

Доронин Д. В., Фомичев А. В., Агаева Х. А.,
Жульков М. О., Хван Д. С., Сирота Д. А., Чернявский А. М.
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е. Н. Мешалкина»
Минздрава России, Новосибирск, Россия

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕГОЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕРДЦА

Цель	Изучение динамики функции правого желудочка и показателей легочной гемодинамики у пациентов с легочной гипертензией на фоне механической поддержки сердца.
Материал и методы	Проведен ретроспективный анализ результатов 25 имплантаций систем левожелудочкового обхода, выполненных на базе ФГБУ «НМИЦ им. академика Е. Н. Мешалкина» Минздрава России в период с 2006 г. по 2021 г. Устройства механической поддержки сердца были имплантированы 21 мужчине и 4 женщинам, медиана возраста составила 37,5 [29; 48] года. Все больные имели тяжелую хроническую сердечную недостаточность III–IV функционального класса по классификации NYHA, рефрактерную к оптимальной медикаментозной терапии. При инвазивном измерении параметров легочной гемодинамики среднее давление в легочной артерии (СрДЛА) составило 50 [44,5; 60] мм рт. ст., транспульмональный градиент (ТПГ) – 16 [14; 19] мм рт. ст., а расчетное сопротивление малого круга кровообращения – 5,4 [4,9; 9] ед. Вуда, что является абсолютным противопоказанием (ТПГ >15 мм рт. ст. или легочно-сосудистое сопротивление >5 ед. Вуда) для выполнения трансплантации сердца (ТС).
Результаты	Продолжительность левожелудочковой поддержки сердца составила от 17 до 948 сут. Двенадцати (48%) пациентам выполнена ТС на 180–948-е сутки после имплантации системы обхода левого желудочка; 3 пациента в настоящее время находятся в ожидании ТС, 10 пациентов умерли от различных осложнений, 6 из которых – на госпитальном этапе. Уже в ранние сроки после имплантации системы механической поддержки сердца отмечалось существенное улучшение показателей легочной гемодинамики. Так, через 1 нед СрДЛА снизилось с 50 [44,5; 60] мм рт. ст. до 36 [33; 38] мм рт. ст. ($p=0,012$), а легочно-сосудистое сопротивление снизилось с 5,4 [4,9; 9] до 2,9 [2,4; 3,6] ед. Вуда ($p=0,008$). При последующем наблюдении пациентов выявлено дальнейшее улучшение легочной гемодинамики: через 1 мес СрДЛА составило 29 [27; 30] мм рт. ст., а к моменту ТС – 25,0 [24,8; 26,3] мм рт. ст. ($p=0,01$), т. е. достигло нормального уровня, что позволило выполнить ТС. Аналогичная динамика наблюдалась и с остальными показателями, отражающими легочную гемодинамику.
Заключение	Механическая поддержка сердца способна снизить проявления легочной гипертензии у большинства пациентов с терминальной сердечной недостаточностью. Необходима разработка алгоритма выявления категории пациентов с высоким риском прогрессирования правожелудочковой недостаточности.
Ключевые слова	Механическая поддержка сердца; сердечная недостаточность; легочная гипертензия
Для цитирования	Doronin D.V., Fomichev A.V., Agaeva Kh.A., Zhul'kov M.O., Khvan D.S., Sirota D.A., et al. Changes in Pulmonary Hemodynamics Resulted From Long-Term Mechanical Heart Support. <i>Kardiologiia</i> . 2023;63 (4):16–21. [Russian: Доронин Д.В., Фомичев А.В., Агаева Х.А., Жульков М.О., Хван Д.С., Сирота Д.А. и др. Изменение легочной гемодинамики на фоне длительной механической поддержки сердца. <i>Кардиология</i> . 2023;63 (4):16–21].
Автор для переписки	Агаева Хава Абдуллаевна. E-mail: agaeva_k@meshalkin.ru

Трансплантация сердца (ТС) является «золотым стандартом» лечения больных с терминальной стадией хронической сердечной недостаточности (ХСН); позволяет увеличить выживаемость пациентов с ХСН, повышает толерантность к физической нагрузке и улучшает качество жизни больных [1]. Основной проблемой в сфере трансплантации органов является значительный дефицит донорских органов [2, 3]. Критический дефицит органов для трансплантации приводит к длительному ожиданию ТС (нужен какой-то дополнительный предлог для

пациентов в листе ожидания), и впоследствии – к прогрессированию и декомпенсации ХСН. Легочная гипертензия (ЛГ), определяемая как среднее давление в легочной артерии (СрДЛА) >25 мм рт. ст. в покое, поражает около 72% пациентов с терминальной стадией ХСН [4, 5]. На первых этапах вторичная ЛГ обратима, но постепенно может стать необратимой из-за процесса ремоделирования легочной сосудистой системы. Порог между необратимой и обратимой ЛГ по-прежнему четко не определен, и нет единого мнения относительно времени, необходимого

для достижения уровня теоретической необратимости, и наилучших параметров для определения этого статуса. Для определения обратимости ЛГ применяются фармакологические тесты с легочными вазодилататорами. Общеизвестно, что ЛГ служит фактором риска смерти в раннем и отдаленном периодах после ТС [6–10]. Согласно этим результатам, пациенты с необратимой ЛГ, определенной в соответствии с рекомендациями Американской кардиологической ассоциации [6] (СрДЛА >25 мм рт. ст., легочно-сосудистое сопротивление – ЛСС >2,5 ед. Вуда и транспульмональный градиент – ТППГ >12 мм рт. ст. после фармакологического теста), должны быть исключены из листа ожидания на ТС.

В связи с активным внедрением в клиническую практику различных систем обхода левого желудочка (Left Ventricular Assist Device, LVAD) в качестве «моста к трансплантации» в условиях дефицита доноров появилось мнение о положительном влиянии этих систем на гемодинамику малого круга кровообращения (МКК) у пациентов с ЛГ и высоким ЛСС [11–13]. В этом случае механическая поддержка сердца помогает дождаться донора сердца и улучшает «готовность» реципиента к ТС. Однако число пациентов, которым проводится механическая поддержка, велико, а доступные данные весьма противоречивы.

В ФГБУ «НМИЦ им. академика Е. Н. Мешалкина» Минздрава России имеется опыт клинического применения различных имплантируемых систем вспомогательного кровообращения – INCOR, «ABK-H», Heart Mate 2 и «Стрим Кардио».

Цель

Изучение динамики функции правого желудочка (ПЖ) и показателей легочной гемодинамики у пациентов с ЛГ на фоне механической поддержки сердца.

Материал и методы

Проведен ретроспективный анализ результатов 25 имплантаций систем левожелудочкового обхода, выполненных на базе ФГБУ «НМИЦ им. академика Е. Н. Мешалкина» Минздрава России в период с 2006 по 2021 г. LVAD были имплантированы 21 мужчине и 4 женщинам, медиана возраста составила 37,5 [29; 48] года.

Все больные имели тяжелую ХСН III–IV функционального класса по классификации NYHA, рефрактерную к медикаментозной терапии. Причиной ХСН в 18 (72%) случаях явилась дилатационная кардиомиопатия, а в 7 (28%) случаях – тяжелая постинфарктная ХСН. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Предоперационное обследование включало общепринятые клинические и биохимические анализы, электрокардиографию, трансторакальную эхокардиографию (ЭхоКГ) с измерением параметров левого желудочка

(ЛЖ) и ПЖ. Кроме того, всем пациентам перед имплантацией LVAD выполнялось прямое измерение давления в легочной артерии с оценкой параметров легочной гемодинамики и фармакологическим тестом на обратимость ЛГ. В качестве легочного вазодилататора использовали ингаляцию оксида азота (NO) через дыхательную маску. Тест на обратимость ЛГ считали положительным при снижении ЛСС < 2,5 ед. Вуда и ТППГ <12 мм рт. ст.

Показаниями к использованию механической поддержки ЛЖ служили левожелудочковая недостаточность с выраженной дилатацией левых отделов сердца. Абсолютными противопоказаниями к применению данной методики были выраженная дисфункция ПЖ с высокой ЛГ и тяжелая полиорганная недостаточность [3, 10].

Выявлены следующие исходные показатели центральной гемодинамики: конечный диастолический объем (КДО) ЛЖ 275 [229–339] мл; конечный систолический объем (КСО) ЛЖ 228 [194,5–278,5] мл; фракция выброса ЛЖ 18 [14–19] %, сохраненная функция ПЖ, фракционное изменение площади (ФИП) ПЖ – 28 [25–40] % (см. табл. 1).

При инвазивном измерении параметров легочной гемодинамики СрДЛА составило 50 [44,5–60] мм рт. ст., ТППГ – 16 [14–19] мм рт. ст., а расчетное ЛСС – 5,4 [4,9–9] ед. Вуда (табл. 2), что является абсолютным противопоказанием (ТППГ >15 мм рт. ст. или ЛСС >5 ед. Вуда) к выполнению ТС [14]. В ходе теста на обратимость ЛГ только у 5 (22%) пациентов выявлено снижение ЛСС до приемлемого уровня (<2,5 ед. Вуда), а у остальных пациентов выявлена резистентная ЛГ.

Таблица 1. Характеристика пациентов

Показатель	Значение
Возраст, годы	37,5 [29; 48]
Мужчины	21 (84%)
Женщины	4 (16%)
Рост, см	175,5 [168; 177,8]
Масса тела, кг	80 [66; 83]
Индекс массы тела, кг/м ²	25,5 [21,9; 29,7]
Площадь поверхности тела, м ²	1,95 [1,95; 2,01]
Систолическое АД, мм рт. ст.	98 [95; 110]
Диастолическое АД, мм рт. ст.	67 [62; 71]
Среднее давление в легочной артерии, мм рт. ст.	50 [44,5; 60]
Сопротивление малого круга кровообращения, ед. Вуда	5,4 [4,9; 9]
Сердечный индекс, л/мин/м ²	1,72 [1,38; 1,99]
КДО левого желудочка, мл	275 [229; 339]
Фракция выброса левого желудочка, %	18 [14; 19]
КДО правого желудочка, мл	60 [40; 74]
ФИП ПЖ, %	28 [25; 40]

АД – артериальное давление; КДО – конечный диастолический объем; ФИП ПЖ – фракционное изменение площади правого желудочка.

Таблица 2. Параметры легочной гемодинамики перед имплантацией LVAD

Показатель	Исходно (n=25)	На фоне ингаляции NO (n=25)
СрДЛА, мм рт. ст.	46 [43; 49]	43 [36; 45]
ТПГ, мм рт. ст.	16 [14; 19]	12 [6; 15]
ЛСС, ед. Вуда	5,4 [4,8; 9]	3,3 [2,4; 3,5]

LVAD – система обхода левого желудочка (Left Ventricular Assist Device); NO – оксид азота; СрДЛА – среднее давление в легочной артерии; ТПГ – транспульмональный градиент; ЛСС – легочное сосудистое сопротивление.

Во всех анализируемых случаях использовали аксиальные насосы: INCOR – в 12 (48%); «АВК-Н» (Россия) – в 10 (40%), Heart Mate 2 – в 1 (4%), и модификация «АВК-Н», «Стрим Кардио» (Россия) – в 2 (8%). Во всех случаях устройства имплантировали по классической методике, с анастомозированием приводящей канюли с верхушкой ЛЖ, отводящей канюли – с восходящим отделом аорты. Производительность работы систем устанавливали, основываясь на технических характеристиках каждой конкретной модели и антропометрических данных пациента (скорость вращения импеллера составила от 6000 до 8000 об/мин при производительности от 3,5 до 5 л/мин), с коррекцией показателей относительно открытия аортального клапана и положения межжелудочковой перегородки, которые оценивали интраоперационно по данным чреспищеводной ЭхоКГ, а в раннем послеоперационном периоде – по данным трансторакальной ЭхоКГ.

В раннем послеоперационном периоде все пациенты получали прямой антикоагулянт гепарин под контролем активированного частичного тромбопластинового времени – АЧТВ (60–70 с) с последующим переходом на непрямой антикоагулянт варфарин под контролем международного нормализованного отношения – МНО (2,5–3,0) и антиагрегант ацетилсалициловая кислота в дозе 75–100 мг/сут под контролем агрегации тромбоцитов (уровень агрегации 20–30%).

Медикаментозная терапия включала весь необходимый перечень препаратов с достижением целевых доз, включая курс антибактериальной терапии, а также препараты для лечения ХСН: бета-адреноблокаторы, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, сердечные гликозиды, антагонисты минералокортикоидных рецепторов, при необходимости – диуретики и антиаритмическую терапию [15].

У всех пациентов проведено исходное обследование, изучены показатели легочной гемодинамики через 1 нед после имплантации LVAD, а также через 1 мес нахождения на механической поддержке и непосредственно перед ТС.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием пакета программ SPSS 23.0. Категориальные переменные представлены в виде абсолютных и относительных частот – n (%), непрерывные переменные в виде медианы и межквартильного интервала – Me [25-й процентиль; 75-й процентиль]. Для оценки достоверности различий между показателями легочной гемо-

динамики до поддержки и на фоне работы LVAD применяли непараметрический критерий Вилкоксона. Различия при $p < 0,05$ считали статистически значимыми.

Результаты

У большинства пациентов имплантация систем механической поддержки сердца проходила без осложнений.

Оценка состояния функции ПЖ выполнялась в динамике по данным трансторакальной ЭхоКГ (динамика ФИП ПЖ). У 1 (4%) пациента во время имплантации LVAD возникла острая правожелудочковая недостаточность (ПЖН – отсутствие сократительной деятельности правого желудочка), что потребовало экстренного подключения аппарата экстракорпоральной мембранной оксигенации в веноартериальном варианте, по прошествии 4 сут насосная функция ПЖ восстановилась, и дополнительная механическая поддержка была прекращена. У 3 (12%) пациентов в раннем послеоперационном периоде отмечалось прогрессирование ПЖН, что потребовало продленной инотропной поддержки добутамином и инфузии препаратов для снижения сосудистого сопротивления МКК (силденафил).

В 5 случаях выполнена рестернотомия-гемостаз по причине ускоренного отделения по дренажам.

В дальнейшем на госпитальном этапе у всех пациентов на фоне механической поддержки отмечено значительное улучшение показателей центральной гемодинамики: КДО ЛЖ 275 [229; 339] мл уменьшился до 148 [127; 180] мл ($p=0,0023$); КСО ЛЖ 228 [194,5; 278,5] мл – до 157 [140; 199] мл ($p=0,013$) и сократительной способности ПЖ: значение ФИП ПЖ увеличилось с 28 [25; 40] % до 36 [35; 38] % ($p=0,034$), что происходило главным образом за счет разгрузки ЛЖ и ММК [3] (табл. 3).

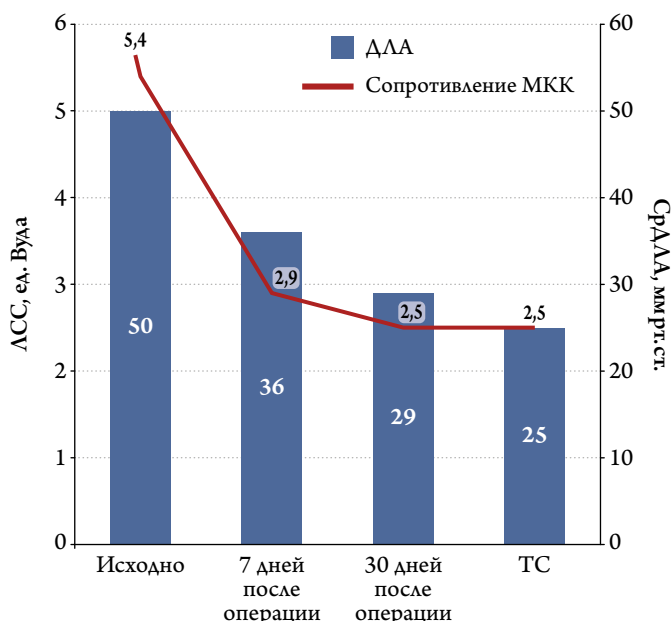
Продолжительность левожелудочковой поддержки сердца составила от 17 до 948 сут. У 12 (52%) пациентов выполнена ТС на 180–948-е сутки после имплантации системы обхода ЛЖ; 3 пациента находятся в ожидании ТС; 10 пациентов умерли от различных осложнений (6 из которых на госпитальном этапе): 5 – от тяжелых острых нарушений мозгового кровообращения по ишемическому типу; 2 – от геморрагического инсульта, 1 – вследствие прогрессирующей ПЖН на фоне развившейся фибрилляции предсердий; еще один летальный исход наступил на фоне хронического септического процесса, в одном случае отмечалась техническая неисправность системы

Таблица 3. Динамика показателей центральной гемодинамики на фоне работы LVAD

Показатель	Исходно	LVAD (1 нед)	LVAD (1 мес)
КДО ЛЖ, мл	275 [229; 339]	148 [127; 180]*	130 [115; 149]*
ФВ ЛЖ, %	18 [14; 19]	23 [20; 31]*	24 [20,5; 32,5]*
КДО ПЖ, мл	60 [40; 74]	60 [39; 74]*	46 [44,5; 72,5]*
ФИП ПЖ, %	28 [25; 40]	36 [35; 38]*	37,5 [34; 44]*

* – $p < 0,05$ при сравнении с исходным значением. LVAD – система обхода левого желудочка (Left Ventricular Assist Device); КДО ЛЖ – конечный диастолический объем левого желудочка; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка; КДО ПЖ – конечный диастолический объем правого желудочка; ФИП ПЖ – фракционное изменение площади правого желудочка.

Рисунок 1. Динамика параметров легочной гемодинамики на фоне механической поддержки сердца



ТС – трансплантация сердца; СрДЛА – среднее давление в легочной артерии; ЛСС – легочно-сосудистое сопротивление; МКК – малый круг кровообращения.

механической поддержки, а смерть больного наступила при попытке замены системы.

Уже в ранние сроки после имплантации системы механической поддержки сердца отмечалось существенное улучшение показателей легочной гемодинамики. Так, через 1 нед СрДЛА снизилось с 50 [44,5; 60] до 36 [33; 38] мм рт.ст. ($p=0,012$), а ЛСС снизилось с 5,4 [4,9; 9] до 2,9 [2,4; 3,6] ед. Вуда ($p=0,008$). При последующем наблюдении пациентов выявлено дальнейшее улучшение легочной гемодинамики: через 1 мес СрДЛА составило 29 [27; 30] мм рт.ст., а к моменту ТС – 25,0 [24,75; 26,25] мм рт.ст. ($p=0,01$), т.е. достигло нормального уровня. Аналогичная динамика наблюдалась и с остальными показателями, отражающими легочную гемодинамику (рис. 1).

Кроме значительного улучшения параметров центральной и легочной гемодинамики на фоне механической поддержки происходило значительное улучшение клинического состояния больных в виде регресса проявлений ХСН, постепенного восстановления функции печени и почек.

Обсуждение

По данным разных авторов, у 72% пациентов с длительно существующей левожелудочковой недостаточностью формируется ЛГ и ПЖН [16]. На начальном этапе ЛГ формируется из-за легочной вазоконстрикции, сопровождаемой ремоделированием артериальной стенки, которая характеризуется медиальной гипертрофией и фиброзом интимы. Патофизиологические механизмы включают дисфункцию эндотелия, увеличение выработки тромбоксана-А₂ и эндотелина-1 и снижение доступности оксида азота и простациклина. Активность сериновой эластазы вызывает отложение гликопротеина, а также гипертрофию и гиперплазию клеток гладких мышц. Венозный застой в легких часто связан с реактивным увеличением сопротивления МКК. Результатом является повышение ТПГ.

Лекарственные препараты не способны существенно улучшить состояние сосудов МКК у этих пациентов. ЛГ, не отвечающая на лечение вазодилататорами, считается противопоказанием к ортотопической ТС. Причиной этого служат чрезвычайно высокий риск развития ПЖН и высокий уровень смертности [6, 9, 10, 16].

Вопросы обратимости ПЖН при имплантации LVAD остаются спорными и широко обсуждаются в публикациях [13]. Показано, что у 15–44% больных после имплантации LVAD возникает выраженная дисфункция ПЖ, часто приводящая к смерти больного [8, 16]. В других работах, напротив, убедительно показано, что фиксированная ЛГ и ПЖН были обратимы на фоне долговременной механической поддержки сердца [17, 18].

В ряде работ проведен поиск критериев отбора пациентов на LVAD для профилактики ПЖН [18–20], часть публикаций демонстрирует снижение уровня ЛГ при поддержке LVAD [15–25].

Обычно именно ЛГ считается критерием развития ПЖН после имплантации LVAD [21], а решение о механической поддержке, по данным разных авторов, основывалось на геометрии ПЖ [22], благодаря этому алгоритму риск прогрессирования ПЖН снижен менее чем до 10%. Не выявлено влияние режимов поддержки, непрерывного или пульсирующего потока на обратимость ЛГ [12, 17]. Хотя устройства с непрерывным потоком обычно разгружают ЛЖ в меньшей степени, чем пульсирующие устройства, снижение давления в легочной ар-

терии, по-видимому, зависит не от уменьшения размера ЛЖ, а скорее от способности устройства снижать внутрисердечное давление.

Согласно результатам Е. Mikus и соавт. [24], значительное уменьшение выраженности ЛГ при механической поддержке LVAD достигнуто в течение 6 мес, и 70,37% пациентов стали реципиентами сердца. Следовательно, поддержка LVAD позволяет в значительной степени повысить доступность ТС для пациентов с высокой ЛГ.

Наше наблюдение подтверждает данные исследований, которые демонстрируют обратимость ЛГ, сопровождающей ХСН в терминальной стадии, при хронической механической поддержке, несмотря на возможные осложнения, ассоциированные с LVAD, и учитывая описанный в литературе уровень смертности после имплантации LVAD 10–30% [11, 19]. По нашим данным, ФИП ПЖ через 1 мес после имплантации LVAD изменение увеличилось с 28 [25; 40] до 36 [35; 38] %, СрДЛА снизилось с 50 [44,5; 60] до 29 [27; 30] мм рт. ст.

Нормализация внутрисердечной гемодинамики не только устраняет нарушения кровообращения в большом круге кровообращения, но и улучшает легочную гемодинамику, что в ряде случаев приводит к устранению ЛГ, и пациенты из разряда неоперабельных переходят вновь в лист ожидания ТС [7]. В 4 случаях исходно у больных СрДЛА было выше 50 мм рт. ст., а сопротивление сосудов МКК было больше 5 ед. Вуда, что служит противо-

показанием к ТС. Через 3 мес после имплантации LVAD у всех пациентов СрДЛА стало менее 35 мм рт. ст., и им была успешно выполнена ТС. Логичным завершением данного ретроспективного анализа могло бы стать крупное многоцентровое рандомизированное контролируемое сравнительное исследование по оценке оптимальной медикаментозной терапии и терапии LVAD. Это позволило бы выделить категорию пациентов с наиболее вероятной положительной динамикой состояния МКК на фоне механической поддержки сердца и определить точные факторы риска прогрессирования ПЖН и других нежелательных исходов после имплантации системы левожелудочкового обхода.

Заключение

Механическая поддержка сердца способна снизить проявления легочной гипертензии у большинства пациентов с терминальной сердечной недостаточностью. Необходимо разработка алгоритма выявления категории пациентов с высоким риском прогрессирования правожелудочковой недостаточности.

Финансирование

Источники финансирования отсутствуют.

Конфликт интересов не заявлен.

Статья поступила 12.02.2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Taylor DO, Edwards LB, Boucek MM, Trulock EP, Aurora P, Christie J et al. Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Twenty-fourth Official Adult Heart Transplant Report—2007. The Journal of Heart and Lung Transplantation. 2007;26(8):769–81. DOI: 10.1016/j.healun.2007.06.004
2. Russell SD, Miller LW, Pagani FD. Advanced Heart Failure: A Call to Action. Congestive Heart Failure. 2008;14(6):316–21. DOI: 10.1111/j.1751-7133.2008.00022.x
3. Chernyavskiy A.M., Doronin D.V., Fomichev A.V., Karaskov A.M. The initial experience of implantation of the left ventricular assist device «Sputnik» at a cardiac surgery center. Circulation Pathology and Cardiac Surgery. 2019;23(1):26–32. [Russian: Чернявский А.М., Доронин Д.В., Фомичев А.В., Караськов А.М. Первый опыт использования системы механической поддержки левого желудочка «АВК-Н» в кардиохирургической клинике. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2019;23(1):26–32]. DOI: 10.21688/1681-3472-2019-1-26-32
4. Eleftheriades JA, Lovoulos CJ, Tellides G, Goldstein LJ, Rocco EJ, Condos SG et al. Right ventricle-sparing heart transplant: promising new technique for recipients with pulmonary hypertension. The Annals of Thoracic Surgery. 2000;69(6):1858–63. DOI: 10.1016/S0003-4975(00)01318-7
5. Mareev V.Yu., Ageev F.T., Arutyunov G.P., Koroteev A.V., Mareev Yu.V., Ovchinnikov A.G. et al. SEHF, RSC and RSMSIM national guidelines on CHF diagnostics and treatment (fourth revision) Approved at the SEHF Congress on December 7, 2012, at the SEHF Board of Directors meeting on March 31, 2013, and at the RSC Congress on September 25, 2013. Russian Heart Failure Journal. 2013;14(7):379–472. [Russian: Мареев В.Ю., Агеев Ф.Т., Арутюнов Г.П., Коротеев А.В., Мареев Ю.В., Овчинников А.Г. и др. Национальные рекомендации ОССН, РКО и РНМОТ по диагностике и лечению ХСН (четвертый пересмотр). Утверждены на Конгрессе ОССН 7 декабря 2012 года, на Правлении ОССН 31 марта 2013 г. и Конгрессе РКО 25 сентября 2013 года. Журнал Сердечная Недостаточность. 2013;14(7):379–472.]
6. Costanzo MR, Augustine S, Bourge R, Bristow M, O'Connell JB, Driscoll D et al. Selection and Treatment of Candidates for Heart Transplantation: A Statement for Health Professionals From the Committee on Heart Failure and Cardiac Transplantation of the Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. Circulation. 1995;92(12):3593–612. DOI: 10.1161/01.CIR.92.12.3593
7. Delgado JF, Gómez-Sánchez MA, Sáenz de la Calzada C, Sánchez V, Escribano P, Hernández-Afonso J et al. Impact of mild pulmonary hypertension on mortality and pulmonary artery pressure profile after heart transplantation. The Journal of Heart and Lung Transplantation. 2001;20(9):942–8. DOI: 10.1016/S1053-2498(01)00286-8
8. Kirklin JK, Naftel DC, Bourge RC, McGiffin DC, Hill JA, Rodeheffer RJ et al. Evolving trends in risk profiles and causes of death after heart transplantation: A ten-year multi-institutional study. The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2003;125(4):881–90. DOI: 10.1067/mtc.2003.168
9. Nedoshivin A.O., Kutuzova A.E., Petrova N.N., Varshavskiy S.Yu., Perepech N.B. Study of the quality of life and psychological state of patients with chronic heart failure. Russian Heart Failure Journal. 2000;1(4):148–59. [Russian: Недошивин А.О., Кутузова А.Э., Петрова Н.Н., Варшавский С.Ю., Перепеч Н.Б. Исследование качества жизни и психологического статуса больных с хронической сердечной недостаточностью. Журнал Сердечная Недостаточность. 2000;1(4):148–59]

10. Aaronson KD, Patel H, Pagani FD. Patient selection for left ventricular assist device therapy. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2003;75(6 Suppl):S29–35. DOI: 10.1016/S0003-4975(03)00461-2
11. Gallagher RC, Kormos RL, Gasior T, Murali S, Griffith BP, Hardisty RL. Univentricular support results in reduction of pulmonary resistance and improved right ventricular function. *ASAIO transactions*. 1991;37(3):M287–288. PMID: 1751153
12. Andrea G, Giuseppe B, Tiziano C, Maria F, Ettore V. Is fixed severe pulmonary hypertension still a contraindication to heart transplant in the modern era of mechanical circulatory support? A review: *Journal of Cardiovascular Medicine*. 2008;9(10):1059–62. DOI: 10.2459/JCM.0b013e3282f64249
13. Torre-Amione G, Southard RE, Loebe MM, Youker KA, Bruckner B, Estep JD et al. Reversal of secondary pulmonary hypertension by axial and pulsatile mechanical circulatory support. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2010;29(2):195–200. DOI: 10.1016/j.healun.2009.05.030
14. Chernyavsky A.M., Doronin D.V., Kornilov I.A., Deryagin M.N., Fomichev A.V., Karaskov A.M. Mechanical heart support in patients with terminal heart failure. *Clinical and Experimental Surgery*. 2014;2:25–34. [Russian: Чернявский А.М., Доронин Д.В., Корнилов И.А., Дерягин М.Н., Фомичев А.В., Караськов А.М. Механическая поддержка у больных с терминальной сердечной недостаточностью. *Клиническая и экспериментальная хирургия*. 2014;2:25–34]
15. Cherniavskiy A.M., Karaskov A.M., Doronin D.V., Deryagin M.N., Fomichev A.V. The results of mechanical heart support systems «INCOR» implantation. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2014;15(4):84–91. [Russian: Чернявский А.М., Караськов А.М., Доронин Д.В., Дерягин М.Н., Фомичев А.В. Опыт использования имплантируемой системы механической поддержки сердца «INCOR». *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2013;15(4):84–91]. DOI: 10.15825/1995-1191-2013-4-84-91
16. Mikus E, Stepanenko A, Krabatsch T, Loforte A, Dandel M, Lehmkuhl HB et al. Reversibility of fixed pulmonary hypertension in left ventricular assist device support recipients. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2011;40(4):971–7. DOI: 10.1016/j.ejcts.2011.01.019
17. Etz CD, Welp HA, Tjan TDT, Hoffmeier A, Weigang E, Scheld HH et al. Medically Refractory Pulmonary Hypertension: Treatment With Nonpulsatile Left Ventricular Assist Devices. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2007;83(5):1697–705. DOI: 10.1016/j.athorac-sur.2007.01.019
18. Zimpfer D, Zrunek P, Roethy W, Czerny M, Schima H, Huber L et al. Left ventricular assist devices decrease fixed pulmonary hypertension in cardiac transplant candidates. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2007;133(3):689–95. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.08.104
19. Kormos RL, Teuteberg JJ, Pagani FD, Russell SD, John R, Miller LW et al. Right ventricular failure in patients with the HeartMate II continuous-flow left ventricular assist device: Incidence, risk factors, and effect on outcomes. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;139(5):1316–24. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2009.11.020
20. Beyersdorf F, Schlensak C, Berchtold-Herz M, Trummer G. Regression of “fixed” pulmonary vascular resistance in heart transplant candidates after unloading with ventricular assist devices. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;140(4):747–9. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.05.042
21. Compostella L, Russo N, Setzu T, Compostella C, Bellotto F. Exercise Performance of Chronic Heart Failure Patients in the Early Period of Support by an Axial-Flow Left Ventricular Assist Device as Destination Therapy. *Artificial Organs*. 2014;38(5):366–73. DOI: 10.1111/aor.12172
22. Drakos SG, Janicki L, Horne BD, Kfoury AG, Reid BB, Clayton S et al. Risk Factors Predictive of Right Ventricular Failure After Left Ventricular Assist Device Implantation. *The American Journal of Cardiology*. 2010;105(7):1030–5. DOI: 10.1016/j.amjcard.2009.11.026
23. Potapov EV, Stepanenko A, Dandel M, Kukucka M, Lehmkuhl HB, Weng Y et al. Tricuspid Incompetence and Geometry of the Right Ventricle as Predictors of Right Ventricular Function After Implantation of a Left Ventricular Assist Device. *The Journal of Heart and Lung Transplantation*. 2008;27(12):1275–81. DOI: 10.1016/j.healun.2008.08.012
24. Mikus E, Stepanenko A, Krabatsch T, Dandel M, Lehmkuhl HB, Loforte A et al. Left ventricular assist device or heart transplantation: impact of transpulmonary gradient and pulmonary vascular resistance on decision making. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2011;39(3):310–6. DOI: 10.1016/j.ejcts.2010.05.031
25. Chernyavskiy A.M., Doronin D.V., Fomichev A.V., Osipov D.E., Shmyrev V.A., Karaskov A.M. 10-year heart transplantation experience in Novosibirsk. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2018;20(1):23–31. [Russian: Чернявский А.М., Доронин Д.В., Фомичев А.В., Осипов Д.Е., Шмырев В.А., Караськов А.М. 10-летний опыт трансплантации сердца в Новосибирске. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2018;20(1):23–31]. DOI: 10.15825/1995-1191-2018-1-23-31