

УДК 616.61-001-036.11:616.146.2-005

ШРАМЕНКО Е.К., ШКАРБУН Л.И.

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького, ДОКТМО

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПОЧЕЧНОГО КРОВОТОКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОСТРОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОЧЕК

**Резюме.** В статье представлены сравнительные данные доплерографического исследования почек у пациентов с различными вариантами острого повреждения почек (ОПП) в стадии олигоанурии и восстановления диуреза. У всех пациентов исходно, при поступлении, выявлены нарушения почечной гемодинамики, выраженность которых была различной в зависимости от варианта ОПП. В процессе лечения при восстановлении диуреза показатели почечного кровотока улучшались. Скорость и полнота восстановления гемодинамики определялись как вариантом (этиологией), так и тяжестью повреждения почек. При трансформации ОПП в хроническую почечную недостаточность скорости кровотока оставались низкими, индекс резистентности не снижался даже при восстановлении диуреза и азотвыделительной функции почек.

**Ключевые слова:** острое повреждение почек, почечный кровоток, индекс резистентности, доплерография.

### Актуальность

Развитие вазоконстрикции артериол почки и снижение почечного кровотока — основной механизм формирования ОПП. Спазм артериол коркового слоя почки вызывает рост периферического сосудистого сопротивления и снижает кровоснабжение паренхимы. Выраженная гипоперфузия ведет к повреждению в первую очередь клеток проксимального отдела канальцев. Канальцевый некроз способствует истечению ультрафильтрата в интерстиций почек. Интерстициальный отек, в свою очередь, сдавливает сосуды, ухудшает кровообращение и усугубляет нарушение основных процессов, обеспечивающих многочисленные функции почек [3, 4]. Способы оценки состояния внутривисочечной гемодинамики достаточно ограничены. Активное применение традиционных радиоизотопных, рентгенологических и рентгенконтрастных методов оценки состояния почек в условиях сниженной почечной функции может послужить дополнительным фактором риска усугубления ОПП и не всегда достаточно информативно [1–3]. Безусловный интерес для клинициста представляет возможность быстрой и неинвазивной оценки состояния почечной гемодинамики методом доплерографии. Метод позволяет визуализировать сосуды почек, включая кортикальный слой паренхимы, и провести качественную и количественную оценку ренального кровотока [1, 2, 4]. Однако большинство работ посвящено изучению доплерографических показателей лишь на ранних стадиях (R и I по классифи-

кации RIFLE) ОПП. При этом основное внимание уделяется индексу резистентности (RI), без оценки скоростей артериального кровотока, из которых RI рассчитывается [6, 7].

**Целью** данной работы явилось выявление нарушений почечного кровотока у пациентов с ОПП, сравнительная оценка выявленных нарушений в зависимости от варианта, стадии и тяжести ОПП.

### Материал и методы

За период с января 2009 по декабрь 2013 года на базе отделения реанимации ДОКТМО обследовано 187 больных с ОПП. Из них 111 мужчин и 76 женщин. Возраст больных составил от 18 до 73 лет. В зависимости от варианта формирования ОПП все пациенты были разделены на 3 группы: 1-я — больные с преренальным ОПП (91 чел.); 2-я — с ренальным ОПП (67); 3-я — с субренальным ОПП (29). Все пациенты поступали в ОИТ в стадии F. Группы больных с различным генезом ОПП были сопоставимы по возрасту и степени тяжести почечного повреждения. Всем пациентам выполнялись общеклинические, биохимические исследования, ЭКГ, части из них — ЭхоКГ, компьютерная томография и УЗИ органов брюшной полости и забрюшинного пространства. 113 больным проводилось гемодиализное лечение (452 сеанса) на аппаратах АК-90, АК-200

© Шраменко Е.К., Шкарбун Л.И., 2014

© «Медицина неотложных состояний», 2014

© Заславский А.Ю., 2014

(Gambro), Tina (Baxter), Innova с диализаторами Alwal GFE, GFS, Poluflux (Gambro), F-5 (Fresenius). Сосудистый доступ обеспечивали формированием артериовенозного шунта на предплечье или установкой двухходового катетера в магистральный сосуд. Гипокоагуляцию проводили нефракционированным или низкомолекулярным гепарином. С целью оценки функциональных нарушений почечного кровотока дополнительно всем больным было проведено доплеровское сканирование сосудов почек (цветовое доплеровское картирование и импульсно-волновая доплерография) на аппарате экспертного класса HDI-500 (Philips, Голландия) в динамике. Проводилась также доплерография брюшного отдела аорты. Изучались анатомические особенности сосудов для исключения деформаций. В автоматическом режиме определяли пиковую систолическую (Vps), конечную диастолическую (Ved) скорость кровотока и RI на уровне основной почечной артерии и ее сегментов (дуговые, междольевые и сегментарные сосуды), систоло-диастолическое соотношение (S/D). Каждому больному было проведено минимум 2 комплексных ультразвуковых исследования в стадии олигоанурии и восстановления диуреза (в фазе полиурии). Обследование проводили натощак, принимали меры по уменьшению пневматизации кишечника (мотилиум, эспумизан, мезим). Контрольную группу составили 26 практически здоровых лиц, в анамнезе которых не было указаний на почечную патологию, а клинико-лабораторные показатели и ультразвуковая картина почек соответствовали норме. Возраст обследуемых в контрольной группе составил от 18 до 70 лет (средний возраст  $37,7 \pm 2,2$  года). Был проведен сравнительный анализ изменений кровообращения в почках при различных вариантах ОПП в стадии олигоанурии, а также в стадии восстановления диуреза. Полученные данные обработаны с помощью лицензионной программы MedStat. При сравнении выборок достоверной считали разницу при  $p < 0,05$ .

В стадии олигоанурии у пациентов всех трех групп были выявлены гемодинамически значимые нарушения почечной гемодинамики, которые достоверно отличались от показателей контрольной группы ( $p < 0,001$ ). У 11 пациентов артериальный кровоток в единственно функционирующей почке отсутствовал (был диагностирован тромбоз основного ствола почечной артерии). В остальных случаях скорость кровотока в основных стволах почечных артерий в стадии олигоанурии была значительно ниже соответствующих показателей в группе контроля. Это касалось как Vps, так и Ved скоростей кровотока на уровне основной почечной артерии и ее сегментов (дуговые, междольевые и сегментарные сосуды). Причиной этому служило повышение общего периферического сопротивления кровотоку и его составляющей — периферического сопротивления почечных артерий и артериол. Кроме того, существенным моментом было снижение сердечного выброса в связи с поражением (отеком, дистрофическими изменениями) миокарда и его

систолической и диастолической дисфункцией. S/D было выше данных в контрольной группе, что можно объяснить отеком, лимфогистиоцитарной инфильтрацией интерстициальной ткани почек при ОПП. Индекс резистентности во всех случаях был повышен и достоверно ( $p < 0,001$ ) отличался от данных в контрольной группе. В клинической практике тяжесть ОПП (F) определяется ретроспективно по длительности стадии олигоанурии. Был проведен корреляционный анализ между RI и длительностью стадии олигоанурии, выявлена прямая корреляционная связь. Чем выше был индекс резистентности при поступлении, тем длительнее оказывалась стадия олигоанурии (исключая умерших и пациентов с хронической почечной недостаточностью (ХПН)). Получены следующие данные: при RI в стволе основной почечной артерии  $> 0,79$  длительность стадии олигоанурии составила 3 недели и более, при показателе RI от 0,71 до 0,79 — от 2 до 3 недель, при  $RI < 0,71$  — менее 1 недели. Таким образом, уже при поступлении больных можно было говорить о тяжести острой почечной недостаточности (ОПН). При показателе индекса резистентности  $> 0,79$  ОПН оценивали как тяжелую, при значениях индекса резистентности от 0,71 до 0,79 диагностировали среднюю степень тяжести ОПН, а при индексе резистентности  $< 0,71$  — легкую степень. Снижение скоростей почечного кровотока и повышение индекса резистентности были характерными для всех пациентов с ОПП в стадии олигоанурии. Однако изучаемые показатели достоверно ( $p < 0,001$ ) отличались при различных вариантах ОПП (табл. 1).

Так, наиболее выраженное снижение скорости кровотока в почках наблюдалось при ренальном ОПП. Vps при этом составила  $42,40 \pm 0,15$  см/с, Ved —  $6,04 \pm 0,03$  см/с, S/D —  $8,96 \pm 0,27$ , RI был повышен до  $0,85 \pm 0,01$  и оказался самым высоким в сравнении с RI при других вариантах ОПП ( $p < 0,001$ ). Также обращало на себя внимание самые высокие цифры систолодиастолического соотношения, что подтверждает тот факт, что при этом варианте ОПП существенное значение имеет не только снижение общего кровотока за счет нарушения центральной гемодинамики со снижением сердечного и ударного индексов, но и отек паренхимы почки, значительное шунтирование крови в венозную сеть с обеднением корковых структур. Наиболее выраженный отек паренхимы почек был выявлен именно при ренальном ОПП. По данным УЗИ, толщина паренхимы почек в этой группе достигала 3,4 см и составила в среднем более 2,5 см.

При ОПП преренального генеза в стадии олигоанурии выявлены следующие изменения по данным доплерографии: пиковая систолическая скорость была снижена до  $59,5 \pm 0,2$  см/с, конечная диастолическая скорость составила  $14,90 \pm 1,12$  см/с, систолодиастолическое соотношение было выше данных в контрольной группе и составило  $4,20 \pm 0,02$ , индекс резистентности был повышен до  $0,75 \pm 0,05$ . При субренальном ОПП пиковая систоличе-

ская скорость была снижена до  $64,01 \pm 0,25$  см/с, конечная диастолическая скорость составила  $20,3 \pm 0,3$  см/с, систолидиастолическое соотношение было выше данных в контрольной группе и составило  $3,12 \pm 0,08$ , индекс резистентности был повышен до  $0,69 \pm 0,02$ .

При дальнейшем анализе данных доплерометрии в стадии олигоанурии выявлено, что группы больных с преренальным и ренальным ОПП были неоднородны и данные гемодинамики колебались в них существенно. Так, минимальное значение пульсовой скорости в группе преренального ОПП составило  $47,19$  см/с, а максимальное —  $70,9$  см/с. Соответственно, минимальный индекс резистентности был  $0,63$ , а максимальный —  $0,86$  (рис. 1, 2).

У части пациентов (27) с преренальным ОПП линейные скорости кровотока и индекс резистентности достоверно ( $p < 0,05$ ) отличались от таковых у большей части пациентов (53) группы преренального ОПП. Нарушения почечной гемодинамики в этой подгруппе были выражены значительно меньше. Так, пульсовая скорость кровотока составила  $67,4 \pm 5,0$  см/с, диастолическая —  $18,9 \pm 1,2$  см/с, а индекс резистентности —  $0,715 \pm 0,010$ , в то время как у большинства пациентов зафиксированы

низкие скорости кровотока: пульсовая скорость — в среднем  $54,8 \pm 6,0$  см/с, конечная диастолическая —  $13,38 \pm 4,20$  см/с, а индекс резистентности составил  $0,75 \pm 0,05$ . Впоследствии оказалось, что 27 пациентов преренальной группы с менее выраженными нарушениями ренального кровотока хорошо откликнулись на нефропротективные мероприятия и диурез восстановился без лечения гемодиализом или было проведено 1–2 сеанса. Условно эта группа может быть выделена как истинно преренальная, не сопровождающаяся распространенным тубулярным некрозом. В остальных случаях ОПП было расценено как преренальное по причинному фактору. В группе больных с ренальным ОПП также выявлены разнородные по показателям гемодинамики пациенты. Так, минимальное значение пульсовой скорости в группе ренального ОПП составило  $31,15$  см/с, а максимальное —  $66,8$  см/с. Соответственно, минимальный индекс резистентности был  $0,69$ , а максимальный —  $0,94$  (рис. 3, 4).

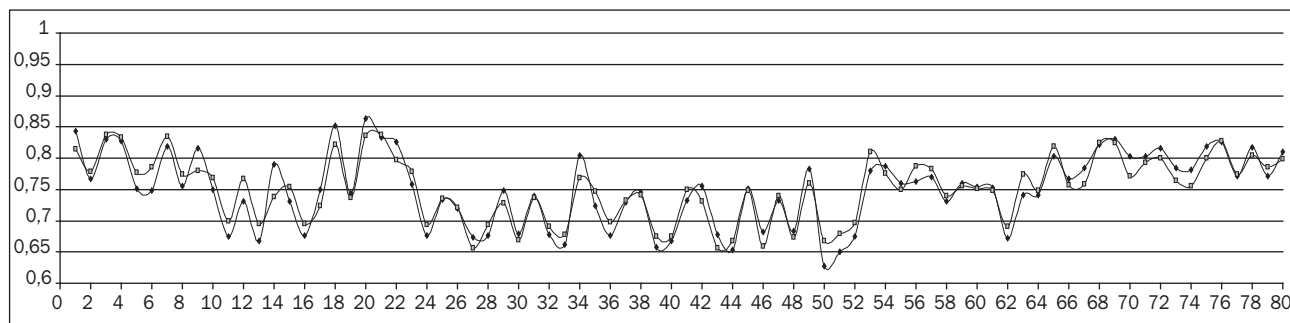
У 17 пациентов этой группы выявлены очень низкие систолические скорости кровотока —  $34,4 \pm 0,5$  см/с, диастолическая скорость составила  $8,7 \pm 0,3$  см/с (менее низкие диастолические скорости — из-за отсутствия большого отека и на-

**Таблица 1. Сравнительный анализ результатов ультразвуковой доплерометрии у пациентов с ОПП ( $M \pm m$ )**

Показатели артериального кровотока	Преренальная		Ренальная		Субренальная		Контрольная группа, n = 26
	Стадия олигоанурии, n = 80	Стадия полиурии, n = 71	Стадия олигоанурии, n = 67	Стадия полиурии, n = 61	Стадия олигоанурии, n = 29	Стадия полиурии, n = 27	
Vps, см/с	$59,6 \pm 0,2$	$69,15 \pm 0,14$	$42,40 \pm 0,15$	$56,0 \pm 0,1$	$64,01 \pm 0,25$	$69,35 \pm 0,15$	$73,0 \pm 4,2$
Ved, см/с	$14,90 \pm 1,12$	$24,30 \pm 0,25$	$6,04 \pm 0,03$	$17,5 \pm 0,2$	$20,3 \pm 0,3$	$24,50 \pm 0,25$	$26,0 \pm 3,8$
RI, отн.ед.	$0,75 \pm 0,05$	$0,650 \pm 0,015$	$0,85 \pm 0,01$	$0,69 \pm 0,13$	$0,69 \pm 0,02$	$0,64 \pm 0,01$	$0,62 \pm 0,05$
S/D, отн.ед.	$4,20 \pm 0,02$	$2,85 \pm 0,04$	$8,96 \pm 0,27$	$3,22 \pm 0,02$	$3,12 \pm 0,08$	$2,80 \pm 0,14$	$2,8 \pm 0,2$



**Рисунок 1. Колебания показателей Vps в группе преренального ОПП**



**Рисунок 2. Разброс показателей RI в группе преренального ОПП**

личия нефросклероза). Индекс резистентности в этой подгруппе был относительно менее высоким в сравнении с остальными пациентами этой группы ( $p < 0,05$ ) и составил  $0,74 \pm 0,02$ . Впоследствии часть больных (эти 17) так и не восстановили функцию окончательно и были выделены как группа ОПП на фоне ХПН или с исходом в ХПН. Части из них впоследствии выполнена трансплантация почки. У другой части больных с ренальным ОПП систолическая скорость составила  $46,5 \pm 8,0$  см/с, диастолическая скорость кровотока была очень низкой — в среднем  $5,3 \pm 4,7$  см/с. Индекс резистентности был достоверно ( $p < 0,001$ ) повышен в сравнении как с данными в контрольной группе, так и с показателями при других вариантах ОПП, и составил в среднем  $0,89 \pm 0,04$ , достигая 0,94.

Оценка почечного кровотока при восстановлении диуреза и в фазе полиурии показала, что при всех вариантах ОПП показатели внутрипочечной гемодинамики восстанавливались и стремились к уровням контрольной группы. Отличия были достоверны ( $p < 0,001$ ) в сравнении с данными в стадии олигоанурии (табл. 1). Так, в группе пациентов с преренальным ОПП максимальная систолическая скорость увеличилась до  $69,15 \pm 0,14$  см/с, конечная диастолическая достигла  $24,30 \pm 0,25$  см/с, индекс резистентности почечных артерий составил  $0,650 \pm 0,015$ , а систоло-диастолическое соотношение —  $2,83 \pm 0,04$ . В группе больных с ренальным ОПП в стадии восстановления диуреза показатели гемодинамики также улучшались, однако не так существенно, как в группе с преренальным ОПП (табл. 1).

Средние цифры по изучаемым показателям почечного кровотока были следующие:  $V_{ps}$  составила  $56,0 \pm 0,1$  см/с,  $V_{ed}$  —  $17,5 \pm 0,2$  см/с,  $RI$  почечных артерий —  $0,69 \pm 0,13$ ,  $S/D$  —  $3,22 \pm 0,02$ .

Дальнейший анализ показал, что у 17 пациентов, данные которых отличались еще в стадии олигоанурии, показатели оставались нарушенными, линейные скорости кровотока оставались низкими, а индекс резистентности — высоким:  $V_{ps}$  составила  $44,80 \pm 0,15$  см/с,  $V_{ed}$  —  $11,9 \pm 0,1$  см/с,  $RI$  —  $0,73 \pm 0,05$ ,  $S/D$  —  $3,80 \pm 0,05$ . Такие изменения, несмотря на восстановление диуреза и снижение показателей азотемии до субнормальных значений, свидетельствовали об утере функции (loss), и эти пациенты впоследствии наблюдались с ХПН различной степени. 12 из них продолжили лечение программным гемодиализом. В группе больных с субренальным ОПП стадия восстановления диуреза наступала раньше, чем при других вариантах ОПП, чаще всего сразу после нефростомии, или стентирования почки, или другого способа восстановления пассажа мочи. Показатели почечного кровообращения, по данным доплерометрии, быстро улучшались. Так, пульсовая скорость кровотока составила  $69,35 \pm 0,15$  см/с, конечная диастолическая скорость увеличилась до  $24,50 \pm 0,25$  см/с, индекс резистентности снизился до  $0,64 \pm 0,01$ , а систоло-диастолическое соотношение составило  $2,80 \pm 0,14$ , практически достигая данных в группе контроля. После проведенного лечения в стадии восстановления диуреза во всех группах наблюдали: восстановление кровотока начиная с дуговых и междольевых артерий; нормализацию формы доплерографической кривой; уменьшение эхогенности и толщины паренхимы, восстановление размеров почек и кортико-медуллярной дифференциации.

## Выводы

1. Изучение и оценка состояния артериального кровотока в почках по данным доплерографии мо-

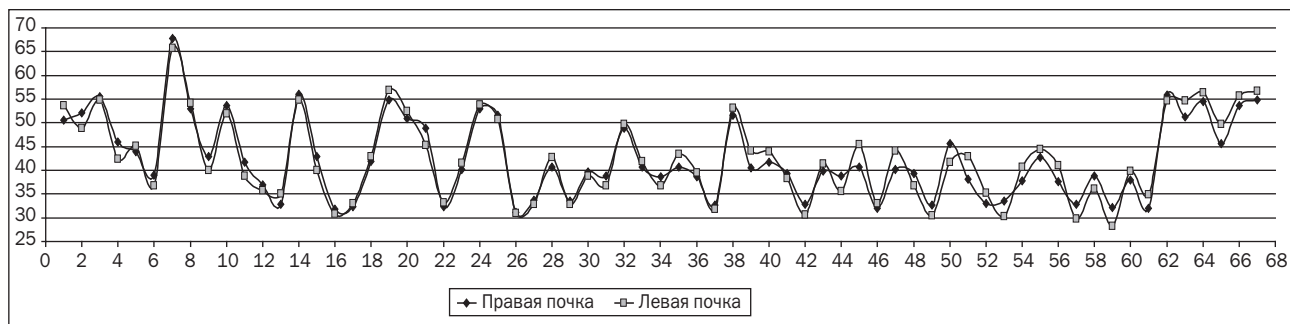


Рисунок 3. Колебания показателей  $V_{ps}$  в группе ренального ОПП

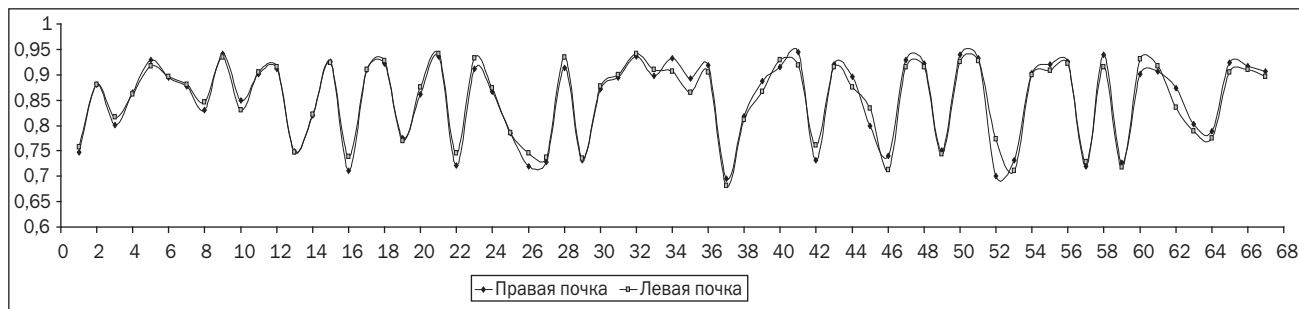


Рисунок 4. Колебания показателей  $RI$  в группе ренального ОПП



гут быть дополнительным ключом к уточнению этиологии и непосредственной причины ОПП.

2. Индекс резистентности в основном стволе почечной артерии отражает тяжесть ОПП уже при поступлении пациента в ОИТ (в первые дни стадии олигоанурии).

3. Оценка нарушений почечного кровотока по данным доплерографического обследования в стадии олигоанурии и восстановления диуреза позволяет диагностировать трансформацию ОПП в ХПН.

## Список литературы

1. Бакстер Г.М., Сидху П.С. Ультразвуковые исследования мочевыделительной системы: Пер. с англ. / Под ред. Зубарева А.В., Гумина Л.М., Васильевой М.А. — М.: Медпресс-информ, 2008. — 243 с.

2. Дуган И.В., Медведев В.Е. Цветная доплерография в диагностике заболеваний почек. Принципы и практические рекомендации по применению. — Киев, 2008. — 138 с.

3. Интенсивная терапия при острых расстройствах функции почек. Гл. 7 // Интенсивная терапия: Национальное руководство / Под ред. Б.П. Гельфанда, А.И. Салтанова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. — Т. 1. — С. 856-907.

4. Квятковский Є.А., Квятковська Т.О. Ультрасонографія і доплерографія в діагностиці захворювань нирок. — Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2005. — 318 с.

5. Bellomo R., Ronco C., Kellum J., Mehta R. and al. Acute renal failure definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group // *Critical Care*. — 2004. — 8. — P. 204-212.

6. Dewitte A., Coquin J., Meyssignac B., Joannès-Boyaу O., Fleureau C., Roze H., Ripochе J., Janvier G., Combe C., Ouattara A. Doppler resistive index to reflect regulation of renal vascular tone during sepsis and acute kidney injury // *Crit. Care*. — 2012, Sep 12. — 16(5). — 165 p.

7. Schnell D., Deruddre S., Harrois A., Pottecher J., Cosson C., Adoui N., Benhamou D., Vicaut E., Azoulay E., Duranteau J. Renal resistive index better predicts the occurrence of acute kidney injury than cystatin C // *Shock*. — 2012 Dec. — 38(6). — P. 592-7.

Получено 03.05.14 ■

Шраменко Є.К., Шкарбун Л.І.  
Донецький національний медичний університет  
ім. М. Горького, ДОКТМО

### ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЗМІН НИРКОВОГО КРОВОТОКУ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ГОСТРОГО УШКОДЖЕННЯ НИРОК

**Резюме.** У статті подано порівняльні дані доплерографічного дослідження нирок у пацієнтів із різними варіантами гострого ушкодження нирок (ГУН) у стадії олигоанурії та відновлення діурезу. У всіх пацієнтів спочатку, при надходженні, виявлено порушення ниркової гемодинаміки, вираженість яких була різною залежно від варіанта ГУН. У процесі лікування при відновленні діурезу показники ниркового кровотоку поліпшувались. Швидкість і повнота відновлення гемодинаміки відзначались як варіантом (етіологією), так і тяжкістю ушкодження нирок. При трансформації ГУН у хронічну ниркову недостатність швидкості кровотоку залишалися низькими, індекс резистентності не знижувався навіть при відновленні діурезу та азотвидільної функції нирок.

**Ключові слова:** гостре ушкодження нирок, нирковий кровоток, індекс резистентності, доплерографія.

Shramenko Ye.K., Shkarbun L.I.  
Donetsk National Medical University named after M. Gorky  
Donetsk Regional Clinical Territorial Medical Association,  
Donetsk, Ukraine

### COMPARATIVE EVALUATION OF CHANGES IN RENAL BLOOD FLOW IN DIFFERENT TYPES OF ACUTE KIDNEY INJURY

**Summary.** This article presents data of Doppler examination of the kidneys in patients with different types of acute kidney injury (AKI) under oligoanuria and diuresis restoration. In all patients at baseline, at admission we revealed impaired renal hemodynamics, severity of which was different depending on the type of AKI. During the treatment, at diuresis restoration, renal blood flow parameters improved. Speed and completeness of hemodynamics recovery were defined both by type (etiology) and the severity of renal damage. With the transformation of AKI into chronic renal failure, blood flow velocity remained low, resistive index did not decrease even when diuresis and nitrogen excretion renal function restored.

**Key words:** acute kidney injury, renal blood flow, resistive index, dopplerography.