

Флуоресцентная ангиография мочеточника с индоцианином зеленым в профилактике урологических осложнений трансплантации почки

А.В. Шабунин^{1,2}, П.А. Дроздов¹, М.Г. Минина¹, И.В. Нестеренко¹, Г.С. Михайлянц², Д.В. Матвеев², Д.А. Соломатин¹, И.И. Курбанов³, А.И. Юрик^{✉3}, Л.И. Гималтдинова³

¹ ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ,

125284, Россия, Москва, 2-й Боткинский пр-д, д. 5;

² Кафедра хирургии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ,

125993, Россия, Москва, Баррикадная ул., д. 2/1, стр. 1;

³ ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет),
119048, Россия, Москва, Трубецкая ул., д. 8, стр. 2

✉ Автор, ответственный за переписку: Алексей Игоревич Юрик, студент 4-го курса Института клинической медицины Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, a.i.yurik@mail.ru

Аннотация

Актуальность. Одними из самых распространенных осложнений трансплантации почки являются урологические. Согласно данным литературы, ключевую роль в развитии рассматриваемой группы осложнений играет локальная ишемия тканей. Многими исследованиями была доказана эффективность и безопасность применения флуоресцентной визуализации с использованием индоцианина зеленого (ИЦЗ) для оценки кровоснабжения различных органов, однако данный метод не имеет широкого распространения в рамках трансплантации почки.

Цель. Улучшение результатов трансплантации почки посредством внедрения протокола флуоресцентной ангиографии мочеточника с ИЦЗ в профилактике урологических осложнений.

Материал и методы. В ретроспективное исследование включен анализ результатов лечения 294 реципиентов почки. Группу I составили 233 пациента, оперированных с 2018 по 2021 год. Во всех наблюдениях неоуретероцистоанастомоз формировался по экстравезикальной антирефлюксной методике. В данной группе были проанализированы частота и факторы риска развития урологических осложнений. На основании результатов анализа был разработан и внедрен в клиническую практику алгоритм формирования неоуретероцистоанастомоза с использованием флуоресцентной ангиографии с ИЦЗ. В случае положительного результата – удовлетворительной флуоресценции мочеточника на всем протяжении, неоуретероцистоанастомоз формировался по стандартной методике, описанной выше. В случае отрицательного результата мочеточник иссекался в пределах удовлетворительно кровоснабжаемой зоны и формировался анастомоз с мочевым пузырем по бестуннельной технике. Методика флуоресцентной ангиографии была использована у 61 реципиента, оперированного с 2022 по 2023 год и составившего группу II данного исследования.

Результаты. В группе I частота развития урологических осложнений трансплантации почки составила 12,0% (28/233). Ни для одного из потенциальных факторов риска развития урологических осложнений статистически значимой связи выявлено не было. В 7 наблюдениях группы II на основании отрицательных результатов флуоресцентной ангиографии потребовалась резекция мочеточника на большом протяжении и формирование анастомоза без антирефлюксного тоннеля. В сравнительном клиническом исследовании использование флуоресцентной ангиографии привело к трехкратному снижению риска развития всех урологических осложнений в группе II: 28 (12%) по сравнению с II (3,3%), $p=0,045$.

Выводы. Флуоресцентная ангиография мочеточника трансплантированной почки является эффективным и безопасным методом интраоперационной визуализации. Использование данной технологии способствует объективной оценке перфузии и обеспечивает возможность формирования неоуретероцистоанастомоза в пределах удовлетворительно кровоснабжаемых тканей, что в свою очередь снижает вероятность развития урологических осложнений.

Ключевые слова: трансплантация почки, урологические осложнения, флуоресцентная ангиография, индоцианин зеленый

Конфликт интересов Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Для цитирования: Шабунин А.В., Дроздов П.А., Минина М.Г., Нестеренко И.В., Михайлянц Г.С., Матвеев Д.В. и др. Флуоресцентная ангиография мочеточника с индоцианином зеленым в профилактике урологических осложнений трансплантации почки. *Трансплантология*. 2025;17(3):259–270. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2025-17-3-259-270>

© Шабунин А.В., Дроздов П.А., Минина М.Г., Нестеренко И.В., Михайлянц Г.С., Матвеев Д.В., Соломатин Д.А., Курбанов И.И., Юрик А.И., Гималтдинова Л.И., 2025

Fluorescence ureteral angiography with indocyanine green for the prevention of urological complications in kidney transplantation

A.V. Shabunin^{1,2}, P.A. Drozdov¹, M.G. Minina¹, I.V. Nesterenko¹, G.S. Mikhayliants²,
D.V. Matveev², D.A. Solomatin¹, I.I. Kurbanov³, A.I. Yurik^{✉3}, L.I. Gimaltdinova³

¹ Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin,
5 2-nd Botkinskiy Dr., Moscow 125284 Russia;

² Department of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education,
2/1 Bldg. 1 Barrikadnaya St., Moscow 125993 Russia;

³ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University),
8 Bldg. 2 Trubetskaya St., Moscow 119048 Russia

✉Corresponding author: Aleksey I. Yurik, 4th year student of the Institute of Clinical Medicine,
I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), a.i.yurik@mail.ru

Abstract

Background. Some of the most common complications following kidney transplantation are urological complications. According to the literature, local tissue ischemia plays a crucial role in their development. Numerous studies have confirmed the effectiveness and safety of fluorescence imaging with indocyanine green (ICG) for assessing organ perfusion. However, this technique has not yet been widely integrated into kidney transplantation practice.

Objective. Improving kidney transplantation outcomes through the implementation of a fluorescent ureteral angiography protocol with ICG for the prevention of urological complications.

Material and method. This retrospective study analyzed the treatment outcomes in 294 kidney transplant recipients. Group I included 233 patients who underwent transplantation between 2018 and 2021. Neoureterocystoanastomosis was performed in all cases using Barry's extravesical anti-reflux technique. The incidence and risk factors for urological complications were assessed. Based on these findings, a fluorescence-guided approach to forming the Neoureterocystoanastomosis was developed and implemented into clinical practice. If fluorescence imaging confirmed satisfactory ureteral perfusion, the anastomosis was performed using the standard method. If fluorescence findings were unfavourable, an excessive ureteral length was resected within the well-perfused zone, and a non-tunneled anastomosis was performed. Group II included 61 kidney transplant recipients operated on between 2022 and 2023, who underwent transplantation using this fluorescence-guided method.

Results. The incidence of urological complications in Group I was 12.0% (28/233). No significant correlation was identified between complications and potential risk factors. In seven cases in Group II, unfavourable fluorescence findings required extended ureteral resection and non-tunneled anastomosis. A comparative analysis demonstrated that the use of fluorescence angiography reduced the risk of urological complications three-fold (12% vs. 3.3%, $p=0.045$).

Conclusions. Fluorescence angiography of the transplanted kidney ureter is a safe and effective imaging technique that contributes to preventing urological complications. This approach ensures anastomosis formation within well-perfused tissues, reducing postoperative risks and improving transplant outcomes.

Keywords: kidney transplantation, urological complications, fluorescence angiography, indocyanine green

CONFLICT OF INTERESTS Authors declare no conflict of interest

FINANCING The study was performed without external funding

For citation: Shabunin AV, Drozdov PA, Minina MG, Nesterenko IV, Mikhayliants GS, Matveev DV, et al. Fluorescence ureteral angiography with indocyanine green for the prevention of urological complications in kidney transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2025;17(3):259–270. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2025-17-3-259-270>

ДИ – доверительный интервал
ИМТ – индекс массы тела
ИЦЗ – индоцианин зеленый

ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии
DBD – смерть головного мозга
DCD – остановка сердечной деятельности

Введение

В настоящее время одними из самых распространенных осложнений трансплантации почки являются урологические. По данным отдельных

исследований, частота их развития достигает 30% [1, 2]. Рассматриваемая группа состояний значительно увеличивает срок восстановления реципиента, в некоторых случаях снижая качество его жизни в долгосрочной перспективе. Несмотря на

то, что сами по себе урологические осложнения редко становятся непосредственной причиной потери трансплантата, на фоне иммуносупрессивной терапии они ассоциированы с развитием тяжелых инфекционных осложнений, повышающих не только вероятность гибели органа, но и летальность среди самих реципиентов [3]. К рассматриваемой группе в рамках данной работы относятся такие осложнения, как мочевой затек в исходе несостоятельности неоуретероцистоанастомоза и стриктура мочеточника.

Принято считать, что мочевой затек развивается в раннем послеоперационном периоде, его распространенность достигает 9,3% [4]. Его формирование может быть обусловлено техническими ошибками во время операции, приводящими к нарушению целостности анастомоза либо способствующими развитию локальной ишемии [5]. Среди наиболее вероятных – чрезмерная скелетизация мочеточника, прорезывание швов анастомоза вследствие избыточной тракции, а также различные травмы органа в ходе его забора, консервации или этапа “back table”. Считается, что значительно повышает риск развития данного осложнения грубая и чрезмерная диссекция в области так называемого золотого треугольника, приводящая к повреждению сосудов, отходящих в воротах трансплантата и непосредственно кровоснабжающих мочеточник [6].

Несколько чаще среди послеоперационных осложнений встречается формирование стриктур мочеточника – до 15% [7]. По сроку развития их можно классифицировать как ранние и поздние. Поздние стриктуры связывают с воспалительным процессом, развивающимся вследствие бактериальных и вирусных инфекций. Причины формирования ранних стриктур схожи с таковыми при развитии мочевого затека [8]. С технической точки зрения причиной развития стриктуры неоуретероцистоанастомоза нередко становится применение непрерывного шва, способствующее ишемии стенки мочеточника или же сужению его просвета.

Таким образом, согласно данным литературы, ключевую роль в развитии рассматриваемых урологических осложнений играет именно ишемия тканей. Ввиду особенностей кровоснабжения наибольшему риску ишемизирования подвержены дистальные отделы мочеточника [9]. Многими исследованиями была доказана эффективность и безопасность применения флуоресцентной визуализации с использованием индоцианина зеленого (ИЦЗ) для оценки кровоснабжения различных

абдоминальных органов, подверженных риску ишемизирования вследствие особенностей оперативных вмешательств [10, 11]. Тем не менее на данный момент опыт применения рассматриваемой технологии в рамках трансплантации почки невелик. В связи с этим целью нашей работы стало улучшение результатов трансплантации почки за счет разработки и внедрения в практику протокола флуоресцентной ангиографии мочеточника почечного трансплантата.

Задачи

1. Определить факторы риска развития урологических осложнений трансплантации почки
2. Разработать и внедрить в клиническую практику алгоритм формирования неоуретероцистоанастомоза с использованием флуоресцентной ангиографии с ИЦЗ, оценить его чувствительность и специфичность в рамках определения ишемии дистального отдела мочеточника.
3. Провести сравнительный анализ частоты развития урологических осложнений при стандартном подходе и применении флуоресцентной ангиографии мочеточника с ИЦЗ.

Материал и методы

В рамках ретроспективного исследования проведен анализ результатов лечения 294 пациентов, которым была выполнена аллотрансплантация почки в ГБУЗ ММНКИЦ им. С.П. Боткина ДЗМ в период с 2018 по 2023 год. Группу I составили 233 пациента, оперированных с 2018 по 2021 год. Мужчин было 114 (48,9%), женщин – 119 (51,1%). Медиана возраста пациентов составила 45 лет (30;58), медиана индекса массы тела (ИМТ) – 25,7 кг/м² (22,3;28,1). Во всех наблюдениях трансплантация почки была выполнена от посмертного донора: в 214 наблюдениях от донора с констатированной смертью головного мозга (DBD), в 19 – от донора с необратимой остановкой сердечной деятельности (DCD). Медиана возраста доноров составила 52 года (23;69), медиана ИМТ – 29,3 кг/м² (24,8;35,3). Среди доноров с констатированной смертью головного мозга 105 (49,1%) были отнесены к категории расширенных критериев. В 14 наблюдениях (6%) почечный трансплантат имел 2 и более артерий. Медиана времени статической холодовой консервации составила 12,4 часа (10,1;14,7), медиана времени вторичной тепловой ишемии – 40 минут (30;45).

Стандартная техника формирования неоуретероцистоанастомоза

Во всех наблюдениях группы I неоуретероцистоанастомоз формировался по экстравезикальной антирефлюксной методике Barry (рис. 1). В мышечной оболочке мочевого пузыря по направлению к лонному сочленению формировались два отверстия на расстоянии 2 см друг от друга. В подслизистом туннеле проводили мочеточник нефротрансплантата, после чего выполняли его анастомоз со слизистой оболочкой мочевого пузыря узловыми швами PDS 6-0 с обязательной установкой внутреннего double-j стента на 14 суток. Отверстия в детрузоре ушивали отдельными узловыми швами.



Рис. 1. Экстравезикальная техника формирования неоуретероцистоанастомоза

Fig. 1. Extravesical technique for forming neoureterocystoanastomosis

В ретроспективной группе I были проанализированы частота и факторы риска развития урологических осложнений. На основании результатов анализа был разработан и внедрен в клиническую практику алгоритм формирования неоуретероцистоанастомоза с использованием флуоресцентной ангиографии с ИЦЗ.

Формирование неоуретероцистоанастомоза с использованием флуоресцентной ангиографии

Флуоресцентную ангиографию выполняли с использованием визуализационной системы IMAGE1 S™ RUBINA (Karl Storz SE & Co. KG, Германия). После выполнения реперфузии почечного трансплантата внутривенно вводили ИЦЗ в расчетной дозе 0,2 мг/кг. В режиме наложения ближнего инфракрасного света на белый свет фиксировали флуоресценцию препарата в ткани мочеточника. В случае положительного результата – удовлетворительной флуоресценции мочеточника на всем протяжении (рис. 2) – неоуретероцистоанастомоз формировался по стандартной методике, описанной выше. В случае отрицательного результата, когда фиксировалась гипоперфузия дистальной части мочеточника

(рис. 3), ишемизированный участок иссекали в пределах удовлетворительно кровоснабжаемой зоны и формировали анастомоз с мочевым пузырем по бестуннельной технике.

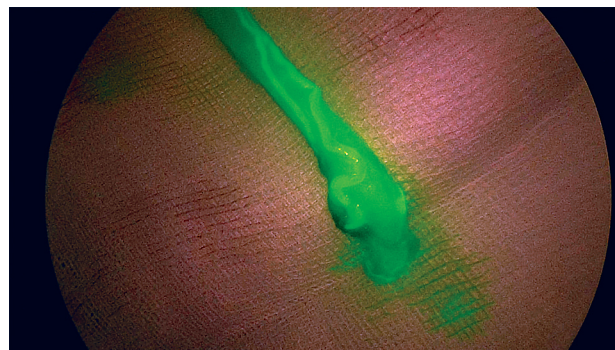


Рис. 2. Интраоперационная фотография. Положительный результат флуоресцентной ангиографии: интенсивность флуоресценции мочеточника одинакова на всем протяжении

Fig. 2. Intraoperative photograph. Favourable fluorescence angiography result: the ureteral fluorescence intensity is the same throughout the entire length

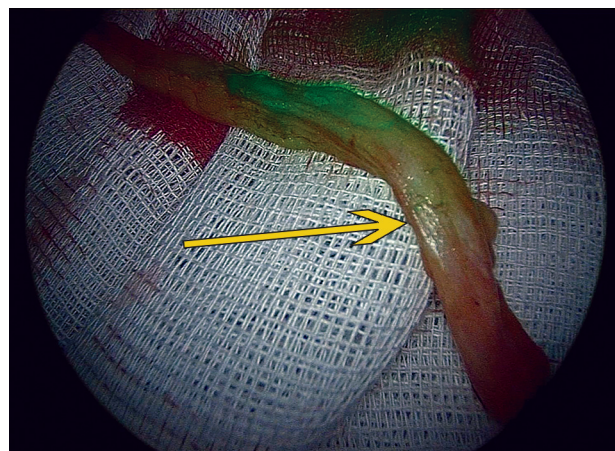


Рис. 3. Интраоперационная фотография. Отрицательный результат флуоресцентной ангиографии: интенсивность флуоресценции дистальной части мочеточника снижена (указано стрелкой)

Fig. 3. Intraoperative photograph. Unfavourable fluorescence angiography result: the fluorescence intensity of the distal ureter is reduced (indicated by the arrow)

В каждом случае резецированную часть мочеточника отправляли на плановое гистологическое исследование, где определяли степень ишемии. Результаты флуоресцентной ангиографии и гистологического исследования впоследствии сопоставляли с определением чувствительности и специфичности разработанной методики в отношении ишемии.

Методика флуоресцентной ангиографии была использована у 61 реципиента. Они были оперированны с 2022 по 2023 год и составили группу II данного исследования. Мужчин было 24 (39,3%), женщин – 37 (60,7%). Медиана возраста составила 49 (31;67) лет, медиана ИМТ – 27,8 (20;30,4) кг/м². В 58 случаях органы были получены от доноров с констатированной DBD, в 3 – от доноров с необратимой DCD. Медиана возраста доноров составила 54 (21;67) года, медиана ИМТ – 32,7 (25,8;38,6) кг/м². Среди доноров с констатированной смертью головного мозга 25 (43,1%) были отнесены к категории расширенных критериев. В 4 наблюдениях (6,6%) почечный трансплантат имел 2 и более артерий. Медиана времени статической холодовой консервации составила 13,1 (11,3;15,1) часа, медиана времени вторичной тепловой ишемии – 35 (33;40) минут. Между группами не было выявлено статистически значимых различий ($p>0,05$) по основным исходным характеристикам реципиентов, доноров и периперационным показателям (табл. 1).

Для стратификации урологических осложнений после трансплантации почки применена упрощенная буквенная классификация (А–Е), основанная на степени необходимого вмешательства и потенциальной угрозе для трансплантата. Класс А соответствует бессимптомным изменениям, не требующим лечения; класс В – легким осложнениям, устраняемым медикаментозно; класс С – осложнениям, требующим минимального вмешательства (катетеризация, установка стента); класс D – осложнениям, при которых требуется инвазивное вмешательство под анестезией (например, хирургическая ревизия анастомоза); класс Е – тяжелым осложнениям, угрожающим жизни или приводящим к потере трансплантата.

Статистическая обработка и анализ данных

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics для Windows, версия 26.0 (IBM Corp., Армонк, Нью-Йорк, США). Для сравнения двух групп количественных показателей при нормальном распределении (в зависимости от равенства дисперсий) применяли t-критерий Стьюдента либо t-критерий Уэлча. В случае ненормального распределения количественных данных использовали U-критерий Манна–Уитни (для двух групп) и критерий Краскела–Уоллиса (для трех групп и более). Сравнение качественных переменных производили с применением χ^2 -крите-

рия Пирсона либо точного критерия Фишера. Статистически значимыми считались различия при $p<0,05$. Выживаемость реципиентов и трансплантатов оценивали методом Каплана–Мейера. Для оценки диагностической ценности предложенного метода рассчитывали чувствительность, специфичность, положительную и отрицательную прогностические ценности.

Таблица 1. Сравнительная характеристика групп исследования

Table 1. Comparative characteristics of the study groups

Показатель	Группа I, n=233	Группа II (ИЦЗ), n=61	p
Характеристики реципиентов			
Возраст, лет	45 (30;58)	49 (31;67)	0,53
Мужской пол, n (%)	114 (48,9%)	24 (39,3%)	0,107
ИМТ реципиента, кг/м ²	25,7 (22,3;28,1)	27,8 (20;30,4)	0,325
Уровень гемоглобина, г/л	106,5 (102,2;110,9)	110,5 (95,8;116,4)	0,29
Продолжительность нахождения на диализе, мес	21 (19;26)	19 (15;24)	0,267
Периоперационные параметры			
Время холодовой консервации, ч	12,4 (10,1;14,7)	13,1 (11,3;15,1)	0,29
Длительность операции, ч	3,8 (2,7;5,5)	4,3 (3,1;5,9)	0,457
Вторичная тепловая ишемия, мин	40 (30;45)	35 (33;40)	0,28
Характеристики доноров			
Возраст, лет	52 (23;69)	54 (21;67)	0,433
Мужской пол, n (%)	124 (53,2%)	28 (45,9%)	0,31
ИМТ донора, кг/м ²	29,3 (24,8;35,3)	32,7 (25,8;38,6)	0,225
Время нахождения донора в ОРИТ, часов	43 (36;63)	39 (34;58)	0,101
Доза норадреналина >1000 нг/мл либо 2 вазопрессора, n (%)	13 (34,7%)	7 (41,1%)	0,64
Креатинин сыворотки крови, мкмоль/л	125,4 (97,1;163,8)	134,9 (89;171,2)	0,21
Донор:			
С остановкой кровообращения	19	3	0,84
С расширенными критериями	105	25	0,43
Стандартный	109	33	0,54
Количество артерий в трансплантате			
1	219 (93,9%)	57 (93,5%)	0,997
2 и более	14 (6,1%)	4 (6,5%)	

Примечание: ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии

Результаты

В группе I частота развития урологических осложнений трансплантации почки составила 12,0% (28/233). В 3/28 наблюдениях (10,7%) отмечены осложнения класса В, являющиеся мочевыми затеками и купированные консервативно посредством установки уретрального катетера. Осложнения класса С, потребовавшие нефростомии и установки стента в мочеточник трансплантата, обнаружены у 7/28 пациентов (25%) и являлись стриктурами. В 18/28 наблюдениях (64,3%) урологические осложнения относились к классу D и потребовали повторных хирургических вмешательств с формированием ренеоуретероцистоанастомоза: в 6 случаях они представляли собой несостоятельность мочеточничко-пузырного анастомоза и в 12 – стриктуру мочеточника трансплантата. На первом этапе исследования нами были проанализированы факторы, способные повлиять на развитие урологических осложнений, однако ни для одного из них статистически значимой связи выявлено не было (табл. 2).

На втором этапе нами были проанализированы безопасность и эффективность разработанного протокола формирования неоуретероцистоанастомоза с использованием флуоресцентной ангиографии. Согласно результатам гистологи-

ческого исследования, ишемия дистальной части мочеточника (рис. 4) была выявлена в 12 наблюдениях (19,0%) из 63, при этом в 11 случаях ИЦЗ-флуоресцентная ангиография корректно выявила нарушение перфузии. В 2 случаях ангиография ошибочно указала на ишемию при отсутствии ее гистологического подтверждения, что расценивалось как ложноположительный результат.

Так, чувствительность и специфичность методики в отношении ишемии мочеточника составили 91,7% и 96,1%, положительная прогностическая ценность – 84,6%, отрицательная прогностическая ценность – 98%. В 7 наблюдениях группы II на основании отрицательных результатов флуоресцентной ангиографии потребовалась резекция мочеточника на большом протяжении и формирование анастомоза без антирефлюксного тоннеля. В сравнительном клиническом исследовании использование флуоресцентной ангиографии привело к трехкратному снижению риска развития всех урологических осложнений в группе II: 28 (12%) по сравнению с 2 (3,3%), $p=0,045$. В одном случае была диагностирована стриктура неоуретероцистоанастомоза, устраненная с помощью эндоурологического вмешательства; в другом развилась стриктура, потребовавшая открытой хирургической реконструкции. По остальным показателям раннего и отдаленного

Таблица 2. Факторы риска развития урологических осложнений трансплантации почки
Table 2. Risk factors for the development of urological complications of kidney transplantation

Показатель	Без осложнений (уровень А), n=214	Наличие урологических ослож- нений (уровень В–D), n=28	p
Факторы риска со стороны реципиента			
Возраст реципиента, лет	45 (36;48)	46 (34;49)	0,53
Мужской пол реципиента, n (%)	105 (49,0%)	9 (47,3%)	0,107
ИМТ реципиента, кг/м²	25,4 (22,1;28,4)	26,8 (23,9;28,2)	0,325
Продолжительность нахождения на диализе, мес.	21 (19;26)	24 (23;28)	0,29
Уровень гемоглобина, г/л	106,3 (102,6;110,4)	104,8 (100,7;107,6)	0,267
Факторы риска со стороны донора			
ИМТ донора, кг/м²	27,6 (23,3;28,2)	31,7 (25,4;36,8)	0,345
Возраст донора, лет	49 (36;63)	53 (41;66)	0,3
Донор:			
С остановкой кровообращения	10	9	0,745
С расширенными критериями	64	41	0,41
Стандартный	47	62	0,62
Количество артерий в трансплантате:			
1	108	111	0,76
2	6	8	
Периоперационные факторы риска			
Время холодовой консервации, ч	12,4 (10,1;14,7)	12,1 (9,9;13,8)	0,12
Вторичная тепловая ишемия, мин	35 (35;40)	40 (35;45)	0,23

послеоперационного периода, в числе которых функция трансплантата, длительность госпитализации, частота развития отторжения трансплантата и других хирургических осложнений статистически значимых различий выявлено не было ($p>0,05$). Результаты клинического этапа исследования представлены в табл. 3.

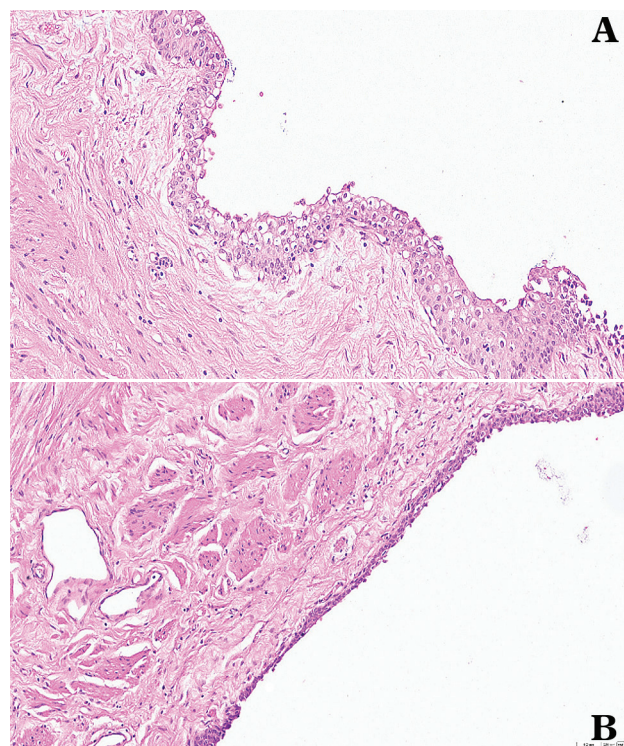


Рис. 4. Микрофотография. Гистологическое исследование резецированной части мочеточника трансплантата. А – край мочеточника с неизмененным эпителием и незначительным отеком слизистой оболочки (соответствует положительному результату), Б – край мочеточника с уплощенным эпителием, выраженным отеком слизистой оболочки, неравномерным наполнением кровеносных сосудов (соответствует отрицательному результату)

Fig. 4. Microphotography. Histological examination of the resected portion of the graft ureter. A, the ureter edge with intact epithelium and slight swelling of the mucous membrane (corresponds to a favourable result); B, the ureter edge with flattened epithelium, pronounced swelling of the mucous membrane, uneven filling of blood vessels (corresponds to a unfavourable result)

Нами была рассчитана однолетняя выживаемость реципиентов и трансплантатов для обеих групп. В группе I она составила 94,8% (95% ДИ [93,3–96,3]) и 93,6% (95% ДИ [92–95,2]) соответственно, в группе II – 96,6% (95% ДИ [94,2–99]) и 91,8% (95% ДИ [88,3–95,3]) (рис. 5, 6).

Таблица 3. Сравнительный анализ результатов трансплантации почки в зависимости от применения флуоресцентной ангиографии мочеточника

Table 3. Comparative analysis of kidney transplantation results in relation to the use of ureteral fluorescence angiography

Показатель	Группа I, n=233	Группа II (ИЦЗ), n=61	p
Длительность нахождения в ОРИТ, сут	2 (1;8)	3 (2;7)	0,65
Длительность госпитализации, сут	23 (17;35)	24 (15;29)	0,76
Частота развития отсроченной функции почечного трансплантата, n (%)	95 (40,7%)	26 (42,6%)	0,1
Другие хирургические осложнения, n (%)	80 (34,3%)	21 (36,0%)	0,106
Частота развития отторжений, n (%)	15 (6,4%)	7 (11,4%)	0,383
Частота развития урологических осложнений (класс B–D), n (%)	28 (12%)	2 (3,3%)	0,045
Средний уровень креатинина плазмы на момент выписки, мкмоль/л	158,9 (95% ДИ [153,1–164,7])	164,7 (95% ДИ [158,4–171,0])	0,365
Средний уровень креатинина плазмы через 12 месяцев, мкмоль/л	125,4 (95% ДИ [120,3–130,7])	130,6 (95% ДИ [125–136,2])	0,74
Медиана сроков наблюдения за реципиентами, мес	42 (29;46)	21 (18;23)	<0,001

Примечание: ДИ – доверительный интервал

Обсуждение

В настоящее время трансплантация почки является золотым стандартом заместительной почечной терапии для пациентов с 5-й стадией хронической болезни почек [12]. Данный метод имеет ряд преимуществ, однако сопряжен с развитием характерных осложнений, способных привести к потере трансплантата, необходимости возврата к диализу и даже тяжелой инвалидизации реципиента. Среди них отторжение трансплантата, непереносимость иммуносупрессивной терапии, артериальные и венозные тромбозы, стеноз сосудов. Кроме того, велик риск развития раневой инфекции на фоне иммуносупрессии или выраженной лимфореи [13]. Урологические осложнения также не уступают в частоте возникновения перечисленным выше. Внедрение новых технологий, способствуя повышению прецизионности и деликатности работы хирурга, определенно положительным образом сказывается на результатах проводимых вмешательств [14]. Так, в нашей выборке, состоящей из 294 реципиентов,

развитие урологических осложнений наблюдалось у 30 пациентов (10,2%), среди которых были выявлены 9 случаев несостоятельности (3,1%) и 21 наблюдение стриктуры (7,1%). Стриктуры среди наших пациентов встречались более чем в 2 раза чаще по сравнению с мочевыми затеками.

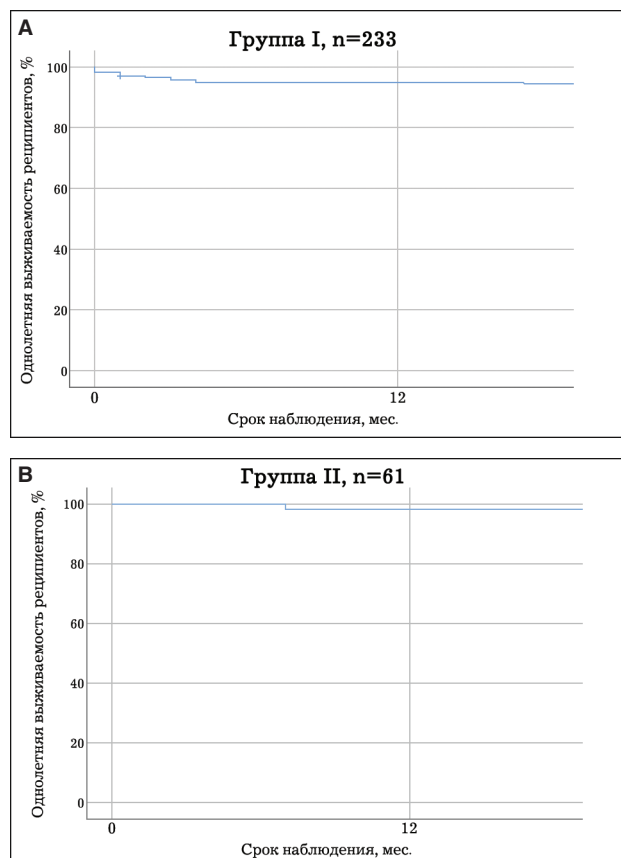


Рис. 5. Однолетняя выживаемость реципиентов. А – группа I, Б – группа II

Fig. 5. One-year recipient survival rate. A, group I; B, group II

Большинство авторов отмечают особенности хирургической техники формирования неоуретероцистоанастомоза и локальную ишемию тканей как ключевые факторы, повышающие риск развития стриктур при трансплантации почки. Ни одна из характеристик донора, реципиента или особенностей послеоперационного периода, рассмотренных нами, не обладала статистической значимостью для нашей выборки в рамках развития урологических осложнений. Таким образом, учитывая данные литературы и наш личный опыт, мы пришли к выводу, что ключевым в профилактике развития рассматриваемых состояний

является формирование неоуретероцистоанастомоза в пределах хорошо кровоснабжаемых тканей. На основании этого и был предложен подход к выбору наиболее благоприятного варианта формирования анастомоза донорского мочеточника и мочевого пузыря реципиента в группе II. Однако в ряде исследований, посвященных сравнительному анализу различных методик формирования неоуретероцистоанастомоза при трансплантации почки, отмечена повышенная частота развития пиелонефритов при использовании техник без антирефлюксной защиты [15]. Это осложнение представляет серьезную угрозу для функционирования трансплантата и может приводить к его потере, а в отдельных случаях – к смертельному исходу. Тем не менее по данным нашего исследования однолетняя выживаемость как реципиентов, так и трансплантатов оказалась сопоставимой в обеих группах.

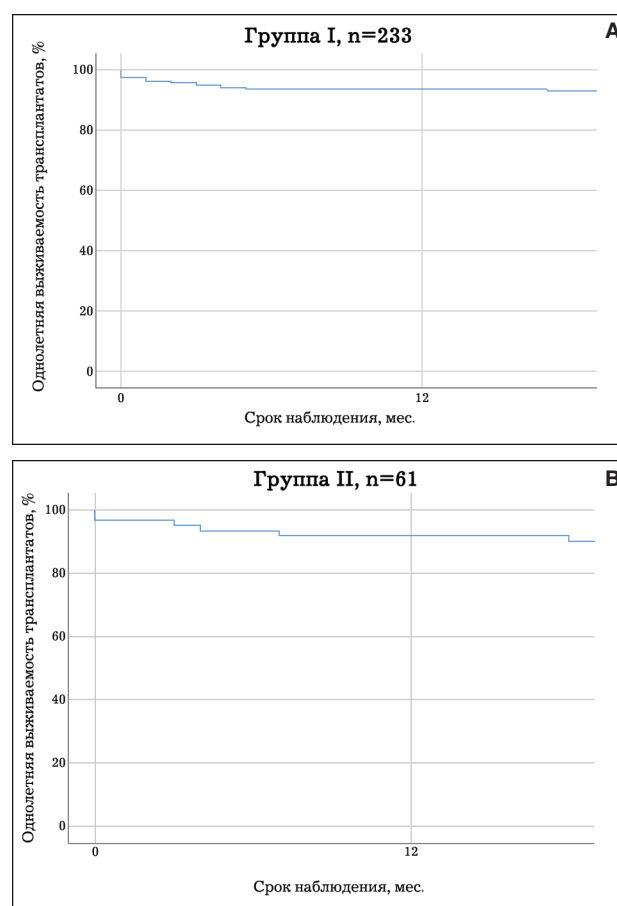


Рис. 6. Однолетняя выживаемость трансплантатов. А – группа I, Б – группа II

Fig. 6. One-year graft survival rate. A, group I; B, group II

Следует отметить, что, согласно ряду публикаций, формирование неоуретероцистоанастомоза с антирефлюксной защитой может повышать риск развития стенозов, что в свою очередь требует дополнительных вмешательств и может ухудшать функциональные результаты трансплантации [16]. Таким образом, оба варианта имеют как преимущества, так и определенные ограничения, а выбор конкретного подхода, по нашему мнению, должен определяться клинической ситуацией и опытом оперирующего хирурга. Кроме того, в литературе описана методика пиелоуретероанастомоза с использованием нативного мочеточника реципиента [17]. Этот вариант может рассматриваться как оптимальный в случаях, когда длина или кровоснабжение донорского мочеточника значительно ограничены, однако мы склонны считать данную технику обременительной ввиду необходимости ипсилатеральной нефрэктомии у большинства реципиентов.

Оценка интенсивности кровотока из культи мочеточника не всегда позволяет адекватно судить об отсутствии ишемии участка, выбранного для формирования анастомоза. На рис. 3 представлено интраоперационное фото с применением флуоресцентной ИЦЗ-визуализации. Отчетливо видна зона гипоперфузии дистальной части мочеточника, в области которой формирование анастомоза недопустимо, однако при проведенной ранее визуальной оценке никаких отличий от здоровых тканей выявлено не было. Технология применения ИЦЗ с целью визуализации кровоснабжения и профилактики ишемии тканей тех или иных органов в ходе хирургических вмешательств широко распространена во всем мире. Вместе с тем данных об использовании флуоресцентной ИЦЗ-визуализации при трансплантации почки, в частности с целью профилактики урологических осложнений, сравнительно мало. Нами было найдено 4 работы, посвященных данному методу: 3 небольших проспективных исследования и 1 крупное ретроспективное [18–21]. Р. Kanammit et al. (2021) применяли ИЦЗ в серии трупных трансплантаций почки. В исследование были включены 10 реципиентов, кровоснабжение дистальных участков мочеточника трансплантатов которых визуализировали с применением ИЦЗ, далее они были резецированы и отправлены на гистологическое исследование. На основании анализа 31 препарата, авторы установили, что чувствительность предлагаемого метода составляет 100%, а специфичность –

92,6%. Определенный интерес представляет работа A.L.H. Gerken et al. (2022) из клинического университета в Мангейме. В ходе исследования ретроспективно была собрана крупная выборка, представлены 196 визуализаций кровоснабжения мочеточника, а также продемонстрирована эффективность рассматриваемого метода в визуализации его перфузии. Однако ни в одной работе не было статистически доказано преимущество ИЦЗ-визуализации над классическим принципом оценки кровоснабжения мочеточника.

В нашем исследовании рассматриваемая методика зарекомендовала себя как эффективный подход к визуализации кровоснабжения мочеточника, что в каждом случае было подтверждено результатами морфологического исследования. По нашим данным, чувствительность рассматриваемого метода составляет 91,7%, специфичность – 96,1%. Формирование неоуретероцистоанастомоза в пределах хорошо кровоснабжаемых тканей позволило снизить частоту развития урологических осложнений после трансплантации почки с 12 до 3,3% ($p=0,045$).

Заключение

Таким образом, флуоресцентная ангиография мочеточника транспантированной почки является эффективным и безопасным методом профилактики урологических осложнений, позволяющим формировать неоуретероцистоанастомоз в пределах удовлетворительно кровоснабжаемых тканей.

Выводы

1. Среди проанализированных потенциальных факторов риска развития урологических осложнений статистически значимой связи выявлено не было.
2. Разработанный нами алгоритм флуоресцентной ангиографии мочеточника почечного трансплантата перед формированием неоуретероцистоанастомоза позволяет определить степень его кровоснабжения с чувствительностью 91,7% и специфичностью 96,1%.
3. Использование флуоресцентной ангиографии перед формированием неоуретероцистоанастомоза в ходе трансплантации почки позволяет снизить частоту урологических осложнений данной операции с 12 до 3,3% ($p=0,045$).

Список литературы/References

1. Slagt IK, Ijzermans JN, Visser LJ, Weimar W, Roodnat JJ, Terkivatan T. Independent risk factors for urological complications after deceased donor kidney transplantation. *PLoS One*. 2014;9(3):e91211. PMID: 24608797 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091211>
2. Хубутия М.Ш., Дмитриев И.В., Балкаров А.Г., Анисимов Ю.А., Шмарина Н.В., Загородникова Н.В. и др. Трансплантация почки в одном трансплантационном центре: результаты, выводы, перспективы. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2024;26(4):90–99. Khubutia MSh, Dmitriev IV, Balkarov AG, Anisimov YuA, Shmarina NV, Zagorodnikova NV, et al. Single-center experience in kidney transplantation: outcomes, conclusions, and perspectives. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2024;26(4):90–99. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2024-4-90-99>
3. Neri F, Tsivian M, Cocolini F, Bertelli R, Cavallari G, Nardo B, et al. Urological complications after kidney transplantation: experience of more than 1,000 transplantations. *Transplant Proc*. 2009;41(4):1224–1226. PMID: 19460524 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2009.03.044>
4. Kayler L, Kang D, Molmenti E, Howard R. Kidney transplant ureteroneocystostomy techniques and complications: review of the literature. *Transplant Proc*. 2010;42(5):1413–1420. PMID: 20620446 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2010.04.016>
5. Mazzucchi E, Souza GL, Hisano M, Antonopoulos IM, Piovesan AC, Nahas WC, et al. Primary reconstruction is a good option in the treatment of urinary fistula after kidney transplantation. *Int Braz J Urol*. 2006;32(4):398–403; discussion 403–404. PMID: 16953905 <https://doi.org/10.1590/s1677-55382006000400003>
6. Buttigieg J, Agius-Anastasi A, Sharma A, Halawa A. Early urological complications after kidney transplantation: an overview. *World J Transplant*. 2018;8(5):142–149. PMID: 30211022 <https://doi.org/10.5500/wjt.v8.i5.142>
7. Gil-Sousa D, Oliveira-Reis D, Teves F, Príncipe P, Castro-Henriques A, Soares J, et al. Ureteral stenosis after renal transplantation—a single-center 10-year experience. *Transplant Proc*. 2017;49(4):777–782. PMID: 28457393 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2017.01.050>
8. Dinckan A, Tekin A, Turkyilmaz S, Kocak H, Gurkan A, Erdogan O, et al. Early and late urological complications corrected surgically following renal transplantation. *Transpl Int*. 2007;20(8):702–707. PMID: 17511829 <https://doi.org/10.1111/j.1432-2277.2007.00500.x>
9. Dreikorn K. Problems of the distal ureter in renal transplantation. *Urol Int*. 1992;49(2):76–89. PMID: 1441016 <https://doi.org/10.1159/000282399>
10. Pantelis AG, Machairiotis N, Stavros S, Disu S, Drakakis P. Current applications of indocyanine green (ICG) in abdominal, gynecologic and urologic surgery: a meta-review and quality analysis with use of the AMSTAR 2 instrument. *Surg Endosc*. 2024;38(2):1113. PMID: 38087111 <https://doi.org/10.1007/s00464-023-10546-4>
11. Morales-Conde S, Licardie E, Alarcón I, Balla A. Indocyanine green (ICG) fluorescence guide for the use and indications in general surgery: recommendations based on the descriptive review of the literature and the analysis of experience. *Cir Esp*. 2022;100(9):534–554. PMID: 35700889 <https://doi.org/10.1016/j.cireng.2022.06.023>
12. Garcia GG, Harden P, Chapman J; World Kidney Day Steering Committee 2012. The global role of kidney transplantation. *Nephrol Dial Transplant*. 2013;28(8):e1–e5. PMID: 22822091 <https://doi.org/10.1093/ndt/gfs013>
13. Kim PY, Shoghi A, Fananapazir G. Renal transplantation: immediate and late complications. *Radiol Clin North Am*. 2023;61(5):809–820. PMID: 37495289 <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2023.04.004>
14. Шабунин А.В., Чеченин Г.М., Дроздов П.А., Нестеренко И.В., Астапович С.А., Лиджиева Э.А. Применение покрытого нитинолового мочеточникового стента у рецидивирющей стриктурой мочеточниково-пузырного анастомоза. *Трансплантология*. 2024;16(3):337–344. Shabunin AV, Chechenin GM, Drozdov PA, Nesterenko IV, Astapovich SA, Lidzhieva EA. Treatment of recurrent ureteral stricture after kidney transplantation with nitinol stent. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2024;16(3):337–344. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-3-337-344>
15. Brescacin A, Iesari S, Guzzo S, Alfieri CM, Darisi R, Perego M, et al. Allograft vesicoureteral reflux after kidney transplantation. *Medicina (Kaunas)*. 2022;58(1):81. PMID: 35056389 <https://doi.org/10.3390/medicina58010081>
16. Alberts VP, Idu MM, Legemate DA, Laguna Pes MP, Minnee RC. Ureterovesical anastomotic techniques for kidney transplantation: a systematic review and meta-analysis. *Transpl Int*. 2014;27(6):593–605. PMID: 24606191 <https://doi.org/10.1111/tri.12301>
17. Timsit MO, Lalloué F, Bayramov A, Taylor M, Billaut C, Legendre C, et al. Should routine pyeloureterostomy be advocated in adult kidney transplantation? A prospective study of 283 recipients. *J Urol*. 2010;184(5):2043–2048. PMID: 20850818 <https://doi.org/10.1016/j.juro.2010.06.144>
18. Shiraiishi Y, Ueda M, Imamura M, Yoshimura K. Intraoperative evaluation of ureteral blood flow using indocyanine green fluorescence imaging on living-donor kidney transplantation. *Hinyokika Kyo*. 2023;69(2):41–45. PMID: 36863870 https://doi.org/10.14989/ActaUrol-Jap_69_2_41
19. Kanammit P, Sirisreetreerux P, Boongird S, Worawichawong S, Kijvika K. Intraoperative assessment of ureter perfusion after revascularization of transplanted kidneys using intravenous indocyanine green fluorescence imaging. *Transl Androl Urol*. 2021;10(6):2297–2306. PMID: 34295717 <https://doi.org/10.21037/tau-21-160>
20. Vignolini G, Sessa F, Greco I, Cito G, Vanacore D, Cucci A, et al. Intraoperative assessment of ureteral and graft reperfusion during robotic kidney transplantation with indocyanine green fluorescence videography. *Minerva Urol Nefrol*. 2019;71(1):79–84. PMID: 30421596 <https://doi.org/10.23736/S0393-2249.18.03278-2>
21. Gerken ALH, Nowak K, Meyer A, Kriegmair MC, Weiss C, Krämer BK, et al. Ureterovesical anastomosis complications in kidney transplantation: definition, risk factor analysis, and prediction by quantitative fluorescence angiography with indocyanine green. *J Clin Med*. 2022;11(21):6585. PMID: 36362813 <https://doi.org/10.3390/jcm11216585>

Информация об авторах

Алексей Васильевич Шабунин	академик РАН, проф., д-р мед. наук, директор ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ; заведующий кафедрой хирургии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-4230-8033 , shabunin-botkin@mail.ru 25% – проверка критически важного интеллектуального содержания и обоснование рукописи, окончательное утверждение для публикации рукописи
Павел Алексеевич Дроздов	д-р мед. наук, заместитель директора по научной работе ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, https://orcid.org/0000-0001-8016-1610 , dc.drozдов@gmail.com 20% – проверка критически важного интеллектуального содержания и обоснование рукописи
Марина Геннадьевна Минина	проф. РАН, д-р мед. наук, руководитель Московского городского координационного центра органного донорства ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, https://orcid.org/0000-0001-5473-2272 , minmar50@yahoo.com 15% – обоснование рукописи
Игорь Викторович Нестеренко	д-р мед. наук, врач хирург отделения трансплантации органов и тканей человека ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, https://orcid.org/0000-0002-3995-0324 10% – разработка концепции и дизайна исследования
Георгий Сергеевич Михайлянц	д-р мед. наук, профессор кафедры хирургии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0002-8726-824X 5% – разработка концепции и дизайна исследования
Дмитрий Валентинович Матвеев	д-р мед. наук, профессор кафедры хирургии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ, https://orcid.org/0000-0003-2990-2035 5% – разработка концепции и дизайна исследования
Даниил Александрович Соломатин	врач хирург отделения экстренной хирургии № 75 ГБУЗ ММНКЦ им. С.П. Боткина ДЗМ, https://orcid.org/0000-0001-5060-5081 5% – сбор, анализ и интерпретация данных
Исмаил Ибрагимович Курбанов	студент 5-го курса Института клинической медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет), https://orcid.org/0009-0004-6739-5438 5% – сбор, анализ и интерпретация данных
Алексей Игоревич Юрик	студент 4-го курса Института клинической медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет), https://orcid.org/0009-0004-1947-5783 , a.i.yurik@mail.ru 5% – сбор, статистическая обработка и анализ данных
Лилия Ильясовна Гималтдинова	студент 5-го курса Института клинической медицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова МЗ РФ (Сеченовский Университет), https://orcid.org/0009-0004-7144-6162 5% – сбор данных

Information about the authors

Aleksey V. Shabunin

Academician of the Russian Academy of Sciences, Prof., Dr. Sci. (Med.), Director of Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin; Head of the Department of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, <https://orcid.org/0000-0002-0522-0681>, shabunin-botkin@mail.ru
25%, checking critical intellectual content, rationale of the study, and final approval of the manuscript for publication

Pavel A. Drozdov

Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Science, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin, <https://orcid.org/0000-0001-8016-1610>, dc.drozdov@gmail.com
20%, checking critical intellectual content, rationale of the study

Marina G. Minina

Professor of the Russian Academy of Sciences, Dr. Sci. (Med.), Head of the Moscow Coordination Center of Organ Donation, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin, <http://orcid.org/0000-0001-5473-2272>, minmar50@yahoo.com
15%, rationale of the study

Igor V. Nesterenko

Dr. Sci. (Med.), Surgeon, Department of Organ and/or Tissue Transplantation, Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin, <http://orcid.org/0000-0002-3995-0324>
10%, development of the study concept and design

Georgiy S. Mikhaylyants

Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, <https://orcid.org/0000-0002-8726-824X>
5%, development of the study concept and design

Dmitriy V. Matveev

Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Surgery, Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, <https://orcid.org/0000-0003-2990-2035>
5%, development of the study concept and design

Daniil A. Solomatin

Surgeon, Emergency Surgery Department No. 75 Moscow Multidisciplinary Scientific and Clinical Center n.a. S.P. Botkin, <https://orcid.org/0000-0001-5060-5081>
5%, collection, analysis and interpretation of data

Ismail I. Kurbanov

5th year student of the Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), <https://orcid.org/0009-0004-6739-5438>
5%, collection, analysis and interpretation of data

Aleksey I. Yurik

4th year student of the Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), <https://orcid.org/0009-0004-1947-5783>, a.i.yurik@mail.ru
5%, collection, statistical processing and analysis of data

Liliya I. Gimaltdinova

5th year student of the Institute of Clinical Medicine, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), <https://orcid.org/0009-0004-7144-6162>
5%, collection of data

Статья поступила в редакцию 22.04.2025;
одобрена после рецензирования 12.05.2025;
принята к публикации 25.06.2025

The article was received on April 22, 2025;
approved after reviewing on May 12, 2025;
accepted for publication on June 25, 2025