

СПОСОБ КОРРЕКЦИИ ЛЕГОЧНОГО АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ПУЛЬМОНЭКТОМИИ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖСОСУДИСТЫХ АНАСТОМОЗОВ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

DOI: 10.17691/stm2019.11.3.05

УДК [616.24.001.6–089.87+616.12–008.331]:616–089.86

Поступила 12.09.2018 г.

© **М.Т. Надыров**, докторант PhD, ассистент кафедры хирургии №1¹;
Ы.А. Алмабаев, д.м.н., профессор, зав. кафедрой клинической анатомии и оперативной хирургии¹;
А.Н. Баймаханов, к.м.н., ассоциированный профессор, зав. кафедрой хирургии №1¹;
И.Р. Фахрадиев, PhD, докторант, зав. лабораторией экспериментальной медицины¹;
А.Ы. Алмабаева, д.м.н., профессор кафедры анатомии²;
Б.Д. Танабаев, д.м.н., профессор, зав. кафедрой морфологических дисциплин³;
М.Б. Кулимбет, магистр наук в эпидемиологии, научный сотрудник¹;
А.Д. Раимханов, доктор PhD, ассистент кафедры хирургии №1¹

¹Национальный медицинский университет, Толе-би, 94, Алматы, Республика Казахстан, 050000;

²Медицинский университет Астана, Бейбитшилик, 49а, Нур-Султан, Республика Казахстан, 010000;

³Южно-Казахстанская государственная фармацевтическая академия, пл. Аль-Фараби, 1/1, Шымкент, Республика Казахстан, 160019

Цель исследования — оценить возможности снижения легочного артериального давления путем создания разного типа межсосудистых анастомозов на фоне левосторонней пульмонэктомии в эксперименте.

Материалы и методы. Экспериментальное исследование осуществляли на 102 лабораторных животных (мини-свиньи), возраст — 24–27 мес, масса — 12–17 кг. Проведено три серии опытов. В 1-й серии (n=34) выполнены левосторонние пульмонэктомии, что соответствовало удалению 42 весовых процентов легочной ткани. Во 2-й серии (n=34) проведены левосторонние пульмонэктомии и на их фоне — артериовенозное шунтирование малого круга кровообращения соединением «конец в конец» проксимальных отрезков нижнедолевой артерии и одноименной вены оперируемой стороны. В 3-й серии (n=34) выполнены левосторонние пульмонэктомии и на их фоне — артерио-артериальное шунтирование путем соединения конца проксимального отрезка верхнедолевой артерии оперируемой стороны с дистальным отрезком подключичной артерии той же стороны.

Результаты. Летальность животных после пульмонэктомии, произведенной обычным методом, без шунтов (1-я серия), составила 1:3 (погибли 10 из 34 оперированных), причем 8 из 10 погибли от острого отека.

Среди животных, подвергнутых пульмонэктомии при функционирующем артериовенозном шунте между легочной артерией и веной оперированной стороны (2-я серия), летальность оказалась значительно меньшей — около 1:6 (погибли 6 из 34 мини-свиней). Ни одно животное этой серии не погибло от острого отека легкого.

Летальность среди животных 3-й серии, у которых легочную артерию на стороне удаленного легкого соединяли с дистальным отрезком подключичной артерии, была наиболее высокой, составив половину из общего числа оперированных. 14 мини-свиней погибли в первые же часы после операции от острого отека легкого, 4 — спустя 4 мес от недостаточности правого желудочка сердца.

Заключение. Пульмонэктомия при функционирующем между нижнедолевой артерией и одноименной веной оперируемой стороны шунте дает возможность избежать острого отека оставшегося легкого на операционном столе и в ранние сроки после операции.

Ключевые слова: пульмонэктомия; легочная недостаточность; легочная артериальная гипертензия; межсосудистые анастомозы.

Как цитировать: Nadyrov M.T., Almabayev Y.A., Baimahanov A.N., Fakhradiyev I.R., Almabayeva A.Y., Tanabayev B.D., Kulimbet M.B., Raimhanov A.D. Method of pulmonary arterial pressure correction during pulmonectomy by forming intervascular anastomoses (experimental study). *Sovremennyye tehnologii v medicine* 2019; 11(3): 41–47, <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.3.05>

Для контактов: Фахрадиев Ильдар Рафисович, e-mail: ildariko@mail.ru

Method of Pulmonary Arterial Pressure Correction During Pulmonectomy by Forming Intervascular Anastomoses (Experimental Study)

M.T. Nadyrov, Doctoral Student, Assistant, Department of Surgery No.1¹;
Y.A. Almabayev, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Clinical Anatomy and Operative Surgery¹;
A.N. Baimahanov, MD, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Surgery No.1¹;
I.R. Fakhradiyev, Doctoral Student, Head of the Experimental Medicine Laboratory¹;
A.Y. Almabayeva, MD, DSc, Professor, Department of Anatomy²;
B.D. Tanabayev, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Morphological Disciplines³;
M.B. Kulimbet, Master of Sciences in Epidemiology, Research Associate¹;
A.D. Raimhanov, Doctor PhD, Assistant, Department of Surgery No.1¹

¹Kazakh National Medical University, 94 Tole-bi, Almaty, 050000, Republic of Kazakhstan;

²Astana Medical University, 49a Beibitshilik St., Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan;

³South-Kazakhstan State Pharmaceutical Academy, 1/1 Al-Farabi Square, Shymkent, 160019, Republic of Kazakhstan

The aim of the study was to assess the possibility of reducing pulmonary arterial pressure by creating various types of intervascular anastomoses during left-sided pulmonectomy in the experiment.

Materials and Methods. The experimental study was carried out on 102 laboratory animals (mini pigs) aged 24–27 months weighing 12–17 kg. Three series of experiments have been performed. In the first series (n=34), left-sided pulmonectomies which corresponded to the removal of 42 weight percent of pulmonary tissue were done. In the second series (n=34), arteriovenous shunting of the pulmonary circulation by end-to-end connection of the proximal sections of the inferior lobar artery and the like-named vein on the operated side was carried out during left-sided pulmonectomies. In the third series (n=34), arterio-arterial shunting by connecting the proximal section of the superior lobar artery on the operated side with the distal section of the subclavian artery on the same side was performed during left-sided pulmonectomies.

Results. Lethality of the animals after pulmonectomy performed by a conventional method without anastomoses (series 1) was 1:3 (10 of 34 operated pigs died), and 8 of 10 died of acute edema.

Among the animals undergone pulmonectomy with arteriovenous shunt functioning between the pulmonary artery and the vein on the operated side (series 2), lethality appeared to be smaller, about 1:6 (6 of 34 mini pigs died). None of the animals suffered death from acute pulmonary edema.

Lethality among the animals of series 3, in which the pulmonary artery on the side of the removed lung was connected with the distal section of the subclavian artery, was the highest making half of the total number of the operated animals. 14 mini pigs died from acute pulmonary edema within the first hours after the operation, 4 died 4 months later from right ventricular failure.

Conclusion. Pulmonectomy with the shunt functioning between the inferior lobar artery and vein on the operated side provides the possibility to avoid acute edema of the remaining lung during the operation and soon after it.

Key words: pulmonectomy; pulmonary insufficiency; pulmonary arterial hypertension; intervascular anastomoses.

Введение

По имеющимся данным, частота послеоперационных рецидивов на фоне перенесенной пульмонэктомии составляет от 5 до 30% [1]. Удаление легкого или большого объема легочной ткани ведет, как известно, к увеличению общего сопротивления сосудистой сети и повышению артериального давления в оставшейся части малого круга кровообращения почти в 2 раза [2]. В механизме развития легочной недостаточности большое значение придается многообразным нарушениям метаболизма, а также системы периферического кровообращения, что в конечном итоге приводит к нарушению гемостаза и впоследствии — к необратимым функционально-морфологическим изменениям системы организма [3, 4].

Необходимо отметить, что нарушение гемодинамики в оставшемся легком происходит уже в момент перевязки легочной артерии. Нарушение портально-венозного кровотока наступает в момент прошивания бронха, а локального кровотока — уже через 3 ч после пульмонэктомии, и компенсации его не происходит даже через 3 мес [5].

Нарушения оксигенации крови на фоне пульмонэктомии рассматривают как одну из основных причин развития послеоперационной гипоксии и связанных с ней летальных исходов. Поэтому после пульмонэктомии первичным этиологическим фактором респираторной дисфункции считаются вентиляционно-перфузионные нарушения вследствие двукратного увеличения кровотока через единственное легкое. Процессы газообмена в легких тесно взаи-

мосвязаны с другими, негазообменными функциями, в первую очередь с метаболической и детоксицирующей активностью легочной паренхимы [6].

К современным способам коррекции послеоперационных нарушений после пульмонэктомии относят инфузионно-трансфузионное поддержание гемодинамики, антибактериальную химиопрофилактику и периперационную поддержку.

Предлагается также более активно назначать препараты с антигипоксическими свойствами, которые будут корригировать метаболические нарушения в единственном легком и способствовать снижению выживаемости системных эффектов гипоксии [7].

Неадекватное увеличение легочного артериального давления может приводить уже во время операции или в ближайшие часы после нее к тяжелому отеку оставшегося легкого и острой правожелудочковой недостаточности. В отдаленные сроки после пульмонэктомии даже в случаях, когда этих осложнений удастся избежать, полного восстановления нарушенных функций кардиопульмональной системы не происходит, а прогрессирующая легочная артериальная гипертензия приводит к развитию легочного сердца [8].

Поскольку в развитии острого отека легкого и правожелудочковой недостаточности при пульмонэктомиях патогенетическую роль играет легочная артериальная гипертензия, можно предположить, что снижение давления в легочной артерии путем создания разного типа межсосудистых анастомозов должно способствовать предупреждению отека второго легкого во время операции, а позднее — предупреждению или задержке развития правожелудочковой недостаточности. Для проверки этого предположения нами проведены три серии экспериментов.

Цель исследования — оценить возможности снижения легочного артериального давления путем создания разного типа межсосудистых анастомозов на фоне левосторонней пульмонэктомии в эксперименте.

Материалы и методы

Исследование было проведено на 102 лабораторных животных (мини-свины), возраст которых составлял 24–27 мес, масса — 12–17 кг, содержащихся в виварии НИИ фундаментальной и прикладной медицины им. Б. Атчабарова со стандартным рационом питания и ухода.

Мини-свины являются селекционной группой, выведенной и разводимой в качестве биологического ресурса лабораторных животных, и пригодны для использования в медико-биологических экспериментах, с чем и связан наш выбор [9].

Содержание животных и проведение экспериментов осуществляли в соответствии с международными правилами «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Research Council, 2011), а также с этическими принципами Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых

для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 2006).

Для определения объема выборки лабораторных животных использовали программу G*Power v. 3.0.10. Выбрана большая величина эффекта — 0,40, три сравнительные группы и мощность эффекта — 0,95 с уровнем значимости 0,05. Таким образом, общее количество выборки составило 102 лабораторных животных ($n=34$ в каждой группе).

Каждая группа животных рандомизированно участвовала в отдельной серии опытов.

В 1-й серии проведены левосторонние пульмонэктомии, что соответствовало удалению 42 весовых процентов легочной ткани. Наблюдения за животными велись в срок до 1 года после операции.

Во 2-й серии проведены левосторонние пульмонэктомии и выполнено артериовенозное шунтирование малого круга кровообращения соединением «конец в конец» проксимальных отрезков долевого артерии и одноименной вены на оперируемой стороне. Срок наблюдения — до 1 года после операции.

В 3-й серии опытов проведены левосторонние пульмонэктомии и выполнено артерио-артериальное шунтирование путем соединения конца проксимального отрезка долевого артерии оперируемой стороны с дистальным отрезком подключичной артерии той же стороны. Срок наблюдения — до 3 мес после операции.

Операции на лабораторных животных проводились в условиях операционного блока Лаборатории экспериментальной медицины НИИ фундаментальной и прикладной медицины им. Б. Атчабарова.

Животных с предварительно тщательно выбранным операционным полем под общей анестезией (Калипсол — 10 мг/кг; Листенон — 1,0 мг/кг; Пропофол — 1% 1,5–2,5 мг/кг; доза и время введения веществ отмечались в журнале эксперимента) фиксировали на станке в положении лежа на спине. В крайнюю вену уха устанавливали периферический катетер, к грудной клетке прикрепляли датчики для электрокардиографии, пульсоксиметрический датчик для контроля насыщения периферической крови кислородом фиксировали на языке.

На следующем этапе животным внутривенно вводили миорелаксант (Ардуан — 0,05 мг/кг) и выполняли интубацию трахеи по методу Д.И. Вачнадзе [10], для чего использовали изогнутый клинок типа Macintosh №4–5, эндотрахеальную трубку диаметром 6–7 мм. Перед постановкой трубки при проведении прямой ларингоскопии выполняли орошение голосовой щели лидокаином, трубки смазывали лубрикантом. После интубации трахеи проверяли адекватность положения трубки аускультативным способом. Потенцирование действия пропофола и анальгетиков осуществляли с помощью препарата Дроперидол в дозе 0,3 мг/кг массы тела каждые 45 мин с помощью автоматического шприцевого насоса Perfusor Compact (B. Braun, Германия).

Животное подключали к аппарату искусственной вентиляции легких HPV760 (Puritan Bennett, США),

принудительную вентиляцию легких выполняли газовой смесью кислород–воздух в соотношении 1:1. ЭКГ, ЧСС фиксировали в режиме реального времени системой мониторинга IntelliVue (Philips).

Доступ в грудную клетку осуществляли путем проведения боковой торакотомии в проекции четвертого межреберья слева. Линейный разрез кожных покровов выполняли по ходу межреберного пространства между IV и V ребрами, поверхностные и межреберные мышцы разводили тупым путем, вскрывали плевральную полость, затем разводили ребра при помощи речного ранорасширителя.

Пулumonэктомии проводили с раздельным лигированием элементов корней легочных долей начиная с нижней. Непосредственно после пулumonэктомии выполняли измерения давления крови в легочной артерии.

При артериовенозном шунтировании малого круга кровообращения после анестезии рефлексогенных зон 0,25% раствором новокаина выделяли артерию и вену нижней доли левого легкого на протяжении около 3 см, эту долю удаляли и концы мобилизованных артерии и вены соединяли с помощью аппарата АСЦ-8 (Россия). Удостоверившись в проходимости шунта, измеряли давление в легочной артерии.

При артерио-артериальном шунтировании малого круга кровообращения после анестезии рефлексогенных зон 0,25% раствором новокаина выделяли долевую артерию легкого оперируемой стороны и подключичную артерию той же стороны, мобилизованные артерии соединяли также с помощью аппарата АСЦ-8.

Измерение давления в легочной артерии осуществляли методом доплер-эхоКГ на ультразвуковом аппарате ACUSON CV-70 (Siemens, Германия) секторным датчиком P4-2 из апикального доступа в М-, В-, импульсно-волновом, непрерывно-волновом, цветовом и тканевом доплеровских режимах. Рассчитывали систолический и диастолические индексы: максимальную скорость второго позитивного пика S_m , максимальную скорость первого негативного пика E_m , максимальную скорость второго негативного пика A_m , отношение E_m/A_m [11, 12].

Животных выводили из наркоза путем прекращения введения анестезиологических препаратов. После появления стабильного спонтанного дыхания выполняли экстубацию, затем переводили животных в чистый подготовленный вольер.

Для обезболивания в послеоперационном периоде в течение первых суток назначали Кетонал — 20 мг/кг. В дальнейшем обезболивания животных наркотическими препаратами не требовалось.

В ходе эксперимента лабораторные животные содержались в виварии НИИ фундаментальной и практической медицины им. Б. Атчабарова согласно стандартам содержания и ухода за послеоперационными животными, разработанным совместно с Лабораторией экспериментальной медицины Национального медицинского университета (Алматы).

Лабораторные животные были выведены из эксперимента по методу А.Ы. Алмабаевой [13].

Забор гистологического материала при хирургических вмешательствах проведен согласно методу Коржевского [14].

Утилизация животного биологического материала произведена согласно порядку утилизации и уничтожения биологических отходов (Правила утилизации, уничтожения биологических отходов разработаны в соответствии с подпунктом 46-11 статьи 8 Закона Республики Казахстан от 10 июля 2002 г. «О ветеринарии»).

Методы статистической обработки основывались на использовании пакета статистических программ R 3.4.4 для Windows. Для количественных показателей вычисляли среднее арифметическое значение (M) и стандартное отклонение (SD). Данные представлены в виде $M \pm SD$. Качественные признаки описаны абсолютными (n) и относительными (%) значениями. Вычислялись коэффициенты вариабельности. Различия между изучаемыми показателями считали статистически значимыми при $p < 0,05$. В качестве статистического теста выбрали одномерный дисперсионный анализ ANOVA. Этот обосновано тем, что выборки групп являются независимыми между собой и для проверки теорий в случае дисперсионного анализа используется F-распределение. Данные исследования соответствуют всем требованиям выбранного статистического теста: зависимая переменная — количественная, а независимая переменная — качественная — и имеют три категории; выборки разделены на группы случайным образом; однородность дисперсий — дисперсии приблизительно равны по группам; в исследуемых данных нет неординарных значений; проводится сравнительный анализ данных; используются три группы в исследовании.

Для описания летальности подопытных животных при разном характере операции пользовались описательной статистикой (%).

Результаты

Пулumonэктомии проводили с раздельным лигированием элементов корней легочных долей начиная с нижней. В 1-й серии опытов непосредственно после пулumonэктомии давление крови в легочной артерии значительно повышалось (табл. 1). Во 2-й серии при артериовенозном шунтировании малого круга кровообращения после анестезии рефлексогенных зон 0,25% раствором новокаина выделяли артерию и вену нижней доли левого легкого на протяжении около 3 см, эту долю удаляли и концы мобилизованных артерии и вены соединяли с помощью аппарата АСЦ-8. Удостоверившись в проходимости шунта, измеряли давление в легочной артерии. Измерения показали, что удаление нижней доли легкого (26% легочной ткани) не приводило к увеличению давления в системе легочной артерии. Это давление не повышалось и после того,

как при функционирующем состоянии артериовенозного шунта удаляли верхнюю и среднюю доли легкого.

Таким образом, предварительное артериовенозное шунтирование нижнедолевых сосудов как при сохраненном кровотоке в верхней и средней долях легкого, так и при удалении всех долей оперируемого легкого предотвращало увеличение давления крови в оставшемся легком. Данный факт свидетельствует, что артериовенозное шунтирование может служить средством профилактики острого отека единственного легкого и, следовательно, правожелудочковой недостаточности в момент операции и в раннем послеоперационном периоде. Данный вывод был подтвержден анализом летальности оперированных животных всех трех серий экспериментов (см. табл. 1).

В 3-й серии опытов в целях более четкого выявления роли повышения легочного артериального давления в осложнениях и неблагоприятных исходах пульмонэктомии мы увеличивали давление в оставшейся части малого круга кровообращения путем соединения «конец в конец» истока верхнедолевой артерии с дистальным отрезком подключичной артерии. Анастомозирование легочной артерии не с проксимальным, а с дистальным отрезком подключичной артерии было выбрано с той целью, чтобы повышение легочного артериального давления не превышало значений, обычно наблюдаемых при легочной артериальной гипертензии. Анастомоз между артериями накладывался при функционировании средней и нижней долей.

Коллатерали подключичной артерии настолько развиты, что в дистальном отделе перевязанной и пересеченной подключичной артерии давление крови было выше 700 мм вод. ст., в то время как в легочной артерии, подготовленной к анастомозированию с подключичной, оно составляло всего 330±10 мм вод. ст. При введении синьки Эванса в легочную артерию краска не переходила через трубку в сторону подклю-

ичной, при введении же ее в подключичную артерию кровь, окрашенная краской, шла через трубку в сторону легочной.

Давление крови в легочной артерии после пульмонэктомии с артерио-артериальным шунтом возрастало в течение 1-й недели на 76,6% от исходного уровня и в дальнейшем, к 3-му месяцу, увеличивалось на 81,8% относительно нормы. Постоянное поступление крови из подключичной артерии в легочную создавало неадекватную нагрузку на единственное легкое и правый желудочек сердца.

Анализ гемодинамики в малом круге кровообращения после пульмонэктомии тремя описанными методами показал, что благоприятные условия, создаваемые артериовенозным шунтированием, продолжают и в более отдаленные сроки после операции (см. табл. 1).

Только к концу года после операции в легочной артерии отмечено увеличение давления на 10% от исходных цифр (до 395±10 мм вод. ст.). Однако это увеличение в 6 раз меньше в сравнении с приростом среднего давления в легочной артерии животных, подвергнутых пульмонэктомии без шунтирования.

У одной мини-свиньи после удаления левого легкого при артериовенозном шунтировании давление в легочной артерии было резко увеличенным и к 6 мес достигло 580 мм вод. ст., тогда как у остальных мини-свиней этой серии опытов оно находилось в пределах исходного уровня — 374±12 мм вод. ст.

Причину повышенного давления в легочной артерии — тромбоз артериовенозного анастомоза — мы установили при реторакотомии.

При пульмонэктомии без шунтов среднее давление в легочной артерии непосредственно после операции увеличивается на 40% от исходного уровня, затем постепенно уменьшается, достигая минимума в течение 2-го месяца.

Это может быть связано с включением компенса-

Таблица 1

Динамика среднего давления в легочной артерии в разные сроки после пульмонэктомии в зависимости от характера операции

Вид операции	Давление крови в легочной артерии (мм вод. ст.), M±SD								
	До торакотомии (исходное давление)	При пережатии шунта (имитация удаления легкого без шунта)	После пульмонэктомии						
			1-я неделя	1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	6-й месяц	9-й месяц	1 год
Левосторонняя пульмонэктомия обычным методом (1-я серия опытов)	360±10	—	504±16	432±14	396±12	451±15	490±15	523±17	576±18
Левосторонняя пульмонэктомия с артериовенозным шунтирова- нием малого круга кровообра- щения (2-я серия опытов)	355±10	576±18	360±12	368±11	359±10	371±12	375±13	383±12	396±11
Левосторонняя пульмонэктомия с артерио-артериальным меж- системным шунтированием (3-я серия опытов)	330±10	535±17	535±16	583±14	573±12	595±15	600±12	—	—

Таблица 2

Летальность подопытных животных при разном характере проведения пульмонэктомии, абс. число/%

Вид операции	Оперированные животные	Погрешности наркоза	Причина гибели и количество погибших животных					
			Отек легкого			Тромбоз легочной артерии при катетеризации	Эмпиема плевры	Недостаточность правого желудочка сердца
			в первые часы	в 1-е сутки	во 2-е сутки			
Левосторонняя пульмонэктомия обычным методом (1-я серия опытов)	34/100	2/5,9	4/11,8	2/5,9	2/5,9	—	—	—
Левосторонняя пульмонэктомия при артериовенозном шунте малого круга кровообращения (2-я серия опытов)	34/100	2/5,9	—	—	—	2/5,9	2/5,9	—
Левосторонняя пульмонэктомия при артерио-артериальном межсистемном шунтировании (3-я серия опытов)	34/100	—	14/41,2	—	—	—	—	4/11,8

торных механизмов оставшегося легкого и усилением функции внутрилегочных артериовенозных шунтов. При этом среднее давление в легочной артерии исходного уровня все же не достигало, оставаясь повышенным относительно нормы на 10%. Начиная с 3-го месяца оно прогрессивно нарастало и к концу года после операции увеличивалось на 60% от исходного уровня.

Видимо, это следует объяснить ослаблением компенсаторных резервов оперированного легкого в результате выявляющегося к этому времени развития склеротических процессов в тканях оставшегося легкого с обеднением капиллярной сети, прогрессирующей коллагенизацией сосудов, бронхов, альвеолярных перегородок.

Полученные данные о влиянии разного типа анастомозов при пульмонэктомии на частоту послеоперационных рецидивов подтверждают и результаты анализа летальности среди оперированных животных (табл. 2).

Летальность животных после пульмонэктомий, проведенных обычным методом, без шунтов (1-я серия), составила 1:3 (погибли 10 из 34 оперированных), причем 8 из 10 погибли от острого отека оставшегося легкого, только 2 мини-свиньи погибли от погрешностей наркоза.

Летальность среди животных, подвергнутых пульмонэктомии при функционирующем артериовенозном шунте между легочной артерией и веной оперированной стороны (2-я серия опытов), оказалась значительно меньшей, чем у животных 1-й серии, составив около 1:6 (погибли 6 из 34 мини-свиней). Ни одно животное этой серии не погибло от острого отека легкого: 2 умерли в результате погрешности наркоза; 2 — от тромбоза легочной артерии во время зондирования сердца; 2 — от эмпиемы плевры на 7-е сутки после операции.

Летальность среди животных 3-й серии, у которых легочную артерию на стороне удаленного легкого соединяли с дистальным отрезком подключичной арте-

рии, была наиболее высокой, составив половину из общего числа оперированных. 14 мини-свиней погибли в первые же часы после операции от острого отека легкого, 4 — спустя 4 мес от недостаточности правого желудочка сердца.

Таким образом, из испытанных нами методик операция удаления легкого при функционирующем между легочной веной и легочной артерией шунте на оперируемой стороне дает наибольшие возможности избежать острого отека оставшегося легкого.

Заключение

Метод пульмонэктомии с использованием профилактического шунта, функционирующего между долевой артерией и одноименной веной оперированной стороны, показал существенные преимущества. Среднее давление после пульмонэктомий этим способом в наших опытах в течение всего периода наблюдения находилось в пределах, близких к исходному уровню (355±10 мм вод. ст.), в то время как контрольное пережатие шунта у этих же животных с целью имитации пульмонэктомии без артериовенозного анастомоза сопровождалось повышением давления крови в легочной артерии на 62%.

Пульмонэктомия при таком функционирующем артериовенозном шунте на оперируемой стороне дает возможность избежать на операционном столе и в ранние сроки после операции острого отека оставшегося легкого.

В дальнейшем этот шунт создает благоприятные гемодинамические условия для функционирования сосудистой сети малого круга кровообращения, легочной ткани и правых отделов сердца и, предотвращая возникновение легочной артериальной гипертензии, устраняет одну из основных причин развития легочного сердца.

Финансирование исследования. Работа выполнена в рамках НИРС.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Литература/References

1. Алмабаев Ы.А., Алмабаева А.Ы., Мусаев А.Т., Серикпаев Ж.Ж., Лесбекова Р.Б., Нурмуханбетова Д.К., Махатов Б.М., Угланов Ж.Ш., Жолдыбаев С.С., Исмаилов Д.И., Бухарбеков Б.Б., Алдабергенов Е.Н., Колбекова А.А., Ермаханова А.Б. Характеристика гемодинамических изменений в катамнезе при пульмонэктомии. *Современные проблемы науки образования* 2016; 1: 35. Almabaev Y.A., Almabaeva A.Y., Musaev A.T., Serikpaev Z.Z., Lesbekova R.B., Nurmukhanbetova D.K., Makhatov B.M., Uglanov Z.S., Zholdybaev S.S., Ismaylov D.I., Bukharbekov B.B., Aldabergenov E.N., Kolbekova A.A., Ermakhanova A.B. Description of hemodynamic changes in catamnesis after pneumonectomy. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* 2016; 1: 35.
2. Даминов Р.У. Состояние микроциркуляции внутренних органов в послеоперационном периоде после экспериментальной левосторонней пульмонэктомии. *Молодой ученый* 2017; 18: 117–119. Daminov R.U. The state of internal organ circulation in the postoperative period after experimental left pneumonectomy. *Molodoy uchenyy* 2017; 18: 117–119.
3. Войцеховский В.В., Ландышев Ю.С., Григоренко А.А. Морфофункциональное состояние бронхолегочной системы у больных множественной миеломой. *Пульмонология* 2010; 4: 49–53. Voytsekhovskiy V.V., Landyshev Yu.S., Grigorenko A.A. Morphofunctional state of the bronchial system in patients with multiple myeloma. *Pul'monologiya* 2010; 4: 49–53.
4. Lahera V., Goicoechea M., de Vinuesa S.G., Oubiña P., Cachofeiro V., Gómez-Campderá F., Amann R., Luño J. Oxidative stress in uremia: the role of anemia correction. *J Am Soc Nephrol* 2006; 17(12 Suppl 3): S174–S177, <https://doi.org/10.1681/asn.2006080911>.
5. Белевитин А.Б., Тарасов В.А., Наумов А.Б., Поваренков А.С., Бирюков А.В., Романовский Д.Ю., Ларин И.А., Кручиненко А.Ю., Хубулава Г.Г. Операционная изолированная химиогипертермическая перфузия легкого с удалением легочных метастазов. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова* 2010; 169(4): 12–16. Belevitin A.B., Tarasov V.A., Naumov A.V., Povarenkov A.S., Biryukov A.V., Romanovsky D Yu., Larin I.A., Kruchinenko A.Yu., Khubulava G.G. Operative isolated chemohyperthermal perfusion of the lung with ablation of pulmonary metastases. *Vestnik hirurgii imeni I.I. Grekova* 2010; 169(4): 12–16.
6. Яковлев А.Ю., Гордеева О.С., Денисенко А.Н., Воронцов А.Ю., Улитин Д.Н. Метаболизм единственного легкого после пульмонэктомии и возможности его послеоперационной коррекции. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова* 2011; 4: 47–50. Iakovlev A.Yu., Gordeeva O.S., Denisenko A.N., Vorontsov A.Yu., Ulitin D.N. Postoperative correction of the metabolism of the single lung after pneumonectomy. *Khirurgiya. Zhurnal imeni N.I. Pirogova* 2011; 4: 47–50.
7. Мороз В.В. Стратегия и тактика применения антигипоксантов при критических состояниях. В кн.: *Фундаментальные проблемы реаниматологии (избранные лекции и обзоры)*. Труды Института общей реаниматологии РАМН. Том IV. М.; 2005; с. 210–220. Moroz V.V. Strategiya i taktika primeneniya antigipoksantov pri kriticheskikh sostoyaniyakh. V kn.: *Fundamental'nye problemy reanimatologii (izbrannye lektsii i obzory)*. Trudy Instituta obshchey reanimatologii RAMN. T. IV [Strategy and tactics of using antihypoxic agents in critical conditions. In: Fundamental problems of emergency medicine (selective lectures and reviews). Proceedings of Research Institute of General Reanimatology of RAMS. Vol. IV]. Moscow; 2005; p. 210–220.
8. Сабиров Ш.Ю., Нематов О.Н., Манусупов Ш.Э., Рискиев А.А., Рахманов Ш.А., Насритдинов Б.И., Эрмаков Э.Ф., Абдумаджитов А.М. Новые подходы к обширным резекциям легких и пульмонэктомии при распространенном и лекарственно устойчивом туберкулезе. *Молодой ученый* 2017; 5.2: 49–51. Sabirov Sh.Yu., Nematov O.N., Manusupov Sh.E., Riskiev A.A., Rakhmanov Sh.A., Nasritdinov B.I., Ermakov E.F., Abdumadzhitov A.M. New approaches to the vast lung resections and pneumonectomy in disseminated and drug-resistant tuberculosis. *Molodoy uchenyy* 2017; 5.2: 49–51.
9. Шатохин К.С., Князев С.П., Ермолаев В.И., Гончаренко Г.М., Деева В.С., Запорожец В.И., Орлова К.С., Никитин С.В. Характеристика разнообразия мини-свиней ИЦиГ как биоресурса лабораторных животных. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)* 2016; 4(41): 67–74. Shatokhin K.S., Kniazev S.P., Ermolaev V.I., Goncharenko G.M., Deeva V.S., Zaporozhets V.I., Orlova K.S., Nikitin S.V. Biodiversity of ICG mini-pigs as laboratory bioresources. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyy universitet)* 2016; 4(41): 67–74.
10. Вачнадзе Д.И., Брешенков Д.Г., Дыдыкин С.С. Анестезиологическое пособие у свиней как модельного объекта в медико-биологических и биотехнологических исследованиях. *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии* 2016; 4(59): 37–56. Vachnadze D.I., Breshenkov D.G., Dydykin S.S. Anesthesia in swines as a model in biomedical and biotechnological studies. *Voprosy rekonstruktivnoy i plasticheskoy khirurgii* 2016; 4(59): 37–56.
11. Говорин А.В. Некоронарогенные поражения миокарда. Новосибирск: Наука; 2014. Govorin A.V. *Nekoronarogennnye porazheniya miokarda* [Non-coronarogenic myocardial injury]. Novosibirsk: Nauka; 2014.
12. Соколова Н.А., Чарторижская Н.Н., Говорин А.В. Клинические и патоморфологические особенности поражения сердца у больных с острым отравлением уксусной кислотой. *Сердце: журнал для практикующих врачей* 2011; 4(60): 245–246. Sokolova N.A., Chartorizhskaya N.N., Govorin A.V. Clinical and pathologic features of cardiac complications in patients with acute poisoning acetic acid. *Serdtshe: zhurnal dlya praktikuyushchikh vrachey* 2011; 4(60): 245–246.
13. Алмабаева А.Ы., Бегалин Т.Б., Нажимов Б.С. Способ выведения подопытных животных из эксперимента. Патент 11756 РК. 2002. Almaybayeva A.Y., Begalin T.B., Nazhimov B.S. *Method of withdrawing animals from the experiment*. Patent 11756 RK. 2002.
14. Коржевский Д.Э., Гиляров А.В. Основы гистологической техники. СПб: СпецЛит; 2010. Korzhevskiy D.E., Gilyarov A.V. *Osnovy gistologicheskoy tekhniki* [Fundamentals of histological technique]. Saint Petersburg: SpetsLit; 2010.