. А. Н. Федорченко заявляет об отсутствии конфликта интересов. В. А. Порханов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Гречишкин Андрей Анатольевич, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-1389-8414

Майнгарт Сергей Владимирович, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-6749-519

Некрасов Александр Сергеевич, врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-0439-8389

Федорченко Алексей Николаевич, доктор медицинских наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-5589-2040

Порханов Владимир Алексеевич, доктор медицинских наук, академик РАН, профессор, главный врач больницы Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского» Министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация.

Вклад авторов в статью

ГАА – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

МСВ – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

НАС – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание

Author Information Form

Grechishkin Andrey A., MD, physician at the Endovascular Surgery Department, State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-1389-8414

Mayngart Sergey V., MD, physician at the Endovascular Surgery Department, State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-6749-519

Nekrasov Alexander S., MD, physician at the Endovascular Surgery Department, State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-0439-8389

Fedorchenko Alexey N., PhD, Head of the Endovascular Surgery Department, State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-5589-2040

Porhanov Vladimir A., PhD, Academician of RAS, Professor, Medical Director of the State Budget Public Health Institution “Scientific Research Institution — S.V. Ochapovsky Regional Clinic Hospital №1”, Public Health Ministry of Krasnodar Region, Krasnodar, Russian Federation.

Author Contribution Statement

GAA – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

MSV – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

NAS – contribution to the concept and design of the study,

статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ФАН – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ПВА – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание.

manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

FAN – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

PVA – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Go A.S., Mozaffarian D., Roger V.L., Benjamin E.J., Berry J.D., Blaha M.J. et al. Heart disease and stroke statistics–2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2014; 129:e28292. doi: 10.1161/01.cir.0000441139.02102.80
- Hochman J.S., Sleeper L.A., Webb J.G., Dzavik V., Buller C.E., Aylward P., Col J., White H.D.; SHOCK Investigators. Early revascularization and long-term survival in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *JAMA* 2006; 295:2511–2515. DOI: 10.1001/jama.295.21.2511
- Thiele H., Zeymer U., Neumann F.-J., Ferenc M., Olbrich H.-G., Hausleiter J. et al.; IABP-SHOCK II Trial Investigators. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367:1287–1296. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
- Rihal C.S., Naidu S.S., Givertz M.M., Szeto W.Y., Burke J.A., Kapur N.K. et al.; 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:e7–26. doi: 10.1016/j.jacc.2015.03.036
- Kantrowitz A., Tjonneland S., Freed P.S., Phillips S.J., Butner A.N., Sherman J.L. Jr. Initial clinical experience with intraaortic balloon pumping in cardiogenic shock. *JAMA*. 1968; 203:113–8.
- Thiele H., Zeymer U., Neumann F.J., Ferenc M., Olbrich H.G., Hausleiter J. et al. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367: 1287–96. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
- Perera D., Stables R., Thomas M., Booth J., Pitt M., Blackman D. et al. Elective intra-aortic balloon counterpulsation during high risk percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010; 304:867–74. doi: 10.1001/jama.2010.1190.
- Dixon S.R., Henriques J.P., Mauri L., Sjaauw K., Civitello A., Kar B. et al. A prospective feasibility trial investigating the use of the Impella 2.5 system in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention (The PROTECT I Trial): initial U.S. experience. *J Am Coll Cardiol Interv*. 2009; 2:91–96. doi: 10.1016/j.jcin.2008.11.005.
- Burkhoff D., O'Neill W., Brunckhorst C., Letts D., Lasorda D., Cohen H.A. Feasibility study of the use of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device for treatment of cardiogenic shock. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006; 68: 211–7. DOI: 10.1002/ccd.20796
- Napp L.C., Kuhn C., Hoepfer M.M., Vogel-Claussen J., Haverich A., Schäfer A., Bauersachs J. Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults. *Clin Res Cardiol*. 2016; 105:283-96. doi: 10.1007/s00392-015-0941-1
- Remmelink M., Sjaauw K.D., Henriques J., de Winter R.J., Koch K.T., van der Schaaf R.J. et al. Effects of left ventricular unloading by Impella recover LP2.5 on coronary hemodynamics. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2007; 70:532–7. DOI: 10.1002/ccd.21160
- Burkhoff D., Cohen H., Brunckhorst C., O'Neill W.W.; TandemHeart Investigators Group. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intraaortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J*. 2006; 152:469.e1-8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031
- Koutouzis M., Kolsrud O., Albertsson P., Matejka G., Grip L., Kjellman U. Percutaneous coronary intervention facilitated by extracorporeal membrane oxygenation support in a patient with cardiogenic shock. *Hellenic J Cardiol*. 2010; 51:271–4.
- O'Neill W.W., Kleiman N.S., Moses J., Henriques J.P., Dixon S., Massaro J. et al. A prospective, randomized clinical trial of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention: the PROTECT II study. *Circulation*. 2012; 126:1717–27. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194
- Levine G.N., Bates E.R., Blankenship J.C., Bailey S.R., Bittl J.A., Cercek B. et al.; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58:e44–122. doi: 10.1016/j.jacc.2011.08.007.
- Kosuga K., Tamai H., Ueda K., Hsu Y.S., Kawashima A., Tanaka S. et al. Initial and long-term results of angioplasty in unprotected left main coronary artery. *Am J Cardiol*. 1999; 83:32–7.
- Wallace T.W., Berger J.S., Wang A., Velazquez E.J., Brown D.L. Impact of left ventricular dysfunction on hospital mortality among patients undergoing elective percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol*. 2009; 103:355–60. doi: 10.1016/j.amjcard.2008.09.088.
- Maini B., Naidu S.S., Mulukutla S., Kleiman N., Schreiber T., Wohns D., Dixon S., Rihal C., Dave R., O'Neill W. Real-world use of the Impella 2.5 circulatory support system in complex high-risk percutaneous coronary intervention: the USA Impella Registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012; 80:717-25. doi: 10.1002/ccd.23403
- Nellis S.H., Liedtke A.J., Whitesell L. Small coronary vessel pressure and diameter in an intact beating rabbit heart using fixed-position and freemotion techniques. *Circ Res*. 1981; 49:342–53.
- Бузаев И.В., Плечев В.В., Николаева И.Е. Принятие решения о виде реваскуляризации при стабильной ишемической болезни сердца в сложных клинических случаях. *Эндоваскулярная хирургия*. 2017; 4 (2): 112–24. DOI: 10.24183/2409-4080-2017-4-2-112-124
- Curtis J.P., Rathore S.S., Wang Y., Chen J., Nallamothu B.K., Krumholz H.M. Use and effectiveness of intra-aortic balloon pumps among patients undergoing high risk percutaneous coronary intervention: insights from the National Cardiovascular Data Registry. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2012; 5:21–30. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.110.960385.
- Kovacic J.C., Kini A., Banerjee S., Dangas G., Massaro J., Mehran R., Popma J., O'Neill W.W., Sharma S.K. Patients with 3-vessel coronary artery disease and impaired ventricular function undergoing PCI with Impella 2.5 hemodynamic support have improved 90-day outcomes compared to intra-aortic balloon

pump: a sub-study of the PROTECT II trial. *J Interv Cardiol.* 2015; 28:32-40. doi: 10.1111/joic.12166.

23. Goldberg R.J., Gore J.M., Alpert J.S., Osganian V., de Groot J., Bade J., Chen Z., Frid D., Dalen J.E. Cardiogenic shock after acute myocardial infarction. Incidence and mortality from a communitywide perspective, 1975 to 1988. *N Engl J Med.* 1991; 325:1117-22. DOI: 10.1056/NEJM199110173251601

24. Hochman J.S., Sleeper L.A., Webb J.G., Sanborn T.A., White H.D., Talley J.D. et al. Early revascularization in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. SHOCK Investigators. Should We Emergently Revascularize Occluded Coronaries for Cardiogenic Shock. *N Engl J Med.* 1999; 341:625-34. DOI: 10.1056/NEJM199908263410901

25. Kohsaka S., Menon V., Lowe A.M., Lange A.M., Dzavik V., Sleeper L.A., Hochman J.S.; SHOCK Investigators. Systemic inflammatory response syndrome after acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Arch Int Med.* 2005; 165:1643-1650. DOI: 10.1001/archinte.165.14.1643

26. Hochman J.S. Cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: expanding the paradigm. *Circulation.* 2003; 107:2998-3002. DOI: 10.1161/01.CIR.0000075927.67673.F2

27. McMurray J.J., Adamopoulos S., Anker S.D., Auricchio A., Böhm M., Dickstein K. E. et al.; ESC Committee for Practice Guidelines. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis, Treatment of Acute, Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J.* 2012; 33:1787-1847. doi: 10.1093/eurheartj/ehs104.

28. Marshall J.C., Cook D.J., Christou N.V., Bernard G.R., Sprung C.L., Sibbald W.J. Multiple organ dysfunction score: a reliable descriptor of a complex clinical outcome. *Crit Care Med.* 1995; 23:1638-52.

29. Fincke R., Hochman J.S., Lowe A.M., Menon V., Slater J.N., Webb J.G., LeJemtel T.H., Cotter G.; SHOCK Investigators. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol.* 2004; 44: 340-8. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.060

30. Torre-Amione G., Milo-Cotter O., Kaluski E., Perchenet L., Kobrin I., Frey A., Rund M.M., Weatherley B.D., Cotter G. Early worsening heart failure in patients admitted for acute heart failure: time course, hemodynamic predictors, and outcome. *J Card Fail.* 2009; 15:639-44. doi: 10.1016/j.cardfail.2009.04.001.

31. 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. *JACC: Cardiovascular Interventions.* 2016. Vol. 9. No. 9: 871-883 doi: 10.1016/j.jcin.2016.02.046.

32. Seyfarth M., Sibbing D., Bauer I., Fröhlich G., Bott-Flügel L., Byrne R., Dirschinger J., Kastrati A., Schömig A. A randomized clinical trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2008; 52:1584-8. doi: 10.1016/j.jacc.2008.05.065.

33. Kapur N.K., Paruchuri V., Jagannathan A., Steinberg D., Chakrabarti A.K., Pinto D. et al. Mechanical circulatory support for right ventricular failure. *JACC Heart Fail.* 2013; 1:127-34. doi: 10.1016/j.jchf.2013.01.007

34. Kapur N.K., Jumean M., Ghuloom A., Aghili N., Vassallo C., Kiernan M.S., DeNofrio D., Pham D.T. First successful use of 2 axial flow catheters for percutaneous biventricular circulatory support as a bridge to a durable left ventricular assist device. *Circ Heart Fail.* 2015; 8:1006-8. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002374.

35. Brooks S.C., Anderson M.L., Bruder E., Daya M.R., Gaffney A., Otto C.W., Singer A.J., Thiagarajan R.R., Travers A.H. Part 6: Alternative Techniques and Ancillary Devices for Cardiopulmonary Resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 2015; 132:S436-43. doi: 10.1161/CIR.0000000000000260.

36. Daya M.R., Schmicker R.H., Zive D.M., Rea T.D., Nichol G., Buick J.E. et al.; esuscitation Outcomes Consortium Investigators. Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: Results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). *Resuscitation.* 2015; 91:108-15. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.02.003

37. Jumean M., Pham D.T., Kapur N.K. Percutaneous bi-atrial extracorporeal membrane oxygenation for acute circulatory support in advanced heart failure. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2015; 85:1097-9. doi: 10.1002/ccd.25791.

38. Chen Y.S., Lin J.W., Yu H.Y., Ko W.J., Jerng J.S., Chang W.T. et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet.* 2008; 372:554-61. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60958-7.

39. Maekawa K., Tanno K., Hase M., Mori K., Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med.* 2013; 41:1186-96. doi: 10.1097/CCM.0b013e31827ca4c8.

40. Sakamoto T., Morimura N., Nagao K., Asai Y.I., Yokota H., Nara S. et al.; AVE-J Study Group Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation.* 2014; 85:762-8. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.01.031

41. Jung C., Janssen K., Kaluza M., Fuernau G., Poerner T.C., Fritzenwanger M., Pfeifer R., Thiele H., Figulla H.R. Outcome predictors in cardiopulmonary resuscitation facilitated by extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Res Cardiol.* 2015; 105:196-205. doi: 10.1007/s00392-015-0906-4

42. Waksman R., Weiss A.T., Gotsman M.S., Hasin Y. Intra-aortic balloon counterpulsation improves survival in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 1993; 14:71-4.

43. Ohman E.M., Nanas J., Stomel R.J., Leeser M.A., Nielsen D.W., O'Dea D. et al.; TACTICS Trial. Thrombolysis and counterpulsation to improve survival in myocardial infarction complicated by hypotension and suspected cardiogenic shock or heart failure: results of the TACTICS Trial. *J Thromb Thrombolysis.* 2005; 19:33-9. DOI: 10.1007/s11239-005-0938-0

44. Burkhoff D., Naidu S.S. The science behind percutaneous hemodynamic support: a review and comparison of support strategies. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012; 80:816-29. doi: 10.1002/ccd.24421.

45. Thiele H., Sick P., Boudriot E., Diederich K.W., Hambrecht R., Niebauer J., Schuler G. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J.* 2005; 26:1276-83. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi161

46. Kawashima D., Gojo S., Nishimura T., Itoda Y., Kitahori K., Motomura N., Morota T., Murakami A., Takamoto S., Kyo S., Ono M. Left ventricular mechanical support with Impella provides more ventricular unloading in heart failure than extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J.* 2011; 57:169-76. doi: 10.1097/MAT.0b013e31820e121c.

47. Pavlides G.S., Hauser A.M., Stack R.K., Dudlets, P.I., Grines, C., Timmis, G.C., O'Neill, W.W. Effect of peripheral cardiopulmonary bypass on left ventricular size, afterload and myocardial function during elective supported coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol.* 1991; 18:499-505.

48. Coylewright M., Mack M.J., Holmes D.R. Jr., O'Gara P.T. A call for an evidence-based approach to the Heart Team for patients with severe aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol.* 2015; 65:1472-80. doi: 10.1016/j.jacc.2015.02.033.

49. Myat A., Patel N., Tehrani S., Banning A.P., Redwood S.R., Bhatt D.L. Percutaneous circulatory assist devices for high-risk coronary intervention. *J Am Coll Cardiol Intv.* 2015; 8:229-44. doi: 10.1016/j.jcin.2014.07.030.

50. Cheng R., Hachamovitch R., Kittleson M., Patel J., Arabia F., Moriguchi J., Esmailian F., Azarbal B. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of

cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *Ann Thorac Surg*. 2014; 97:610–6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.09.008

REFERENCES

- Go A.S., Mozaffarian D., Roger V.L., Benjamin E.J., Berry J.D., Blaha M.J. et al. Heart disease and stroke statistics—2014 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2014; 129:e28292. doi: 10.1161/01.cir.0000441139.02102.80
- Hochman J.S., Sleeper L.A., Webb J.G., Dzavik V., Buller C.E., Aylward P., Col J., White H.D.; SHOCK Investigators. Early revascularization and long-term survival in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *JAMA* 2006; 295:2511–2515. DOI: 10.1001/jama.295.21.2511
- Thiele H., Zeymer U., Neumann F.-J., Ferenc M., Olbrich H.-G., Hausleiter J. et al.; IABP-SHOCK II Trial Investigators. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367:1287–1296. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
- Rihal C.S., Naidu S.S., Givertz M.M., Szeto W.Y., Burke J.A., Kapur N.K. et al.; 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:e7–26. doi: 10.1016/j.jacc.2015.03.036
- Kantrowitz A., Tjonneland S., Freed P.S., Phillips S.J., Butner A.N., Sherman J.L. Jr. Initial clinical experience with intraaortic balloon pumping in cardiogenic shock. *JAMA*. 1968; 203:113–8.
- Thiele H., Zeymer U., Neumann F.J., Ferenc M., Olbrich H.G., Hausleiter J. et al. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med*. 2012; 367: 1287–96. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
- Perera D., Stables R., Thomas M., Booth J., Pitt M., Blackman D. et al. Elective intra-aortic balloon counterpulsation during high risk percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010; 304:867–74. doi: 10.1001/jama.2010.1190.
- Dixon S.R., Henriques J.P., Mauri L., Sjaauw K., Civitello A., Kar B. et al. A prospective feasibility trial investigating the use of the Impella 2.5 system in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention (The PROTECT I Trial): initial U.S. experience. *J Am Coll Cardiol Interv*. 2009; 2:91–96. doi: 10.1016/j.jcin.2008.11.005.
- Burkhoff D., O'Neill W., Brunckhorst C., Letts D., Lasorda D., Cohen H.A. Feasibility study of the use of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device for treatment of cardiogenic shock. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2006; 68: 211–7. DOI: 10.1002/ccd.20796
- Napp L.C., Kuhn C., Hoepfer M.M., Vogel-Claussen J., Haverich A., Schäfer A., Bauersachs J. Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults. *Clin Res Cardiol*. 2016; 105:283-96. doi: 10.1007/s00392-015-0941-1
- Rommelink M., Sjaauw K.D., Henriques J., de Winter R.J., Koch K.T., van der Schaaf R.J. et al. Effects of left ventricular unloading by Impella recover LP2.5 on coronary hemodynamics. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2007; 70:532–7. DOI: 10.1002/ccd.21160
- Burkhoff D., Cohen H., Brunckhorst C., O'Neill W.W.; TandemHeart Investigators Group. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intraaortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J*. 2006; 152:469.e1-8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031
- Koutouzis M., Kolsrud O., Albertsson P., Matejka G., Grip L., Kjellman U. Percutaneous coronary intervention facilitated by extracorporeal membrane oxygenation support in a patient with cardiogenic shock. *Hellenic J Cardiol*. 2010; 51:271–4.
- O'Neill W.W., Kleiman N.S., Moses J., Henriques J.P., Dixon S., Massaro J. et al. A prospective, randomized clinical trial of hemodynamic support with Impella 2.5 versus intra-aortic balloon pump in patients undergoing high-risk percutaneous coronary intervention: the PROTECT II study. *Circulation*. 2012; 126:1717–27. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194
- Levine G.N., Bates E.R., Blankenship J.C., Bailey S.R., Bittl J.A., Cercek B. et al.; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 58:e44–122. doi: 10.1016/j.jacc.2011.08.007.
- Kosuga K., Tamai H., Ueda K., Hsu Y.S., Kawashima A., Tanaka S. et al. Initial and long-term results of angioplasty in unprotected left main coronary artery. *Am J Cardiol*. 1999; 83:32–7.
- Wallace T.W., Berger J.S., Wang A., Velazquez E.J., Brown D.L. Impact of left ventricular dysfunction on hospital mortality among patients undergoing elective percutaneous coronary intervention. *Am J Cardiol*. 2009; 103:355–60. doi: 10.1016/j.amjcard.2008.09.088.
- Maini B., Naidu S.S., Mulukutla S., Kleiman N., Schreiber T., Wohns D., Dixon S., Rihal C., Dave R., O'Neill W. Real-world use of the Impella 2.5 circulatory support system in complex high-risk percutaneous coronary intervention: the USA Impella Registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012; 80:717-25. doi: 10.1002/ccd.23403
- Nellis S.H., Liedtke A.J., Whitesell L. Small coronary vessel pressure and diameter in an intact beating rabbit heart using fixed-position and freemotion techniques. *Circ Res*. 1981; 49:342–53.
- Buzaev I.V., Plechev V.V., Nikolaeva I.E. Clinical decision making support for stable ischemic heart disease revascularization strategy in complex cases. *Endovaskulyarnaya Khirurgiya / Russian journal of endovascular surgery*. 2017; 4 (2): 112-124 (in Russian). DOI: 10.24183/2409-4080-2017-4-2-112-124
- Curtis J.P., Rathore S.S., Wang Y., Chen J., Nallamothu B.K., Krumholz H.M. Use and effectiveness of intra-aortic balloon pumps among patients undergoing high risk percutaneous coronary intervention: insights from the National Cardiovascular Data Registry. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2012; 5:21–30. doi: 10.1161/CIRCOUTCOMES.110.960385.
- Kovacic J.C., Kini A., Banerjee S., Dangas G., Massaro J., Mehran R., Popma J., O'Neill W.W., Sharma S.K. Patients with 3-vessel coronary artery disease and impaired ventricular function undergoing PCI with Impella 2.5 hemodynamic support have improved 90-day outcomes compared to intra-aortic balloon pump: a sub-study of the PROTECT II trial. *J Interv Cardiol*. 2015; 28:32-40. doi: 10.1111/joic.12166.
- Goldberg R.J., Gore J.M., Alpert J.S., Osganian V., de Groot J., Bade J., Chen Z., Frid D., Dalen J.E. Cardiogenic shock after acute myocardial infarction. Incidence and mortality from a communitywide perspective, 1975 to 1988. *N Engl J Med*. 1991; 325:1117–22. DOI: 10.1056/NEJM199110173251601
- Hochman J.S., Sleeper L.A., Webb J.G., Sanborn T.A., White H.D., Talley J.D. et al. Early revascularization in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. SHOCK Investigators. Should We Emergently Revascularize Occluded Coronaries for Cardiogenic Shock. *N Engl J Med*. 1999; 341:625–34. DOI: 10.1056/NEJM199908263410901
- Kohsaka S., Menon V., Lowe A.M., Lange A.M., Dzavik V.,

- Sleeper L.A., Hochman J.S.; SHOCK Investigators. Systemic inflammatory response syndrome after acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Arch Int Med*. 2005; 165:1643–1650. DOI: 10.1001/archinte.165.14.1643
26. Hochman J.S. Cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: expanding the paradigm. *Circulation*. 2003; 107:2998–3002. DOI: 10.1161/01.CIR.0000075927.67673.F2
27. McMurray J.J., Adamopoulos S., Anker S.D., Auricchio A., Böhm M., Dickstein K. E. et al.; ESC Committee for Practice Guidelines. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis, Treatment of Acute, Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2012; 33:1787–1847. doi: 10.1093/eurheartj/ehs104.
28. Marshall J.C., Cook D.J., Christou N.V., Bernard G.R., Sprung C.L., Sibbald W.J. Multiple organ dysfunction score: a reliable descriptor of a complex clinical outcome. *Crit Care Med*. 1995; 23:1638–52.
29. Fincke R., Hochman J.S., Lowe A.M., Menon V., Slater J.N., Webb J.G., LeJemtel T.H., Cotter G.; SHOCK Investigators. Cardiac power is the strongest hemodynamic correlate of mortality in cardiogenic shock: a report from the SHOCK trial registry. *J Am Coll Cardiol*. 2004; 44: 340–8. DOI: 10.1016/j.jacc.2004.03.060
30. Torre-Amione G., Milo-Cotter O., Kaluski E., Perchenet L., Kobrin I., Frey A., Rund M.M., Weatherley B.D., Cotter G. Early worsening heart failure in patients admitted for acute heart failure: time course, hemodynamic predictors, and outcome. *J Card Fail*. 2009; 15:639–44. doi: 10.1016/j.cardfail.2009.04.001.
31. 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. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2016. Vol. 9. No. 9: 871–883 doi: 10.1016/j.jcin.2016.02.046.
32. Seyfarth M., Sibbing D., Bauer I., Fröhlich G., Bott-Flügel L., Byrne R., Dirschinger J., Kastrati A., Schömig A. A randomized clinical trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 52:1584–8. doi: 10.1016/j.jacc.2008.05.065.
33. Kapur N.K., Paruchuri V., Jagannathan A., Steinberg D., Chakrabarti A.K., Pinto D. et al. Mechanical circulatory support for right ventricular failure. *JACC Heart Fail*. 2013; 1:127–34. doi: 10.1016/j.jchf.2013.01.007
34. Kapur N.K., Jumean M., Ghuloom A., Aghili N., Vassallo C., Kiernan M.S., DeNofrio D., Pham D.T. First successful use of 2 axial flow catheters for percutaneous biventricular circulatory support as a bridge to a durable left ventricular assist device. *Circ Heart Fail*. 2015; 8:1006–8. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002374.
35. Brooks S.C., Anderson M.L., Bruder E., Daya M.R., Gaffney A., Otto C.W., Singer A.J., Thiagarajan R.R., Travers A.H. Part 6: Alternative Techniques and Ancillary Devices for Cardiopulmonary Resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2015; 132:S436–43. doi: 10.1161/CIR.0000000000000260.
36. Daya M.R., Schmicker R.H., Zive D.M., Rea T.D.4, Nichol G., Buick J.E. et al.; esuscitation Outcomes Consortium Investigators. Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: Results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). *Resuscitation*. 2015; 91:108–15. doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.02.003
37. Jumean M., Pham D.T., Kapur N.K. Percutaneous bi-atrial extracorporeal membrane oxygenation for acute circulatory support in advanced heart failure. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015; 85:1097–9. doi: 10.1002/ccd.25791.
38. Chen Y.S., Lin J.W., Yu H.Y., Ko W.J., Jerng J.S., Chang W.T. et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet*. 2008; 372:554–61. doi: 10.1016/S0140-6736(08)60958-7.
39. Maekawa K., Tanno K., Hase M., Mori K., Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med*. 2013; 41:1186–96. doi: 10.1097/CCM.0b013e31827ca4c8.
40. Sakamoto T., Morimura N., Nagao K., Asai Y.I., Yokota H., Nara S. et al.; AVE-J Study Group Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation*. 2014; 85:762–8. doi: 10.1016/j.resuscitation.2014.01.031
41. Jung C., Janssen K., Kaluza M., Fuernau G., Poerner T.C., Fritzenwanger M., Pfeifer R., Thiele H., Figulla H.R. Outcome predictors in cardiopulmonary resuscitation facilitated by extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Res Cardiol*. 2015; 105:196–205. doi: 10.1007/s00392-015-0906-4
42. Waksman R., Weiss A.T., Gotsman M.S., Hasin Y. Intra-aortic balloon counterpulsation improves survival in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Eur Heart J*. 1993; 14:71–4.
43. Ohman E.M., Nanas J., Stomel R.J., Leeser M.A., Nielsen D.W., O'Dea D. et al.; TACTICS Trial. Thrombolysis and counterpulsation to improve survival in myocardial infarction complicated by hypotension and suspected cardiogenic shock or heart failure: results of the TACTICS Trial. *J Thromb Thrombolysis*. 2005; 19:33–9. DOI: 10.1007/s11239-005-0938-0
44. Burkhoff D., Naidu S.S. The science behind percutaneous hemodynamic support: a review and comparison of support strategies. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012; 80:816–29. doi: 10.1002/ccd.24421.
45. Thiele H., Sick P., Boudriot E., Diederich K.W., Hambrecht R., Niebauer J., Schuler G. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J*. 2005; 360:1276–83. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi161
46. Kawashima D., Gojo S., Nishimura T., Itoda Y., Kitahori K., Motomura N., Morota T., Murakami A., Takamoto S., Kyo S., Ono M. Left ventricular mechanical support with Impella provides more ventricular unloading in heart failure than extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J*. 2011; 57:169–76. doi: 10.1097/MAT.0b013e31820e121c.
47. Pavlides G.S., Hauser A.M., Stack R.K., Dudlets, P.I., Grines, C., Timmis, G.C., O'Neill, W.W. Effect of peripheral cardiopulmonary bypass on left ventricular size, afterload and myocardial function during elective supported coronary angioplasty. *J Am Coll Cardiol*. 1991; 18:499–505.
48. Coylewright M., Mack M.J., Holmes D.R. Jr., O'Gara P.T. A call for an evidence-based approach to the Heart Team for patients with severe aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2015; 65:1472–80. doi: 10.1016/j.jacc.2015.02.033.
49. Myat A., Patel N., Tehrani S., Banning A.P., Redwood S.R., Bhatt D.L. Percutaneous circulatory assist devices for high-risk coronary intervention. *J Am Coll Cardiol Interv*. 2015; 8:229–44. doi: 10.1016/j.jcin.2014.07.030.
50. Cheng R., Hachamovitch R., Kittleson M., Patel J., Arabia F., Moriguchi J., Esmailian F., Azarbal B. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *Ann Thorac Surg*. 2014; 97:610–6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.09.008

Для цитирования: С.В. Майнгарт, А.А. Гречишкин, А.С. Некрасов, А.Н. Федорченко, В.А. Порханов. Механическая поддержка кровообращения при чрескожном коронарном вмешательстве. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2019; 8 (1): 100–111. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-1-100-111

To cite: S.V. Mayngart, A.A. Grechishkin, A.S. Nekrasov, A.N. Fedorchenko, V.A. Porhanov. Mechanical circulatory support in patients undergoing percutaneous coronary intervention. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*. 2019; 8 (1): 100–111. DOI: 10.17802/2306-1278-2019-8-1-100-111