



УДК 616-78

DOI 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-54-65

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ЧРЕСКОЖНОМ КОРОНАРНОМ ВМЕШАТЕЛЬСТВЕ ВЫСОКОГО РИСКА

Р.А. Корнелюк^{1,2} ✉, И.Е. Верещагин¹, Д.Л. Шукевич^{1,2}, В.И. Ганюков¹

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Сосновый бульвар, 6, Кемерово, Кемеровская область, Россия, 650002; ²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Ворошилова, 22а, Кемерово, Кемеровская обл., Россия, 650056

Основные положения

- В литературном обзоре приводятся актуальные данные регистров, рандомизированных и наблюдательных исследований, а также клинические протоколы, посвященные использованию устройств для механической поддержки кровообращения во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска.

Резюме

Чрескожное коронарное вмешательство высокого риска подразумевает технические трудности при выполнении реваскуляризации, нестабильность сердечного ритма и гемодинамики и возможные осложнения. Одним из способов обеспечения гемодинамической стабильности и расширения возможностей для реваскуляризации являются использование устройств механической поддержки кровообращения. На данный момент арсенал методов представлен следующими устройствами: внутриаортальная баллонная контрпульсация, Impella, TandemHeart и вено-артериальная мембранная оксигенация. В обзоре рассмотрены актуальные сообщения, данные регистров, рандомизированных и наблюдательных исследований, а также клинические протоколы, посвященные использованию этих устройств для механической поддержки кровообращения во время чрескожного коронарного вмешательства высокого риска.

Ключевые слова

Чрескожное коронарное вмешательство высокого риска • Механическая поддержка кровообращения • Гемодинамика

Поступила в редакцию: 11.07.18; поступила после доработки: 15.08.18; принята к печати: 05.09.18

MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT IN HIGH-RISK PERCUTANEOUS CORONARY INTERVENTION

R.A. Kornelyuk^{1,2} ✉, I.E. Vereshchagin¹, D.L. Shukevich^{1,2}, V.I. Ganyukov¹

¹Federal State Budgetary Institution «Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases», 6, Sosnovy Blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002; ²Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 22a, Voroshilova St., Kemerovo, Russian Federation, 650056

Highlights

- The article presents current insights into the devices for mechanical circulatory support in high-risk percutaneous coronary intervention through the medical literature analysis of recent registries, randomized and observational studies, as well as clinical trials.

Abstract

High-risk percutaneous coronary intervention involves technical challenges in performing revascularization, hemodynamic instability and heart rate variability, and possible complications. Mechanical circulatory support devices ensure hemodynamic stability and expansion of opportunities for revascularization. Current methods include the following devices: intra-aortic balloon counterpulsation, Impella, TandemHeart, and venoarterial extracorporeal membrane oxygenation.

Для корреспонденции: Корнелюк Роман Александрович, e-mail: kornra@kemcardio.ru, тел.: +79234836510; адрес: 650002, Россия, Кемерово, Сосновый бульвар, 6

Corresponding author: Kornelyuk Roman A., e-mail: kornra@kemcardio.ru, tel.: +79234836510; address: Russian Federation, 650002, Kemerovo, 6, Sosnovy Blvd.

The review accumulates current evidences on the use of these devices for mechanical circulatory support during high-risk percutaneous coronary intervention from the reports, registries, randomized and observational studies, as well as clinical trials.

Keywords

High-risk percutaneous coronary intervention • Mechanical circulatory support • Hemodynamics

Received: 11.07.18; received in revised form: 15.08.18; accepted: 05.09.18

Список сокращений

| | | | |
|---------|---|--------|--|
| ВА ЭКМО | – вено-артериальная мембранная оксигенация | ПЖ | – правый желудочек |
| ВАБК | – внутриаортальная баллонная контрпульсация | РКИ | – рандомизированное клиническое исследование |
| ИМ | – инфаркт миокарда | СВ | – сердечный выброс |
| КА | – коронарная артерия | ФВ ЛЖ | – фракция выброса левого желудочка |
| КШ | – кардиогенный шок | ЧКВ | – чрескожное коронарное вмешательство |
| ЛЖ | – левый желудочек | ЧКВ ВР | – чрескожное коронарное вмешательство высокого риска |
| МПК | – механическая поддержка кровообращения | ЭКГ | – электрокардиография |

Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) – один из способов лечения ишемической болезни сердца, в настоящее время является хорошей альтернативой операции коронарного шунтирования даже в столь сложных клинических ситуациях, как стеноз ствола левой коронарной артерии (КА) и показывает сопоставимую безопасность и эффективность [1].

Несмотря на малую инвазивность, любая манипуляция на КА через внутрисосудистый катетер сопряжена с риском повреждения сосудистой стенки и развитием фатальных осложнений. Кроме того, анатомические особенности (многососудистое поражение, стеноз ствола левой КА) могут сочетаться с низкой фракцией выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), дисфункцией или недостаточностью внутренних органов, что создает высокие риски как для операции коронарного шунтирования, так и для ЧКВ. В литературе такие клинические ситуации описываются собирательным термином чрескожное коронарное вмешательство высокого риска (ЧКВ ВР). Однако четкого унифицированного определения у этого термина нет. Муат и соавторы предприняли попытку группировать наиболее часто встречающиеся критерии ЧКВ ВР по анатомическим (многососудистое поражение КА, единственная проходимость КА, предшествующая операция коронарного шунтирования, вмешательство на незащищенной левой КА, оценка по Jeopardy score $\geq 8/12$ и SYNTAX score ≥ 33), клиническим (низкая ФВ ЛЖ, острый инфаркт миокарда (ИМ), кардиогенный шок (КШ), старческий возраст, тяжелый коморбидный фон) и гемодинамическим признакам (сердечный индекс $< 2,2$ л/мин/м², давление заклинивания легочных капилляров > 15 мм рт.ст.) [2]. Клинический экспертный консенсус во главе с Rihal C.S., а также Обществом сердечно-сосудистой ангиографии и ин-

тервенции (Society for Cardiovascular Angiography and Intervention) от 2015 г. также не сформулировал определения ЧКВ ВР, однако предлагает использовать переменные, наличие или комбинация которых повышают риск ЧКВ: специфические для пациента, специфические для поражения и клинические. Специфические для пациента переменные включают в себя старческий возраст, нарушение функции левого желудочка (ЛЖ), сердечная недостаточность, сахарный диабет, хроническое заболевание почек, ИМ и периферический атеросклероз. Специфические для поражения переменные: стеноз ствола левой КА, стенозы устья или бифуркации КА, аутовенозные графты, выраженный кальциноз и хронические тотальные окклюзии КА. Клинические переменные подразумевают под собой острый коронарный синдром и КШ.

Таким образом, существуют критерии, наличие и сочетание которых могут указывать на технические и клинические трудности во время вмешательства. Стоит отметить, что пациенты, попадающие под критерии ЧКВ ВР, являются очень разнородной популяцией. Эти пациенты представлены такими состояниями, как острый коронарный синдром с подъемом сегмента ST, острый коронарный синдром без подъема сегмента ST, КШ, пациенты со стабильной стенокардией, но имеющие критерии ЧКВ ВР [2, 3]. В такой клинической ситуации выбор оптимальной хирургической тактики сложен и требует привлечения мультидисциплинарной команды.

В случаях, когда избрана тактика ЧКВ, что в ряде ситуаций может быть крайне затруднительно [4], с целью профилактики фатальных осложнений у пациентов, попадающих под критерии ЧКВ ВР, которые могут сопровождаться нарушением гемодинамики, системной гипоперфузией, Американским

колледжем кардиологии (American College of Cardiology), Американской кардиологической ассоциацией (American Heart Association), Обществом сердечно-сосудистой ангиографии и интервенции (Society for Cardiovascular Angiography and Intervention) рекомендованы к использованию устройства механической поддержки кровообращения (МПК) [3]. Наиболее часто использующиеся устройства – внутриаортальная баллонная контрпульсация (ВАБК), перкутанный аксиллярный насос (Impella® (Abiomed Inc., США), насосы центрифужного типа (вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО), TandemHeart® (Cardiac Assist, Inc., США). Ниже рассмотрены актуальные сообщения о применении различных методов МПК при ЧКВ ВР.

Внутриаортальная баллонная контрпульсация

ВАБК – наиболее часто используемая форма МПК. Гемодинамическая поддержка реализуется за счет увеличения диастолического артериального давления в аорте, усиления коронарной перфузии, умеренного увеличения сердечного выброса (СВ). Эти эффекты достигаются раздуванием баллона в аорте в фазу диастолы сердечного ритма. Данные электрокардиографии (ЭКГ) или прямой тензиометрии используются для синхронизации в автоматическом режиме. Исходя из этого ВАБК имеет некоторые ограничения. Так, например, низкое качество сигнала ЭКГ или аритмии могут привести к неустойчивому триггированию и работе ВАБК, что сводит пользу метода к минимуму [5, 6]. Для эффективной работы ВАБК, помимо вышеперечисленного, необходим адекватный ударный объем сердца и электрическая стабильность. Следует понимать, что увеличение СВ достигается только при условии эффективной работы самого сердца [7], а в условиях остановки кровообращения данный метод бесполезен.

Основным противопоказанием к использованию ВАБК является недостаточность аортального клапана. Это связано с тем, что основой принципа работы контрпульсатора является создание дополнительной волны пульсации в фазу диастолы, что может усугубить регургитацию на аортальном клапане. Существенным ограничением к ВАБК является атеросклеротическое поражение артерий нижних конечностей, так как через них осуществляется введение баллона в аорту. Среди осложнений ВАБК наиболее часто встречающиеся – острое нарушение мозгового кровообращения, ишемия нижних конечностей, ишемия почек и кишечника в результате атероземболии в висцеральные артерии [8, 9].

Данные нерандомизированных контролируемых исследований (РКИ) показали довольно противоречивые результаты. Так, встречаются сообщения об эффективности ВАБК в виде снижения внутрибольничной смертности и неблагоприятных собы-

тий во время ЧКВ [9,10]. Ряд других исследований не продемонстрировал каких-либо преимуществ от этого метода МПК [12, 13, 14], а некоторые показали отрицательные результаты [15, 16].

Исследование BCIS-1 – первое проспективное многоцентровое РКИ, в котором изучались преимущества профилактического запланированного использования ВАБК при плановых ЧКВ ВР по сравнению с незапланированным, когда клиническая ситуация оправдывала использование ВАБК. Высокий риск определялся баллом по шкале Jeopardy $\geq 8/12$, ФВ ЛЖ $\leq 30\%$. Первичная конечная точка показала, что частота неблагоприятных кардио- и цереброваскулярных событий значимо не отличалась в обеих группах (15,2% в группе запланированной ВАБК против 16,0% не запланированной, $p = 0,85$). Также не было и существенной разницы во вторичной конечной точке спустя 6 месяцев [17]. Профилактическое использование ВАБК позволило лишь значимо снизить частоту осложнений во время ЧКВ (1,3% против 10,7%, $p < 0,001$), в том числе и гипотензию. Таким образом, исследование не показало преимуществ профилактического использования ВАБК при ЧКВ ВР.

Проспективное открытое многоцентровое РКИ CRISP-AMI, изучавшее уменьшение зоны ИМ в случае использования ВАБК для первичного ЧКВ при остром коронарном синдроме с подъемом сегмента ST без КШ, также не показало существенных преимуществ профилактического использования этого метода МПК [18]. РКИ IABP-SHOCK II также не показало достоверно лучших результатов в случае использования ВАБК при кардиогенном шоке (летальность в исследуемой группе 39,7% против 41,3% в контрольной группе, $p = 0,69$). Кроме того, не было существенных различий в клинических и лабораторных показателях. Частота осложнений (кровотечение, сепсис и инсульт) также была сходной между обеими группами [19].

TandemHeart

TandemHeart (Cardiac Assist, Inc., США) – устройство, осуществляющее обход ЛЖ путем дренирования крови из левого предсердия в илеофemorальную систему. Дренажная канюля устанавливается в левое предсердие трансептально через правое предсердие и канюляцию бедренной вены. Помимо дренажной и возвратной артериальной канюль в состав устройства входит и насос центрифужного типа, осуществляющий перемещение крови по системе. В зависимости от размеров используемых канюль скорость кровотока по системе может достигать ≈ 4 л/мин. Гемодинамические эффекты TandemHeart реализуются путем снижения давления в левом предсердии, снижении давления заклинивания легочных капилляров, снижении давления в обоих желудочках сердца, и, таким образом,

уменьшается нагрузка на миокард и снижается его потребность в кислороде [20–25]. Существенным ограничением этого метода является изолированная поддержка функции ЛЖ, что в условиях недостаточности правого желудочка (ПЖ) либо в случае развития жизнеугрожающих аритмий создаст условия для полного отсутствия эффекта от МПК [26].

Противопоказаниями являются недостаточность ПЖ, недостаточность аортального клапана, наличие септальных дефектов сердца, атеросклероз артерий нижних конечностей, коагулопатия, гепарин-индуцированная тромбоцитопения [3, 27, 28]. Осложнения, связанные с использованием TandemHeart, идентичны другим устройствам для МПК и наиболее частые из них – сосудистая травма и кровотечение, ишемия нижней конечности [20].

В нескольких РКИ сравнивались ВАБК и TandemHeart у пациентов с ИМ, осложненным КШ. В результате TandemHeart в большей степени улучшал гемодинамические и метаболические переменные, однако такие осложнения, как кровотечение и ишемия конечности происходили чаще именно в группе TandemHeart при равной выживаемости в дальнейших наблюдениях [23, 29].

Impella

Impella (Abiomed Inc, США) – устройство, осуществляющее перенос крови из полости ЛЖ в корень и восходящий отдел аорты неппульсирующим потоком. Устанавливается в условиях рентгеноскопии или эхокардиографии посредством пункции периферической артерии. Дистальный конец устройства представляет собой гибкий осевой насос, имеющий изогнутую форму «пигтейл», который устанавливается поперек аортального клапана. Такая форма дистального конца препятствует присасыванию эндокарда, препятствует перфорации стенки ЛЖ, улучшает его позиционирование. Проксимальный конец устройства обеспечивает электропитание насоса и мониторинг давления и подключается к внешнему модулю управления. Существует целый ряд модификаций устройства, позволяющих устанавливать устройство пункционно (12F, Impella 2.5; 14F, Impella CP) и через хирургический разрез (21F, Impella 5.0) и обеспечивающих максимальный поток крови 2,5 л/мин, 4 л/мин и 5 л/мин соответственно. Основным вариантом доступа для установки устройства является бедренная артерия, но для обеспечения долгосрочной поддержки возможна установка и через плечевую артерию [20, 26]. Кроме того, для работы Impella не требуется триггирование с ЭКГ или артериальным давлением.

Гемодинамические эффекты реализуются в виде снижения конечного диастолического давления ЛЖ, повышения внутриаортального и внутрикоронарного давления [31, 32]. Вместе с тем Impella,

протезируя насосную функцию сердца с производительностью до 5 л/мин, уменьшает работу ЛЖ и тем самым снижает потребность миокарда в кислороде [30].

Абсолютными противопоказаниями к применению устройства Impella являются механический протез аортального клапана, тромбоз ЛЖ. Аортальный стеноз и аортальная регургитация являются относительными противопоказаниями. Также к противопоказаниям относятся и прочие, свойственные для других устройств МПК, такие как атеросклероз периферических артерий, гемофилии [33]. Наиболее часто встречающиеся осложнения – ишемия конечности, кровотечение и гемолиз [34].

Большое наблюдательное исследование, основанное на регистре USpella, рассматривало возможность Impella 2.5 при ЧКВ ВР у пациентов с тяжелой сердечной недостаточностью, снижением сократительной способности сердца, а также выраженным коморбидным фоном. Несмотря на высокие факторы риска успешная реваскуляризация была достигнута в 90% случаев, а 6-месячная выживаемость составила 91% [35]. Исследование PROTECT II – крупнейшее перспективное РКИ, в котором сравнивались Impella 2.5 (n = 226) и ВАБК (n = 226) при ЧКВ ВР. Несмотря на то, что в группе Impella отмечалась лучшая гемодинамическая стабильность, 30-дневная летальность не показала значимых отличий (Impella 35,1% против IABP 40,1%, p = 0,277), в связи с чем исследование было прекращено. Однако спустя 90 дней в группе Impella отмечалось значимое снижение неблагоприятных событий [36]. Cohen и соавторы отмечают, что потенциальный механизм отсроченного положительного эффекта Impella заключается в лучшем обеспечении поддержки гемодинамики во время ЧКВ, что позволяет добиться более полной реваскуляризации [37].

Экстракорпоральная мембранная оксигенация

Вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация (ВА ЭКМО) – модифицированный контур для искусственного кровообращения, который представляет собой замкнутую систему трубок, насоса и оксигенатора и обеспечивает перемещение крови из венозной системы в артериальную неппульсирующим потоком. Для поддержки во время ЧКВ используется периферическая канюляция через бедренные артерии и вены [38, 39]. Сама канюляция возможна как пункционным, так и хирургическим способом. Максимально возможная поддержка – до 7 л/мин в зависимости от размера используемых канюль и насоса. Наиболее часто используются размеры венозных канюль – 20–24 Fr, артериальных – 17–19 Fr. ЭКМО – это единственное устройство для МПК, которое может оказывать респираторную поддержку помимо гемодинамической [2].

Гемодинамические эффекты реализуются за счет частичного или полного обхода сердца, снижения преднагрузки. Вместе с тем, ряд авторов отмечают, что существуют и отрицательные эффекты в виде повышения постнагрузки, что влечет за собой повышение напряжения стенки ЛЖ в фазу систолы. Это, в свою очередь, если и не повышает потребность миокарда, то, как минимум, и не снижает, что, по мнению авторов, ставит под сомнение кардиопротективный эффект [2, 41, 42]. Но стоит отметить, что ВА ЭКМО – единственное устройство, используемое без комбинации с другими устройствами, которое может обеспечить гемодинамическую поддержку в условиях острой бивентрикулярной сердечной недостаточности [40].

Противопоказаниями для ВА ЭКМО являются аортальная регургитация, атеросклероз артерий нижних конечностей, нарушения в системе гемостаза, острый период инсульта [40]. Наиболее часто описанные осложнения – кровотечения из мест канюляции, ишемия нижней конечности, венозный тромбоз, гемолиз [3].

ВА ЭКМО, как правило, рассматривается как крайняя мера механической поддержки кровообращения при ЧКВ ВР и применяется при таких состояниях, как КШ, остановка сердца. Это в большей степени связано с преимуществом перед другими МПК в виде полного протезирования насосной функции сердца и газообменной функции легких, а также выраженной инвазивностью процедуры, высоким риском осложнений. Кроме того, ВА ЭКМО требует привлечения и слаженной работы большого количества персонала: рентггенхирурга, сосудистого хирурга, кардиолога, анестезиолога, перфузиолога, сестер [2]. РКИ, посвященных такому методу МПК, на данный момент нет. Достаточное количество многоцентровых наблюдательных исследований и отдельных сообщений указывают на достаточно высокую эффективность метода, однако отмечают и высокую частоту осложнений [38, 43–49].

Обсуждение

Рассматривая различные варианты МПК, нельзя с уверенностью сказать, что один метод однозначно хуже или лучше другого. Более того, с учетом накопления клинического опыта применения устройств выделяются ниши для использования каждого устройства. Вместе с тем необходимо понимать, что ЧКВ ВР – это крайне разнородная популяция, в которой рассматриваются как пациенты со стабильной стенокардией, но имеющие тяжелое многососудистое поражение КА, сочетающееся с низкой ФВ ЛЖ и тяжелым коморбидным фоном, так и пациенты, находящиеся в КШ. Этот факт значительно осложняет рассмотрение вопроса МПК и группы ЧКВ ВР в целом. Сравнительная характеристика устройств МПК представлена в таблице.

Так, ВАБК является самым изученным и длительно применяющимся методом МПК. По ВАБК накоплен достаточный опыт в виде исследований BCIS-1, CRISP-AMI, IABP-SHOCK II, которые не показали значимых преимуществ ВАБК при ЧКВ ВР. Тем не менее, ВАБК сохраняет свое место в рекомендациях по острому коронарному синдрому, хоть и уровень доказательности этого метода имеет тенденцию к понижению [50, 51]. Такое повсеместное активное распространение метода обусловлено его относительно низкой стоимостью, простотой установки и использования. Однако такие особенности, как полная зависимость от сердечного ритма, практически полное отсутствие увеличения/замещения СВ, отсутствие влияния на пред- и постнагрузку, возможно, и определяют столь низкую эффективность ВАБК у пациентов с нестабильной гемодинамикой. Тем не менее, нельзя игнорировать тот факт, что ВАБК увеличивает коронарный резерв и увеличивает доставку кислорода к кардиомиоцитам в момент раздувания баллона в фазу диастолы.

TandemHeart же, напротив, лишен недостатков ВАБК, однако также имеет некоторые особенности. Этот метод осуществляет изолированную поддержку ЛЖ, значимо снижая его преднагрузку. В то же время это является неблагоприятной особенностью в случае развития остановки сердца или недостаточности ПЖ. Кроме того, установка данного устройства требует сравнительно больших временных затрат и наличия специальных навыков. Так, по данным Rihal и соавторов [3], существует относительно небольшое количество интервенционных кардиологов, регулярно выполняющих транссептальную пункцию в своей практике, что, в свою очередь, является важным барьером для распространения TandemHeart. Также присутствуют риски, характерные для транссептальной пункции, такие как тампонада сердца, что особо опасно в условиях антикоагуляции, и миграция дренажной части устройства в легочную вену, что может привести к гемолизу.

Impella не только не нуждается в триггировании сердечным ритмом, но и обладает целым рядом преимуществ перед вышеописанными методами: снижает преднагрузку, не оказывает существенного влияния на постнагрузку, улучшает коронарную перфузию и снижает потребность миокарда в кислороде. Причем в зависимости от модификации возможна разная степень поддержки. К ограничениям можно отнести клинические ситуации с бивентрикулярной острой сердечной недостаточностью, остановку сердца, фибрилляцию желудочков, что потребует использования нескольких устройств для поддержки каждого желудочка в отдельности. Кроме того, существенным ограничением активного использования Impella является высокая стоимость устройства.

ВА ЭКМО является наиболее инвазивным методом поддержки, и сообщения об использовании часто сопровождаются описанием осложнений. Однако данный метод лишен зависимости от сердечного ритма, а в условиях остановки сердца или жизнеугрожающих аритмий способен полностью протезировать насосную функцию сердца. Также особенностью метода является наличие в контуре оксигенатора, что может быть полезной опцией при наличии дыхательной недостаточности. К ограничениям метода можно отнести повышение постнагрузки, что может быть критичным в условиях сниженной сократимости ЛЖ, например, при КШ. Этот недостаток можно нивелировать оптимизацией степени поддержки кровообращения, регулируя объемную скорость перфузии ЭКМО, а также более инвазивно – атриосептостомей с целью разгрузки левого предсердия. Также перегрузку ЛЖ можно устранить комбинацией ВА ЭКМО с ВАБК [41, 52, 53] или с Impella [42, 54, 55]. Но это, в свою очередь, повышает риск осложнений, предъявляет высокие требования к работе кардиокоманды и, помимо всего прочего, увеличивает стоимость процедуры.

С учетом вышеизложенного, становится ясно, что для каждого метода существуют определенная ниша и пределы эффективности и безопасности. С целью систематизации знаний о методах и в попытке создать методологию применения этой группы методов МПК некоторые авторы предлагают клинические алгоритмы. В этих алгоритмах выбор метода ложится на плечи членов кардиокоманды и зависит от множества факторов.

Так, например, в консенсусе Общества сердечно-сосудистой ангиографии и интервенций (SCAI), Общества сердечной недостаточности Америки (HFSA), Ассоциации сердечно-сосудистых хирургов (STS), Американской кардиологической ассоциации, (АНА) и Американского колледжа кардиологии (ACC) от 2015 года [3] выделены ключевые факторы, на которых основан выбор метода МПК: сократимость ЛЖ и техническая сложность и длительность ЧКВ. Таким образом, выделены руководящие принципы: при условии сохранной ФВ ЛЖ и ожидаемого технически не сложного ЧКВ МПК не требуется; при условии ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ или недавней декомпенсации сердечной недостаточности и ожидаемого технически несложного ЧКВ рассмотреть возможность использования ВАБК или Impella; при условии сохранной ФВ ЛЖ и ожидаемого длительного и технически сложного ЧКВ рассмотреть возможность использования ВАБК или Impella; при условии ФВ ЛЖ $\leq 35\%$ или недавней декомпенсации сердечной недостаточности и ожидаемого длительного и технически сложного ЧКВ рассмотреть возможность использования TandemHeart или Impella, либо ВА ЭКМО при сопутствующей гипоксемии и недостаточности ПЖ. Тем не менее, рекомендации консенсуса не совсем ясны по ряду причин: во-первых, не определены критерии технической сложности ЧКВ, во-вторых, не определены критерии длительности ЧКВ, тогда как это может сыграть решающую роль при выборе тактики.

Atkinson и коллеги в своей работе попытались построить алгоритм [56] выбора метода МПК

Таблица. Сравнительная характеристика устройств МПК
Table. Comparative characteristics of mechanical circulatory support devices

| | ВАБК / IABP | TandemHeart | Impella | VA ECMO |
|--|---|----------------------------|--|----------------------------|
| Степень вклада/замещения СВ / The degree of support/replacement CO | 0,3–0,5 л/мин / 0,3–0,5 l/min | 2,5–5 л/мин / 2,5–5 l/min | 1–5 л/мин (Impella 2.5, Impella CP, Impella 5.0) | 1–7 л/мин / 1–7 l/min |
| Механизм / Mechanism | Аортальная пульсация / Aortic pulsation | ЛП→Ao / LA→Ao | ЛЖ→Ao / LV→Ao | ПП→Ao / RA→Ao |
| Максимальная длительность использования / Maximum duration of use | Недели / Weeks | 14 дней / 14 days | 7 дней / 7 days | Недели / Weeks |
| Размер имплантируемого устройства / Size of implantable device | 7–8 Fr | 15–17 Fr Art 21 Fr Vena | 13–14 Fr Imp.2.5 21 Fr Imp.5.0 | 15–17 Fr Art 21 Fr Vena |
| Необходимость синхронизации с сердечным ритмом / The need to synchronize with heart rate | Да / Yes | Нет / No | Нет / No | Нет / No |
| Преднагрузка / Preload | ? | – | – | – |
| Постнагрузка / Afterload | – / ? | + | – | + |
| АДср / ABP mean | + | ++ | ++ | ++ |
| Коронарная перфузия / Coronary perfusion | + | -- | + | -- |
| Потребность миокарда в O ₂ / Myocardial oxygen demand | – | + / – | – | + / – |

Примечание: «+» – увеличивает; «–» – уменьшает; «–» – не влияет; «?» – нет данных; АДср – среднее артериальное давление; ВАБК – внутриаортальная баллонная контрпульсация; ЛЖ – левый желудочек; ЛП – левое предсердие; ПП – правое предсердие; СВ – сердечный выброс.

Note: "+" – increases; "-" – reduces; "-" – does not affect; "?" – no data; ABP mean – arterial blood pressure mean; Ao – aorta; CO – cardiac output; IABP – intra-aortic balloon pump; LA – left atrium; LV – left ventricle; RA – right atrium; VA ECMO – veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation.

на основании первичной нозологической формы: кардиогенный шок, остановка сердца с восстановлением кровообращения и без и ЧКВ ВР. И, в зависимости от таких критериев, как наличие или отсутствие гипоксемии, недостаточности ПЖ, анатомических особенностей бедренных сосудов, мультидисциплинарная кардиокоманда определяет предпочтительный метод МПК. Интересным является тот факт, что при ЧКВ ВР без нарушений гемодинамики авторы рекомендуют превентивное использование одного из таких устройств, как Impella, ВАБК, TandemHeart. Этот факт подвергся критике E. Shlofmitz и R. Shlofmitz в ответном письме [57] в редакцию журнала с указанием на то, что далеко не все пациенты, даже при наличии клинических и анатомических критериев ЧКВ ВР, нуждаются в МПК. Однако подчеркивается важность создания подобных клинических алгоритмов.

Заключение

Несмотря на многочисленные консенсусы, алгоритмы, критерии ЧКВ ВР остаются довольно размытыми и варибельными в интерпретации специалистов разных клиник. Этому способствует не только разнородность данной категории пациентов непосредственно в самих критериях ЧКВ ВР, но и самый разнообразный коморбидный фон, который может оказывать существенное влияние на каждую

Информация об авторах

Корнелюк Роман Александрович, лаборант-исследователь лаборатории критических состояний, врач анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии и реанимации Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний»; ассистент курса анестезиологии и реаниматологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Кемерово, Российская Федерация;

Верещагин Иван Евгеньевич, младший научный сотрудник лаборатории интервенционных методов диагностики и лечения атеросклероза Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Шукевич Дмитрий Леонидович, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией критических состояний Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация;

Ганюков Владимир Иванович, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией интервенционных методов диагностики и лечения атеросклероза Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация.

клиническую ситуацию и выбор тактики междисциплинарной кардиокоманды.

С клинической точки зрения, ВАБК, Impella, TandemHeart и ЭКМО должны иметь место в обеспечении ЧКВ ВР, хотя они и не могут выступать в качестве стандарта лечения для каждой процедуры. К сожалению, окончательные литературные данные зачастую либо недоступны, либо противоречивы.

Не вызывает сомнений тот факт, что в ряде ситуаций для спасения жизни пациента без МПК не обойтись, но высокая частота осложнений препятствует рутинному использованию этих методов. Необходимым является проведение РКИ, которые бы учитывали разнородность пациентов, попадающих под критерии ЧКВ ВР, что позволит с большей ясностью утверждать, кому, когда и какое устройство должно быть использовано.

Конфликт интересов

Р.А. Корнелюк заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Е. Верещагин заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.Л. Шукевич заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.И. Ганюков заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Author Information Form

Kornelyuk Roman A., assistant at the Laboratory of Critical Conditions, intensivist at the Intensive Care Unit, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation; lecturer assistant at the Department of Anesthesiology and Intensive Care, Kemerovo State Medical University, Kemerovo, Russian Federation;

Vereshchagin Ivan E., researcher assistant at the Laboratory for Interventional Methods of Diagnosis and Treatment of Atherosclerosis, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation;

Shukevich Dmitry L., MD, PhD, Head of the Laboratory of Critical Conditions, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation;

Ganyukov Vladimir I., MD, PhD, Head of the Laboratory for Interventional Methods of Diagnosis and Treatment of Atherosclerosis, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Kemerovo, Russian Federation.

Вклад авторов в статью

KPA – получение, анализ и интерпретация данных, написание статьи, окончательное утверждение версии для публикации, полная ответственность за содержание;

VIE – интерпретация данных, коррекция статьи, окончательное утверждение версии для публикации, полная ответственность за содержание;

ШДЛ – интерпретация данных, коррекция статьи, окончательное утверждение версии для публикации, полная ответственность за содержание;

GVI – интерпретация данных, коррекция статьи, окончательное утверждение версии для публикации, полная ответственность за содержание.

Author Contribution Statement

KRA – data collection, analysis and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content;

VIE – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

ShDL – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content;

GVI – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Giacoppo D., Colleran R., Cassese S., Frangieh A.H., Wiebe J., Joner M., Schunkert H., Kastrati A., Byrne R.A. Percutaneous Coronary Intervention vs Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Left Main Coronary Artery Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Cardiol.* 2017;2(10):1079-1088. doi: 10.1001/jamacardio.2017.2895.
- 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.
- 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.
- Тарасов П.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.
- Schreuder J.J., Castiglioni A., Donelli A., Maisano F., Jansen J.R., Hanania R., Hanlon P., Bovelander J., Alfieri O. Automatic intra-aortic balloon pump timing using an intrabeat dicrotic notch prediction algorithm. *Ann Thorac Surg.* 2005; 79(3): 1017-1022. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2004.07.074
- Mulholland J., Yarham G., Clements A., Morris C., Loja D. Mechanical left ventricular support using a 50 cc 8 Fr fibre-optic intra-aortic balloon technology: A case report. *Perfusion.* 2013 28(2): 109-113. https://doi.org/10.1177/0267659112454912
- Papaioannou T.G., Stefanadis C. Basic principles of the intra-aortic balloon pump and mechanisms affecting its performance. *ASAIO J.* 2005; 51(3): 296-300. doi: 10.1097/01.MAT.0000159381.97773.9B
- Rastan A.J., Tillmann E., Subramanian S., Lehmkuhl L., Funkat A.K., Leontyev S., Doenst T., Walther T., Gutberlet M., Mohr F.W. Visceral arterial compromise during intra-aortic balloon counterpulsation therapy. *Circulation.* 2010; 122(11 Suppl): S92-S99. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.929810
- Sjauw K.D., Engstrom A.E., Vis M.M., van der Schaaf R.J., Baan J. Jr., Koch K.T., de Winter R.J., Piek J.J., Tijssen J.G., Henriques J.P. A systematic review and meta-analysis of intra-aortic balloon pump therapy in ST-elevation myocardial infarction: should we change the guidelines? *Eur Heart J.* 2009; 30(4):459-68. doi: 10.1093/eurheartj/ehn602
- Mishra S., Chu W.W., Torguson R., Wolfram R., Deible R., Suddath W.O., Pichard A.D., Satler L.F., Kent K.M., Waksman R. Role of Prophylactic Intra-Aortic Balloon Pump in High-Risk Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Cardiol.* 2006; 98(5): 608-612. doi: 10.1016/j.amjcard.2006.03.036
- Briguori C., Sarais C., Pagnotta P., Airolidi F., Liistro F., Sgura F., Spanos V., Carlino M., Montorfano M., Di Mario C., Colombo A. Elective versus provisional intra-aortic balloon pumping in high-risk percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am Heart J.* 2003 Apr;145(4):700-7. https://doi.org/10.1067/mhj.2003.14
- Urban P.M., Freedman R.J., Ohman E., Stone G.W., Christenson J.T., Cohen M. et al. In-hospital mortality associated with the use of intra-aortic balloon counterpulsation. *The American Journal of Cardiology.* 2014; 94(2): 81-185. https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.03.058
- Ferguson J.J. 3rd, Cohen M., Freedman R.J., Stone G.W., Miller M.F., Joseph D.L., Ohman E.M. The current practice of intra-aortic balloon counterpulsation: results from the Benchmark Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2001;38(5):1456-62.. https://doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01553-4
- Stone G.W., Ohman E.M., Miller M.F., Joseph D.L., Christenson J.T., Cohen M. et al. Contemporary utilization and outcomes of intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction: The benchmark registry. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(11):1940-5. https://doi.org/10.1016/S0735-1097(03)00400-5
- Zeymer U., Bauer T., Hamm C., Zahn R., Weidinger F., Seabra-Gomes R., Hochadel M., Marco J., Gitt A. Use and impact of intra-aortic balloon pump on mortality in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: results of the Euro Heart Survey on PCI. *EuroIntervention.* 2011;7(4):437-41. doi: 10.4244/EIJV714A72
- Barron H.V., Every N.R., Parsons L.S., Angeja B., Goldberg R.J., Gore J.M., Chou T.M.; Investigators in the National Registry of Myocardial Infarction 2. The use of intra-aortic balloon counterpulsation in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: data from the National Registry of Myocardial Infarction 2. *Am Heart J.* 2001;141(6):933-9. doi: 10.1067/mhj.2001.115295
- Perera D., Stables R., Thomas M., Booth J., Pitt M., Blackman D., de Belder A., Redwood S.; BCIS-1 Investigators. Elective intra-aortic balloon counterpulsation during high-risk percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2010;304(8):867-74. doi: 10.1001/jama.2010.1190.
- Patel M.R., Smalling R.W., Thiele H., Barnhart H.X., Zhou Y., Chandra P., Chew D., Cohen M., French J., Perera D., Ohman E.M. Intra-aortic balloon counterpulsation and infarct size in patients with acute anterior myocardial infarction without shock: the CRISP AMI randomized trial. *JAMA;* 2011; 306(12):1329-37. doi: 10.1001/jama.2011.1280.
- 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(14):1287-96. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
20. Basra S.S., Loyalka P., Kar B. Current status of percutaneous ventricular assist devices for cardiogenic shock. *Curr Opin Cardiol.* 2011; 26(6):548-54. doi: 10.1097/HCO.0b013e32834b803c
21. Kapur N.K., Paruchuri V., Urbano-Morales J.A., Mackey E.E., Daly G.H., Qiao X., Pandian N., Perides G., Karas R.H. Mechanically unloading the left ventricle before coronary reperfusion reduces left ventricular wall stress and myocardial infarct size. *Circulation.* 2013;128(4):328-36. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000029.
22. Thiele H., Lauer B., Hambrecht R., Boudriot E., Cohen H.A., Schuler G. Reversal of cardiogenic shock by percutaneous left atrial-to-femoral arterial bypass assistance. *Circulation.* 2001;104(24):2917-22.
23. 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(3):469.e1-8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031
24. Ouweneel D.M., Henriques J.P. Percutaneous cardiac support devices for cardiogenic shock: current indications and recommendations. *Heart.* 2012;98(16):1246-54. doi: 10.1136/heartjnl-2012-301963.
25. Kar B., Gregoric I.D., Basra S.S., Idelchik G.M., Loyalka P. The percutaneous ventricular assist device in severe refractory cardiogenic shock. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(6):688-96. doi: 10.1016/j.jacc.2010.08.613.
26. Ostadal P., Mlcek M., Holy F., Horakova S., Kralovec S., Skoda J., Petru J., Kruger A., Hrachovina V., Svoboda T., Kittnar O., Reddy V.Y., Neuzil P. Direct comparison of percutaneous circulatory support systems in specific hemodynamic conditions in a porcine model. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012;5(6):1202-6. doi: 10.1161/CIRCEP.112.973123.
27. Gregoric I.D., Bieniarz M.C., Arora H., Frazier O.H., Kar B., Loyalka P. Percutaneous ventricular assist device support in a patient with a postinfarction ventricular septal defect. *Tex Heart Inst J.* 2008; 35(1): 46-49.
28. Pham D.T., Al-Quthami A., Kapur N.K. Percutaneous left ventricular support in cardiogenic shock and severe aortic regurgitation. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2013;81(2):399-401. doi: 10.1002/ccd.24501.
29. 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(13):1276-83. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi161
30. Raess D.H., Weber D.M. Impella 2.5. *J Cardiovasc Transl Res.* 2009; 2(2): 168-72. doi: 10.1007/s12265-009-9099-4.
31. Rummelink M., Sjaauw K.D., Henriques J.P., de Winter R.J., Vis M.M., Koch K.T., Paulus W.J., de Mol B.A., Tijssen J.G., Piek J.J., Baan J. Jr. Effects of mechanical left ventricular unloading by Impella on left ventricular dynamics in high-risk and primary percutaneous coronary intervention patients. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;75(2):187-94. doi: 10.1002/ccd.22263.
32. Rummelink M., Sjaauw K.D., Henriques J.P., de Winter R.J., Koch K.T., van der Schaaf R.J., Vis M.M., Tijssen J.G., Piek J.J., Baan J. Jr. Effects of left ventricular unloading by Impella recover LP2.5 on coronary hemodynamics. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2007;70(4):532-7.
33. Martinez C.A., Singh V., Londoño J.C., Cohen M.G., Alfonso C.E., O'Neill W.W., Heldman A.W. Percutaneous retrograde left ventricular assist support for interventions in patients with aortic stenosis and left ventricular dysfunction. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;80(7):1201-9. doi: 10.1002/ccd.24303.
34. Lauten A., Engström A.E., Jung C., Empen K., Erne P., Cook S., Windecker S., Bergmann M.W., Klingenberg R., Lüscher T.F., Haude M., Rulands D., Butter C., Ullman B., Hellgren L., Modena M.G., Pedrazzini G., Henriques J.P., Figulla H.R., Ferrari M. Percutaneous left-ventricular support with the Impella-2.5-assist device in acute cardiogenic shock: results of the Impella-EUROSHOCK-registry. *Circ Heart Fail.* 2013;6(1):23-30. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.112.967224.
35. 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 USpella Registry. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2012;80(5):717-25. doi: 10.1002/ccd.23403.
36. O'Neill W.W., Kleiman N.S., Moses J., Henriques J.P., Dixon S., Massaro J., Palacios I., Maini B., Mulukutla S., Dzavik V., Popma J., Douglas P.S., Ohman M. 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(14):1717-27. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194.
37. Cohen M.G., Ghatak A., Kleiman N.S., Naidu S.S., Massaro J.M., Kirtane A.J., Moses J., Magnus Ohman E., Dzavik V., Palacios I.F., Heldman A.W., Popma J.J., O'Neill W. Optimizing rotational atherectomy in high-risk percutaneous coronary interventions: insights from the PROTECT II study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83(7):1057-64. doi: 10.1002/ccd.25277.
38. Dardas P., Mezilis N., Ninios V., Theofilogiannakos E.K., Tsikaderis D., Tsotsolis N., Kolettas A., Nikoloudakis N., Pitsis A.A. ECMO as a bridge to high-risk rotablation of heavily calcified coronary arteries. *Herz.* 2012;37(2):225-30. doi: 10.1007/s00059-011-3489-5.
39. 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(3):271-4.
40. Jones H.A., Kalisetti D.R., Gaba M., McCormick D.J., Goldberg S. Left ventricular assist for high-risk percutaneous coronary intervention. *J Invasive Cardiol.* 2012;24(10):544-50.
41. 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. *SAIO J.* 2011;57(3):169-76. doi: 10.1097/MAT.0b013e31820e121c.
42. Koeckert M.S., Jorde U.P., Naka Y., Moses J.W., Takayama H. Impella LP 2.5 for left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *J Card Surg.* 2011; 26(6):666-8. doi: 10.1111/j.1540-8191.2011.01338.x.
43. 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(3):271-4.
44. Arlt M., Philipp A., Voelkel S., Schopka S., Husser O., Hengstenberg C., Schmid C., Hilke M. Early experiences with miniaturized extracorporeal life-support in the catheterization laboratory. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(5):858-63. doi: 10.1093/ejcts/ezs176
45. Chen J.S., Ko W.J., Yu H.Y., Lai L.P., Huang S.C., Chi N.H., Tsai C.H., Wang S.S., Lin F.Y., Chen Y.S. Analysis of the outcome for patients experiencing myocardial infarction and cardiopulmonary resuscitation refractory to conventional therapies necessitating extracorporeal life support rescue. *Crit Care Med.* 2006; 34(4):950-7. doi: 10.1097/01.CCM.0000206103.35460.1F
46. Ricciardi M., Moscucci M., Knight B., Zivin A., Bartlett R., Bates E. Emergency extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)-supported percutaneous coronary interventions in the fibrillating heart. *Catheter Cardiovasc Interv.* 1999;48(4):402-5. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-726X\(199912\)48:4<402::AID-CCD17>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-726X(199912)48:4<402::AID-CCD17>3.0.CO;2-3)
47. Shammass N., Roberts S., Early G. Extracorporeal membrane oxygenation for unprotected left main stenting

in a patient with totally occluded right coronary artery and severe left ventricular. *J Invasive Cardiol.* 2002;14(12):756-9.

48. Fesc G.V., Akret C., Bach V., Barone G., Durand M., Chavanon O., Hacini R., Bouvaist H., Machecourt J., Blin D. Assistance circulatoire extracorporelle percutanée dans les défaillances hémodynamiques aiguës graves: expérience monocentrique chez 100 patients consécutifs [Percutaneous extracorporeal life support in acute severe hemodynamic collapses: single centre experience in 100 consecutive patients]. *Can J Cardiol.* 2009; 25 (6): e179-e186.

49. Yamauchi T., Masai T., Takeda K., Kainuma S., Sawa Y. Percutaneous cardiopulmonary support after acute myocardial infarction at the left main trunk. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;15(2):93-97.

50. O'Gara P.T., Kushner F.G., Ascheim D.D., Casey Jr. D.E., Chung M.K., De Lemos J.A., Ettinger S.M., Fang J.C., Fesmire F.M., Franklin B.A., Granger C.B., Krumholz H.M., Linderbaum, J.A., Morrow D.A., Newby L.K., Ornato J.P., Ou N., Radford M.J., Tamis-Holland J.E., Tommaso C.L., Tracy C.M., Woo Y.J., Zhao D.X. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of st-elevation myocardial infarction: A report of the American college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines. *JACC.* 2013; 61 (4):e78–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.11.019>

51. Steg P.G., James S.K., Atar D., et al. ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J.* 2012;

33(20): 2569-619. doi: 10.1093/eurheartj/ehs215

52. S. Nuding, K. Werdan. IABP plus ECMO—Is one and one more than two? *J Thorac Dis.* 2017r; 9(4): 961–964. doi: [10.21037/jtd.2017.03.73]

53. Li Y., Yan S., Gao S., Liu M., Lou S., Liu G., Ji B., Gao B. Effect of an intra-aortic balloon pump with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of patients with cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Sep 24. doi: 10.1093/ejcts/ezy304

54. Cheng A., Swartz M.F., Massey H.T. Impella to unload the left ventricle during peripheral extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J.* 2013; 59(5): 533-6. doi: 10.1097/MAT.0b013e31829f0e52.

55. Meani P., Pappalardo F. The step forward for VA ECMO: left ventricular unloading! *J Thorac Dis.* 2017; 9(11): 4149–4151. doi: [10.21037/jtd.2017.10.14]

56. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.02.046>

57. Shlofmitz E., Shlofmitz R. High-Risk Percutaneous Coronary Interventions: First, Do No Harm. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016; 9 (16): 1752-1753. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.06.014>

REFERENCES

1. Giacoppo D., Colleran R., Cassese S., Frangieh A.H., Wiebe J., Joner M., Schunkert H., Kastrati A., Byrne R.A. Percutaneous Coronary Intervention vs Coronary Artery Bypass Grafting in Patients with Left Main Coronary Artery Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Cardiol.* 2017;2(10):1079-1088. doi: 10.1001/jamacardio.2017.2895.

2. 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.

3. 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 Cardiología 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.

4. Tarasov R.S., Neverova Y.N., Ganyukov V.I., Ivanov S.V., Barbarash O.L., Barbarash L.S. Results of myocardial revascularization in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes in multivessel coronary atherosclerosis. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2016; 3: 52-58. (In Russian)

5. Schreuder J.J., Castiglioni A., Donelli A., Maisano F., Jansen J.R., Hanania R., Hanlon P., Boveland J., Alfieri O. Automatic intra-aortic balloon pump timing using an intrabeat dirotic notch prediction algorithm. *Ann Thorac Surg.* 2005; 79 (3): 1017-1022. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2004.07.074

6. Mulholland J., Yarham G., Clements A., Morris C., Loja D. Mechanical left ventricular support using a 50 cc 8 Fr fibre-optic intra-aortic balloon technology: A case report. *Perfusion.* 2013 28 (2): 109-113. <https://doi.org/10.1177/0267659112454912>

7. Papaioannou T.G., Stefanadis C. Basic principles of the intra-aortic balloon pump and mechanisms affecting its

performance. *ASAIO J.* 2005; 51 (3): 296-300. doi: 10.1097/01.MAT.0000159381.97773.9B

8. Rastan A.J., Tillmann E., Subramanian S., Lehmkuhl L., Funkat A.K., Leontyev S., Doenst T., Walther T., Gutberlet M., Mohr F.W. Visceral arterial compromise during intra-aortic balloon counterpulsation therapy. *Circulation.* 2010; 122 (11 Suppl): S92-S99. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.929810

9. Sjauw K.D., Engstrom A.E., Vis M.M., van der Schaaf R.J., Baan J. Jr., Koch K.T., de Winter R.J., Piek J.J., Tijssen J.G., Henriques J.P. A systematic review and meta-analysis of intra-aortic balloon pump therapy in ST-elevation myocardial infarction: should we change the guidelines? *Eur Heart J.* 2009; 30(4):459-68. doi: 10.1093/eurheartj/ehn602

10. Mishra S., Chu W.W., Torguson R., Wolfram R., Deible R., Suddath W.O., Pichard A.D., Satler L.F., Kent K.M., Waksman R. Role of Prophylactic Intra-Aortic Balloon Pump in High-Risk Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Cardiol.* 2006; 98(5): 608-612. doi: 10.1016/j.amjcard.2006.03.036

11. Briguori C., Sarais C., Pagnotta P., Airolidi F., Liistro F., Sgura F., Spanos V., Carlino M., Montorfano M., Di Mario C., Colombo A. Elective versus provisional intra-aortic balloon pumping in high-risk percutaneous transluminal coronary angioplasty. *Am Heart J.* 2003 Apr;145(4):700-7. <https://doi.org/10.1067/mhj.2003.14>

12. Urban P.M., Freedman R.J., Ohman E., Stone G.W., Christenson J.T., Cohen M. et al. In-hospital mortality associated with the use of intra-aortic balloon counterpulsation. *The American Journal of Cardiology.* 2014; 94 (2): 81-185. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.03.058>

13. Ferguson J.J. 3rd, Cohen M., Freedman R.J., Stone G.W., Miller M.F., Joseph D.L., Ohman E.M. The current practice of intra-aortic balloon counterpulsation: results from the Benchmark Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2001;38(5):1456-62. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(01\)01553-4](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01553-4)

14. Stone G.W., Ohman E.M., Miller M.F., Joseph D.L., Christenson J.T., Cohen M. et al. Contemporary utilization and outcomes of intra-aortic balloon counterpulsation in acute myocardial infarction: The benchmark registry. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(11):1940-5. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(03\)00400-5](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(03)00400-5)

15. Zeymer U., Bauer T., Hamm C., Zahn R., Weidinger F.,

- Seabra-Gomes R., Hochadel M., Marco J., Gitt A. Use and impact of intra-aortic balloon pump on mortality in patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: results of the Euro Heart Survey on PCI. *EuroIntervention*. 2011;7(4):437-41. doi: 10.4244/EIJV7I4A72
16. Barron H.V., Every N.R., Parsons L.S., Angeja B., Goldberg R.J., Gore J.M., Chou T.M.; Investigators in the National Registry of Myocardial Infarction 2. The use of intra-aortic balloon counterpulsation in patients with cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: data from the National Registry of Myocardial Infarction 2. *Am Heart J*. 2001;141(6):933-9. doi: 10.1067/mhj.2001.115295
17. Perera D., Stables R., Thomas M., Booth J., Pitt M., Blackman D., de Belder A., Redwood S.; BCIS-1 Investigators. Elective intra-aortic balloon counterpulsation during high-risk percutaneous coronary intervention: a randomized controlled trial. *JAMA*. 2010;304(8):867-74. doi: 10.1001/jama.2010.1190
18. Patel M.R., Smalling R.W., Thiele H., Barnhart H.X., Zhou Y., Chandra P., Chew D., Cohen M., French J., Perera D., Ohman E.M. Intra-aortic balloon counterpulsation and infarct size in patients with acute anterior myocardial infarction without shock: the CRISP AMI randomized trial. *JAMA*; 2011; 306(12):1329-37. doi: 10.1001/jama.2011.1280
19. 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(14):1287-96. doi: 10.1056/NEJMoa1208410
20. Basra S.S., Loyalka P., Kar B. Current status of percutaneous ventricular assist devices for cardiogenic shock. *Curr Opin Cardiol*. 2011; 26(6):548-54. doi: 10.1097/HCO.0b013e32834b803c
21. Kapur N.K., Paruchuri V., Urbano-Morales J.A., Mackey E.E., Daly G.H., Qiao X., Pandian N., Perides G., Karas R.H. Mechanically unloading the left ventricle before coronary reperfusion reduces left ventricular wall stress and myocardial infarct size. *Circulation*. 2013;128(4):328-36. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000029
22. Thiele H., Lauer B., Hambrecht R., Boudriot E., Cohen H.A., Schuler G. Reversal of cardiogenic shock by percutaneous left atrial-to-femoral arterial bypass assistance. *Circulation*. 2001;104(24):2917-22.
23. 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(3):469.e1-8. DOI: 10.1016/j.ahj.2006.05.031
24. Ouweneel D.M., Henriques J.P. Percutaneous cardiac support devices for cardiogenic shock: current indications and recommendations. *Heart*. 2012;98(16):1246-54. doi: 10.1136/heartjnl-2012-301963
25. Kar B., Gregoric I.D., Basra S.S., Idelchik G.M., Loyalka P. The percutaneous ventricular assist device in severe refractory cardiogenic shock. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57(6):688-96. doi: 10.1016/j.jacc.2010.08.613
26. Ostadal P., Mlcek M., Holy F., Horakova S., Kralovec S., Skoda J., Petru J., Kruger A., Hrachovina V., Svoboda T., Kittnar O., Reddy V.Y., Neuzil P. Direct comparison of percutaneous circulatory support systems in specific hemodynamic conditions in a porcine model. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5(6):1202-6. doi: 10.1161/CIRCEP.112.973123
27. Gregoric I.D., Bieniarz M.C., Arora H., Frazier O.H., Kar B., Loyalka P. Percutaneous ventricular assist device support in a patient with a postinfarction ventricular septal defect. *Tex Heart Inst J*. 2008; 35(1): 46-49.
28. Pham D.T., Al-Quthami A., Kapur N.K. Percutaneous left ventricular support in cardiogenic shock and severe aortic regurgitation. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013;81(2):399-401. doi: 10.1002/ccd.24501
29. 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(13):1276-83. DOI: 10.1093/eurheartj/ehi161
30. Raess D.H., Weber D.M. Impella 2.5. *J Cardiovasc Transl Res*. 2009; 2(2): 168-72. doi: 10.1007/s12265-009-9099-4.
31. Rimmelink M., Sjaauw K.D., Henriques J.P., de Winter R.J., Vis M.M., Koch K.T., Paulus W.J., de Mol B.A., Tijssen J.G., Piek J.J., Baan J. Jr. Effects of mechanical left ventricular unloading by Impella on left ventricular dynamics in high-risk and primary percutaneous coronary intervention patients. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2010;75(2):187-94. doi: 10.1002/ccd.22263.
32. Rimmelink M., Sjaauw K.D., Henriques J.P., de Winter R.J., Koch K.T., van der Schaaf R.J., Vis M.M., Tijssen J.G., Piek J.J., Baan J. Jr. Effects of left ventricular unloading by Impella recover LP2.5 on coronary hemodynamics. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2007;70(4):532-7.
33. Martinez C.A., Singh V., Londoño J.C., Cohen M.G., Alfonso C.E., O'Neill W.W., Heldman A.W. Percutaneous retrograde left ventricular assist support for interventions in patients with aortic stenosis and left ventricular dysfunction. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012;80(7):1201-9. doi: 10.1002/ccd.24303.
34. Lauten A., Engström A.E., Jung C., Empen K., Erne P., Cook S., Windecker S., Bergmann M.W., Klingenberg R., Lüscher T.F., Haude M., Rulands D., Butter C., Ullman B., Hellgren L., Modena M.G., Pedrazzini G., Henriques J.P., Figulla H.R., Ferrari M. Percutaneous left-ventricular support with the Impella-2.5-assist device in acute cardiogenic shock: results of the Impella-EUROSHOCK-registry. *Circ Heart Fail*. 2013;6(1):23-30. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.112.967224.
35. 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 USpella Registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2012;80(5):717-25. doi: 10.1002/ccd.23403.
36. O'Neill W.W., Kleiman N.S., Moses J., Henriques J.P., Dixon S., Massaro J., Palacios I., Maini B., Mulukutla S., Dzavik V., Popma J., Douglas P.S., Ohman M. 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(14):1717-27. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.098194.
37. Cohen M.G., Ghatk A., Kleiman N.S., Naidu S.S., Massaro J.M., Kirtane A.J., Moses J., Magnus Ohman E., Dzavik V., Palacios I.F., Heldman A.W., Popma J.J., O'Neill W. Optimizing rotational atherectomy in high-risk percutaneous coronary interventions: insights from the PROTECT II study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2014;83(7):1057-64. doi: 10.1002/ccd.25277.
38. Dardas P., Mezilis N., Ninios V., Theofilogiannakos E.K., Tsikaderis D., Tsotsolis N., Kolettas A., Nikoloudakis N., Pitsis A.A. ECMO as a bridge to high-risk rotablation of heavily calcified coronary arteries. *Herz*. 2012;37(2):225-30. doi: 10.1007/s00059-011-3489-5.
39. 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(3):271-4.
40. Jones H.A., Kalisetti D.R., Gaba M., McCormick D.J., Goldberg S. Left ventricular assist for high-risk percutaneous coronary intervention. *J Invasive Cardiol*. 2012;24(10):544-50.
41. 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. *SAIO J*. 2011;57(3):169-76. doi: 10.1097/MAT.0b013e31820e121c.
42. Koeckert M.S., Jorde U.P., Naka Y., Moses J.W., Takayama H. Impella LP 2.5 for left ventricular unloading during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *J Card Surg*. 2011; 26(6):666-8. doi: 10.1111/j.1540-8191.2011.01338.x.

43. 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(3):271-4.
44. Arlt M., Philipp A., Voelkel S., Schopka S., Husser O., Hengstenberg C., Schmid C., Hilke M. Early experiences with miniaturized extracorporeal life-support in the catheterization laboratory. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(5):858-63. doi: 10.1093/ejcts/ezs176
45. Chen J.S., Ko W.J., Yu H.Y., Lai L.P., Huang S.C., Chi N.H., Tsai C.H., Wang S.S., Lin F.Y., Chen Y.S. Analysis of the outcome for patients experiencing myocardial infarction and cardiopulmonary resuscitation refractory to conventional therapies necessitating extracorporeal life support rescue. *Crit Care Med.* 2006; 34(4):950-7. doi: 10.1097/01.CCM.0000206103.35460.1F
46. Ricciardi M., Moscucci M., Knight B., Zivin A., Bartlett R., Bates E. Emergency extracorporeal membrane oxygenation (ECMO)-supported percutaneous coronary interventions in the fibrillating heart. *Catheter Cardiovasc Interv.* 1999;48(4):402-5. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-726X\(199912\)48:4<402::AID-CCD17>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-726X(199912)48:4<402::AID-CCD17>3.0.CO;2-3)
47. Shammam N., Roberts S., Early G. Extracorporeal membrane oxygenation for unprotected left main stenting in a patient with totally occluded right coronary artery and severe left ventricular. *J Invasive Cardiol.* 2002;14(12):756-9.
48. Fesc G.V., Akret C., Bach V., Barone G., Durand M., Chavanon O., Hacini R., Bouvaist H., Machecourt J., Blin D. Assistance circulatoire extracorporelle percutanée dans les défaillances hémodynamiques aiguës graves: expérience monocentrique chez 100 patients consécutifs [Percutaneous extracorporeal life support in acute severe hemodynamic collapses: single centre experience in 100 consecutive patients]. *Can J Cardiol.* 2009; 25 (6): e179-e186.
49. Yamauchi T., Masai T., Takeda K., Kainuma S., Sawa Y. Percutaneous cardiopulmonary support after acute myocardial infarction at the left main trunk. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;15(2):93-97.
50. O'Gara P.T., Kushner F.G., Ascheim D.D., Casey Jr. D.E., Chung M.K., De Lemos J.A., Ettinger S.M., Fang J.C., Fesmire F.M., Franklin B.A., Granger C.B., Krumholz H.M. Linderbaum, J.A. Morrow D.A., Newby L.K., Ornato J.P., Ou N., Radford M.J., Tamis-Holland J.E., Tommaso C.L., Tracy C.M., Woo Y.J., Zhao D.X. 2013 ACCF/AHA guideline for the management of st-elevation myocardial infarction: A report of the American college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines. *JACC.* 2013; 61 (4):e78–140. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.11.019>
51. Steg P.G., James S.K., Atar D., et al. ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J.* 2012; 33(20): 2569-619. doi: 10.1093/eurheartj/ehs215
52. S. Nuding, K. Werdan. IABP plus ECMO—Is one and one more than two? *J Thorac Dis.* 2017r; 9(4): 961–964. doi: [10.21037/jtd.2017.03.73]
53. Li Y., Yan S., Gao S., Liu M., Lou S., Liu G., Ji B., Gao B. Effect of an intra-aortic balloon pump with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation on mortality of patients with cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018 Sep 24. doi: 10.1093/ejcts/ezy304
54. Cheng A., Swartz M.F., Massey H.T. Impella to unload the left ventricle during peripheral extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J.* 2013; 59(5): 533-6. doi: 10.1097/MAT.0b013e31829f0e52.
55. Meani P., Pappalardo F. The step forward for VA ECMO: left ventricular unloading! *J Thorac Dis.* 2017; 9(11): 4149–4151. doi: [10.21037/jtd.2017.10.14]
56. 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.02.046>
57. Shlofmitz E., Shlofmitz R. High-Risk Percutaneous Coronary Interventions: First, Do No Harm. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016; 9 (16): 1752-1753. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2016.06.014>

Для цитирования: Р.А. Корнелюк, И.Е. Верещягин, Д.Л. Шукевич, В.И. Ганюков. Механическая поддержка кровообращения при чрескожном коронарном вмешательстве высокого риска. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2018; 7 (4S): 54-65. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-54-65

To cite: R.A. Kornelyuk, I.E. Vereshchagin, D.L. Shukevich, V.I. Ganyukov. Mechanical circulatory support in high-risk percutaneous coronary intervention. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2018; 7 (4S): 54-65. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-4S-54-65