

DOI: 10.15825/1995-1191-2024-4-14-23

ВЛИЯНИЕ ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ АРТЕРИАЛЬНОГО КРОВотоКА В ТРАНСПЛАНТАТЕ ПОЧКИ НА РАЗВИТИЕ СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ И МЕТОДЫ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ

А.А. Жариков¹, Д.А. Банкеев^{1, 2}, И.Р. Курбангулов¹, Д.В. Куковякин¹, А.Р. Каранитьян¹,
М.А. Петряев¹, А.А. Карташев¹, З.А. Порчхидзе¹, Д.А. Сайдулаев¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

² ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина Департамента здравоохранения города Москвы», Московский городской координационный центр органного донорства, Москва, Российская Федерация

Цель: оценить влияние качества артериального кровотока в сосудах аллотрансплантата почки с использованием интраоперационной флоуметрии на развитие сосудистых осложнений. **Материалы и методы.** В исследование было включено 285 пациентов, которым была выполнена трансплантация почки в ФГБУ «НМИЦ ТИО им ак. В.И. Шумакова» Минздрава России (с мая 2022-го по июль 2023 года). Пациенты были распределены на 2 группы сравнения. В группе 1 выполнялась интраоперационная флоуметрия (49 пациентов, 17,2%). В группе 2 флоуметрия не проводилась (236 пациентов, 82,8%). Артериальный кровоток нефротрансплантата измеряли в реальном времени на этапе после реперфузии трансплантата. Далее выполняли формирование уретеронеоцистоанастомоза, а затем трансплантат помещали в подвздошную ямку в его оптимальное положение и повторно выполняли измерение. **Результаты.** В группе, где применялась интраоперационная флоуметрия, у 6 пациентов (12,2%) наблюдались интраоперационные сосудистые осложнения. В группе пациентов с сосудистыми осложнениями наблюдались статистически значимо более низкие показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии непосредственно после реперфузии (94 ± 93 против 291 ± 147 ; $p = 0,002$), а также после повторной оценки по окончании формирования неоуретероцистоанастомоза (160 ± 88 против 349 ± 157 ; $p = 0,006$). Скорость объемного кровотока менее 120 мл/мин способствовала интраоперационному принятию решения о немедленной ревизии анастомоза. Показатели объемной скорости кровотока и значения PI после ревизии и повторного анастомозирования артериального русла значимо не различались между реципиентами с выявленными осложнениями и группой пациентов без осложнений. **Заключение.** Профилактическое применение интраоперационной флоуметрии при трансплантации почки позволяет получить объективную информацию о качестве сосудистого анастомоза и своевременно предотвратить развитие необратимых сосудистых осложнений, тем самым сохранить почечный трансплантат в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: трансплантация почки, сосудистые осложнения после трансплантации почки, интраоперационная флоуметрия, профилактика сосудистых осложнений.

Для корреспонденции: Жариков Андрей Андреевич. Адрес: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 1.
Тел. (962) 983-68-70. E-mail: zharikof94@mail.ru

Corresponding author: Andrey Zharikov. Address: 1, Shchukinskaya str., Moscow, 123182, Russian Federation.
Phone: (962) 983-68-70. E-mail: zharikof94@mail.ru

IMPACT OF INTRAOPERATIVE ASSESSMENT OF RENAL ALLOGRAFT ARTERIAL BLOOD FLOW ON VASCULAR COMPLICATIONS AND THEIR PREVENTION STRATEGIES

A.A. Zharikov¹, D.A. Bankeev^{1, 2}, I.R. Kurbangulov¹, D.V. Kukovyakin¹, A.R. Karapityan¹, M.A. Petryaev¹, A.A. Kartashev¹, Z.A. Porchkhidze¹, D.A. Saydulaev¹

¹ Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russian Federation

² Botkin Hospital, Moscow, Russian Federation

Objective: to use intraoperative fluorometry to assess the impact of renal allograft arterial blood flow on vascular complications. **Materials and methods.** The study included 285 patients who underwent kidney transplantation (KT) at Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs (from May 2022 to July 2023). Patients were distributed into 2 comparison groups. Group 1 (49 patients, 17.2%) underwent intraoperative flowmetry, while group 2 (236 patients, 82.8%) did not. Following graft reperfusion, renal transplant arterial blood flow was measured in real time. Next, ureteroneocystostomy was performed, and then the graft was placed in the iliac fossa in its optimal position and the measurement was repeated. **Results.** Intraoperative vascular complications occurred in 6 patients (12.2%) in the intraoperative flowmetry group. Those with vascular complications exhibited statistically significantly lower renal arterial volumetric blood flow (VBF) rate immediately after reperfusion (94 ± 93 vs. 291 ± 147 ; $p = 0.002$) and after reassessment at the end of ureteroneocystostomy (160 ± 88 vs. 349 ± 157 ; $p = 0.006$). A VBF of less than 120 mL/min contributed to the intraoperative decision to immediately revise the anastomosis. Following revision and reanastomosis of the arterial channel, there was no significant difference in VBF rate and PI values between recipients with the complications and the group without. **Conclusion.** Prophylactic application of intraoperative fluorometry in KT allows to obtain objective data about the quality of vascular anastomosis and timely prevent irreversible vascular complications, thus preserving the renal graft in the postoperative period.

Keywords: kidney transplantation, vascular complications in renal transplantation, intraoperative fluorometry, prevention of vascular complications.

ВВЕДЕНИЕ

Сосудистые осложнения являются основной причиной потерь почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде. Развитие сосудистых осложнений после трансплантации почки может быть сопряжено с рядом причин: техническая погрешность при формировании сосудистых анастомозов, выполнение артериальных реконструкций при наличии двух и более артерий, повреждение интимы сосуда, компартмент-синдром, снижение артериального притока из-за спазма подвздошных артерий, кинкинг или ротация сосудов, проблемы с позиционированием трансплантата в забрюшинном пространстве, нарушения коагуляции крови и другие [1–4].

В клинической практике тяжесть реперфузионного повреждения трансплантата зачастую основана на субъективной оценке хирурга и некоторых объективных признаках, таких как немедленный диурез, а также тургор и цвет трансплантата почки. Инструмент, а также сам метод измерения интраоперационного кровотока должны обладать определенным набором качеств: быть быстро воспроизводимым, простым в использовании и безопасным. Наиболее важное требование, предъявляемое к методике, – это

количественная оценка артериального кровотока и качества перфузии. Качественно-количественная интраоперационная оценка артериального кровотока позволяет спрогнозировать развитие сосудистых осложнений, потенциальную функцию трансплантата и предотвратить его потерю в ранние сроки после трансплантации [5].

Интраоперационная флоуметрия (ИФ) – это неинвазивный метод, который позволяет измерить «время прохождения» ультразвуковых сигналов, передаваемых от одного преобразователя к другому через отражатель. Таким образом, это позволяет получить объективную информацию о непосредственном качестве артериального анастомоза, особенно после артериальных реконструкций, и указать на потенциальные технические погрешности [6]. Использование ИФ для оценки качества анастомозов артериовенозных фистул, аортокоронарного шунта, а также при выполнении реконструкций собственных почечных артерий позволило снизить частоту интраоперационной ревизии анастомоза с 8 до 3% [6]. Целью данного исследования была оценка влияния качества артериального кровотока в сосудах аллотрансплантата почки с использованием ИФ на раз-

витие сосудистых осложнений и последующую их интраоперационную коррекцию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С мая 2022-го по июль 2023 года в ФГБУ «НМИЦ ТИО им ак. В.И. Шумакова» Минздрава России было выполнено 298 трансплантаций почки. В исследование включено 285 пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек, ожидающих трансплантацию почки, в возрасте от 1 до 70 лет ($38,1 \pm 17,8$), из них 160 мужчин (56,1%) и 125 женщин (43,9%); 13 пациентов были исключены из исследования, поскольку им была выполнена трансплантация почки от донора с остановкой сердечной деятельности (органы, полученные от таких доноров, чаще всего имеют отсроченную функцию трансплантата). Пациенты были распределены на 2 группы сравнения. В группе 1 выполнялась интраоперационная флоуметрия (49 пациентов, 17,2%). В группе 2 флоуметрия не проводилась (236 пациентов, 82,8%).

Техника трансплантации почки была выполнена по стандартной методике вне зависимости от типа донора. 90% анастомозов сосудов трансплантата было выполнено по типу «конец в бок» с наружными подвздошными сосудами. Артериальный кровоток нефротрансплантата в реальном времени измеряли с помощью аппарата Veri-Q (Medistim ASA, Oslo,

Норвегия) на этапе после реперфузии трансплантата (рис. 1).

Далее выполняли этап уретеронеоцистоанастомоза, а затем трансплантат помещали в подвздошную ямку в его оптимальное положение и повторно выполняли измерение. Пространство между датчиком-зондом и артериальным сосудом заполняли стерильным физиологическим раствором.

При ультразвуковой флоуметрии используют специальный датчик-зонд, подходящий по размеру под определенный калибр сосуда. Ультразвуковые сигналы передаются от датчиков по направлению тока крови и тем самым определяют время прохождения волны ультразвука между преобразователями через отражатель. При измерении определяют такие параметры, как средняя объемная скорость кровотока, индекс пульсации и процент диастолического объемного наполнения [7–9]. Эффективным показателем кровотока и показателем качества анастомоза является индекс пульсации, который рассчитывается как разность максимальной и минимальной скоростей потока, деленная на среднюю скорость потока. Индекс пульсации выражается в абсолютных числах и представляет собой оценку сопротивления потоку в трансплантате (приемлемыми показателями считаются от 1 до 2). Более высокие цифры отражают увеличение сопротивления потоку, например, в результате стеноза сосуда [7, 9]. Средняя объемная скорость

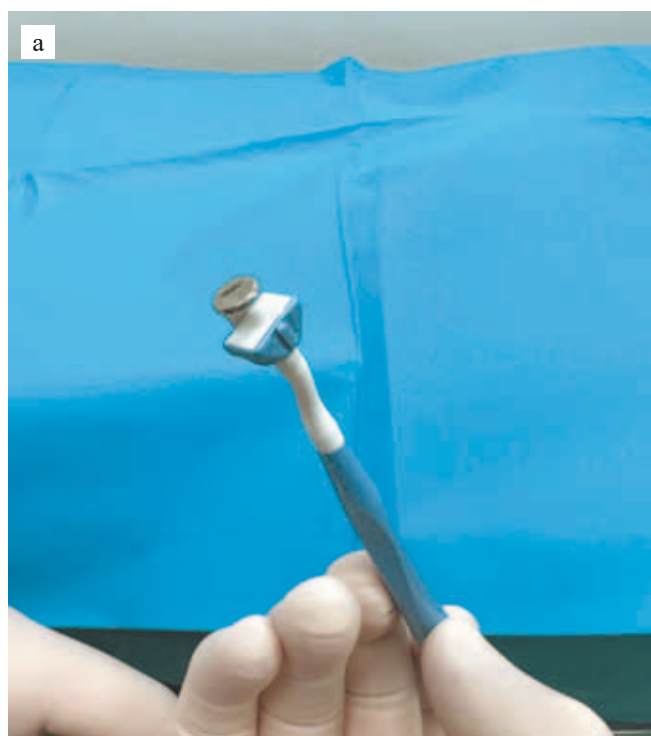


Рис. 1. Интраоперационная флоуметрия: а – датчик-зонд; б – интраоперационная флоуметрия почечной артерии, выполненная после реперфузии трансплантата

Fig. 1. Intraoperative flowmetry: а – probe; б – intraoperative renal artery flowmetry performed after graft reperfusion

кровотока не всегда является важным критерием качества анастомоза, потому что она зависит от многих параметров, таких как вязкость крови, сопротивление в трансплантате, размеры нативной артерии, размеры и качество трансплантата и т. п. Процент диастолического объемного наполнения представляет собой долю потока, направленного обратно в трансплантат через анастомоз в течение 1 сердечного цикла [7, 9].

Иммуносупрессивная терапия включала в себя назначение ингибиторов кальциневрина с коррекцией уровня препарата в крови, препараты микофенолата мофетила и/или микофеноловой кислоты и метилпреднизолон в стандартных дозировках.

После окончания сбора материала все данные исследуемых пациентов были объединены в общую электронную таблицу. Статистический анализ выполнен в программе SPSS 26 (IBM SPSS Inc., США). Данные представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm SD$) для параметрических и как медиана (Me) и интерквартильный размах ($IQR = Q3 - Q1$) для непараметрических переменных. При сравнении зависимых выборок рассчитывали парный критерий Уилкоксона, для сравнения независимых переменных применяли U-критерий Манна-Уитни. Проводили анализ площади под ROC-кривы-

ми, определение чувствительности, специфичности, порогового значения для каждого параметра. Для оценки прогностической значимости показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и индекса пульсативности в отношении развития сосудистых осложнений выполнен однофакторный логистический регрессионный анализ. Точность прогноза оценена по критерию Хосмера-Лемешова. Качество модели представлено в виде коэффициента детерминации Нэйджелкерка. Статистическая значимость модели оценена по критерию Хи-квадрат Вальда. Для всех критериев критический уровень значимости принимался равным 5%, т. е. нулевая гипотеза отвергалась при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведен сравнительный анализ клинических характеристик реципиентов почки, включенных в исследование (табл. 1).

Было установлено, что в первой группе пациенты статистически значимо старше, чем в группе сравнения ($p = 0,007$). Распределение по полу в группах сравнения равномерное ($p = 0,633$). В первой группе ИМТ был значимо больше, чем у пациентов из второй группы ($p = 0,043$). Проведен сравнительный

Таблица 1

Сравнение клинических характеристик групп реципиентов
Comparison of clinical characteristics of recipient groups

Показатель	Проводилась флуометрия, n = 49	Не проводилась флуометрия, n = 236	P-value
Возраст, лет, Me (IQR)	46,4 (32,4–59)	37,9 (23,1–51,5)	0,007
Пол			
Мужчины	26 (53%)	134 (57%)	0,633
Женщины	23 (47%)	102 (43%)	
ИМТ, кг/м ² , Me (IQR)	25,8 (20,1–27,9)	22,4 (19,5–26)	0,043
Диагноз			
Хронический гломерулонефрит	9 (18%)	59 (25%)	0,322
Диабетическая нефропатия	10 (20%)	29 (12%)	0,132
ВАРМС	8 (16%)	54 (23%)	0,312
Нефропатия неясной этиологии	5 (10%)	37 (16%)	0,325
Поликистозная болезнь	7 (14%)	19 (8%)	0,168
Другое	10 (20%)	38 (16%)	0,464
ЗПТ гемодиализом	34 (69%)	171 (72%)	0,663
ЗПТ перитонеальным диализом	7 (14%)	15 (6%)	0,058
Сроки ЗПТ до ТП, мес., Me (IQR)	18 (9–55)	27 (12–58)	0,469
Сроки ЗПТ гемодиализом до ТП, мес., Me (IQR)	20,1 (8,7–55,4)	29,3 (12,8–58,5)	0,437
Сроки ЗПТ перитонеальным диализом до ТП, мес., Me (IQR)	16,8 (8,9–84,2)	14,5 (9,2–29,1)	0,671
Вид трансплантации			
Прижизненный донор	17 (35%)	85 (37%)	0,792
Посмертный донор	31 (65%)	142 (63%)	

Примечание. ИМТ – индекс массы тела; ВАРМС – врожденная аномалия развития мочевыделительной системы; ЗПТ – заместительная почечная терапия; ТП – трансплантация почки.

Note. BMI – body mass index; CAKUT – congenital anomalies of the kidney and urinary tract; RRT – renal replacement therapy; KT – kidney transplantation

анализ распределения по диагнозам, видам и срокам ЗПТ, видам трансплантаций. По указанным характеристикам значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$ по всем категориям). Наблюдается тенденция на уровне значимости $p = 0,058$ к более частому использованию флоуметрии у пациентов, находящихся на перитонеальном диализе (14% в группе 1 и 6% в группе 2).

Проведен сравнительный анализ характеристики доноров. Установлено, что в первой группе (проводилась флоуметрия) доноры статистически значимо старше, чем в группе сравнения (54 (44–62) против 48 (38–57) соответственно, $p = 0,011$). Остальные характеристики, такие как ИМТ, пол и результаты лабораторных исследований, оказались сопоставимы в группах сравнения ($p > 0,05$ по всем характеристикам).

Проведен сравнительный анализ характеристик проведенных операций в зависимости от использования флоуметрии, оценивались продолжительность операции, объем кровопотери, длительность ишемии, вид трансплантата и частота сосудистых реконструкций. По результатам анализа не выявлено значимых различий между группами ($p > 0,05$ по всем характеристикам).

Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии (Q) и индекс пульсации (PI) после реперфузии трансплантата, а также после этапа выполнения неоуретероцистоанастомоза, в зависимости от наличия или отсутствия сосудистых осложнений в интра- и послеоперационном периоде (табл. 2). Проанализированы данные 49 пациентов, которым проводилась интраоперационная флоуметрия. Среди них у 6 пациентов (12,2%) наблюдались интра или послеоперационные сосудистые осложнения. У остальных 43 пациентов (87,8%) осложнения отсутствовали. Установлено, что в группе пациентов с сосудистыми осложнениями интраоперационно наблюдались статистически значимо более низкие показатели объемной скорости

кровотока по почечной артерии после реперфузии ($p = 0,002$), а также после неоуретероцистоанастомоза ($p = 0,006$). Показатель PI после реперфузии трансплантата, напротив, оказался статистически значимо выше в группе с осложнениями ($p = 0,037$). Значения PI после неоуретероцистоанастомоза значимо не различались между группами сравнения ($p = 0,079$).

Для оценки прогностической значимости показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI в отношении развития сосудистых осложнений выполнен ROC-анализ (рис. 2).

Установлено, что показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии, как после реперфузии, так и после неоуретероцистоанастомоза, являются статистически значимыми предикторами сосудистых осложнений ($p < 0,001$). Данные показатели могут обеспечить точность прогноза осложнений на уровне 87,2 и 85,7% соответственно. При значении объемной скорости кровотока после реперфузии ≤ 120 мл/мин можно с чувствительностью 83,3% и специфичностью 88,4% сделать прогноз о развитии сосудистых осложнений интраоперационно или в послеоперационном периоде. При значении объемной скорости кровотока после неоуретероцистоанастомоза ≤ 230 можно также сделать прогноз о развитии сосудистых осложнений с чувствительностью 83,3% и специфичностью 79,1%. Аналогичным образом с сосудистыми осложнениями статистически значимо связан показатель PI после реперфузии ($p < 0,001$). Данный предиктор может обеспечить точность прогноза на уровне 76,4%. При значении PI после реперфузии $\geq 1,65$ можно сделать прогноз о развитии осложнений с чувствительностью 83,3% и специфичностью 65,1%. После неоуретероцистоанастомоза PI не показал статистически значимой предиктивной роли в отношении развития сосудистых осложнений ($p = 0,060$).

Таблица 2

Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей
Results of comparative analysis of flowmetric indicators

Показатель	Наличие сосудистых осложнений, n = 6	Отсутствие сосудистых осложнений, n = 43	P-value
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин), Mean $\pm$ SD	94 $\pm$ 93	291 $\pm$ 147	0,002
PI после реперфузии трансплантата, Me (IQR)	2 (1,7–2,1)	1,3 (0,8–2)	0,037
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин), Mean $\pm$ SD	160 $\pm$ 88	349 $\pm$ 157	0,006
PI после неоуретероцистоанастомоза, Me (IQR)	1,7 (1,5–2)	1,2 (0,7–1,6)	0,079

Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей в зависимости от вида донора и выполнения сосудистых реконструкций

Из 49 реципиентов почки, у которых проводилась интраоперационная флоуметрия, у 18 (36,7%)

пациентов донором почки стал прижизненный родственный донор, у 31 (63,3%) трансплантат получен от посмертного донора. Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI после реперфузии трансплантата, а также после неоуретероцистоанастомоза, в зависимости от вида донора (табл. 3).

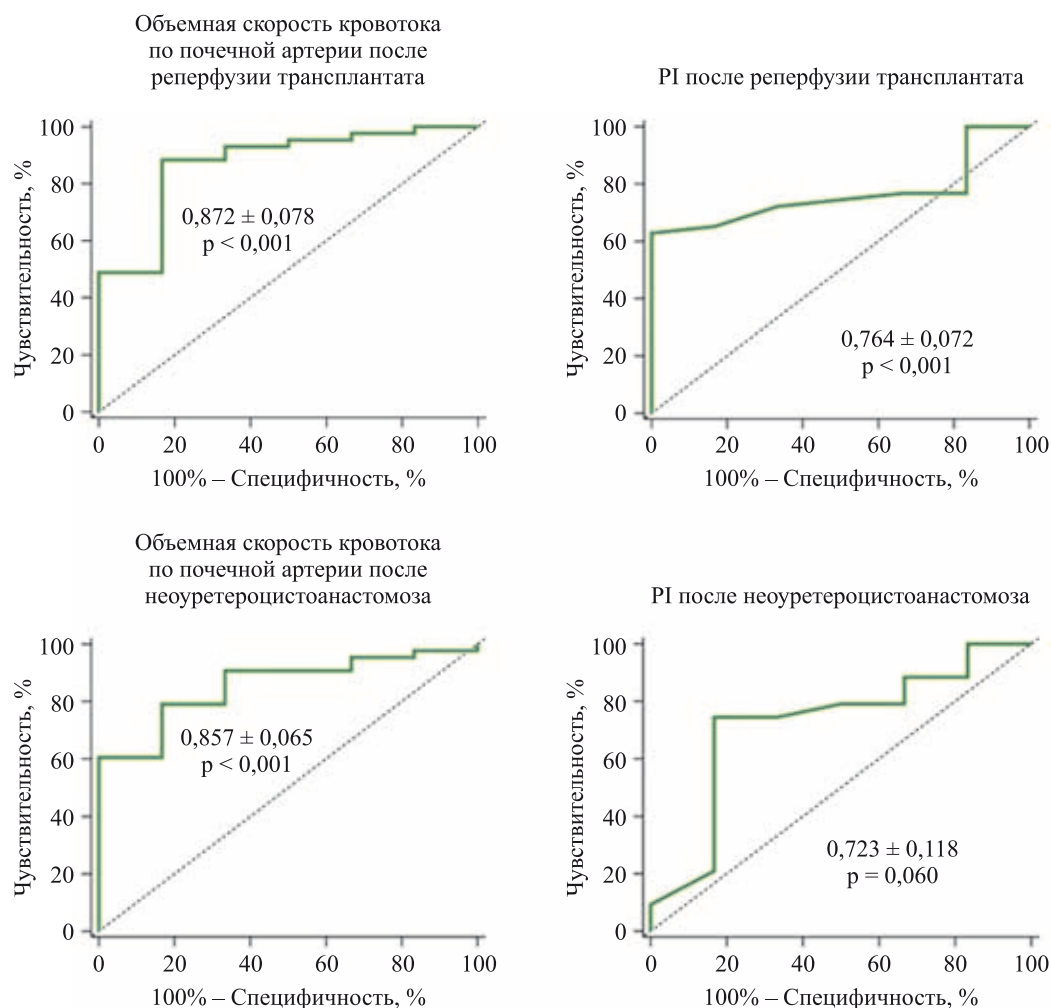


Рис. 2. Оценка прогностической значимости показателей в отношении развития сосудистых осложнений (результаты ROC-анализа)

Fig. 2. Assessment of the prognostic significance of indicators of vascular complications (ROC analysis results)

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей в зависимости от вида донора Comparative analysis of flowmetric indicators depending on donor type

Показатель	Живой родственный донор, n = 18	Посмертный донор, n = 31	P-value
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин), Mean ± SD	298 ± 170	249 ± 146	0,288
PI после реперфузии трансплантата, Ме (IQR)	1,15 (0,8–1,9)	1,6 (1–2,3)	0,209
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин), Mean ± SD	351 ± 168	312 ± 159	0,422
PI после неоуретероцистоанастомоза, Ме (IQR)	0,85 (0,6–1,2)	1,4 (0,8–1,8)	0,011

Установлено, что в группе пациентов, которые получили почечный трансплантат от живого родственного донора, показатель PI после неоуретероцистоанастомоза оказался статистически значимо ниже, чем у пациентов, которые получили трансплантат от посмертного донора ($p = 0,011$). Остальные показатели, такие как объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии и после неоуретероцистоанастомоза, а также PI после реперфузии трансплантата, значимо не различались между группами сравнения ($p > 0,05$ по всем показателям).

Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI после реперфузии трансплантата, а также после неоуретероцистоанастомоза, в зависимости от наличия или отсутствия сосудистых реконструкций (табл. 4). Из 49 пациентов сосудистая реконструкция была выполнена в 16 (32,7%) случаях, 33 (67,3%) пациентам сосудистая реконструкция не выполнялась.

В результате сравнительного анализа обнаружено, что после сосудистой реконструкции наблюдаются статистически значимо более низкие показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии ($p = 0,007$) и PI ($p = 0,022$) после реперфузии трансплантата. Показатели объемной скорости кровотока и PI после неоуретероцистоанастомоза значимо не

различаются между группами. В то же время показатель объемной скорости кровотока после неоуретероцистоанастомоза после сосудистой реконструкции несколько ниже, чем при ее отсутствии ($p = 0,058$). Различия при этом значимы на уровне, близком к пороговому ($p = 0,058$).

По данным регрессионного анализа установлено, что сосудистые осложнения имеют надежную статистически значимую зависимость от показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии как после реперфузии трансплантата ($p = 0,011$), так и после неоуретероцистоанастомоза ($p = 0,018$) (табл. 5).

Показатели PI не продемонстрировали надежной предиктивной роли в отношении развития сосудистых осложнений. Показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии имеют отрицательные коэффициенты регрессии, что говорит о том, что с увеличением их значений вероятность развития сосудистых осложнений снижается. Снижение вероятности осложнений происходит в среднем на 1% на каждую единицу объемной скорости кровотока. Вероятность развития осложнений в целом на 40,8% зависит от результатов объемной скорости кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата и на 32,6% от результатов после неоуретероцистоанастомоза.

Таблица 4

Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей в зависимости от вида донора
Comparative analysis of flowmetric indicators depending on donor type

Показатель	Сосудистая реконструкция		P-value
	Выполнялась, n = 16	Не выполнялась, n = 33	
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин), Mean $\pm$ SD	184 $\pm$ 135	308 $\pm$ 149	0,007
PI после реперфузии трансплантата, Me (IQR)	1,8 (1,5–2,05)	1,2 (0,7–1,7)	0,022
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин), Mean $\pm$ SD	264 $\pm$ 153	357 $\pm$ 160	0,058
PI после неоуретероцистоанастомоза, Me (IQR)	1,4 (0,9–1,7)	1 (0,6–1,6)	0,152

Таблица 5

Результаты регрессионного анализа
Regression analysis results

Фактор	Регрессор, B $\pm$ SE	Константа, B $\pm$ SE	H–L-тест	R ²	P-value модели
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин)	–0,015 $\pm$ 0,006	0,627 $\pm$ 0,864	0,553	0,408	0,011
PI после реперфузии трансплантата	0,242 $\pm$ 0,148	–2,583 $\pm$ 0,596	0,164	0,142	0,101
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин)	–0,011 $\pm$ 0,005	0,758 $\pm$ 1,002	0,868	0,326	0,018
PI после неоуретероцистоанастомоза	0,274 $\pm$ 0,17	–2,5 $\pm$ 0,587	0,214	0,091	0,108

Примечание. B – коэффициент регрессии; SE – стандартная ошибка; H–L-тест – тест Хосмера–Лемешова; R² – коэффициент детерминации Нэйджелкера.

Note. B – regression coefficient; SE – standard error; HL-test – Hosmer–Lemeshow test; R² – Nagelkerke's coefficient of determination.

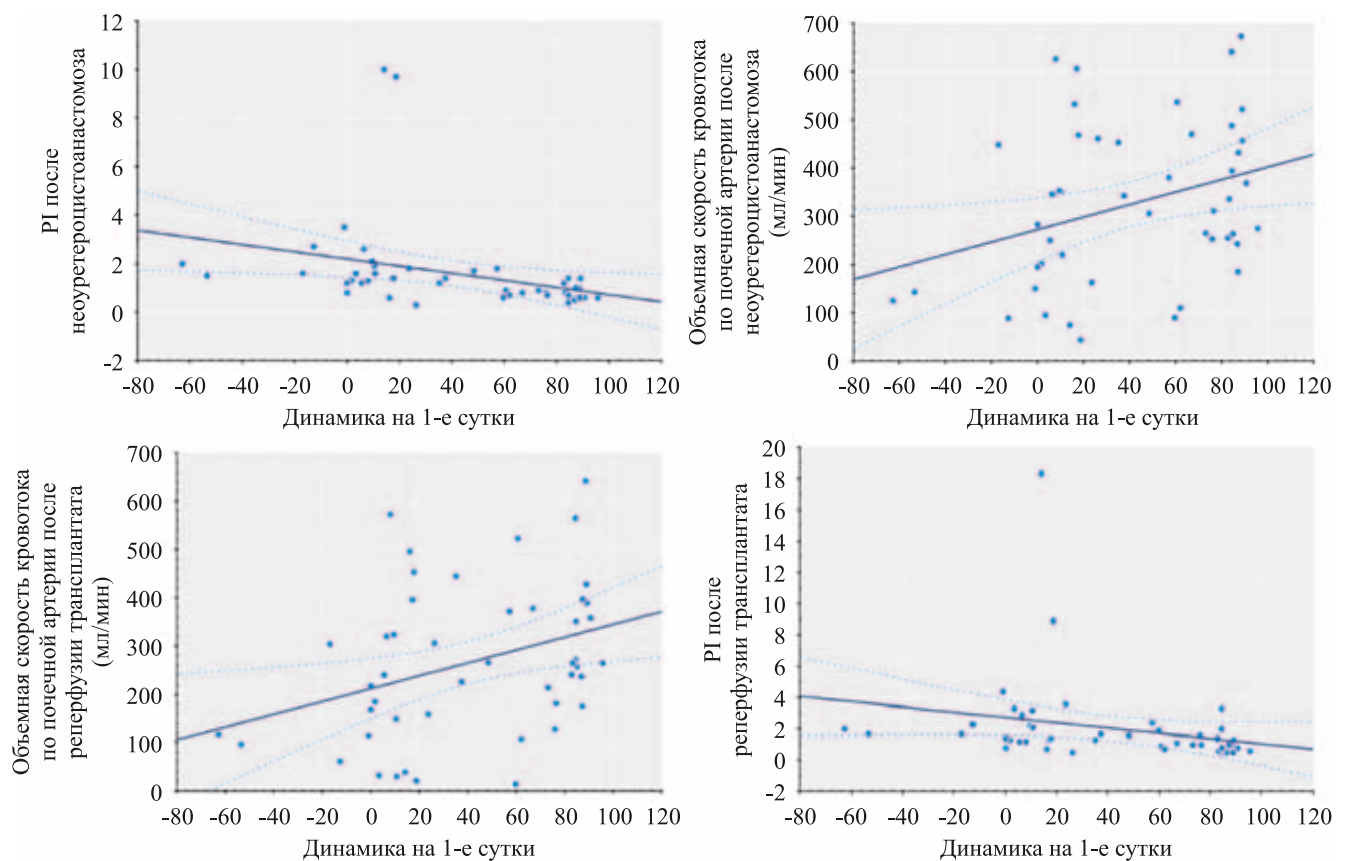


Рис. 3. Расчет вероятностей развития осложнений, динамика

Fig. 3. Calculation of complication probabilities

тоанастомоза. Таким образом, значения после реперфузии являются более надежным предиктором, чем значения после неоуретероцистоанастомоза.

На основании полученных данных о предиктивной значимости объемной скорости кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата и после неоуретероцистоанастомоза выполнен расчет вероятностей развития осложнений (рис. 3).

В результате оценки предиктивной значимости данных показателей выявлено отсутствие их статистически значимой роли в прогнозе сосудистых осложнений.

ОБСУЖДЕНИЕ

Трансплантация почки широко распространена и успешно выполняется многими хирургами во всем мире. Однако даже при наличии большого опыта врачам-трансплантологам не всегда удается предсказать развитие сосудистых осложнений и дисфункции трансплантата, несмотря на тщательную интраоперационную визуальную и ультразвуковую оценку [10–11].

Развитие сосудистых осложнений в периоперационном периоде непосредственно отражается на функции и выживаемости трансплантата, что определяет значимость их профилактики. Анализируя причины

развития осложнений, можно выделить 3 направления, требующих особого внимания: параметры донорского органа (ангиоархитектоника, наличие повреждений сосудов трансплантата на этапе эксплантации), факторы риска со стороны реципиента (аномалии развития сосудистой системы, нарушения коагуляции крови, атеросклеротическое поражение магистральных артерий) и технические особенности оперативного вмешательства [12–14]. Однако в настоящее время не существует единой концепции в отношении интраоперационной профилактики сосудистых осложнений. Использование флоуметрических показателей при трансплантации солидных органов является новым и малоизученным методом профилактики, чем представляет особый научный и практический интерес.

Bhatt et al. одними из первых применили данную технологию при трансплантации почки. Авторы оценивали поток крови через почечную артерию трансплантата, что соответствовало показателям 114–120 мл/мин. Кроме того, данные исследователи временно перекрывали наружную подвздошную артерию дистальнее артериального анастомоза почечного трансплантата, в результате кровотока по почечной артерии увеличивался почти вдвое, до 205 мл/мин. Ревизии анастомозов почечных артерий

проводились дважды, после их выполнения показатели кровотока были близки к нормальным значениям. В одном случае имел место высокий индекс пульсации (>5), что свидетельствовало о техническом несовершенстве анастомоза. В другом случае был случайный захват в шов противоположной стороны артериального анастомоза трансплантата [6].

В нашем исследовании в группе, где применялась ИФ, у 6 пациентов (12,2%) наблюдались интраоперационные сосудистые осложнения. У остальных 43 пациентов (87,8%) осложнения отсутствовали. Установлено, что в группе пациентов с сосудистыми осложнениями по данным интраоперационной ИФ наблюдались статистически значимо более низкие показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии непосредственно после реперфузии (94 ± 93 против 291 ± 147 ; $p = 0,002$), а также после повторной оценки по окончании формирования неоуретероцистоанастомоза (160 ± 88 против 349 ± 157 ; $p = 0,006$). Скорость объемного кровотока менее 120 мл/мин способствовала интраоперационному принятию решения о немедленной ревизии анастомоза. Показатели объемной скорости кровотока и значения PI после ревизии и повторного анастомозирования артериального русла значимо не различались между реципиентами с выявленными осложнениями и группой пациентов без осложнений. В дальнейшем послеоперационном периоде у пациентов после коррекции артериального анастомоза повторно сосудистых осложнений не наблюдалось.

Кроме эффективности интраоперационного измерения кровотока при помощи флоуметрии для контроля проходимости сосудистых анастомозов и для оценки технических проблем реконструкции почечной артерии сообщалось о корреляции интраоперационных данных флоуметрии с функцией трансплантата [15–16].

Król et al. выполнили ИФ у 72 пациентов, перенесших трансплантацию почки. Трансплантат имел одну артерию. Из анализа исключили случаи острого отторжения, ранней потери и случаи получения первично не функционирующего трансплантата, а остальных разделили на группы с первичной и отсроченной функцией трансплантата. Высокое значение индекса резистентности, измеренного во время операции, было предиктором как отсроченной функции (52,6% против 15% при ИР $>0,70$), так и более плохой функции почечного трансплантата в отдаленном посттрансплантационном периоде (до 2 лет) [17].

Hoff et al. сообщали об успешном использовании интраоперационной ультразвуковой доплерографии при принятии хирургического решения по поводу трансплантации почки с двумя венами трансплантата. Ультразвуковая доплерография показала наличие обратного кровотока в диастолу, после чего удалось выполнить анастомоз ниже-полусной

почечной вены с наружной подвздошной веной без нарушения перфузии почки [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Профилактическое применение интраоперационной флоуметрии при трансплантации почки позволяет получить объективную информацию о качестве сосудистого анастомоза и своевременно предотвратить развитие необратимых сосудистых осложнений, тем самым сохранить почечный трансплантат в послеоперационном периоде.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Dimitroulis D, Bokos J, Zavos G, Nikiteas N, Karidis NP, Katsaronis P et al. Vascular complications in renal transplantation: a single-center experience in 1367 renal transplantations and review of the literature. *Transplant Proc.* 2009; 41: 1609–1614.
2. Natour AK, Al Adas Z, Nypaver T, Shepard A, Weaver M, Malinzak L et al. Rate of Ipsilateral Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI) After Kidney Transplantation: A Retrospective Single-Center Study. *Cureus.* 2022; 14: e25455.
3. Verloh N, Doppler M, Hagar MT, Kulka C, von Kruchten R, Neubauer J et al. Interventional Management of Vascular Complications after Renal Transplantation. *Rofo.* 2023; 195: 495–504.
4. Parajuli S, Lockridge JB, Langewisch ED, Norman DJ, Kujovich JL. Hypercoagulability in Kidney Transplant Recipients. *Transplantation.* 2016; 100: 719–726.
5. Lundell A, Persson NH, Källen R, Ekberg H. Impaired renal artery blood flow at transplantation is correlated to delayed onset of graft function. *Transpl Int.* 1996; 9 (1): 57–61.
6. Bhatt KA, Karamanoukian HL, Bergsland J, D'Ancona G, Stephan R. Intraoperative graft verification in renal transplants. *Vasc Endovascular Surg.* 2002; 36 (2): 93–96.
7. Шевченко ЮЛ, Зайчук Р, Борщев ГГ, Землянов АВ, Ульбашев ДС. Использование ультразвуковой флоуметрии для интраоперационной оценки эффективности коронарного шунтирования. *Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова.* 2019; 14: 98–103. Shevchenko YuL, Zaichuk R, Borschev GG, Zemlyanov AV, Ulbashev DS. The use of ultrasound flowmetry for intraoperative assessment of coronary bypass efficiency. *Bulletin of the N.I. Pirogov National Medical and Surgical Center.* 2019; 14: 98–103.
8. Акчурун РС, Ширяев АА, Васильев ВП, Галютдинов ДМ, Зайковский ВЮ, Мукимов ШД. Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия у пациентов с диффузным поражением коронарных артерий в профилактике несостоятельности аортокоронарных шунтов. *Кардиоваскулярная терапия и профи-*

- лактика. 2022; 21: 23–30. Akchurin RS, Shiryaev AA, Vasiliev VP, Galyautdinov DM, Zaikovskiy VYu, Mukimov ShD. Intraoperative ultrasound flowmetry in patients with diffuse coronary artery disease in prevention of aortocoronary shunt failure. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022; 21: 23–30.
9. Gaudino M, Sandner S, Di Giammarco G, Di Franco A, Arai H, Asai T et al. The Use of Intraoperative Transit Time Flow Measurement for Coronary Artery Bypass Surgery: Systematic Review of the Evidence and Expert Opinion Statements. *Circulation*. 2021; 144: 1160–1171.
 10. Baboolal HA, Lane J, Westreich KD. Intraoperative management of pediatric renal transplant recipients: An opportunity for improvement. *Pediatr Transplant*. 2023; 27 (6): e14545.
 11. Franke D. The diagnostic value of Doppler ultrasonography after pediatric kidney transplantation. *Pediatr Nephrol*. 2022; 37: 1511–1522.
 12. Mehrabi A, Wiesel M, Zeier M, Kashfi A, Schemmer P, Kraus T et al. Results of renal transplantation using kidneys harvested from living donors at the University of Heidelberg. *Nephrol Dial Transpl*. 2004; 19: iv48e54.
 13. Sagban TA, Baur B, Schelzig H, Grabitz K, Duran M. Vascular challenges in renal transplantation. *Ann Transpl*. 2014; 19: 464e71.
 14. Audard V, Matignon M, Hemery F, Snanoudj R, Desgranges P, Anglade MC et al. Risk factors and long-term outcome of transplant renal artery stenosis in adult recipients after treatment by percutaneous transluminal angioplasty. *Am J Transpl*. 2006; 6: 95e9.
 15. Gerken ALH, Keese M, Weiss C, Krucken HS, Pecher KAP, Ministro A et al. Investigation of Different Methods of Intraoperative Graft Perfusion Assessment during Kidney Transplantation for the Prediction of Delayed Graft Function: A Prospective Pilot Trial. *J Pers Med*. 2022; 12 (10): 1749. doi: 10.3390/jpm12101749.
 16. Budhiraja P, Reddy KS, Butterfield RJ, Jadlowiec CC, Moss AA, Khamash HA et al. Duration of delayed graft function and its impact on graft outcomes in deceased donor kidney transplantation. *BMC Nephrol*. 2022; 23: 154.
 17. Krol R, Chudek J, Kolonko A, Ziaja J, Pawlicki J, Wiecek A et al. Intraoperative resistance index measured with transsonic flowmeter on kidney graft artery can predict early and long-term graft function. *Transplant Proc*. 2011; 43: 2926–2929.
 18. Hoff M, Leighton P, Hosgood SA, Nicholson ML. Anastomosis of dual renal transplant veins. *J Surg Case Rep*. 2020; 2020 (9): rjaa310.

Статья поступила в редакцию 21.06.2024 г.

The article was submitted to the journal on 21.06.2024