

Интраоперационный ультразвуковой мониторинг состояния почечного аллотрансплантата

Н.А. Крайник, В.А. Сандриков, В.И. Садовников,
М.М. Каабак, Е.Н. Платова

ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского»,
г. Москва

Интраоперационная ультразвуковая оценка почечного трансплантата была выполнена у 54 реципиентов. Из них мужского пола 33 (61,1%) человека, женского – 21 (38,9%). Возраст больных колебался от 1 до 50 лет. Возраст доноров был от 25 до 69 лет. Ультразвуковое исследование проводилось на трех этапах оперативного вмешательства на ультразвуковом сканере Profocus 2202 (BK Ultrasound, Analogic, США). Первый этап интраоперационного мониторинга – пуск кровотока по магистральным сосудам пересаженной почки, второй этап – исследование кровотока после реконструкции мочевыводящего тракта, третий этап – исследование кровотока после окончания оперативного вмешательства. Рассмотрены варианты стабилизации почечного кровотока после гемодинамического удара (пуск кровотока по магистральным сосудам). По состоянию кровотока в интраоперационном периоде пациенты были поделены на две группы. В первую группу вошли пациенты

($n = 25$), у которых максимальные значения пиковой систолической скорости кровотока по магистральным и паренхиматозным артериям приходились на второй этап мониторинга, далее у них наступала стабилизация внутриорганной гемодинамики, которая прослеживалась до конца оперативного вмешательства. У других реципиентов, которые составили вторую группу ($n = 29$), максимальные значения пиковой систолической скорости кровотока были зарегистрированы на третьем этапе интраоперационного мониторинга. В послеоперационном периоде при оценке азотовыделительной функции выявлено, что нормализация функции почечных трансплантатов протекает по-разному. У всех реципиентов первой группы нормализация азотовыделительной функции почек наступила в течение первой недели послеоперационного периода и только у двух пациентов второй группы – к моменту выписки из стационара. Установлено, что чем раньше отмечается стабилизация

Н.А. Крайник – аспирант отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва. В.А. Сандриков – д.м.н., профессор, академик РАН, руководитель отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва. В.И. Садовников – д.м.н., профессор, заведующий лабораторией функциональной диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва. М.М. Каабак – д.м.н., профессор, заведующий отделением пересадки почки ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва. Е.Н. Платова – к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории ультразвуковой диагностики отдела клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», г. Москва.

Контактная информация: 119991 г. Москва, Абрикосовский пер., д. 2, РНЦХ, отдел клинической физиологии, инструментальной и лучевой диагностики, лаборатория ультразвуковой диагностики. Крайник Наталья Александровна. Тел.: +7 (499) 248-16-00. E-mail: kraynik.natalia@yandex.ru

показателей гемодинамики, тем лучше функция почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде.

Ключевые слова: интраоперационное ультразвуковое исследование, доплеровские методики, оценка кровотока, трансплантация почки, реперфузионное повреждение.

ВВЕДЕНИЕ

Трансплантация почки является оптимальным методом лечения при терминальной стадии нарушения секреторной и экскреторной функций почек различной этиологии [1–4], несмотря на успехи экстракорпоральной детоксикации. Имеющиеся успехи в области трансплантации органов привели к признанию и принятию данного метода лечения, отчасти в связи с этим потребность в трансплантации почки ежегодно увеличивается [5, 6]. Однако доля трансплантации почки как метода заместительной почечной терапии в нашей стране по-прежнему не превышает 25% [7].

Несмотря на прогресс в области иммуносупрессии и все более широкое распространение трансплантации почки от живого донора, полностью не исключаются ни отсроченная функция, ни отторжение, в том числе необратимое, хотя существенно снижается риск их развития [8]. Риск развития дисфункции почечного аллотрансплантата определяется сочетанным воздействием повреждающих факторов иммунной и неиммунной природы на всех стадиях его жизни [9–10].

О.С. Белорусов и соавт. (1988) [11] с помощью электромагнитной флоуметрии в условиях операционной исследовали почечную гемодинамику у живых родственных доноров в момент изъятия почки и у реципиентов после ее реваскуляризации. Авторы отметили, что в 35% случаев еще у доноров в процессе изъятия почки развивается сосудистый спазм, который почти в половине наблюдений носит необратимый характер и приводит в последующем к резкому снижению функции почечного трансплантата. Устранить пролонгированную вазоконстрикцию у реципиента достаточно сложно [11].

Интраоперационно определение кровотока почечного трансплантата реципиента непосредственно после нарушения адекватной перфузии было начато В.В. Зарецким и соавт. в 1974 г. [12] для оценки степени реперфузионного повреждения. В.А. Сандриков, В.И. Садовников (2001) [13] отмечали, что во время трансплантации почки в результате ишемического и реперфузионного повреждения теряется часть нефронов, то есть некоторое количество функционирующей паренхимы почки. Прогнозированием функции почечных трансплантатов по данным интраоперационной гемодинамики, полученной с помощью электромагнитного флоуметра, занимались многие исследователи [11, 14, 15]. Этими авторами было обнаружено, что резкое снижение кровотока по почечной артерии приводит к значительному ухудшению функционирования трансплантата в раннем послеоперационном периоде. Также была продемонстрирована прямая взаимосвязь между выраженностью реперфузионного повреждения, определяемого по объемному кровотоку почки с помощью электромагнитной флоуметрии, и характером функции пересаженной почки [13]. При этом как ранние, так и отдаленные результаты трансплантации зависят от двух основных факторов: степени повреждения органа и способности к регенерации его ткани [16].

Цель работы: определить значение комплексного ультразвукового мониторинга в интраоперационном периоде для оценки функционального состояния почечного аллотрансплантата.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интраоперационное ультразвуковое исследование почечного трансплантата было выполнено у 54 реципиентов. Из них мужского пола 33 (61,1%) человека, женского – 21 (38,9%). Возраст больных колебался от 1 до 50 лет. Доля детей до 14 лет включительно составила 51,9% (28). Донорами являлись близкие родственники (матери – 63,0% (34) случаев, бабушки – 13,0% (7), отцы – 13,0% (7), братья и сестры – 11,1% (6)). Возраст доноров был от 25 до 69 лет. В настоящее время прослеживается тенденция в мировой практике к использованию

Таблица 1. Распределение пациентов по характеру заболеваний, приведших к хронической почечной недостаточности (n = 54)

Нозологическая форма	Абсолютное количество наблюдений	Относительное количество наблюдений, %
Хронический гломерулонефрит	4	7,4
Хронический пиелонефрит	2	3,7
Поликистоз почек	9	16,7
Гипоплазия/дисплазия	8	14,8
Нефросклероз	4	7,4
Гидронефроз	5	9,3
Пузырно-мочеточниковый рефлюкс	1	1,9
Нефронофтиз Фалькони	2	3,7
Синдром Альпорта	2	3,7
Гемолитико-уремический синдром	5	9,3
Фокально-сегментарный гломерулосклероз	2	3,7
Диабетическая нефропатия	1	1,9
Нефрит в исходе красной волчанки	1	1,9
Вторичный амилоидоз	1	1,9
Нефротический синдром неясного генеза	7	13,0

в трансплантологии почек пожилых доноров [17]. Все реципиенты находились на лечении в отделении пересадки почки ФГБНУ “Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского” с диагнозом “терминальная стадия хронической почечной недостаточности”. Заболевания, приведшие к хронической почечной недостаточности, представлены в табл. 1.

Интраоперационное исследование проводилось на трех этапах оперативного вмешательства. Использовали ультразвуковой сканер Profocus 2202 (BK Ultrasound, Analogic, США), I-образный интраопераци-

онный датчик с частотой 4–10 МГц (рис. 1), линейный датчик с частотой 4–10 МГц, конвексный датчик с частотой 3,5–7,5 МГц. Ультразвуковое исследование проводили в серошкальном режиме, в режимах цветового или энергетического доплеровского картирования и импульсноволновой доплерографии.

Первый этап интраоперационного мониторинга – пуск кровотока по магистральным сосудам пересаженной почки; второй этап – исследование кровотока после реконструкции мочевыводящего тракта: наложение уретероцистоанастомоза, уретеро-



Рис. 1. Интраоперационное исследование I-образным датчиком. а – расположение датчика в проксимальном отделе магистральной почечной артерии. б – расположение датчика в области верхнего сегмента трансплантата почки.

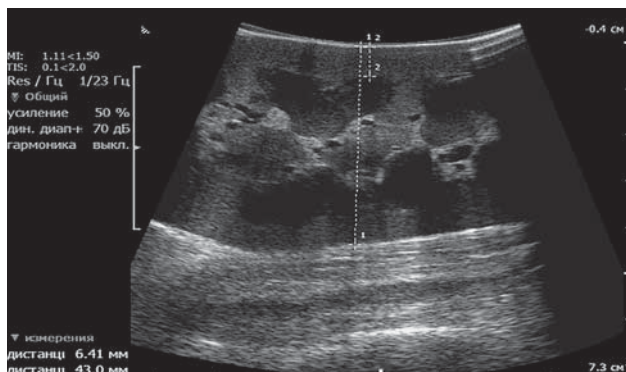


Рис. 2. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном режиме с измерением передне-заднего размера почки, толщины коркового слоя паренхимы.

уретероанастомоза, пиелопиелоанастомоза и уретеропиелоанастомоза; третий этап — исследование кровотока после окончания оперативного вмешательства. По нашим данным среднее значение временного промежутка между каждым из ультразвуковых исследований составило 45 ± 21 мин ($M \pm \sigma$) (медиана — 39 мин, 5–95-й проценти — 22–81 мин, минимальное — максимальное значения — 18–118 мин).

В серошкальном режиме выполнялось измерение толщины почки и паренхимы (рис. 2), также оценивалось состояние полостной системы. В режимах цветового или энергетического доплеровского картирования обращали внимание на артериальную и венозную архитектуру синуса и паренхимы почки в участках, доступных для визуализации (рис. 3). При импульсно-волновой доплерографии по магистральным сосудам и паренхиматозным междолевым сосудам в области верхнего, среднего и нижнего сегментов почки производилось измерение величин, характеризующих скорость кровотока и периферическое сопротивление (рис. 4, 5). Анализировали гемодинамические показатели артериального (пиковая систолическая скорость кровотока (V_{ps}) и индекс резистентности (RI)) и венозного (максимальная (V_{max}) и минимальная (V_{min}) линейные скорости кровотока) кровотоков.

Анализировали данные мониторинга биохимических показателей (скорость клубочковой фильтрации, креатинин и мочевины сыворотки крови) до операции, на 1-е, 3-и, 5-е и 7-е сутки после операции и при выписке.

Статистическая обработка материала проведена при помощи программного обеспечения SPSS Statistics 17.0. Для описания количественных признаков использовали среднее значение (M), стандартное отклонение (σ), медиану, 5–95-й проценти, минимальное — максимальное значения. При сопоставлении групп по количественным признакам применяли t -критерий Стьюдента, по качественным — критерий χ^2 . Различия считали достоверными при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценивая в динамике данные, полученные в режиме импульсно-волновой доплерографии, пациенты были поделены на две группы по стабилизации кровотока в интраоперационном периоде. В первую группу вошли пациенты ($n = 25$), у которых максимальные значения пиковой систолической скорости кровотока по магистральным и паренхиматозным сосудам приходились на второй этап мониторинга, то есть через 41 ± 15 мин (36, 22–74, 18–106 мин) после пуска кровотока по магистральным сосудистым стволам, далее у них наступала стабилизация внутриорганной гемодинамики, которая прослеживалась до конца оперативного вмешательства. У других реципиентов, которые составили вторую группу ($n = 29$), максимальные значения пиковой систолической скорости кровотока были зарегистрированы на 3-м этапе интраоперационного мониторинга, то есть через 96 ± 31 мин (91, 54–145, 46–198 мин) от момента начала перфузии почки (табл. 2, 3, рис. 6). Стабилизация кровотока может быть различной и определяется в основном типом кровотока, который в свою очередь является отражением степени ишемического повреждения трансплантата и состоянием сосудистой системы [18]. Таким образом, в обеих группах стабилизация кровотока происходила на достаточно высоких скоростных показателях, но следует отметить, что время, которое для этого потребовалось, различное.

Оценивая гемодинамические показатели по магистральной почечной артерии у пациентов первой группы, мы определили, что достоверно более высокие значения пи-

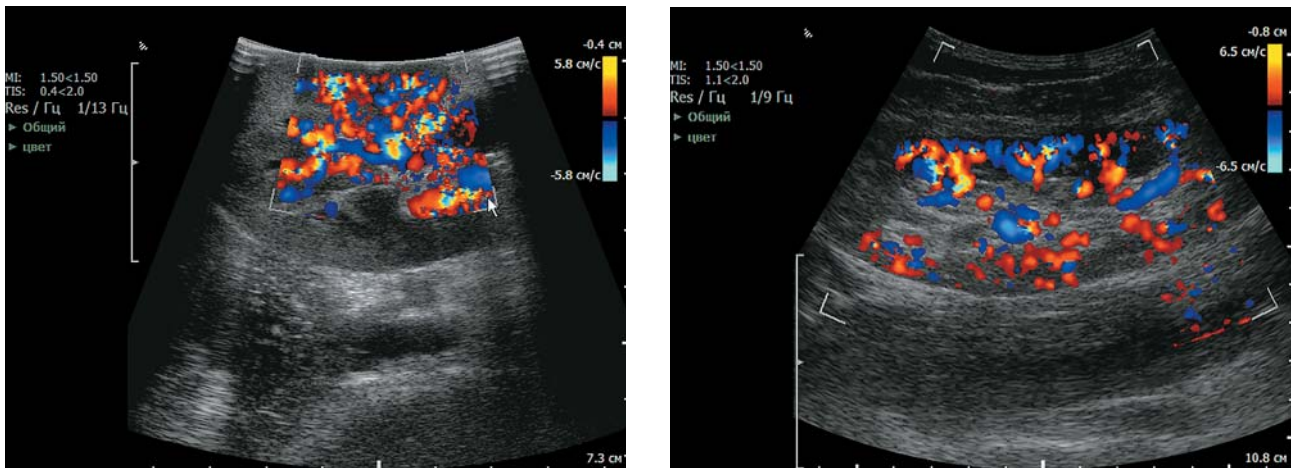


Рис. 3. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном режиме и режиме цветового доплеровского картирования. Адекватная перфузия (сосудистый рисунок визуализируется практически до капсулы).

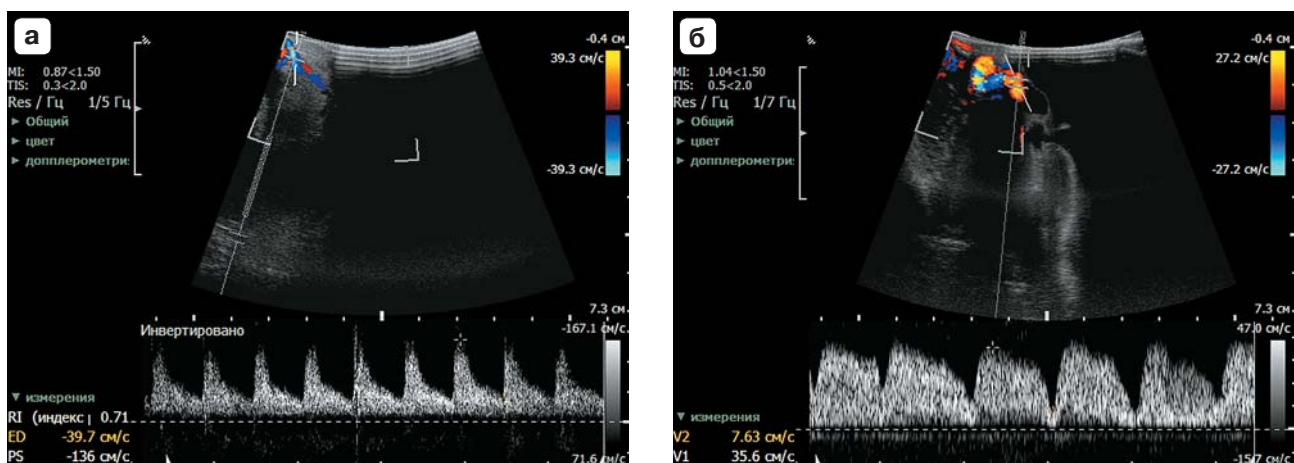


Рис. 4. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном и доплерографических (цветовое доплеровское картирование, импульсно-волновая доплерография) режимах. а – кровоток по магистральной почечной артерии. б – кровоток по магистральной почечной вене.

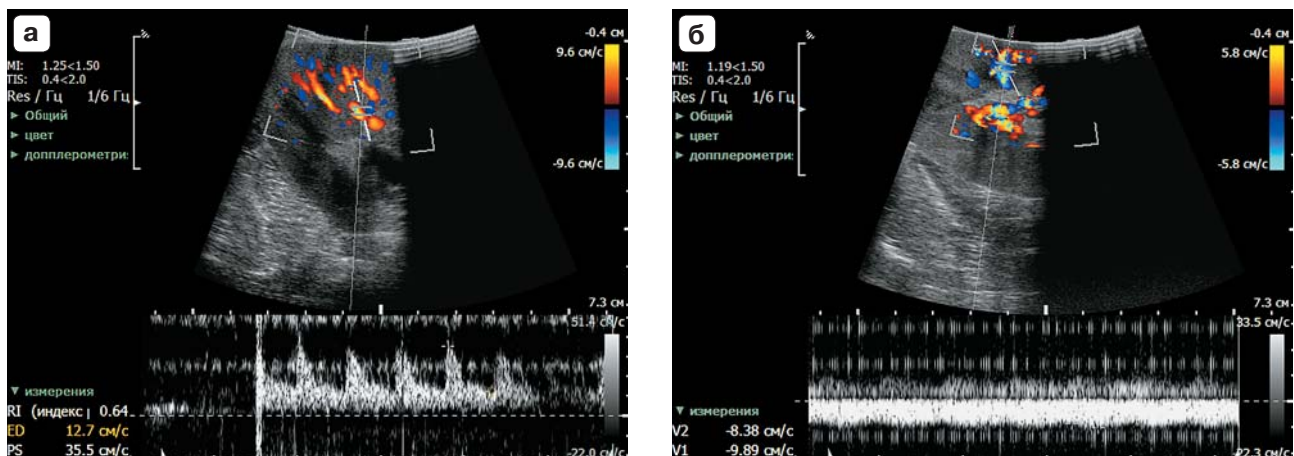


Рис. 5. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном и доплерографических (цветовое доплеровское картирование, импульсно-волновая доплерография) режимах. а – кровоток по междолевой почечной артерии. б – кровоток по междолевой почечной вене.

Таблица 2. Параметры кровотока по основной магистральной артерии на разных этапах интраоперационного мониторинга почечного трансплантата (n = 54)

Статистические характеристики	Первый этап		Второй этап		Третий этап	
	Vps, м/с	RI	Vps, м/с	RI	Vps, м/с	RI
Первая группа (n = 25)						
М ± σ	1,28 ± 0,63	0,71 ± 0,15	1,55 ± 0,67*	0,62 ± 0,09*	1,54 ± 0,64^	0,65 ± 0,09 [°]
Медиана	1,20	0,69	1,42	0,62	1,05	0,64
5–95-й процентиля	0,45–2,37	0,52–1,00	0,77–2,58	0,51–0,85	0,67–2,30	0,53–0,81
Минимальное – максимальное значения	0,37–2,50	0,42–1,00	0,44–3,40	0,51–0,85	0,57–3,30	0,51–0,87
Вторая группа (n = 29)						
М ± σ	1,25 ± 0,45	0,69 ± 0,13	1,23 ± 0,59	0,57 ± 0,10	1,42 ± 0,73^#	0,74 ± 0,11 [#]
Медиана	1,25	0,70	0,98	0,68	1,16	0,75
5–95-й процентиля	0,59–2,00	0,50–0,98	0,86–1,20	0,55–0,89	0,40–2,20	0,58–0,90
Минимальное – максимальное значения	0,55–2,20	0,46–1,00	0,72–1,40	0,50–0,91	0,40–3,70	0,54–1,00

Примечание: * – достоверность различий при сравнении первого и второго этапов при $P < 0,05$, # – достоверность различий при сравнении второго и третьего этапов при $P < 0,05$, ^ – достоверность различий при сравнении первого и третьего этапов при $P < 0,05$, [°] – достоверность различий при сравнении соответствующих показателей на соответствующих этапах в первой и второй группах при $P < 0,05$.

Таблица 3. Параметры кровотока по междолевым артериям на разных этапах интраоперационного мониторинга почечного трансплантата (средний сегмент) (n = 54)

Статистические характеристики	Первый этап		Второй этап		Третий этап	
	Vps, м/с	RI	Vps, м/с	RI	Vps, м/с	RI
Первая группа (n = 25)						
М ± σ	0,13 ± 0,07	0,59 ± 0,15	0,22 ± 0,1*	0,62 ± 0,09	0,20 ± 0,08^	0,63 ± 0,10
Медиана	0,11	0,59	0,17	0,56	0,18	0,60
5–95-й процентиля	0,05–0,26	0,34–0,88	0,08–0,32	0,45–0,71	0,06–0,36	0,47–0,89
Минимальное – максимальное значения	0,01–0,28	0,26–1,00	0,06–0,38	0,45–0,75	0,05–0,40	0,47–1,00
Вторая группа (n = 29)						
М ± σ	0,17 ± 0,10	0,55 ± 0,16	0,16 ± 0,08 [°]	0,62 ± 0,15	0,23 ± 0,15^#	0,62 ± 0,11
Медиана	0,13	0,58	0,16	0,58	0,18	0,59
5–95-й процентиля	0,06–0,27	0,41–0,73	0,05–0,40	0,44–0,75	0,08–0,45	0,47–0,78
Минимальное – максимальное значения	0,05–0,32	0,41–1,00	0,03–0,32	0,43–0,76	0,07–0,48	0,43–0,84

Примечание: * – достоверность различий при сравнении первого и второго этапов при $P < 0,05$, # – достоверность различий при сравнении второго и третьего этапов при $P < 0,05$, ^ – достоверность различий при сравнении первого и третьего этапов при $P < 0,05$, [°] – достоверность различий при сравнении соответствующих показателей на соответствующих этапах в первой и второй группах при $P < 0,05$.

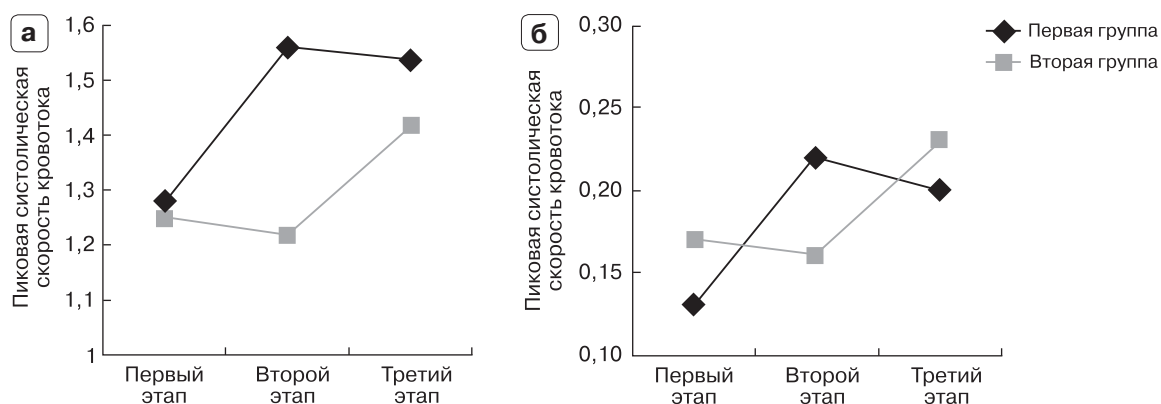


Рис. 6. Динамика пиковой систолической скорости кровотока (м/с) (средние значения) на трех этапах интраоперационного мониторинга. а – магистральная почечная артерия. б – междолевая почечная артерия среднего сегмента.

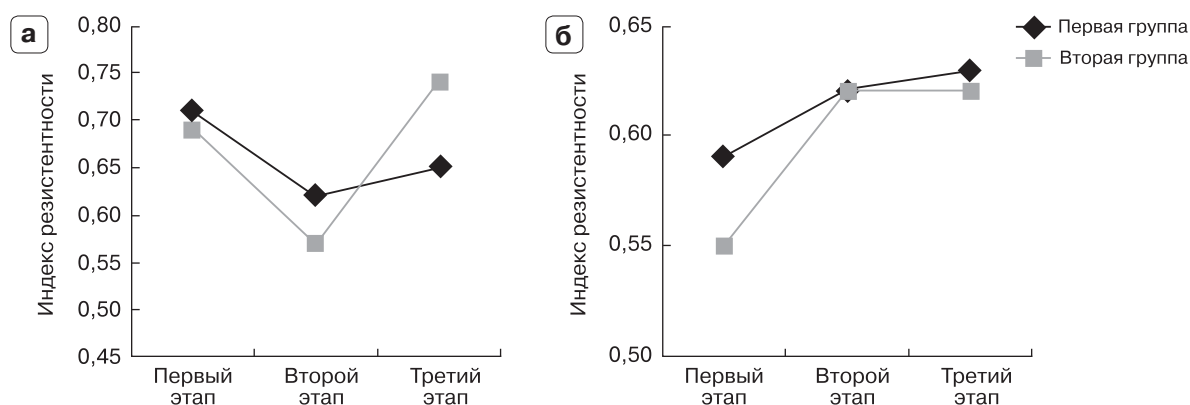


Рис. 7. Динамика индекса резистентности (средние значения) на трех этапах интраоперационного мониторинга. а – магистральная почечная артерия. б – междолевая почечная артерия среднего сегмента.

ковой систолической скорости кровотока приходились на второй этап интраоперационного исследования (по сравнению с первым этапом). При этом достоверные различия между значениями показателя на втором и третьем этапах выявлены не были. У пациентов второй группы достоверно более высокая пиковая систолическая скорость кровотока была зарегистрирована на третьем этапе интраоперационного исследования кровотока почечного трансплантата (по сравнению с первым и вторым этапами). При проведении межгруппового сравнения скоростного показателя по магистральной почечной артерии достоверные различия не определялись (см. табл. 2). При оценке пиковой систолической скорости кровотока по междолевым артериям между этапами в группах определялись аналогичные изменения. При меж-

групповом сравнении значения пиковой систолической скорости кровотока были достоверно выше в первой группе именно на втором этапе (см. табл. 3).

При оценке изменения индекса резистентности по магистральной артерии у пациентов первой группы отмечалось его достоверное снижение к моменту измерения гемодинамических показателей после реконструкции мочевыводящего тракта (второй этап). Индекс резистентности по магистральной артерии у реципиентов второй группы был нестабильным на протяжении всего интраоперационного периода (см. табл. 2). По междолевым сосудам значения индекса резистентности характеризовались одинаковыми изменениями в обеих группах (см. табл. 3) (рис. 7). Такую реакцию периферического сопротивления можно объяснить лабильностью тонуса сосудистой стенки.

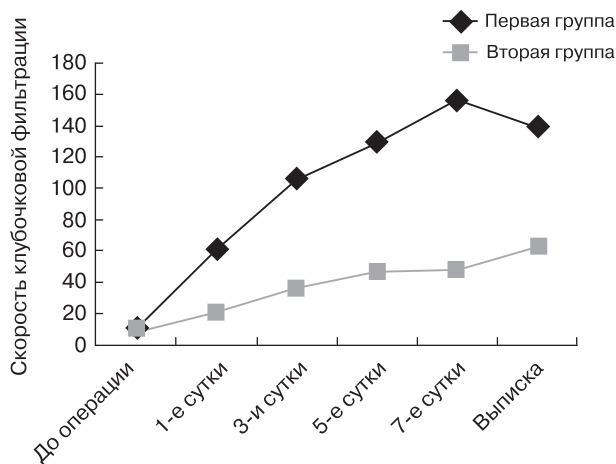


Рис. 8. Динамика скорости клубочковой фильтрации (мл/мин/1,73 м²) (средние значения) у исследуемых пациентов (до- и послеоперационный мониторинг).

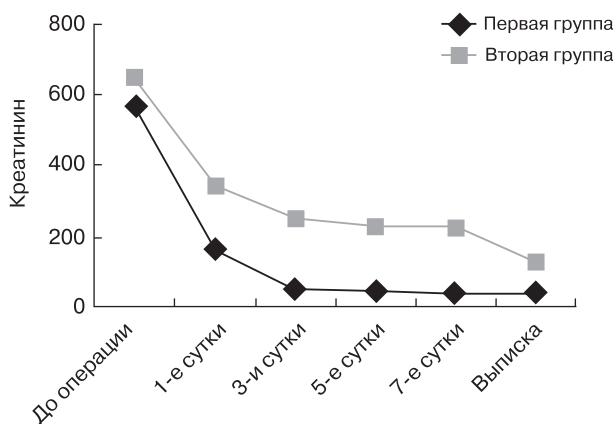


Рис. 9. Динамика креатинина сыворотки крови (мкмоль/л) (средние значения) у исследуемых пациентов (до- и послеоперационный мониторинг).

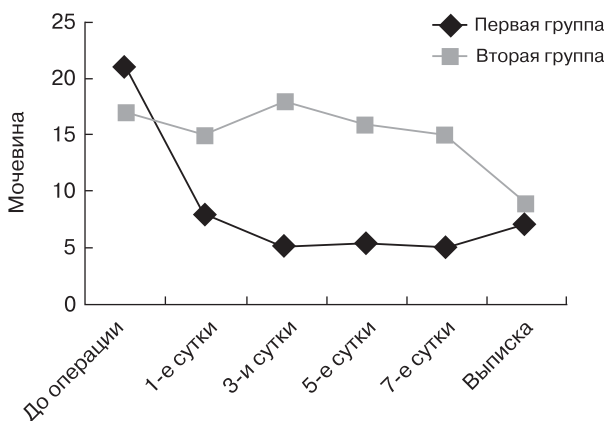


Рис. 10. Динамика мочевины сыворотки крови (ммоль/л) (средние значения) у исследуемых пациентов (до- и послеоперационный мониторинг).

На уровне магистральной почечной вены на всех трех этапах интраоперационного ультразвукового исследования статистически значимые различия значений скоростных показателей кровотока отсутствовали в динамике в обеих группах, а также при межгрупповом сравнении (табл. 4). На уровне междолевых вен на всех трех этапах интраоперационного ультразвукового исследования статистически значимые различия значений максимальной и минимальной скоростей кровотока в динамике в обеих группах и при межгрупповом сравнении также отсутствовали (табл. 5). Исключение составила минимальная скорость кровотока, которая была достоверно выше на третьем этапе (по сравнению с первым) у пациентов первой группы.

В послеоперационном периоде при оценке азотовыделительной функции пациентов обеих групп было выявлено, что нормализация функции почечных трансплантатов протекает по-разному (табл. 6). Оценка лабораторных показателей была проведена с учетом возраста и пола реципиентов. При динамическом наблюдении за уровнем биохимических показателей пациентов отмечалось снижение уровня креатинина, мочевины в сыворотке крови и повышение скорости клубочковой фильтрации у всех пациентов обеих групп. У всех реципиентов первой группы нормализация азотовыделительной функции почек наступила в течение первой недели послеоперационного периода (рис. 8–10). У пациентов второй группы нормализация уровня креатинина, мочевины и скорости клубочковой фильтрации наступила к моменту выписки из стационара только у двух пациентов. Немедленная функция почечных трансплантатов у реципиентов второй группы была расценена как субоптимальная в связи с тем, что азотовыделительная функция у большинства пациентов восстановилась в отдаленном послеоперационном периоде.

На основании этого можно предположить наличие у реципиентов второй группы более выраженных постишемических изменений, которые предусматривают внимательное и настороженное отношение к состоянию почек на протяжении всего периода после оперативного вмешательства. У реципиентов первой группы быстрое восстановление немедленной функции

Таблица 4. Параметры кровотока по магистральной вене на разных этапах интраоперационного мониторинга почечного трансплантата (n = 54)

Статистические характеристики	Первый этап		Второй этап		Третий этап	
	Vmax, м/с	Vmin, м/с	Vmax, м/с	Vmin, м/с	Vmax, м/с	Vmin, м/с
Первая группа (n = 25)						
М ± σ	0,38 ± 0,55	0,28 ± 0,33	0,42 ± 0,30	0,27 ± 0,20	0,41 ± 0,28	0,30 ± 0,21
Медиана	0,29	0,17	0,34	0,27	0,36	0,27
5–95-й процентиля	0,10–0,87	0,07–0,79	0,12–0,88	0,20–0,78	0,18–0,95	0,07–0,73
Минимальное – максимальное значения	0,08–1,60	0,02–1,40	0,10–1,00	0,03–0,88	0,10–1,20	0,03–0,85
Вторая группа (n = 29)						
М ± σ	0,32 ± 0,23	0,22 ± 0,15	0,41 ± 0,27	0,29 ± 0,18	0,56 ± 0,27	0,37 ± 0,23
Медиана	0,25	0,17	0,32	0,32	0,56	0,34
5–95-й процентиля	0,08–0,61	0,03–0,43	0,12–1,00	0,09–0,66	0,15–0,99	0,06–0,80
Минимальное – максимальное значения	0,06–1,00	0,00–0,50	0,10–1,10	0,03–0,84	0,11–1,10	0,04–0,80

Таблица 5. Параметры кровотока по междолевым венам на разных этапах интраоперационного мониторинга почечного трансплантата (средний сегмент) (n = 54)

Статистические характеристики	Первый этап		Второй этап		Третий этап	
	Vmax, м/с	Vmin, м/с	Vmax, м/с	Vmin, м/с	Vmax, м/с	Vmin, м/с
Первая группа (n = 25)						
М ± σ	0,08 ± 0,03	0,04 ± 0,02	0,09 ± 0,05	0,07 ± 0,04	0,11 ± 0,01	0,08 ± 0,05 [^]
Медиана	0,07	0,05	0,09	0,07	0,08	0,08
5–95-й процентиля	0,03–0,18	0,03–0,13	0,05–0,22	0,04–0,16	0,03–0,25	0,02–0,18
Минимальное – максимальное значения	0,03–0,21	0,01–0,16	0,03–0,23	0,00–0,17	0,02–0,27	0,00–0,18
Вторая группа (n = 29)						
М ± σ	0,10 ± 0,06	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,05	0,09 ± 0,02	0,13 ± 0,07	0,08 ± 0,05
Медиана	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,06
5–95-й процентиля	0,03–0,23	0,02–0,16	0,03–0,24	0,01–0,22	0,04–0,25	0,02–0,18
Минимальное – максимальное значения	0,02–0,28	0,00–0,22	0,02–0,30	0,00–0,26	0,03–0,32	0,02–0,22

Примечание: [^] – достоверность различий при сравнении первого и третьего этапов при P < 0,05.

Таблица 6. Характеристика лабораторных показателей на разных этапах послеоперационного мониторинга (n = 54)

Показатели	До операции	Послеоперационный период				Выписка	Нормативные данные
		1-е сутки	3-и сутки	5-е сутки	7-е сутки		
Первая группа (n = 25)							
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 м ²	10 ± 10 7	61 ± 40 38	106 ± 48 73	130 ± 76 110	157 ± 57 136,5	119 ± 45 104	≥90 мл/мин/1,73 м ²
	6-19 5-52	19-93 15-139	44-185 42-193	54-245 25-337	76-262 38-276	58-182 50-187	
	573 ± 182 564	132 ± 93 106	66 ± 48 47	61 ± 45 42	54 ± 40 56	57 ± 38 49	От 1 года до 12 лет – 27–62 мкмоль/л, от 13 до 18 лет – 44–88 мкмоль/л, от 18 до 60 лет (женщины) – 53–97 мкмоль/л, от 18 до 60 лет (мужчины) – 59–104 мкмоль/л
	292-880 251-980	37-288 26-292	19-147 17-183	18-101 15-104	18-98 16-198	19-120 15-158	
Мочевина, ммоль/л	20,0 ± 8,8 18,2	9,1 ± 4,7 8,7	6,5 ± 3,2 5,8	5,9 ± 3,0 4,9	5,4 ± 3,0 4,5	7,4 ± 8,4 4,9	До 14 лет – 1,8–6,4 ммоль/л, от 14 до 60 лет – 2,5–7,1 ммоль/л
	8,1-35,6 7,5-37,1	3,7-15,5 2,6-17,3	2,8-12,0 2,1-12,0	2,2-9,0 2,0-13,4	2,3-10,9 1,6-11,4	2,5-11,0 1,9-44,0	
Вторая группа (n = 29)							
Скорость клубочковой фильтрации, мл/мин/1,73 м ²	10 ± 7 7	21 ± 18 17	37 ± 22 33	47 ± 28 61	48 ± 23 64	62 ± 20 70	≥90 мл/мин/1,73 м ²
	4-14 3-18	7-91 6-152	6-110 6-177	14-128 5-186	15-173 5-224	37-153 35-161	
	671 ± 237 619	389 ± 200 342	260 ± 213 172	185 ± 198 122	205 ± 228 134	126 ± 70 101	От 1 года до 12 лет – 27–62 мкмоль/л, от 13 до 18 лет – 44–88 мкмоль/л, от 18 до 60 лет (женщины) – 53–97 мкмоль/л, от 18 до 60 лет (мужчины) – 59–104 мкмоль/л
	380-1061 324-1146	40-770 22-802	20-619 18-863	33-464 19-740	20-657 15-919	24-190 21-374	
Мочевина, ммоль/л	17,0 ± 8,3 18,0	13,3 ± 8,4 12,7	14,2 ± 8,0 14,0	12,3 ± 7,7 13,1	12,1 ± 10,7 8,7	8,3 ± 5,5 6,8	До 14 лет – 1,8–6,4 ммоль/л, от 14 до 60 лет – 2,5–7,1 ммоль/л
	4,9-30,5 4,9-31,5	2,5-28,7 1,6-35,7	5,0-30,0 3,0-30,2	2,9-22,7 2,0-28,0	2,3-34,0 2,2-45,7	3,0-13,9 1,4-27,8	

Примечание: количественные данные представлены в виде $M \pm \sigma$ (первая строка ячейки), медианы (вторая строка ячейки), 5-95-го процентилей (третья строка ячейки), минимального – максимального значений (четвертая строка ячейки).

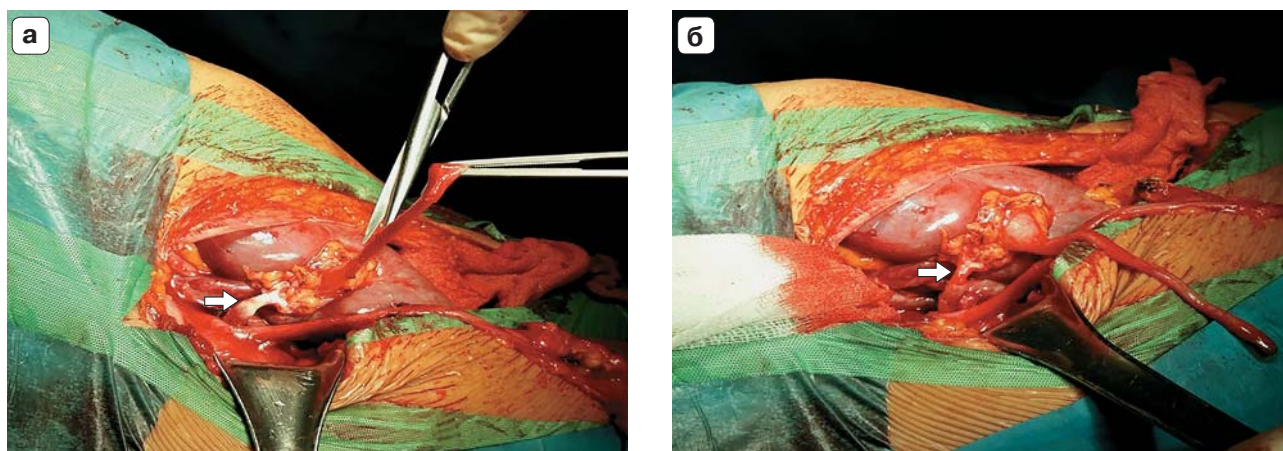


Рис. 11. Магистральная артерия почечного трансплантата (стрелка). а – вазоспазм магистральной артерии почки проксимальнее сосудистого анастомоза. б – расширение магистральной артерии почки после введения спазмолитика.

трансплантата, скорее всего, было обусловлено большей массой действующих нефронов, определяющих адекватную функцию почечного аллотрансплантата.

Жизнеспособность и дальнейшая функция почечного аллотрансплантата зависят в основном от адекватного его кровоснабжения. Основной причиной, приводящей к повреждению нефронов, является ишемия в результате реперфузии. Факторами, приводящими к ишемическому повреждению на различных этапах хирургического вмешательства, могут быть такие, как состояние гемодинамики у донора перед забором органа, качество изъятия почки, время холодовой и общей ишемии, сосудистые осложнения и др. [18]. В нашем исследовании трансплантация почки была выполнена от живого родственного донора, что значительно сокращало время ишемии. Кроме того, в первые часы после оперативного вмешательства всем реципиентам были проведены мероприятия по коррекции реперфузионной травмы: проведение сеанса плазмафереза или введение экулизумаба [19–21].

Проведение плазмафереза в течение 7 ч после включения почечного трансплантата в кровоток позволяет снизить концентрацию циркулирующих факторов, таких как IL-1, IL-6, TNF- α и эндотелины, которые лежат в основе патогенеза реперфузионного повреждения [22]. Именно совокупность этих факторов и обеспечивает степень ишемического повреждения, которая в свою очередь определяет состояние внутриорган-

ного кровообращения и функцию почечного трансплантата.

Постишемические реперфузионные расстройства являются одной из важнейших причин развития вазоконстрикции. В основе этого процесса лежит накопление ионов кальция в клетке после восстановления кровотока, что в основном приводит к переполнению саркоплазматического ретикула кальция и нарушению функции митохондрий, а иногда и к разрыву клетки. Нормальная концентрация ионизированного кальция обладает мембраностабилизирующим эффектом [23].

Реперфузионное повреждение всегда сопровождается спазмом почечных сосудов на различных уровнях большей или меньшей степени выраженности. Сосудистый спазм может быть как в основной почечной артерии (рис. 11), так и добавочных сосудах. Возможен вариант вазоконстрикции и внутрипочечной артериальной сети. Подтверждением служит реакция сосудистого русла почки на введение спазмолитических препаратов (папаверин, эуфиллин).

В нашем исследовании реперфузионное повреждение было клинически выраженным и проявлялось спазмом сосудов почечного трансплантата у 31 пациента, среди реципиентов первой группы с нарушением перфузии было 11 (44,0%) человек, среди пациентов второй группы – 20 (69,0%) ($P = 0,28$). Во время реперфузии наиболее часто под адвентицию почечной артерии вводился раствор папаверина. Существует ряд признаков, которые своевременно по-

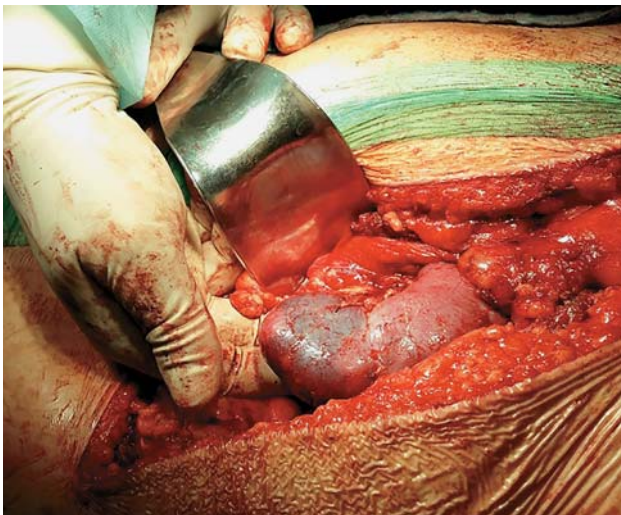


Рис. 12. Изменение цвета передне-верхнего сегмента трансплантата вследствие спазма сосудов, обусловленного реперфузионным повреждением.

звolyют предположить нарушение перфузии почечного трансплантата. Почка в зоне отсутствия адекватной архитектоники приобретает синий оттенок (рис. 12), при длительной ишемии может иметь дряблую консистенцию. По данным ультразвукового исследования в цветокодированных доплерографических режимах при этом отмечается обеднение или отсутствие сосудистого рисунка в сегменте почечного трансплантата с нарушением микроциркуляции (рис. 13).

В режиме импульсно-волновой доплерографии форма кривой кровотока изменена,

вершина спектра имеет сглаженную или плоскую форму, отмечаются увеличение времени ускорения и плавный дикротический спуск. Наблюдается редукция систолического кровотока с уменьшением индекса резистентности (рис. 14а). После своевременного введения спазмолитиков под адвентицию через 5–10 мин степень перфузии и гемодинамические показатели можно оценить как удовлетворительные (рис. 14б). Кроме того, в первые часы после оперативного вмешательства 46 (85,2%) реципиентам был проведен сеанс плазмафереза, что позволило скорректировать реперфузионную травму. Так, у 5 (9,3%) пациентов при наличии ультразвуковых признаков выраженных реперфузионных изменений объем плазмафереза был увеличен до 150% объема циркулирующей плазмы.

По данным В.И. Садовникова (1998) [18], при морфологическом исследовании гистологических срезов материала, полученного при интраоперационной пункционной биопсии, было доказано, что даже у почечных трансплантатов с немедленной функцией степень и выраженность ишемического повреждения канальцевого эпителия и его распространенность не были однородными и колебались от слабо выраженного ишемического до диффузного повреждения эпителия канальцев деструктивного характера с элементами некротизации клеток при состоянии внутриорганного кровообращения на достаточно хорошем уровне. Главным моментом являются сохранность сосуди-

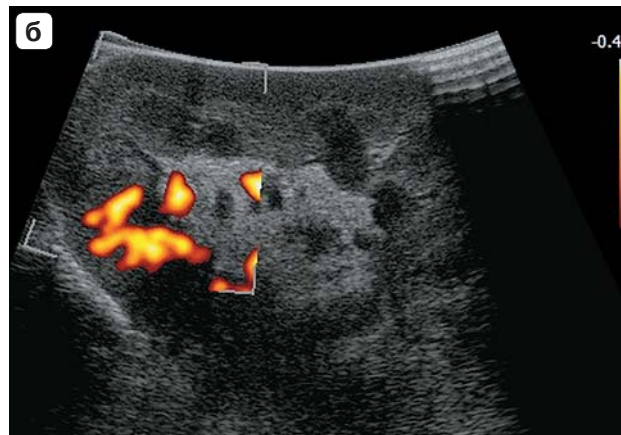
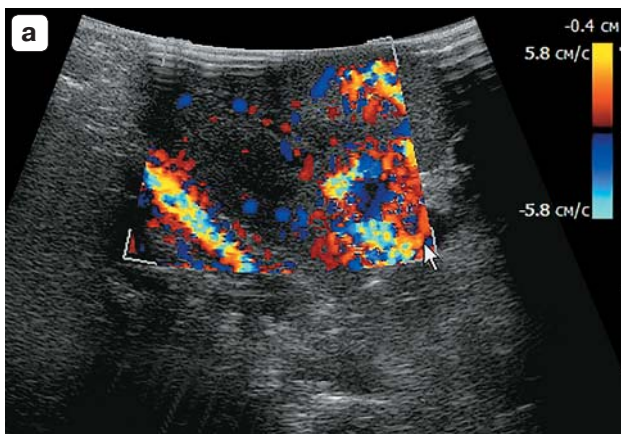


Рис. 13. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном и цветокодированных режимах. а – в режиме цветового доплеровского картирования обеднение сосудистого рисунка переднего сегмента. б – в режиме энергетического доплеровского картирования отсутствие сосудистого рисунка передне-верхнего сегмента.

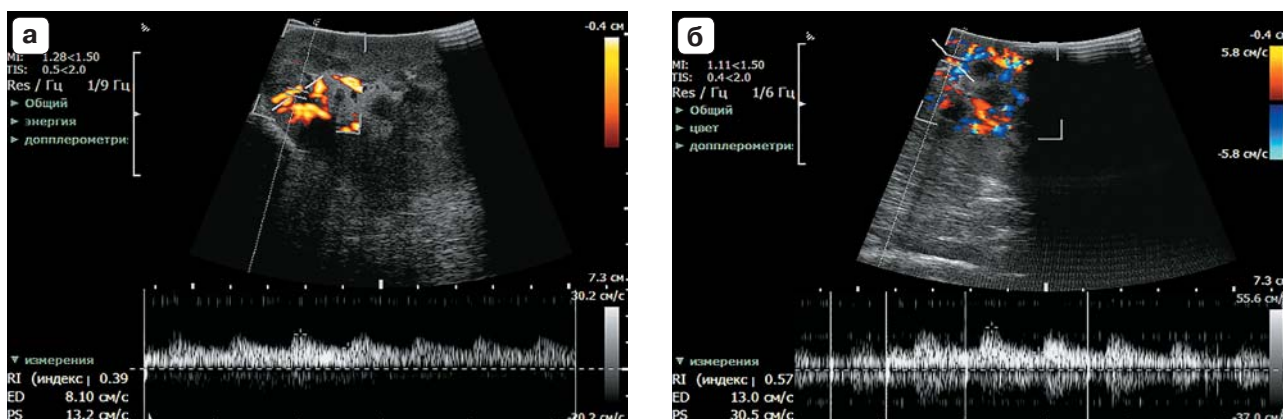


Рис. 14. Интраоперационное сканирование почечного трансплантата в серошкальном, цветокодированных и импульсноволновом доплерографических режимах. а – кровоток по междолевой почечной артерии в проекции скомпрометированного верхнего полюса трансплантата. б – кровоток по междолевой почечной артерии в проекции верхнего полюса трансплантата после введения спазмолитика папаверина.

стой системы и проходимость почечных канальцев, которые и обеспечивают адекватную перфузию и нормализацию азотовыделительной функции почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде [18].

Анализ результатов продемонстрировал влияние показателей гемодинамики на различных этапах оперативного вмешательства на дальнейшее течение функции почечного аллотрансплантата. Было установлено, что чем раньше отмечается стабилизация показателей гемодинамики, тем лучше функция почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде. Интраоперационный ультразвуковой мониторинг дает возможность определить реперфузионное повреждение и восстановление адекватной архитектоники почечного аллотрансплантата, но степень ишемического повреждения канальцевого эпителия и его распространенность в полной мере оценить на интраоперационном этапе не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумаков В.И., Мойсюк Я.Г., Томилина Н.А. Трансплантация почки // Трансплантология / Под ред. В.И. Шумакова. М.: Медицина, 1995. С. 194–195.
2. Barba J., Rioja J., Robles J.E. Immediate renal Doppler ultrasonography findings (<24 h) and its association with graft survival // World J. Urol. 2011. V. 29. No. 4. P. 547–553.
3. Wolfe R.A., Ashby V.B., Milford E.L. Comparison of mortality in all patients on dialysis, patients on dialysis awaiting transplantation, and recipients

of a first cadaveric transplant // N. Engl. J. Med. 1999. V. 341. No. 23. P. 1725–1730.

4. Лейзеров Л.В., Тарасов А.Н., Игнатов В.Ю. Трансплантация почки: состояние проблемы, обзор литературы // Вестник Челябинской областной клинической больницы. 2010. № 1 (8). С. 41–46.
5. Shimazono Y. The state of the international organ trade: a provisional picture based on integration of available information // Bull. World Health Organ. 2007. V. 85. No. 12. P. 955–962.
6. Мойсюк Я.Г., Сушков А.И., Шаршаткин А.В. Современные технологии и клинические исследования в трансплантации почки // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2014. Т. 16. № 3. С. 63–75.
7. Бикбов Б.Т., Томилина Н.А. Заместительная терапия больных с хронической почечной недостаточностью методами перитонеального диализа и трансплантации почки в Российской Федерации в 1998–2011 гг. Отчет по данным Российского регистра заместительной почечной терапии. Часть вторая // Нефрология и диализ. 2014. Т. 16. № 2. С. 192–227.
8. Мойсюк Я.Г., Шаршаткин А.В., Арутюнян С.М. Трансплантация почки от живого родственного донора // Нефрология и диализ. 2001. Т. 3. № 3. С. 328–334.
9. Ponticelli C. Renal transplantation 2004: where do we stand today? // Nephrol. Dial. Transplant. 2004. V. 19. No. 12. P. 2937–2947.
10. Granata A., Di Nicolo P., Scarfia V.R. Renal transplantation parenchymal complications: what Doppler ultrasound can and cannot do // J. Ultrasound. 2014. V. 18. No. 2. P. 109–116.
11. Белорусов О.С., Садовников В.И., Сандриков В.А. Интраоперационная гемодинамика при трансплантации почки от живого родственного донора // Хирургия. 1988. № 5. С. 79–83.
12. Зарецкий В.В., Князев М.Д., Сандриков В.А., Выховская А.Г. Электромагнитная флоуметрия. М.: Медицина, 1974. 128 с.

13. Сандриков В.А., Садовников В.И. Клиническая физиология трансплантированной почки. М.: Наука/Интерпериодика, 2001. 283 с.
14. Bergentz S.E., Brunius U., Gelin L.E. Operative blood flow measurement in transplanted human kidneys and subsequent rejection // *Ann. Surg.* 1971. V. 174. No. 1. P. 44–47.
15. Anderson C.B., Etheredge E.E. Human renal allograft blood flow and early renal function // *Ann. Surg.* 1977. V. 186. No. 5. P. 564–567.
16. Зулькарнаев А.Б. Сорбционно-фильтрационные методы экстракорпоральной гемокоррекции при трансплантации почки: Дис. ... докт. мед. наук. М., 2015. С. 166.
17. Kalble T., Alkaraz A., Budde K. Трансплантация почки. Рекомендации Европейской ассоциации урологов. 2011. Режим доступа: // http://uroweb.org/wp-content/uploads/20_Transplantation.pdf, свободный. Загл. с экрана. 25.05.2016.
18. Садовников В.И. Внутриорганное кровообращение почки в диагностике посттрансплантационных осложнений: Дис. ... докт. мед. наук. М., 1998. С. 96–98.
19. Садовников В.И., Сандриков В.А., Каабак М.М. Влияние плазмафереза на функцию и внутриорганный кровоток почечного аллотрансплантата в раннем послеоперационном периоде // *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2003. № 3. С. 21–30.
20. Каабак М.М., Горяйнов В.А., Зокоев А.К. и др. Десятилетний опыт применения раннего плазмафереза после пересадки почки // *Вестник трансплантологии и искусственных органов.* 2009. Т. 11. № 1. С. 28–33.
21. Kaabak M.M., Babenko N.N., Kuznetsov O.E. et al. Eculizumab reverses the potentially fatal effects of kidney graft reperfusion injury // *Pediatr. Transplant.* 2014. V. 18. No. 2. P. E44–E47.
22. Салимов Э.Л. Эффективность раннего плазмафереза после пересадки почки: Дис. ... канд. мед. наук. М., 2005. С. 94.
23. Каабак М.М., Горяйнов В.А., Дьяченко И.В. Использование плазмафереза для коррекции реперфузионной травмы при пересадке почки // *Нефрология и диализ.* 2001. Т. 3. № 2. С. 345–353.

Intraoperative Ultrasound Monitoring of Renal Allograft

N.A. Kraynik, V.A. Sandrikov, V.I. Sadovnikov, M.M. Kaabak, E.N. Platova

B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow

N.A. Kraynik – M.D., Ph.D. fellow, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. V.A. Sandrikov – M.D., Ph.D., Professor, Academician, Russian Academy of Sciences; Director, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. V.I. Sadovnikov – M.D., Ph.D., Professor, Head of Functional Diagnostics Laboratory, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. M.M. Kaabak – M.D., Ph.D., Professor, Head of Renal Transplantation Department, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow. E.N. Platova – M.D., Ph.D., Senior Researcher, Ultrasound Diagnostics Laboratory, Department of Clinical Physiology, Instrumental and Radiology Diagnostics, B.V. Petrovsky Russian Research Surgery Center, Moscow.

Renal allograft intraoperative ultrasound was performed in 54 recipients. 33 (61.1%) men and 21 (38.9%) women were examined. Age of the recipients was 1–50 years old, donors – 25–69 years old. Ultrasound was performed during the three stages of the surgery using ultrasound scanner Profocus 2202 (BK Ultrasound, Analogic, USA). The first stage of intraoperative monitoring was the assessment of flow start through the main vessels of the transplanted kidney, the second stage – the study of blood flow after reconstruction of the urinary tract, the third stage – the study of blood flow after surgical intervention. The options considered stabilization of renal blood flow after hemodynamic shock (the start of blood flow through main blood vessels) were discussed. Patients were divided into two groups in accordance with the blood flow state. The first group consisted of patients ($n = 25$), in which the maximum values of peak systolic blood flow velocity through the main and parenchymal arteries accounted for the second stage of monitoring, then they have stabilized renal hemodynamics, which can be traced to the end of surgery. 29 patients with maximum peak systolic velocities registered at the third stage of the intraoperative monitoring were included in the second group. Postoperative normalization of renal transplants function has evolved in different ways. Normalization of renal function in all patients of the first group occurred during the first week of the postoperative period, and only in two patients of the second group – to the point of discharge from the hospital. The earlier hemodynamics stabilizes the better renal allograft function is at early postoperative period.

Key words: *intraoperative ultrasound, Doppler ultrasound, blood flow measurement, kidney transplantation, reperfusion injury.*