

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 3(39)
2026 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в

Перечень научных изданий
Республики Беларусь
для опубликования
диссертационных исследований
по медицинской
и биологической
отраслям науки
(31.12.2009, протокол 25/1)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 22.09.26
Формат 60×90/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 100 экз.
Усл. печ. л. 14,5. Уч.-изд. л. 9,65.
Зак. 332.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»
Свидетельство N 1/410 от 14.08.2014

Отпечатано в
КУП «Редакция газеты
«Гомельская праўда»
г. Гомель, ул. Полесская, 17а

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., профессор)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., профессор), В.Н. Беляковский (д.м.н., профессор), К.Н. Буздалкин (к.т.н., доцент), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веялкин (к.б.н., доцент), Н.Н. Веялкина (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (д.б.н., профессор, научный редактор), А.В. Воропаева (к.б.н., доцент), Д.И. Гавриленко (к.м.н., доцент), А.В. Жарикова (к.м.н.), С.В. Зыблева (д.м.н., доцент, научный редактор), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н., доцент), А.Н. Лызикив (д.м.н., профессор), А.В. Макавич (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), В.М. Мицура (д.м.н., профессор, зам. гл. редактора), Я.Л. Навменова (к.м.н., доцент), И.В. Назаренко (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), А.С. Подгорная (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), И.П. Ромашевская (к.м.н., доцент), А.П. Саливончик (к.б.н.), А.Е. Силин (к.б.н., доцент), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), Р.М. Тахауов (д.м.н., профессор), Н.И. Шевченко (к.б.н., доцент), Ю.И. Ярец (д.м.н., доцент)

Редакционный совет

А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), Ю.Л. Горбич (к.м.н., доцент, Минск), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., академик РАН, Москва), Н.Г. Кручинский (д.м.н., профессор, Пинск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), А.М. Пристром (д.м.н., профессор, Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., д.п.н., профессор, Санкт-Петербург), А.А. Усс (д.м.н., профессор, Минск), В.А. Филонюк (д.м.н., профессор, Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Корректор

Н.Н. Юрченко

Адрес редакции 246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНПЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 33-77-77
<http://www.mbp.rcrm.by> e-mail: mbp@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический центр
радиационной медицины и экологии человека», 2026

№ 3(39)

2026

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

Ч.А. Гельдимамедов, А.Н. Коваль, А.В. Литвинчук, В.К. Шпудейко, К.А. Пуртова

SLC7A11/GPX4-зависимая резистентность к индукции ферроптоза в клетках острого миелоидного лейкоза: молекулярные маркёры и терапевтические перспективы

5

С.В. Зыблева, Я.Л. Навменова, А.Е. Силин, Е.С. Тихонова, О.А. Зайцева, С.Л. Зыблев, Т.Е. Гавриленко

Возрастная инволюция тимуса: механизмы ремоделирования Т-клеточного иммунитета

13

Медико-биологические проблемы

Е.Л. Артюшков, А.И. Козлова, А.Г. Скуратов, А.А. Призенцов, Н.А. Михайлова, А.А. Лызики

Антибактериальные свойства сетчатого грыжевого протеза с полимерным покрытием в эксперименте *in vitro*

20

А.М. Шестюк, С.Н. Рябцева, И.А. Семеник

Морфологические изменения мышечно-эластического слоя лёгочной артерии при хранении в условиях умеренной гипотермии в растворе «Кустодиол»

26

Клиническая медицина

Л.А. Анисько

Изменение микробного пейзажа и антибактериальной резистентности у пациентов инфекционного стационара в период пандемии COVID-19

34

А.В. Величко, Ю.И. Ярец, З.А. Дундаров

Вторичный гиперпаратиреоз: дооперационная и интраоперационная топическая диагностика, хирургическое лечение

42

Д.И. Гавриленко, Е.В. Родина, А.В. Жарикова

Взаимосвязь расстройств взаимодействия «кишечник — мозг» и заболеваний печени

51

Reviews and problem articles

C.A. Geldimammedov, A.N. Koval, A.V. Litvinchuk, V.K. Shpudeiko, K.A. Purtova

SLC7A11/GPX4-dependent resistance to ferroptosis induction in acute myeloid leukemia cells: molecular markers and therapeutic prospects

S.V. Zybleva, Y.L. Navmenova, A.E. Silin, E.S. Tikhonova, O.A. Zaitseva, S.L. Zyblev, T.E. Gavrilenko

Age-related thymic involution: mechanisms of T-cell immunity remodeling

Medical-biological problems

E.L. Artyushkov, A.I. Kozlova, A.G. Skuratov, A.A. Prizentsov, N.A. Mikhailova, A.A. Lyzikov

Antibacterial properties of a polymer-coated mesh hernial prosthesis *in vitro*

A.M. Shestiuk, S.N. Ryabtseva, I.A. Siamionik

Morphological changes in the musculo-elastic layer of the pulmonary artery during storage under moderate hypothermia in a «Custodiol» solution

Clinical medicine

L.A. Anisko

Changes in the microbial landscape and antimicrobial resistance in patients of an infectious disease hospital during the COVID-19 pandemic

A.V. Velichko, Yu.I. Yarets, Z.A. Dundarov

Secondary hyperparathyroidism: preoperative and intraoperative topical diagnosis, surgical treatment

D.I. Haurylenka, E.V. Rodina, A.V. Zharikova

The Interplay Between Gut–Brain Interaction Disorders and Liver Diseases

И.Е. Гурьянова, Ю.С. Жаранкова, И.В. Овсяник, В.И. Лебедь, А.В. Солнцева

Беременность, роды и послеродовой период у женщин с наследственным ангиоотеком с дефицитом C1-ингибитора: обзор современных подходов к ведению и анализ данных опроса белорусских пациентов

64

А.В. Доманцевич, И.В. Назаренко

Экономическая эффективность низкодозовой рентгеновской компьютерной томографии всего тела в диагностике поражения скелета при множественной миеломе

75

Е.С. Зиновкина, Н.В. Чуешова, М.Н. Михасёв, А.С. Пилотович, А.С. Калашникова, О.В. Осипкина, А.С. Шафорост, А.А. Зятков, О.П. Шляхто, Д.А. Зиновкин

Изменение экспрессии BMP2 и BMP7 при TGF- β 1-индуцированном эндотелиально-мезенхимальном переходе клеток HUVEC

81

Ж.М. Козич, Н.Н. Климович, Т.В. Руденкова, С.А. Костюк, О.В. Красько, Ж.Н. Пугачева

Профиль изменений в генах MAPK-сигнального пути, репарации ДНК/РНК, контроля и регуляции клеточного цикла при плазмоклеточных новообразованиях

87

Е.В. Родина, Д.И. Гавриленко, Н.И. Корженевская, С.В. Зыблева, О.А. Романива, А.П. Саливончик, Е.С. Тихонова

Сцинтиграфическая оценка гипоксии миокарда у пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких на разборе клинического случая

94

Т.Х. Нгуен, Д.С. Нгуен, М.Т. Нгуен

Распространённость артериальной гипертензии и связанных с ней профессиональных факторов среди работников металлургической и керамической промышленности во Вьетнаме

101

Обмен опытом

Я.В. Мордовкина, А.О. Жарикова, Т.В. Бобр, Е.Б. Мордовкин, Г.В. Вашкевич

Клинический случай сохранности зрительных функций при гемодинамически значимом стенозе внутренней сонной артерии

109

I.E. Guryanova, Yu.S. Zharankova, I.V. Ausianik, V.I. Lebedz, A.V. Solntsava

Pregnancy, delivery, and the postpartum period in women with hereditary angioedema with C1 inhibitor deficiency: a review of current management approaches and analysis of survey data from Belarusian patients

A.V. Domantsevich, I.V. Nazarenko

Economic efficiency of low-dose whole-body X-ray computed tomography in the diagnosis of skeletal lesions in multiple myeloma

E.S. Zinovkina, N.V. Chueshova, M.N. Mikhashev, A.S. Pilotovich, A.S. Kalashnikova, O.V. Osipkina, A.S. Shaforost, A.A. Zyatkov, O.P. Shlyakhto, D.A. Zinovkin

The alterations in BMP2 and BMP7 expression during TGF- β 1-induced endothelial-to-mesenchymal transition in HUVEC

Zh.M. Kozich, N.N. Klimkovich, T.V. Rudenkova, S.A. Kostyuk, O.V. Kras'ko, J.N. Pugacheva

Profile of Gene Alterations in the MAPK Signaling Pathway, DNA/RNA Repair, and Cell Cycle Control and Regulation in Plasma Cell Neoplasms

A.V. Rodzina, D.I. Haurilenka, N.I. Karzhaneuskaya, S.V. Zybleva, A.A. Romaniva, A.P. Salivontchik, K.S. Tsikhonova

Scintigraphic assessment of myocardial hypoxia in patients with chronic obstructive pulmonary disease in a clinical case study

T.H. Nguyen, D.S. Nguyen, M.T. Nguyen

Prevalence of hypertension and associated occupational factors among steel and ceramic tile workers in Vietnam

Experience exchange

Ya.V. Mordovkina, A.O. Zharikova, T.V. Bobr, E.B. Mordovkin, G.V. Vashkevich

A clinical case of visual function preservation in hemodynamically significant stenosis of the internal carotid artery

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЕЧНО-ЭЛАСТИЧЕСКОГО СЛОЯ ЛЁГОЧНОЙ АРТЕРИИ ПРИ ХРАНЕНИИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОЙ ГИПОТЕРМИИ В РАСТВОРЕ «КУСТОДИОЛ»

¹УЗ «Брестская областная клиническая больница», г. Брест, Беларусь;

²ГНУ «Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Беларусь

Проведено исследование фрагментов лёгочной артерии, извлечённых у доноров после констатации смерти головного мозга. Аллографт лёгочной артерии консервирован в растворе «Кустодиол» и сохранён в условиях умеренной гипотермии (+4°C) до 60 суток. Выполнены гистологические срезы толщиной 3–6 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, пентахромной окраской по Мовату — Расселу. Оценивалось состояние мышечно-эластического слоя стенки лёгочной артерии. Гистологическое исследование показало, что через 1–2 суток консервации структура мышечно-эластического слоя донорской легочной артерии сохранена; к 3–4 суткам появились гиперхромия ядер, отёк межклеточного матрикса, истончение внутренней эластической мембраны. С 5–6 суток выявлены первые признаки гибели гладкомышечных клеток, расслоение мышечной оболочки. К 8–10 суткам усилились дезорганизация эластического каркаса, отёк и набухание мышечно-эластического слоя стенки лёгочной артерии, определялись явные признаки гибели гладкомышечных клеток. К 16–18 суткам эластические волокна стали фрагментированными. К 30 суткам нарастали некробиотические изменения клеток, отмечена гомогенизация внутренней эластической мембраны. К 50–60 суткам сохранялись лишь единичные группы гладкомышечных клеток, эластический каркас был конденсирован и фрагментирован. Результат: изменения мышечно-эластического слоя аллографта лёгочной артерии характеризуются постепенной гибелью гладкомышечных клеток с отёком и дезорганизацией стромы на фоне относительного сохранения эластического каркаса. Структурная целостность и жизнеспособность ткани донорской легочной артерии сохраняются до 6 суток консервации в растворе «Кустодиол» при +4°C.

Ключевые слова: *сосудистый аллографт, лёгочная артерия, консервация, гипотермия, жизнеспособность*

Введение

Попытки использования донорских тканей в лечении заболеваний человека описаны ещё в начале текущего тысячелетия. Первый опыт использования сосудистого аллографта в эксперименте принадлежит Норфнер в 1903 году. В 1908 году А. Каррел совершил значительный прорыв, создав первый экспериментальный банк кровеносных сосудов, и в 1912 году заслуженно получил Нобелевскую премию в области медицины за вклад в развитии со-

судистой хирургии и трансплантации кровеносных сосудов [1, 2].

На заре сосудистой хирургии, когда выбор материалов для восстановления кровеносных сосудов был крайне ограничен, артериальные аллографты являлись единственными биологическими протезами, используемыми для реконструкций сосудистого русла у пациентов [3]. На протяжении следующих десятиков лет применение донорских сосудов давало неутешительные исходы, что объяснялось ошибками в технологии подготовки материала и его консервации, а также фор-

мированием аневризм сосудистой стенки. Данные обстоятельства послужили причиной отказа от их использования для протезирования сосудов. Кроме того, было начато развитие нового направления — использование синтетических протезов, которые вошли в практику с 1952 года [4].

Неприятным последствием многих крупных трансплантационных процедур является потеря жизнеспособности пересаженных тканей. Сохранение жизнеспособности органов и тканей — один из важнейших факторов снижения осложнений при трансплантации и повышения выживаемости трансплантатов и пациентов [5]. Многочисленные исследования фокусируются на оценке эндотелиального компонента как показателя жизнеспособности сосудистого аллогraftа [10]. В то же время, изучение изменений мышечно-эластического каркаса при длительной консервации остаются недостаточно изученными. Патологические процессы, возникающие в этом слое стенки сосуда, в частности аллогraftа лёгочной артерии, могут стать причиной различных осложнений после её имплантации, таких как несостоятельность швов, образование аневризм или разрыв graftа в последующем.

В настоящее время накоплен огромный опыт, который определяет безопасный период хранения органов с сохранением их жизнеспособности. Так, для почек время консервации составляет около 30–48 часов, печени — 15 часов, лёгких и сердца — 4 часа, поджелудочной железы — 6 часов, тонкой кишки — 4 часа, тироидной ткани — до 7 дней [6–8].

Наиболее опробованной и используемой технологией сохранения органа или участка ткани уже более 40 лет является применение гипотермической бесперфузионной консервация в жидких средах — метода, основой которого является воздействие на донорский аллогraft как физического фактора (температура близкая к 0°C), так и химического фактора (раствор определённого состава) [9]. В настоящее время эта технология представлена умеренной гипотермической консервацией (+4°C) в

специально разработанных средах, таких как раствор UW, Custodiол, SCOT-15, IGL-1 и др. [10, 11]. Все они содержат определённую химическую формулу, которая способствует минимизации набухания и гибели клеток, тем самым обеспечивая стабильность их ультраструктур [7]. В частности, широко применяемый в трансплантологии консервант «Кустодиол» снижает потребность тканей в кислороде, защищает клетки от разрушения при низких температурах и предотвращает отёк стромы за счёт особого состава, который включает в себя гистидин, триптофан, кетоглутарат [9].

Сроки жизнеспособности сосудистого аллогraftа, основанные на оценке жизнеспособности эндотелия сосудов, по данным разных авторов определяются от 3 часов до 60 дней и зависят от методики консервации [8, 12].

Таким образом, исследование изменений мышечно-эластического каркаса сосудистого аллогraftа в условиях умеренной гипотермии (+4°C) является актуальным направлением для поиска возможных методов его сохранения с последующим его использованием.

Цель исследования — изучение морфологических изменений в мышечно-эластическом слое донорского аллогraftа лёгочной артерии при хранении в условиях умеренной гипотермии в растворе «Кустодиол».

Материал и методы исследования

Исследование имеет обсервационно-ретроспективный характер и основано на гистологическом анализе фрагментов стенки донорской лёгочной артерии, которые были подготовлены к использованию в реконструктивной сосудистой хирургии. В течение первых 14 дней проводилось изучение фрагментов стенки донорского аллогraftа лёгочной артерии (n=58), взятых интраоперационно. Остальные образцы (n=19) получены путём периодического извлечения подготовленного аллогraftа из консерванта до 60-х суток хранения.

Фрагменты ткани лёгочной артерии (n=77) получены от пациентов после кон-

статации смерти головного мозга по установленной методике — путём мультиорганного забора органов и тканей. Извлечённые аллогraftы лёгочной артерии (АЛА) сразу подвергались консервации в растворе «Кустодиол» (производитель Др. Франц Кёлер Хеми ГмбХ, Германия) при температуре +4°C. В дальнейшем неиспользованные части лёгочной артерии помещали в 10% раствор нейтрального забуференного формалина на 12–18 часов. После фиксации материала и проведения предподготовки изготовлены срезы толщиной 3–6 мкм с помощью ротационного микротомы CUT56 (Slee Medical, Германия), далее выполнена окраска полученного материала гематоксилином и эозином по стандартной методике, пентахромная окраска по Мовату — Расселу. Изготовление микрофотографий осуществлено на гистологическом сканере Motic Easy One (Motic, Китай).

Результаты исследования

Спустя сутки хранения образцов АЛА (n=8) в растворе «Кустодиол» при температуре +4°C гистологическое исследование показало, что мышечно-эластический слой сохранил свою базовую структуру, образованную гладкими мышечными волокнами и прочным эластическим каркасом. Гладкомышечные клетки, имеющие удлинённую форму и чёткие контуры цитоплазмы, формировали пучки, расположенные параллельно эндотелиальной выстилки артерии.

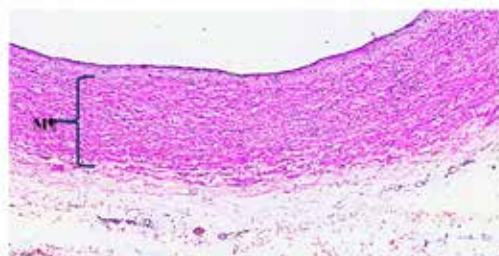


Рисунок 1. Общий вид лёгочной артерии через одни сутки консервации: выделен мышечно-эластический слой (М), окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10,0$

Рисунок 1 — Общий вид лёгочной артерии через одни сутки консервации: выделен мышечно-эластический слой (М), окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10,0$

Их ядра имели веретенообразную или яйцевидную форму и различались по интенсивности окраски. Параллельное расположение гладкомышечных клеток было несколько деформировано в средней и наружной части меди артерии за счёт набухания межклеточного матрикса, что создавало эффект расслоения мышечного слоя (рисунок 1).

Эластический каркас стенки лёгочной артерии на гистологических срезах толщиной 6 мкм был представлен плотным расположением эластических волокон с чётко визуализируемой внутренней эластической мембраной. Эластические волокна располагались параллельно друг другу, формируя пустые пространства — эластические окончатые мембраны. По мере приближения к наружному слою (адвентиции) направление этих волокон становилось менее прямым, приобретая извилистый характер, а их расположение было более рыхлым (рисунок 2).

После двух суток консервации при температуре +4°C гистологическое строение стенки АЛА (n=8) указывало на сохранение её структуры. Ядра гладкомышечных клеток оставались хорошо различимыми по всей длине срезов.

Морфологический анализ образцов АЛА (n=8) через 72 часа консервации показал, что гладкомышечные элементы располагались менее компактно. При этом ядра всех клеточных элементов стенки ар-

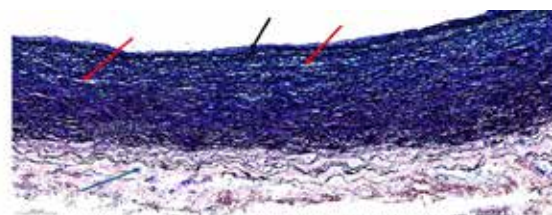


Рисунок 2. Эластический каркас лёгочной артерии через одни сутки консервации: внутренняя эластическая мембрана (чёрная стрелка), эластические окончатые мембраны (красные стрелки), адвентициальный слой (синяя стрелка), толщина среза 6 мкм, окраска по Мовату — Расселу, увеличение $\times 10,0$

Рисунок 2 — Эластический каркас лёгочной артерии через одни сутки консервации: внутренняя эластическая мембрана (чёрная стрелка), эластические окончатые мембраны (красные стрелки), адвентициальный слой (синяя стрелка), толщина среза 6 мкм, окраска по Мовату — Расселу, увеличение $\times 10,0$

терии приобрели гиперхромия. Отмечены истончение и потеря целостности внутренней эластической мембраны АЛА. В среднем слое стенки артерии отмечено укорочение эластических волокон.

Спустя четверо суток хранения донорской лёгочной артерии (n=3) мышечно-эластическая оболочка сосуда демонстрировала первые признаки разрушения. Были обнаружены единичные гладкомышечные клетки, лишившиеся своих ядер, и их доля увеличивалась на протяжении всего 60-дневного периода хранения. Параллельно наблюдалась конденсация и уменьшение объёма цитоплазмы этих клеток и расслоение всей мышечной оболочки. При этом опорный эластический каркас стенки лёгочной артерии оставался в целости. Внутренняя эластичная мембрана начала проявлять признаки дезорганизации волокон. Нарастали явления набухания подэндотелиально и мышечно-эластического слоя АЛА.

На пятые-шестые сутки консервации (n=7) впервые фиксировались гладкомышечные клетки с признаками конденсации цитоплазмы и потери ядер, что указывало на признаки гибели клеток (рисунок 3).

Через семь суток консервации в условиях хранения при температуре +4°C в растворе «Кустодиол» в АЛА (n=6), в дополнении к ранее описанным изменениям, нарастали

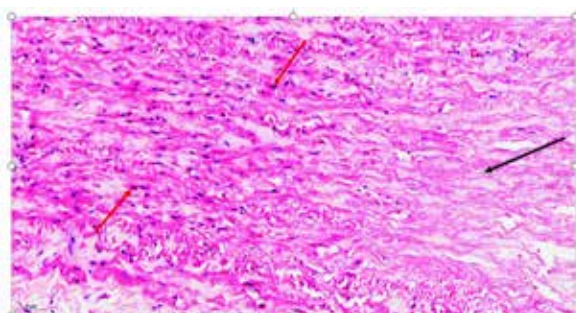


Рисунок 3 — Гистологические изменения стенки лёгочной артерии после пяти суток консервации: зона медиис с потерей ядер гладкомышечных клеток (чёрная стрелка), гладкомышечные клетки в состоянии апоптоза (красные стрелки), окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 20,0$

признаки расслоения мышечно-эластического слоя за счёт его отёка и набухания. Внутренняя эластичная мембрана расслоена, истончена. Отмечено неравномерное утолщение эластических волокон медиис.

Спустя восемь — десять дней экспозиции АЛА (n=9) в растворе «Кустодиол» при температуре +4°C в её стенке наблюдалась однотипная патологическая картина: увеличилась число гладкомышечных клеток с конденсированным ядром и цитоплазмой, наблюдались явные морфологические признаки гибели этих клеток, выражающиеся в уменьшении объёма цитоплазмы, росте числа безъядерных клеток, которые сопровождалось нарастающим отёком и набуханием межклеточного компонента среднего слоя лёгочной артерии. Выявлены утолщения или истончения эластических волокон среднего слоя стенки артерии. Эластическая базальная мембрана также демонстрировала признаки расслоения и истончения, что затрудняло её прослеживание (рисунок 4).

На протяжении последующих четырёх суток (с 11 до 14 суток) консервации в условиях умеренной гипотермии в растворе «Кустодиол» резкого прогрессирования гибели клеток в стенке АЛА (n=9) не выявлено. Сохранялся неравномерный отёк, наблюдались гиперхромия и конденсация ядер и цитоплазмы гладкомышечных клеток, исчезновение ядер в них, набухание межклеточного матрикса разной степени выраженности. Внутренняя эластическая мембрана прослеживалась плохо, эластический каркас был сохранён, эластические волокна местами были утолщены, местами истончены и разорваны.

Через шестнадцать (n=2), семнадцать (n=2) и восемнадцать (n=4) суток консервации АЛА отмечалось прогрессирование дегенеративных изменений в эластическом каркасе её стенки. Внутренняя эластическая мембрана становилась тоньше и более рыхлой, эластические волокна средней оболочки преобразовывались в короткие, тонкие, прерывистые нити, а ближе к адвентиции — в короткие пучки. В гладкомышечных клетках усугублялись признаки

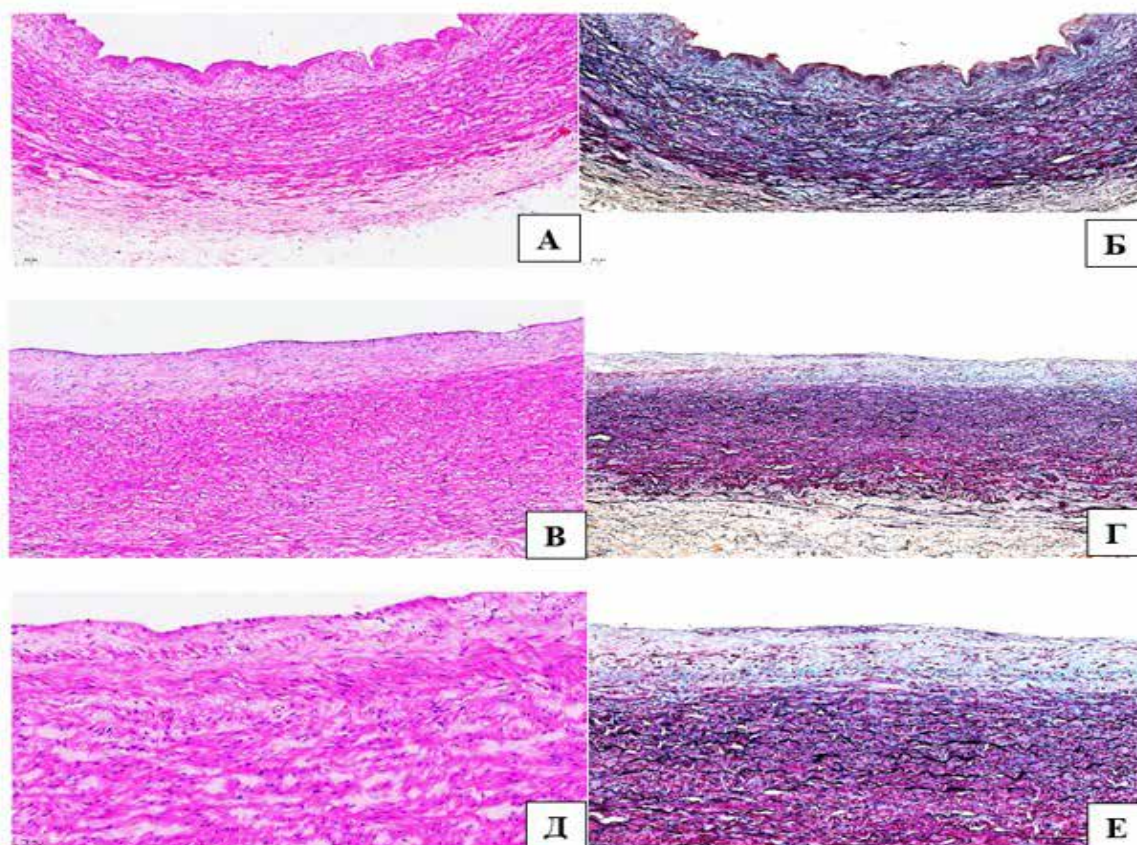


Рисунок 4 — Гистологические изменения стенки лёгочной артерии после семи (А — Б), восьми (В — Г) и девяти (Д — Е) суток консервирования; А, В — окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 10,0$; Д — окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 20,0$; Б — толщина среза 3 мкм, окраска по Мовату — Расселу, увеличение $\times 10,0$; Г, Е — толщина среза 3 мкм, окраска по Мовату — Расселу, увеличение $\times 20,0$

некробиотических изменений и отсутствия ядерного материала (рисунок 5).

Начиная с двадцатого дня (четвёртая неделя) наблюдения в сосудистой стенке АЛА ($n=4$) стали заметны прогрессирующие патологические изменения, связанные с гибелью мышечных клеток. Наблюдалось уменьшение объёма цитоплазмы этих клеток, а также возросло число клеток, находящихся в процессе клеточной гибели, многие из них полностью утратили ядро. Кроме того, опорная структура из эластических волокон ослабилась и приобрела фрагментированный, прерывистый характер.

Через 30 суток консервации в растворе «Кустодиол» при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ в стенке АЛА ($n=4$) выявлены существенные гистологические нарушения в миоцитах среднего слоя. Ядерный аппарат этих клеток характеризовался выраженной ги-

перхромией и характерной морфологией. Цитоплазматическая масса была редуцирована. Чаще определялись группы клеток без ядер. Внутренняя эластическая мембрана была гомогенизирована, истончена. Эластические волокна среднего слоя стенки артерии располагались хаотично: они утратили прямолинейность, их ход стал извилистым и прерывистым, а толщина варьировалась от значительного истончения до локальных уплотнений.

Через сорок ($n=1$) и пятьдесят суток ($n=1$) хранения в растворе «Кустодиол» в условиях умеренной гипотермии ($+4^{\circ}\text{C}$) в стенке АЛА проявились усиленные маркеры нежизнеспособности мышечных клеток. Значительная их часть была лишена клеточных ядер. К моменту достижения 50-дневной отметки, вследствие нарастающей потери гладкомышечных клеток,

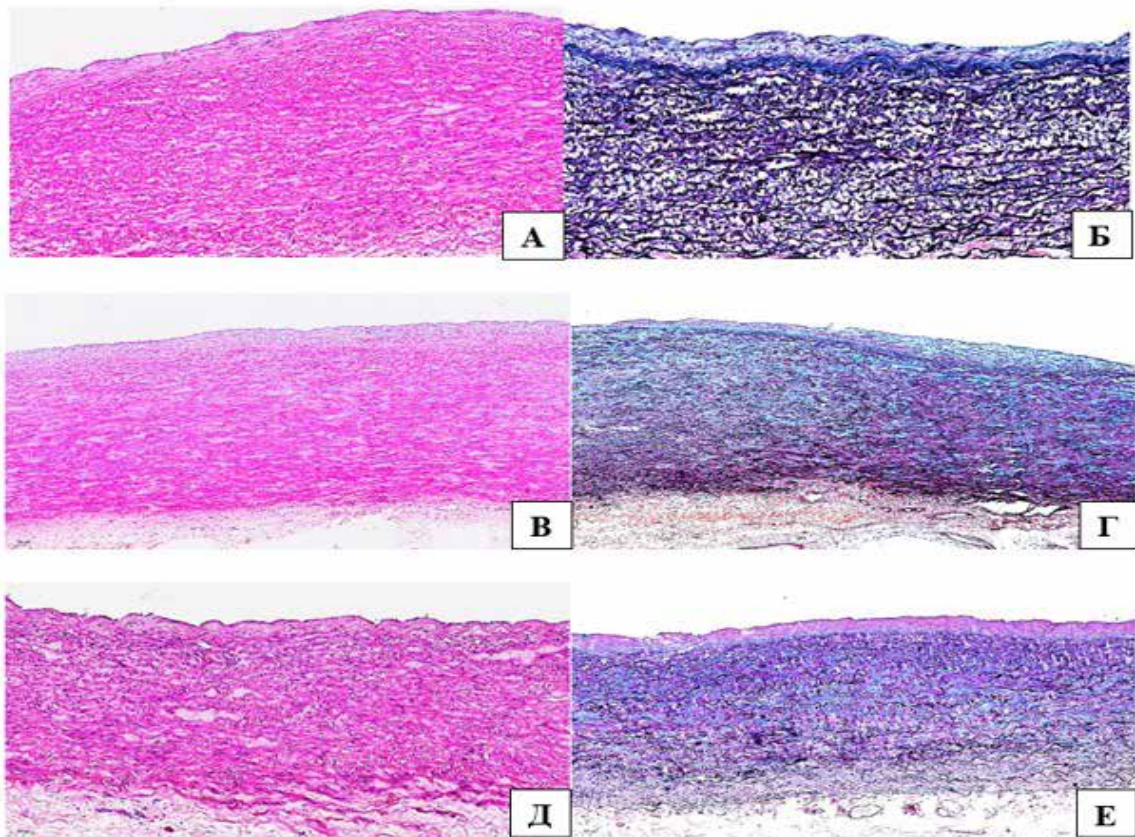


Рисунок 5 — Гистологические изменения стенки лёгочной артерии после шестнадцати (А — Б), семнадцати (В — Г), восемнадцати (Д — Е) суток консервации; А, В, Д — окраска гематоксилином и эозином, увеличение $\times 20,0$; Б, Г, Е — толщина среза 3 мкм, окраска по Мовату — Расселу, увеличение $\times 10,0$

эластический каркас стенки АЛА был конденсирован, уплотнён, эластические окончатые мембраны были разных размеров.

Через шестьдесят суток в стенке лёгочной артерии ($n=1$) определялись только мелкие группы сохранённых гладкомышечных клеток в среднем слое. Гладкомышечные клетки имели округлую форму и гиперхромное ядро, объём цитоплазмы резко снижен. Внутренняя эластическая мембрана представляла собой сгущение эластических волокон, которые потеряли свою обычную структуру. Эластический каркас был также с признаками конденсации и обилием мелких эластических окончатых мембран.

Несмотря на то, что слово «жизнеспособность» занимает видное место в лексиконе, его точное значение иногда остаётся неизвестным. Regg считает, что в узком контексте жизнеспособность может быть определена

как способность определённого образца проявлять определённую функцию или функции, которые специфичны для той или иной ткани или органа [13]. В тоже время невозможно гарантировать восстановление функции, в частности АЛА, при отсутствии её внутренней структурной целостности.

Наиболее чувствительной к повреждению частью сосудистой стенки во время консервации считается эндотелиальная клетка, которая также является первой мишенью при реперфузии [11]. Считается, что влияние гипотермической консервации в течение короткого промежутка времени (до 48 часов) на эндотелиальные клетки не приводит к морфологическим изменениям её структуры. Отмечалось выживание 79% клеточной массы эндотелия. Морфологическое исследование кровеносных сосудов, которые перенесли более длительную

гипотермическую консервацию, указывают, что с увеличением времени хранения эндотелиальные клетки вначале набухают и вакуолизируются, а далее органеллы разрушаются, изменяется ядерная структура, что приводит к отслоению эндотелиальной клетки [10]. В тоже время сотрудники Белорусского государственного медицинского университета в своих исследованиях состояния стенки артериального аллогraftа в условиях влажного хранения выявили, что после 24 часов хранения при температуре +4°C эндотелий сосуда погибал, а эластичные и мышечные волокна сохраняли свою структуру.

Заключение

Изменения мышечно-эластического слоя аллогraftа донорской лёгочной артерии при хранении в условиях умеренной гипотермии (+4°C) в растворе «Кустодиол» характеризуются постепенной гибелью гладкомышечных клеток с набуханием межклеточного компонента стромы и его дезорганизацией, но более длительным сохранением эластического каркаса стенки лёгочной артерии. Полученные сведения дают основание полагать, что жизнеспособность ткани аллогraftа лёгочной артерии, базирующаяся на исследовании структурной целостности её активно функционирующего клеточного состава, сохраняется до шести суток консервации при температуре +4°C в растворе «Кустодиол», когда начинают появляться и прогрессировать некробиотические изменения гладкомышечных клеток.

Работа выполнена в рамках финансирования РНТП «Разработать и внедрить метод органосохраняющего хирургического лечения заболеваний или патологических состояний, требующих реконструкции или замещение лёгочной артерии при резекциях лёгких» по договору № РНТП-11/2025 от 24.03.2025 г.

Библиографический список

1. Использование сосудистых графтов / К. М. Романчук [и др.] // Здравоохранение. – 2017. – № 8. – С. 39–45.
2. История применения гомогraftов в сосудистой хирургии (литературный обзор) / Р. Е. Калинин [и др.] // Наука молодых (Eruditio Juvenium). – 2022. – Т. 10, № 3. – С. 335–347.
3. Fresh arterial grafts as conduits for vascular reconstructions in transplanted patients / I. Matia [et al.] // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. – 2006. – Vol. 32, No. 5. – P. 549–556.
4. Historical overview of vascular allograft transplantation / K. A. Guevara-Noriega [et al.] // Vascular and Endovascular Review. – 2019. – Vol. 2, No. 1. – P. 19–22.
5. Lee, E. Effect of N-acetylcysteine in liver ischemia-reperfusion injury after 30% hepatectomy in mice / E. Lee // Acta Cir. Bras. – 2012. – Vol. 27, No. 4. – P. 346–349.
6. Measurements of tissue viability in transplantation / M. S. Thorniley [et al.] // Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. – 1997. – Vol. 352, No. 1354. – P. 685–696.
7. Консервация почечных трансплантатов в условиях статического холодового хранения: современное состояние проблемы / Л. В. Кирковский [и др.] // Военная медицина. – 2019. – № 4. – С. 45–51.
8. Morphology and function of dog arterial grafts preserved in UW-solution / M. Vischjager [et al.] // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. – 1995. – Vol. 10, No. 4. – P. 431–439.
9. Tissue conservation for transplantation / N. Krezdorn [et al.] // Innovative Surgical Sciences. – 2017. – Vol. 2, No. 4. – P. 171–187.
10. Endothelial cell preservation at hypothermic to normothermic conditions using clinical and experimental organ preservation solutions / I. C. Post [et al.] // Experimental Cell Research. – 2013. – Vol. 319, No. 17. – P. 2501–2513.
11. Impact of normothermic perfusion and protein supplementation on human endothelial cell function during organ preservation / T. Puehler [et al.] // The Annals of Thoracic Surgery. – 2010. – Vol. 89, No. 2. – P. 512–520.
12. Исследование и анализ практики трансплантации сосудистых аллогraftов в Республике Беларусь / А. А. Чистый [и др.] // Хирургия. Восточная Европа. – 2024. – Т. 13, № 3. – С. 304–318.
13. Pegg, D. E. Viability assays for preserved cells, tissues, and organs / D. E. Pegg // Cryobiology. – 1989. – Vol. 26, No. 3. – P. 212–231.

A.M. Shestiuk, S.N. Ryabtseva, I.A. Siamionik

**MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE MUSCULO-ELASTIC
LAYER OF THE PULMONARY ARTERY DURING STORAGE UNDER
MODERATE HYPOTHERMIA IN A «CUSTODIOL» SOLUTION**

A study was conducted on segments of the pulmonary artery retrieved from donors following the confirmation of brain death. The pulmonary artery allograft was preserved in «Custodiol» solution and stored under conditions of moderate hypothermia (+4°C) for up to 60 days. Histological sections 3–6 µm thick were prepared and stained with haematoxylin and eosin, and with the Movat–Russell pentachrome stain. The condition of the muscular-elastic layer of the pulmonary artery wall was assessed.

Histological examination showed that after 1–2 days of preservation, the structure of the muscular-elastic layer of the donor pulmonary artery was preserved; by days 3–4, nuclear hyperchromia, oedema of the intercellular matrix and thinning of the internal elastic membrane had appeared. From days 5–6, the first signs of smooth muscle cell death and delamination of the muscular layer were observed. By days 8–10, the disorganisation of the elastic framework, oedema and swelling of the muscular-elastic layer of the pulmonary artery wall had intensified, and clear signs of smooth muscle cell death were evident. By days 16–18, the elastic fibres had become fragmented. By day 30, necrobiotic changes in the cells were increasing, and homogenisation of the internal elastic membrane was observed. By days 50–60, only isolated groups of smooth muscle cells remained; the elastic framework was condensed and fragmented.

Consequently, changes in the muscular-elastic layer of the pulmonary artery allograft are characterised by the gradual death of smooth muscle cells, accompanied by oedema and disorganisation of the stroma, against a background of relative preservation of the elastic framework. The structural integrity and viability of the donor pulmonary artery tissue are maintained for up to 6 days of preservation in «Custodiol» solution at +4°C.

Key words: *vascular allograft, pulmonary artery, preservation, hypothermia, viability*

Поступила 11.06.26