

<https://doi.org/10.23888/HMJ2025133369-380>

EDN: KXGDFN

Особенности гистологической картины гомографтов при консервации в дистиллированной воде

В.В. Карпов^{1,2}✉, Р.Е. Калинин¹, И.А. Сучков¹, А.П. Швальб³, Д.В. Гузаиров¹, Т.М. Черданцева¹

¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Российская Федерация;

² Областная клиническая больница, Рязань, Российская Федерация;

³ Областной клинический противотуберкулёзный диспансер, Рязань, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Карпов Вячеслав Владимирович, sdr.s@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Определение роли консервирующей среды при хранении трупного материала для реконструктивных сосудистых операций является актуальной проблемой. Остается открытым вопрос — на каком сроке консервации происходят необратимые изменения в стенке гомографта, которые не позволяют использовать его при реконструктивных операциях на артериях? Перспективным является сравнительная оценка результатов консервирования гомографтов в растворе RPMI 1640 и в дистиллированной воде.

Цель. Определить гистологические изменения, происходящие в трупных гомографтах, при хранении в дистиллированной воде в различные сроки наблюдения.

Материалы и методы. Изучено 60 артериальных и 60 венозных образцов. Морфогистологическое исследование проводилось на 7-, 14-, 21-, 28-, 35-, 42-е сутки после забора гомографтов. Оценены толщины интимо-мышечного комплекса, мышечной оболочки, внутренней эластической мембраны, стенки венозного гомографта, количество ядер миоцитов в 0,01 мм² мышечных порциях стенок артериального и венозного гомографтов в различные сроки консервации, в дистиллированной воде и в среде RPMI 1640.

Результаты. Отмечено уменьшение толщины интимо-мышечного комплекса в конце 28-х суток относительно значений 7-х суток, но и увеличение толщины этого показателя в 42-е сутки относительно значений 28-х суток. Толщина мышечного слоя на 21-е сутки уменьшилась относительно показателей 7-х суток, но увеличилась к 28-м суткам относительно показателей на 21-е сутки. Толщина внутренней эластической мембраны уменьшилась к 21-м суткам относительно значений 7-х суток, а к 42-м суткам увеличилась относительно показателей 21-х суток. Толщина стенки венозного гомографта без адвентиции уменьшилась в конце 42-х суток относительно показателя на 7-е сутки. Имеет место уменьшение количества ядер миоцитов артериальных и венозных гомографтов в 0,01 мм² в конце 42-х суток относительно значений 7-х суток. Особенностью консервации артериального гомографта в дистиллированной воде оказалось наличие препаратов с полным отсутствием ядер миоцитов на 42-е сутки.

Заключение. При консервации в дистиллированной воде (в сравнении со средой RPMI 1640) сохраняются схожие закономерности динамики изменения толщин изученных порций стенок гомографтов, сохраняется динамика уменьшения количества ядер мышечных порций гомографтов, но выявленные существенные различия не могут обеспечить оптимального хранения графтов в ней.

Ключевые слова: гомографт; патоморфологическая картина трупных гомографтов; дистиллированная вода; раствор RPMI 1640.

Для цитирования:

Карпов В.В., Калинин Р.Е., Сучков И.А., Швальб А.П., Гузаиров Д.В., Черданцева Т.М. Особенности гистологической картины гомографтов при консервации в дистиллированной воде // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2025. Т. 13, № 3. С. 369–380. doi: 10.23888/HMJ2025133369-380 EDN: KXGDFN

<https://doi.org/10.23888/HMJ2025133369-380>

EDN: KXGDFN

Features of Histological Picture of Homografts with Preservation in Distilled Water

Vyacheslav V. Karpov^{1,2}✉, Roman E. Kalinin¹, Igor A. Suchkov¹, Aleksandr P. Shvalb³, Dmitriy V. Guzairov¹, Tatyana M. Cherdantseva¹

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russian Federation;

² Regional Clinical Hospital, Ryazan, Russian Federation;

³ Regional Clinical Tuberculosis Dispensary, Ryazan, Russian Federation

Corresponding author: Vyacheslav V. Karpov, sdrr.s@yandex.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: An important problem today is determining the role of the preservation medium in storing cadaveric material for reconstructive vascular surgeries. The question, at what stage of preservation irreversible changes occur in the homograft wall that do not allow its use in reconstructive operations on the arteries, remains open. A comparative assessment of the results of preserving homografts in RPMI 1640 solution and distilled water is promising.

AIM: To determine histological changes in cadaveric homografts during storage in distilled water in different observation periods.

MATERIALS AND METHODS: A morphohistological examination of cadaveric homografts preserved in distilled water, was conducted, 60 arterial and 60 venous samples were studied. Morphohistological examination was conducted on days 7, 14, 21, 28, 35, 42 after homograft collection. The thicknesses of intima-muscular complex, muscle layer, internal elastic membrane, venous homograft wall, and the number of myocyte nuclei in 0.01 mm² of muscle portions of arterial and venous homograft walls were assessed in different preservation periods, in distilled water and in RPMI 1640 medium.

RESULTS: The thickness of the intima-muscular complex ($p=0.009$) decreased by 19% at the end of day 28 relative to the values of day 7, but increased by 31% ($p=0.001$) on day 42 relative to day 28. The thickness of the muscle layer on day 21 decreased by 55% ($p=0.001$) relative to day 7, but increased by day 28 by 49.8% ($p=0.01$) relative to day 21. The thickness of the internal elastic membrane decreased by 42% by day 21 ($p=0.001$) relative to day 7. By day 42, a tendency was noted towards an increase in its thickness relative to the values of day 21. A decrease in the venous homograft wall thickness without adventitia by 38% ($p=0.001$) was revealed at the end of day 42 compared to day 7. There was a decrease in the number of myocyte nuclei of arterial homografts in 0.01 mm² ($p=0.024$) by 72% at the end of day 42 relative to day 7 and a decrease in the number of myocyte nuclei of venous homografts in 0.01 mm² ($p=0.02$) by 51% at the end of day 42 relative to day 7. A peculiarity of preservation of the arterial homograft in distilled water was the existence of preparations with a complete absence of myocyte nuclei on day 42.

CONCLUSION: When preserved in distilled water, similar patterns (in comparison with RPMI 1640 medium) continue in the dynamics of changes in the thickness of the studied portions of homograft walls and in the dynamics of reduction of the number of myocyte nuclei of muscle portions of homografts, but the detected significant differences cannot ensure optimal storage of grafts in it. On day 7 of preservation, a statistically significant thickening of the studied wall thickness parameters and a decrease in the number of myocyte nuclei in the muscle portion of the wall relative to preservation in RPMI 1640 medium were revealed impairing the physical properties of the homografts.

Keywords: homograft; pathomorphological picture of cadaveric homografts; distilled water; RPMI 1640 solution.

To cite this article:

Karpov VV, Kalinin RE, Suchkov IA, Shvalb AP, Guzairov DV, Cherdantseva TM. Features of Histological Picture of Homografts with Preservation in Distilled Water. *Science of the Young (Eruditio Juvenium)*. 2025;13(3):369–380. doi: 10.23888/HMJ2025133369-380 EDN: KXGDFN

Введение

По данным Росстата в 2022 году от заболеваний сердечно-сосудистой системы умерло 831 557 человек (43,8% от общей доли смертности). Критическая ишемия нижних конечностей занимает лидирующие позиции в статистике болезней системы кровообращения [1, 2]. По данным зарубежных авторов до 0,2 млрд человек на планете страдают облитерирующими болезнями периферических артерий [3]. Большинству показаны реконструктивно-восстановительные вмешательства на артериях. Синтетические протезы применяются чаще других кондуитов. Половина «тромбируется» за первые 5 лет [4]. Рестеноз зоны реконструкции играет ведущее значение [5]. Дисфункция эндотелия является фундаментом этого патологического процесса [6]. Сегодня, по-прежнему, сосудистой хирургии нужен оптимальный кондуит для реконструкции с идеальными параметрами [7]. Но «золотым стандартом» является аутовена. Она не всегда есть в арсенале ангиохирурга [8]. Известны ряд проблем биологических кондуитов — аневризматическая трансформация, кальцификация, отсутствие «под рукой».

Метаанализ Antonopoulos C. и соавтор., включал более одной тысячи больных с критической ишемией конечностей и парапротезной инфекцией. Использованы криоаллографты. Доказана их безопасность и эффективность [9]. В России чаще применяются свежезаготовленные гомографты [10–15]. Они консервируются в различных жидких средах. Единого стандарта пока нет. Для понимания параметров хранения гомографтов необходимы их морфогистологические исследования в различных условиях консервации.

Морфогистологические признаки некроза известны [16]. Аутолиз — самопереваривание тканей, клеток или их частей под действием их собственных ферментов [17]. По нашему мнению, именно аутолиз реализуется в результате консервации гомографтов, поэтому его нужно выявить и возможно описать в трупных графтах.

По-нашему мнению, наиболее «чувствительными» маркерами аутолиза ткани при морфогистологическом методе исследования стенки графта являются динамика её толщины в различные сроки консервации и динамика количества ядер миоцитов мышечных порций стенок артериального и венозного гомографтов. Эти показатели нами уже изучены при консервации гомографтов в различные сроки средой RPMI 1640 [18].

Цель — Определить гистологические изменения, происходящие в трупных гомографтах, при хранении в дистиллированной воде в различные сроки наблюдения.

Материалы и методы

Исследование было выполнено на базе кафедры сердечно-сосудистой, рентгеноваскулярной хирургии и лучевой диагностики ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России в отделении сосудистой хирургии ГБУ РО ОКБ. Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России (Протокол № 4 от 09.11.2021). Исследование зарегистрировано на платформе ClinicalTrials.gov (идентификатор NCT05455138).

В исследовании изучено 60 артериальных и 60 венозных образцов, консервированных в дистиллированной воде. Морфогистологическое исследование проводилось на 7-, 14-, 21-, 28-, 35-, 42-е сутки после забора гомографтов. Оценены в динамике толщины интимо-мышечного комплекса, мышечной оболочки, внутренней эластической мембраны в артериальном гомографте и стенки без адвентиции в венозном графте, динамика количества ядер миоцитов артериального и венозного гомографтов. Измерялись минимальные и максимальные размеры показателей каждого микропрепарата артериального гомографта отдельно в исследуемые сроки. В каждый срок изучено 6 артериальных и 6 венозных препаратов. В результате получено 6 минимальных и 6 максимальных

значений для каждого показателя на 7-, 14-, 21-, 28-, 35-, 42-е сутки после забора материала. Оценена динамика количества ядер миоцитов артериального и венозного гомографтов. В каждый срок изучены все 10 артериальных и 10 венозных препаратов для определения количества ядер миоцитов. Использовано программное обеспечение NDP.view2 (U12388-01) компании Hamamatsu Photonics KK и программа Image-PRO Plus 6.0. Количество ядер просчитано на площади каждого оцифрованного микропрепарата. Затем выполнен расчёт среднего количества ядер миоцитов на 10 тысяч $\mu\text{м}^2$ ($0,01 \text{ мм}^2$) для каждого препарата. Затем получены средние значения показателя в каждый срок сравнения. Выполнена статистическая обработка. Статистический анализ данных проводился с использованием пакета статистических программ Statistica 10.0.

В связи с нормальным распределением данных (использовался критерий Шапиро–Уилка, $p > 0.05$) для дальнейшего анализа применялись параметрические тесты. Для оценки статистической значимости различий внутри групп применялся дисперсионный анализ повторных измерений (ANOVA), попарные сравнения выполнялись с помощью критерия Ньюмена–Кейсла. Принятый уровень статистической значимости — $p < 0,05$. Числовые данные представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение.

Результаты

Средние значения и стандартные отклонения показателей толщины интимомускулярного комплекса, толщины мышечной оболочки и толщина внутренней эластической мембраны в артериальном гомографте представлены в таблице 1.

Таблица 1. Средние значения и стандартные отклонения исследуемых показателей аллоартерии
Table 1. The average values and standard deviations of the studied indicators of alloarthritis

Срок наблюдения	Среднее значение и стандартные отклонения показателя		
	Толщина интимомускулярного комплекса, мкм	Толщина мышечной оболочки, мкм	Толщина внутренней эластической мембраны, мкм
7 сутки	769,9±36,89	532±38,34	4,39±0,80
14 сутки	778,6±34,12	491,5±9,0	3,59±0,27
21 сутки	793,2±44,61	293,17±14,53* ($p=0,001$)	2,55±0,42* ($p=0,001$)
28 сутки	623,17±29,76* ($p=0,009$)	400,33±16,8* ($p=0,001$)	3,57±0,19
35 сутки	647,08±8,81	460,67±13,3	4,38±0,19
42 сутки	814,17±49,61* ($p=0,001$)	482,92±22,97	4,01±0,25

Примечания: * — статистически значимое отличие показателя толщины интимомускулярного комплекса на 28-е сутки относительно их значений на 7-е сутки (уменьшение) и на 42-е сутки относительно 28-х суток (увеличение); показатель толщины мышечной ее части между 7-ми и 21-ми сутками (уменьшение) и на 28-е сутки относительно 21-х суток (увеличение); показатель толщина внутренней эластической мембраны между 7-ми и 21-ми сутками (уменьшение)

Согласно полученным результатам, имеет место уменьшение толщины интимомускулярного комплекса ($p=0,009$) на 19% в конце 28-х суток относительно значений 7-х суток, но отмечено увеличение толщины этого показателя на 31% ($p=0,001$) в 42-е сутки относительно значений 28-х суток.

Толщина мышечного слоя на 21-е сутки уменьшилась ($p=0,001$) на 55% относительно показателей 7-х суток, но выявлено увеличение толщины мышечного слоя к 28-м суткам ($p=0,01$) на 49,8 % относительно значений этого показателя на 21-е сутки.

Толщина внутренней эластической мембраны уменьшилась к 21-м суткам ($p=0,001$) на 42% относительно значений 7-х суток. К 42-м суткам отмечается тенденция к увеличению её толщины относительно показателей 21-х суток.

Средние значения и стандартные отклонения толщины стенки венозного гомографта без адвентиции представлены

в таблице 2. Выявлено уменьшение толщины стенки венозного гомографта без адвентиции ($p=0,001$) в конце 42-х суток на 38% к значению этого показателя на 7-е сутки.

Оценено количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечных порциях стенок артериального и венозного гомографтов.

Таблица 2. Средние значения и стандартные отклонения исследуемого показателя алловены

Table 2. The average values and standard deviations of the studied indicator are allogeneic

Срок наблюдения	Среднее значение и стандартные отклонения толщины стенки венозного гомографта
7 сутки	349,25±8,97
14 сутки	357,25±3,58
21 сутки	284,08±3,9
28 сутки	261,58±17,66
35 сутки	228,58±5,84
42 сутки	216,75±8,75* ($p=0,001$)

Примечание: * — статистически значимое отличие

Средние значения и стандартные отклонения количеств ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечной порции стенки артериального гомографта представлены в таблице 3.

Согласно полученным результатам, имеет место уменьшение количества ядер миоцитов артериальных гомографтов в $0,01 \text{ мм}^2$ ($p=0,024$) на 72% в конце 42-х суток относительно значений 7-х суток.

Средние значения и стандартные отклонения количеств ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечной порции стенки ве-

нозного гомографта представлены в таблице 4.

Согласно полученным результатам, имеет место уменьшение количества ядер миоцитов венозных гомографтов в $0,01 \text{ мм}^2$ ($p=0,02$) на 51% в конце 42-х суток относительно значений 7-х суток.

Особенностью консервации артериального гомографта дистиллированной водой явилось наличие препаратов с полным отсутствием ядер миоцитов на 42-е сутки (рис. 1).

Таблица 3. Средние значения и стандартные отклонения количеств ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечной порции стенки артериального гомографта

Table 3. Average values and standard deviations of the number of myocyte nuclei in 0.01 мм^2 of the muscle portion of the arterial homograft wall

Срок наблюдения	Количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$
	Среднее значение и стандартные отклонения показателя
7 сутки	4,7±1,337
14 сутки	4,4±1,35
21 сутки	4,6±1,713
28 сутки	3,4±1,647
35 сутки	3,2±0,919
42 сутки	1,3±0,949*

Примечание: * — статистически значимое отличие относительно 7-х суток

Таблица 4. Средние значения и стандартные отклонения количеств ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечной порции стенки венозного гомографта

Table 4. Average values and standard deviations of the number of myocyte nuclei in 0.01 mm^2 of the muscle portion of the venous homograft wall

Срок наблюдения	Количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$
	Среднее значение и стандартные отклонения показателя
7 сутки	$5,3 \pm 0,675$
14 сутки	$4,9 \pm 0,738$
21 сутки	$4,3 \pm 0,823$
28 сутки	$4,2 \pm 0,632$
35 сутки	$4,1 \pm 1,449$
42 сутки	$2,6 \pm 0,843^*$

Примечание: * — статистически значимое отличие относительно 7-х суток

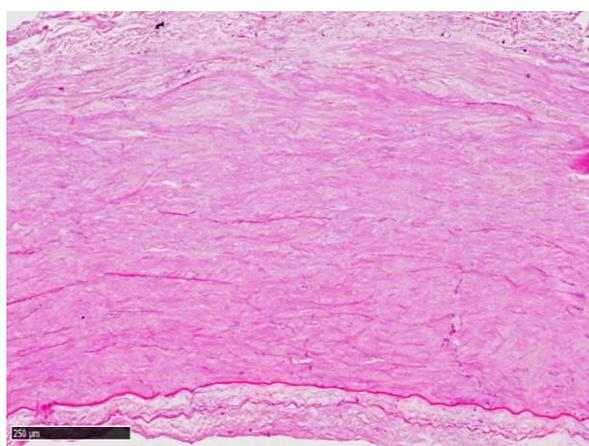


Рис. 1. Отсутствие ядер миоцитов в артериальном гомографте на 42-е сутки консервации в дистиллированной воде (окраска Гематоксилин-эозином, цифровое увеличение $\times 100$).

Fig. 1. Absence of myocyte nuclei in the arterial homograft on the 42nd day of preservation in distilled water (Hematoxylin-eosin staining, digital magnification $\times 100$).

Для демонстрации роли консервирующей среды на основании полученных нами результатов представляем слайды гистологических препаратов на 7-е сутки консервации в дистиллированной воде (рис. 2–5).

Обсуждение

Выполнены морфогистологические исследования консервированных трупных гомографтов. Всего изучено 432 образца. Оценены толщины интимо-мускулярного комплекса, мышечной оболочки, внутренней эластической мембраны, стенки венозного гомографта, количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ мышечных порциях стенок артериального и венозного гомографтов в различные сроки консервации в

растворе RPMI 1640 и в дистиллированной воде. Это сделано для понимания роли среды RPMI 1640 в консервации гомографтов. Гистологические показатели дистиллированной воды приняты за контрольные. При консервации трупных гомографтов в растворе RPMI 1640 и в дистиллированной воде по результатам данного исследования выявлены общие закономерности и ряд существенных различий.

К первым можно отнести:

1. Толщины интимо-мускулярного комплекса, мышечной оболочки, внутренней эластической мембраны артериальных гомографтов сначала уменьшаются, а затем увеличиваются, т. е. выявлена схожая динамика;

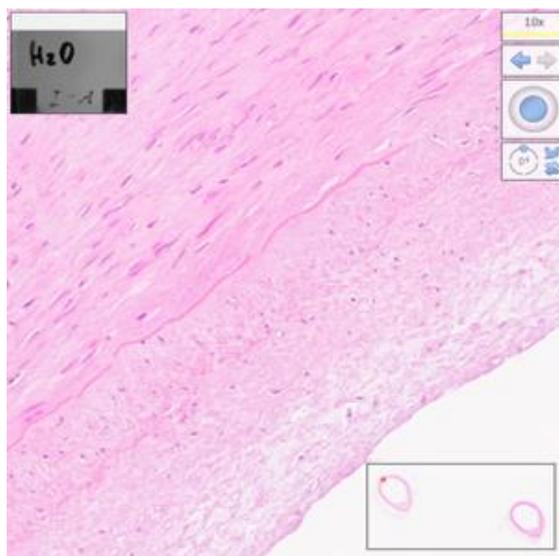


Рис. 2. Дистиллированная вода. Артерия. Окраска гематоксилин-эозином, цифровое увеличение $\times 300$. Эндотелиоциты отсутствуют, заметна базальная мембрана, интима широкая, рыхлая, отечная (гидратированная), хорошо выражена внутренняя эластическая мембрана в виде монослоя, в средней оболочке неравномерное расположение ядер лейомиоцитов, цитоплазма преимущественно стерта, местами в виде теней, межъядерные промежутки широкие, слабо базофильные. Резюме: лизис миоцитов, гидратация внутреннего и среднего слоя, сохранена внутренняя эластическая мембрана.

Fig. 2. Distilled water. The artery. Hematoxylin-eosin staining, digital magnification $\times 300$. Endotheliocytes are absent, the basement membrane is noticeable, the intima is wide, loose, edematous (hydrated), the inner elastic membrane is well expressed in the form of a monolayer, the middle shell has an uneven arrangement of leiomyocyte nuclei, the cytoplasm is mostly erased, sometimes in the form of shadows, the internuclear spaces are wide, weakly basophilic. Summary: lysis of myocytes, hydration of the inner and middle layers, the internal elastic membrane is preserved.

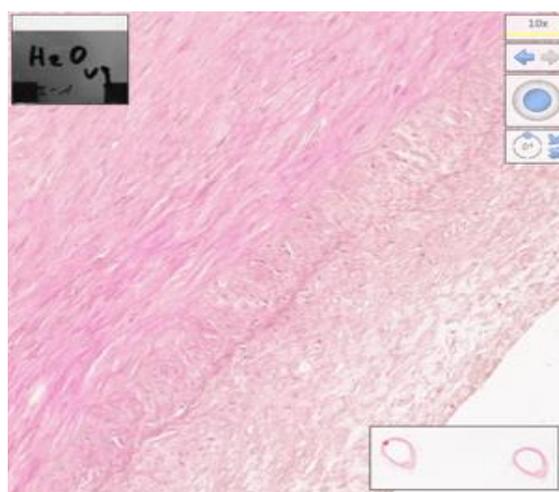


Рис. 3. Дистиллированная вода. Артерия. Окраска по Вейгерту–Ван Гизону, цифровое увеличение $\times 300$. Окрашивание волокон очень слабое, что связано, видимо, с гидратацией и частичным лизисом коллагена, внутренняя эластическая мембрана бледно окрашена.

Fig. 3. Distilled water. The artery. Weigert–Van Gieson coloring, digital magnification $\times 300$. The staining of the fibers is very weak, which is probably due to the hydration and partial lysis of collagen, the inner elastic membrane is pale colored.

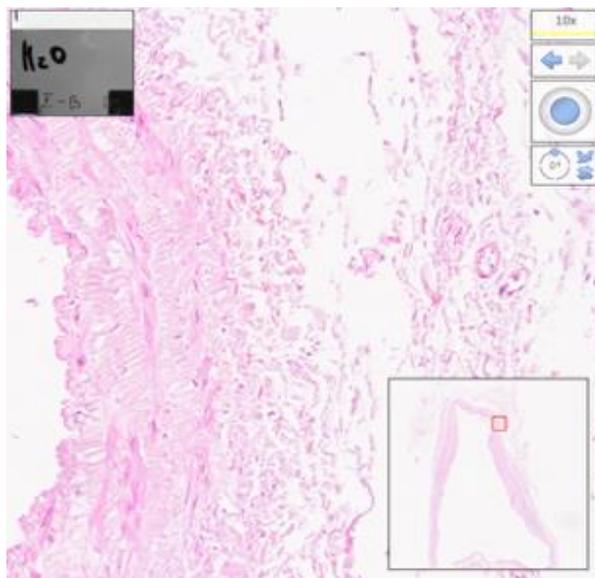


Рис. 4. Дистиллированная вода. Вена. Окраска гематоксилин-эозином, цифровое увеличение $\times 300$. Эндотелий отсутствует, едва заметная базальная мембрана, ядра лейомиоцитов бледные, контуры лейомиоцитов преимущественно четкие. Между ними хорошо видны коллагеновые волокна. Обращает внимание хорошая сохранность эндотелия vasa vasorum в адвентиции.

Fig. 4. Distilled water. Vienna. Hematoxylin-eosin staining, digital magnification $\times 300$. The endothelium is absent, the basement membrane is barely noticeable, the nuclei of leiomyocytes are pale, and the contours of leiomyocytes are mostly clear. Collagen fibers are clearly visible between them. Attention is drawn to the good preservation of the vasa vasorum endothelium in adventitia.

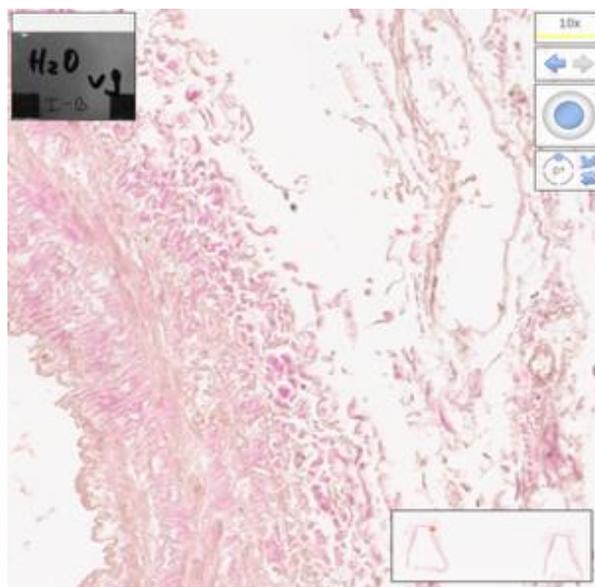


Рис. 5. Дистиллированная вода. Вена. Окраска по Вейгерту–Ван Гизону, цифровое увеличение $\times 300$. Коллагеновые волокна бледно-красного цвета, слой широкий, умеренный отек.

Fig. 5. Distilled water. Vienna. Weigert–Van Gieson coloring, digital magnification $\times 300$. The collagen fibers are pale red in color, the layer is wide, and there is moderate swelling.

2. Толщина стенки венозного гомографта как при консервации в растворе RPMI 1640, так и при консервации в дистиллированной воде к концу 42-х суток уменьшается. Таким образом, выявлена схожая динамика, причем наблюдается статистически достоверное снижение толщины стенки венозного гомографта без адвентиции в проведенных исследованиях ($p=0,014$ (RPMI 1640) и $p=0,001$ (дистиллированная вода)) относительно значений 7-х суток);

3. Выявлена схожая динамика изменения количества ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ артериального графта как при консервации в растворе RPMI 1640, так и при консервации в дистиллированной воде. Продемонстрировано статистически значимое ее снижение к концу 42-х суток ($p=0,003$ (RPMI 1640) и $p=0,024$ (дистиллированная вода) относительно значений 7-х суток);

4. Регистрируется та же схожая динамика количества ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ венозного графта как при консервации в растворе RPMI 1640, так и при консервации в дистиллированной воде. Продемонстрировано статистически значимое снижение к концу 42-х суток ($p=0,024$ (RPMI 1640) и $p=0,02$ (дистиллированная вода) относительно значений 7-х суток);

По мнению авторов, общие закономерности консервации трупных гомографтов в разных средах (RPMI 1640 и дистиллированная вода) — это проявление «унифицированной реакции живой ткани» на редуцированную жизнедеятельность. Определение пригодности консервированного гомографта для имплантации является серьезной проблемой, так как недостаточно разработаны модели деградации материала в консервирующих средах, сохраняющих жизнеспособность графта [12–14]. Процессы химического взаимодействия между веществами консерванта и тканями кадавера глубоко изучались для обеспечения визуальной (а не функциональной) сохранности тел, органов или их частей. В случае же графта материал изымается с редуцированной жизнедеятельностью (*vita*

reducta), и целью консервации является максимально длительное сохранение жизнеспособности для последующего «вживления» материала реципиенту.

В исследованиях [9, 14] также выявлен ряд существенных различий:

1. Средние значения толщины интимо-мускулярного комплекса при консервации в дистиллированной воде превышают средние значения толщины интимомускулярного комплекса при консервации в растворе RPMI 1640 на 36,9% ($p=0,117837$) к концу 7-х суток; средние значения толщины мышечной оболочки при консервации в дистиллированной воде превышают средние значения толщины мышечной оболочки при консервации в растворе RPMI 1640 на 9,6% ($p=0,717854$) к концу 7-х суток; средние значения толщины внутренней эластической мембраны артериальных гомографтов при консервации в дистиллированной воде превышают средние значения толщины внутренней эластической мембраны при консервации в растворе RPMI 1640 на 4,5% ($p=0,851134$) к концу 7-х суток. Различия не являются статистически значимыми. Но выявленная тенденция показывает увеличение толщин исследуемых показателей при консервации артериальных гомографтов в дистиллированной воде.

2. Средние значения толщины стенки венозного гомографта при консервации в дистиллированной воде уступают средним значениям толщины стенки венозного гомографта при консервации в растворе RPMI 1640 на 35,6% ($p=0,093944$) к концу 7-х суток, то есть выявлена тенденция более выраженного утончения графта при консервации в дистиллированной воде. Также это обусловлено отслоением венозного эндотелия, выявленного при морфологическом исследовании препаратов.

3. Количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ артериального графта при консервации в растворе RPMI 1640 превышает количество ядер миоцитов в $0,01 \text{ мм}^2$ артериального графта при консервации в дистиллированной воде в 2,6 раза ($p=0,000237$) к концу 7-х суток консервации.

4. Количество ядер миоцитов в 0,01 мм² венозного графта при консервации в растворе RPMI 1640 превышает количество ядер миоцитов в 0,01 мм² венозного графта при консервации в дистиллированной воде в 1,96 раза ($p=0.000457$) к концу 7-х суток консервации.

5. Существенной особенностью консервации артериального гомографта дистиллированной водой явилось наличие препаратов с полным отсутствием ядер миоцитов на 42-е сутки (рис. 1).

Уже к концу 7-х суток консервации в дистиллированной воде эндотелиоциты отсутствуют, окрашивание волокон очень слабое как в артериальном, так и в венозных гомографтах. К концу же 7-х суток консервации в растворе RPMI 1640 эндотелиоциты сохранены, хорошее окрашивание волокон как в артериальном, так и в венозных гомографтах.

Заключение

При консервации в дистиллированной воде сохраняются схожие закономерности (в сравнении со средой RPMI 1640) динамики изменения толщин изученных порций стенок гомографтов, сохраняется динамика уменьшения количества ядер мышечных порций гомографтов, но выявленные существенные различия не могут обеспечить оптимального хранения графтов в ней. На 7-е сутки консервации выявлено статистически значимое утолщение исследуемых показателей толщины стенок и снижение количества ядер миоцитов мышечной порции стенки относительно консервации средой RPMI 1640, что снижает физические свойства гомографтов.

Список литературы | References

1. Belov YuV, Vinogradov OA, Ulianov ND, Dziundzia AN. Prognosis of revascularization surgery results on lower limbs arteries on the basis of assessment of regional blood flow. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2014; 7(5):62–67. EDN: TAFFQJ
2. Zudin AM, Zazorina MA, Orlova MA. Epidemiology of chronic critical limb ischemia. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2014;(10):78–82. EDN: TAQYFZ
3. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral arthritis disease in 2000 and 2010: a systematic review and analysis. *Lancet*. 2013;382(99011):1329–1340. doi: 10.1016/s0140-6736(13)61249-0
4. Pokrovsky AV, Dan VN, Zotikov AE, et al. Long-term outcomes of femoropopliteal bypass above the knee-joint fissure by means of vascular prosthesis “ecoflon” in patients with atherosclerotic lesions of lower limb arteries. *Angiology and Vascular Surgery*. 2007;13(2):143–149. EDN: JWBEAN
5. Kalinin RE, Suchkov IA, Nikiforov AA, Phennikov AS. Dynamics of some biochemical parameters in patients with peripheral occlusive arterial disease at different periods following reconstructive surgery. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2012;20(1):42–45. EDN: PEKZRZ
6. Kalinin RE, Suchkov IA, Pshennikov AS. Reperfusion Injury of Tissues in Lower Limb Arterial Reconstructive Surgery. *Novosti Khirurgii*. 2015;23(3):348–352. EDN: UDSLKR
7. Lebedev LV, Plotkin LL, Smirnov AD, et al. *Protezy krovenosnykh sosudov*. 4th ed. Saint Petersburg: Admiralty House, 2001. (In Russ.)
8. Pokrovskiy AV, Dan VN, Chupin AV, et al. Arterializatsiya venoznogo krovotoka stopy v spasenii nizhney konechnosti pri kriticheskoy ishemii u bol'nykh s aterosklerozom i sakharnym diabetom. In: *Tezisy dokladov Simpoziuma «Khirurgicheskoye lecheniye i diagnostika sosudistyykh zabolevaniy»*; Moscow, 17–18 October 2001. Moscow; 2001. P. 110. (In Russ.)
9. Antonopoulos CN, Papakonstantinou NA, Hardy D, Lyden SP. Editor's Choice — Cryopreserved Allografts for Arterial Reconstruction after Aorto-Iliac Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;58(1): 120–128. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.03.003
10. Kalinin RE, Suchkov IA, Egorov AA, et al. Permanent vascular access for hemodialysis using allogeneic vein. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2021;14(1):98–103. doi: 10.17116/kardio20211401198 EDN: BXCVKF
11. Kalinin RE, Suchkov IA, Karpov VV, Egorov AA. Potentials of Using Allografts in Surgical Treatment of Popliteal Artery Aneurysms. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2022;30(1):115–122. doi: 10.17816/PAVLOVJ76343 EDN: HZXZBU
12. Dmitriev OV, Italyantsev AYu, Chernovalov DA, et al. Prosthetic repair of the aorta with a cadaveric homograft for infection of bifurcated synthetic vascular prosthesis. *Angiology and Vascular Surgery*.

- 2021;27(3):132–139. doi: 10.33529/ANGIO2021315 EDN: SJKLSV
13. Dmitriev OV, Ital'iantsev AYu, Chernovalov DA, et al. The use of an aortic allograft in infection of an aortic prosthesis in a patient with a multi-storey lesion of the arterial bed of the lower extremities. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2023;182(4):53–59. doi: 10.24884/0042-4625-2023-182-4-53-59 EDN: FR1XHY
14. Khomchuk IA, Kurilov AB, Platonov SA, et al Extraanatomical surgical treatment of infection of the bifurcation aortic vascular prosthesis using cadaveric arteries. *The Journal of Emergency Surgery named after I.I. Dzhanelidze*. 2023;(2):56–61. EDN: PPBTVM
15. Kalinin RE, Suchkov IA, Karpov VV, et al. Possibilities of Vascular Transplantation in Urgent Surgery of Main Arteries. *Novosti Khirurgii*. 2021; 29(6):747–753. doi: 10.18484/2305-0047.2021.6.747 EDN: BOMUXC
16. Strukov AI, Serov VV. *Patologicheskaya anatomiya*. 5nd ed. Moscow: Litterra; 2010. (In Russ.) EDN: QLVNOT
17. *Biologicheskii entsiklopedicheskiy slovar'*. Moscow: Soviet Encyclopedia; 1986. (In Russ.)
18. Kalinin RE, Suchkov IA, Karpov VV, et al. Features of the morphohistological picture of homografts in different periods of conservation. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal*. 2023; 11(4):75–82. doi: 10.33029/2308-1198-2023-11-4-75-82 EDN: OQMJXT

Дополнительная информация

Этическая экспертиза. Протокол исследования одобрен Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России (Протокол №4 от 09.11.2021).

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании статьи авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Генеративный искусственный интеллект. При создании статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рецензирование. В рецензировании участвовали два рецензента и член редакционной коллегии издания.

Об авторах:

✉ **Карпов Вячеслав Владимирович**, канд. мед. наук, сонскатель кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики; врач отделения сосудистой хирургии; eLibrary SPIN: 6245-6292; ORCID: 0000-0001-5523-112X; e-mail: sdr.r.s@yandex.ru

Калинин Роман Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор; заведующий кафедрой сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики; eLibrary SPIN: 5009-2318; ORCID: 0000-0002-0817-9573; e-mail: kalinin-re@yandex.ru

Сучков Игорь Александрович, д-р мед. наук, профессор; профессор кафедры сердечно-сосудистой, рентгенэндоваскулярной хирургии и лучевой диагностики; eLibrary SPIN: 6473-8662; ORCID: 0000-0002-1292-5452; e-mail: suchkov_med@mail.ru

Швальб Александр Павлович, канд. мед. наук; заведующий отделом судебно-медицинской гистологии; ORCID: 0000-0001-8563-0439; e-mail: shvalbalik@yandex.ru

Гузаиров Дмитрий Владиславович, ассистент кафедры гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; eLibrary SPIN: 3501-8157; ORCID: 0009-0002-1943-2244; e-mail: sdr.r@mail.ru

Ethics approval. The study was approved from the Local Ethics Committee of the Ryazan State Medical University (Protocol No. 4 of November 09, 2021).

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality. The authors did not use previously published information (text, illustrations, data) when creating work.

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

Peer-review. Two reviewers and a member of the editorial board participated in the review.

Authors' Info:

✉ **Vyacheslav V. Karpov**, MD, Cand. Sci. (Medicine); Candidate of the Department of Cardiovascular, X-ray Endovascular Surgery and Radiation Diagnostics; eLibrary SPIN: 6245-6292; ORCID: 0000-0001-5523-112X; e-mail: sdr.r.s@yandex.ru

Roman E. Kalinin, MD, Dr. Sci. (Medicine); Professor; Head of the Department of Cardiovascular, X-ray Endovascular Surgery and Radiology; eLibrary SPIN: 5009-2318; ORCID: 0000-0002-0817-9573; e-mail: kalinin-re@yandex.ru

Igor A. Suchkov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; Professor of the Department of Cardiovascular, X-ray Endovascular Surgery and Radiology; eLibrary SPIN: 6473-8662; ORCID: 0000-0002-1292-5452; e-mail: suchkov_med@mail.ru

Aleksandr P. Shvalb, MD, Cand. Sci. (Medicine); Head of the Forensic Histology Department; ORCID: 0000-0001-8563-0439; e-mail: shvalbalik@yandex.ru

Dmitriy V. Guzairov, Assistant of the Department of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; eLibrary SPIN: 3501-8157; ORCID: 0009-0002-1943-2244; e-mail: sdr.r@mail.ru

Черданцева Татьяна Михайловна, д-р мед. наук, профессор;
заведующий кафедрой гистологии, патологической анатомии и
медицинской генетики;
eLibrary SPIN: 3773-8785;
ORCID: 0000-0002-7292-4996;
e-mail: cherdan.morf@yandex.ru

Tatyana M. Cherdantseva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
Head of the Department of Histology, Pathological Anatomy and
Medical Genetics;
eLibrary SPIN: 3773-8785;
ORCID: 0000-0002-7292-4996;
e-mail: cherdan.morf@yandex.ru

Вклад авторов:

Карпов В.В. — сбор материала, статистическая обработка
данных, написание текста;
Калинин Р.Е. — концепция и дизайн исследования;
Сучков И.А. — анализ полученных данных, редактирование;
Швальб А.П. — концепция и дизайн исследования;
Гузайров Д.В. — анализ полученных данных;
Черданцева Т. М. — редактирование.
Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации),
согласились нести ответственность за все аспекты работы,
гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов,
связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Author contributions:

Karpov V.V. — collection of material, statistical processing of data,
writing the text;
Kalinin R.E. — concept and design of the study;
Suchkov I.A. — analysis of data obtained, editing;
Shvalb A.P. — concept and design of the study;
Guzairov D.V. — analysis of data obtained;
Cherdantseva T.M. — editing.
All authors approved the manuscript (the publication version), and
also agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring
proper consideration and resolution of issues related to the accuracy
and integrity of any part of it.