[J Ultrasound](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5126008/). 2016 Dec; 19(4): 243–250.

Published online 2016 Apr 16. doi: [10.1007/s40477-016-0201-x](https://dx.doi.org/10.1007%2Fs40477-016-0201-x)

PMCID: PMC5126008

PMID: [27965714](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27965714)

Language: [English](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5126008/) | [Italian](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5126008/)

Doppler ultrasound in kidney diseases: a key parameter in clinical long-term follow-up

[Leonardo Spatola](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Spatola%20L%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27965714)1 and [Simeone Andrulli](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Andrulli%20S%5BAuthor%5D&cauthor=true&cauthor_uid=27965714)2

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5126008/>

**Ультразвуковая допплерография при заболеваниях почек: ключевой параметр в длительном клиническом наблюдении.  
Леонардо Спатола и Симеоне Андрулли**

**Резюме:**

Ультразвуковая допплерография широко используется для выявления реноваскулярных заболеваний и является неинвазивным, безопасным, недорогим и часто проводимым методом.

Почечный резистивный индекс (RRI) [(пиковая систолическая скорость - конечная диастолическая скорость) / пиковая систолическая скорость] является полуколичественным индексом, полученным при допплеровской оценке почечного сосудистого русла. Обычно RRI находится в диапазоне 0,47–0,70, он увеличивается с возрастом и, как правило, показывает разницу между двумя почками менее 5–8%. RRI является важным прогностическим маркером при хронических заболеваниях почек (ХБП), как при диабетических, так и недиабетических заболеваниях почек, поскольку в продольных проспективных исследованиях он значительно коррелирует с гемодинамическими (ABPM, SBP, DBP, пульсовое давление) и гистопатологическими параметрами ( гломерулярный склероз, артериолосклероз, интерстициальный фиброз / канальцевая атрофия, интерстициальная инфильтрация). При остром поражении почек (ОПП) РИ является надежным инструментом для дифференциации преренальной и почечной недостаточности и прогнозирования почечной реакции на вазоактивные агенты. Кроме того, RRI> 0,74 может предсказать начало ОПП у пациентов с сепсисом. Почечный резистивный индекс является полезным маркером при заболеваниях аллотрансплантата, поскольку он широко показал корреляцию с гистологическими поражениями при ухудшении функции почек, как при остром отторжении, так и при хронической нефропатии аллотрансплантата. Недавние исследования предполагают его роль в риске возникновения нового диабета после трансплантации, и это может быть одним из параметров, которые необходимо оценить для сдвига или отмены иммунологической и / или гипертонической терапии.

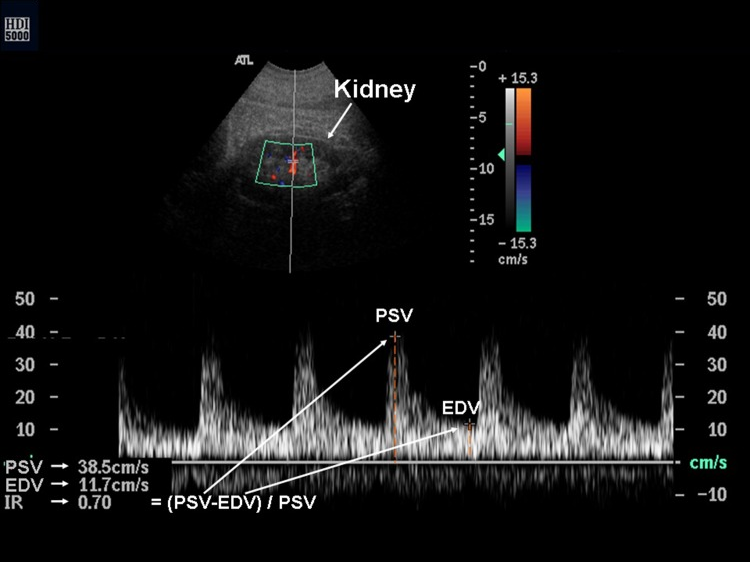
**Ключевые слова**:

почечный резистивный индекс, диабетическая нефропатия, острое повреждение почек, трансплантация почки, хроническая болезнь почек.

**Вступление** Ультразвуковая допплерография широко используется при заболеваниях почек как в диагностических, прогностических, так и в терапевтических оценках благодаря неинвазивному, безопасному и недорогому методу оценки количественного и полуколичественного параметров почечного кровотока. Почечный резистивный индекс (RRI) [(пиковая систолическая скорость - конечная диастолическая скорость) / пиковая систолическая скорость] является полуколичественным индексом, полученным с помощью доплеровской оценки почечного сосудистого русла. Значение RRI находится в диапазоне 0,47–0,70. Его роль была широко исследована среди различных заболеваний почек как ранний маркер эндотелиальной дисфункции и артериальной ригидности, которая может привести к тяжелой дисфункции конечного органа, из-за его уже известных корреляций с гистологическими параметрами, такими как гломерулосклероз и тубулоинтерстициальные поражения. RRI ≥0,7 как при диабетических, так и при недиабетических заболеваниях почек прогнозирует прогрессирование ХБП до ТПН, даже при легкой и умеренной дисфункции. RRI может играть прогностическую роль в будущих сердечно-сосудистых событиях у пациентов с высоким риском, таких как у пациентов с хронической функцией аллотрансплантата (CAN) и у диабетиков.

Целью данной статьи является оценка и применение этого гемодинамического показателя среди различных заболеваний почек. В последние годы все больше подтверждается его прогностическая роль, особенно при остром поражении почек и при аллотрансплантации почек, как надежного маркера не только начальной стадии повреждения органов, но и дальнейшего прогноза для пациента.

**Почечный резистивный индекс и диабетическая нефропатия** Диабет является ведущей в мире причиной заболеваний почек, и клинические и инструментальные наблюдения позволяют выявить микро- и макрососудистые осложнения. В США микроальбуминурия встречается у 43%, а макроальбуминурия - у 8% пациентов с сахарным диабетом в анамнезе [1]. Более того, на диабет в настоящее время приходится 50% распространенной почечной недостаточности, начиная с 18% в 1980 году [2].  
Диагностика начальной стадии диабетической нефропатии до появления микроальбуминурии с использованием ультразвуковой визуализации почек и доплерографии могла бы улучшить дальнейшее ведение пациента и прогноз его жизни.  
Допплеровский почечный резистивный индекс (RRI) является полуколичественным индексом, полученным из отношения разности между пиковой систолической скоростью (PSV) и конечной диастолической скоростью (EDV), деленной на PSV, полученной из доплеровского спектра внутрипочечных сегментарных и междолевых артерий (Рисунок 1). Нормальные значения RRI у взрослых находятся в диапазоне 0,47–0,70 [3].

  
рисунок 1

Допплеровский почечный резистивный индекс, обозначенный на рисунке как IR, равен отношению разности между пиковой систолической скоростью (PSV) и конечной диастолической скоростью (EDV), деленной на PSV, полученной из допплеровского спектра внутрипочечных сегментарных и междолевых артерий.

Манчини и соавт. [4] сообщили, что у больных сахарным диабетом с нормальной функцией почек и нормоальбуминурией как почечный объем, так и значения RRI значительно выше по сравнению с недиабетическими контролями без заболевания почек (средний объем ± DS 197,3 ± 47,6 мл в группе диабетиков против 162,5 ± 35,2 мл в контроле, P <0,001; RRI 0,70 ± 0,05 в диабетической группе против 0,59 ± 0,06 в контроле, P <0,001 соответственно). Этот результат свидетельствует о потенциальной роли исследования в выявлении морфологических и гемодинамических изменений на ранних стадиях диабетической нефропатии [4]. Это может отражать изменение внутрипочечных сосудов из-за процесса рубцевания с повышенным сосудистым сопротивлением [5].  
Бруно и соавтор [6] оценили RRI среди 32 пациентов с диабетом 2 типа без микроальбуминурии, гипертонии, сахароснижающих препаратов и сниженной функции почек (СКФ <60 мл / мин, 1,73 м2) и сравнили результаты с пациентами с гипертонической болезнью и контрольной группой. Измерения RRI были получены в начале исследования и через 5 минут после фармакологического подъязычного введения 25 мкг глицерилтринитрата (динамический индекс резистентности, DRI). RRI на исходном уровне у пациентов с диабетом была значительно выше по сравнению с пациентами с гипертонической болезнью и контрольными пациентами (0,65 ± 0,06; 0,59 ± 0,05 и 0,58 ± 0,05 соответственно), а DRI была значительно снижена у пациентов с диабетом (7,1 ± 6,1% против 9,0 ± 5,2% и 11,1 ± 6,9%). В анализе RRI и DRI были независимо связаны с уровнем глюкозы натощак, и этот результат подчеркивает тесную связь между субклиническими изменениями во внутрипочечной сосудистой сети и метаболическим контролем, даже в пре-микроальбуминурической фазе. Не было обнаружено корреляции между RI и DRI, что позволяет предположить, что высокий базовый RI не может отражать необходимое снижение почечной вазодилататорной реакции, в то время как измерение DRI подчеркивает нарушение в микроциркуляторном русле почки при диабете 2 типа.

Корреляция между RRI и прогрессированием диабетических нефропатий была широко оценена, и RI, как было показано, в значительной степени связан со скоростью пульсовой волны (PWV), уже известным маркером атеросклероза и жесткости сосудов [7] и с ABPM, SBP, DBP и пульсовым давлением [1, 5, 7].  
РИ значительно коррелирует со степенью протеинурии, возникающей в результате у пациентов с макроальбуминурией (> 300 мкг / мг креатинина), чем у пациентов с нормоальбуминурией и микроальбуминурией, соответственно 0,73 ± 0,04 и 0,69 ± 0,04, 0,69 ± 0,05 [1, 8].  
RRI выше у пациентов с диабетом с 1-3 стадиями ХПН (от легкой до умеренной) как в крупных, так и междолевых сосудах, по сравнению с теми, которые страдают другими заболеваниями почек, с эквивалентной СКФ [9, 10]. Пациенты с 4-5 стадиями ХПН (СКФ <30 мл / мин / 1,73 м2) не показали различий в значениях RRI, из-за чего влияние расширенных локальных изменений (сосудистых и интерстициальных) на RRI превышает системные факторы, такие как PWV и пульсовое давление [9, 10] с уменьшением СКФ <30 мл / мин / 1,73 м2.  
Сугиура Т, Вада А. А [11] доказали, что IR> 0,7 является прогностическим параметром риска ухудшения функции почек (определяется как снижение СКФ по меньшей мере на 20 мл / мин / 1,73 м2. При этом необходима диализная терапия до 2 лет), у пациентов с диабетической нефропатией легкой и средней степени тяжести в возрасте <60 и> 60 лет, даже если они получают терапию ингибиторами РАС.

Известно, что RRI снижается при использовании ингибиторов RAS из-за гемодинамических изменений, связанных с этими антигипертензивными средствами [12], даже если он может быть увеличен другими факторами, такими как аритмия (брадикардия) и задержка дыхания во время проведения пробы Вальсальвы [13].  
В заключение, визуализация почек и RRI при диабетической нефропатии могут быть полезным инструментом для ранней диагностики и длительного наблюдения, как показано в таблице 1.

**Таблица 1 RRI и диабетическая нефропатия**  
Почечная томография и значения RRI:

|  |
| --- |
| Выявление ранних морфологических и гемодинамических изменений при диабетической нефропатии |
| Корреляция с уровнями АД, САД, ДАД, РР и протеинурии при легкой и умеренной ХБП |
| Долгосрочное наблюдение за диабетической нефропатией и риском развития ТПН |

**RRI и хроническая болезнь почек (ХБП)** Хроническая болезнь почек повсеместно считается проблемой общественного здравоохранения во всем мире, затрагивающей более 50 миллионов человек, с распространенностью 12% в США [14] и Европе [15]. Критерии KDOQI учитывают хроническое заболевание почек: повреждение почек в течение более 3 месяцев с или без снижения скорости клубочковой фильтрации (СКФ) или снижение СКФ в течение более 3 месяцев с поражением почек или без него. Повреждение почек определяется либо структурными, либо функциональными нарушениями почечного манифеста маркерами повреждения почек, например клиренс креатинина и протеинурия.  
УЗИ почек является первым среди методов визуализации почек из-за широкой доступности, безопасности и низкой стоимости, и этот экзамен может легко определить хроническое заболевание почек путем измерения продольной длины почек и оценки яркости коры.  
Нормальная длина почки составляет около 11–12 см (левая почка примерно на 3 мм длиннее правой почки) у молодых людей и прогрессирующая атрофия с возрастом (таблица 2).

**Таблица 2 Нормальные почечные значения**

|  |
| --- |
| Нормальные почечные значения: |
| Длина почки: 10–12 см. |
| Ширина почек: 4–6 см. |
| Дыхательная подвижность: 3–7 см. |
| Ширина паренхимы: 1,3–2,5 см. |

Нормальная корковый слой почки, как правило, такой же, как нормальная ткань печени или селезенки, даже если она физиологически ярче, чем нормальная печень или селезенка.  
Хроническое заболевание почек часто ассоциируется с повышенной эхогенностью, поскольку фиброзная ткань (например, фиброз интерстициальный и гломерулосклероз) повышает эхогенность, даже если эта функция не позволяет дифференцировать AKI и CKD, учитывая, что такие воспалительные состояния, как гломерулонефрит, АТN, острый интерстициальный нефрит) связаны с гиперэхогенным аспектом почечной паренхимы. Мелкие и эхогенные почки предполагают CKD вместо AKI.  
Ультразвуковая допплерография может сыграть важную роль в определении CKD и его прогрессировании до ESRD.  
Показано, что RRI связана с гломерулосклерозом, артериолосклерозом и тубулоинтерстициальными повреждениями в большей степени, чем другие морфологические параметры, такие как длина почки и площадь коры [16]. Фактически у пациентов с более высоким RRI (> 0,7) обычно наблюдается более тяжелый артериолосклероз, чем у пациентов с нормальным (<0,65) или высоким нормальным RRI (0,65 ≤ RI <0,7) [17]. Пациенты с ВысокоНормальным RRI показали хороший ответ на стероидную терапию по сравнению с пациентами с RRI> 0,7 [16], поэтому он может быть полезным инструментом для прогнозирования ответа на стероидную терапию.  
При почечной дисфункции легкой и умеренной степени RRI прогнозирует прогрессирование CKD и плохой исход, особенно когда RRI ≥0,7, независимо от других показателей, таких как eGFR, возможно, вследствие прогрессирующего гломерулосклероза [16–18].  
Обследования RRI не распознаются среди различных патологий почек, поэтому RI нельзя использовать в качестве диагностического маркера [19]. Ультразвук может быть полезным инструментом для определения степени прогрессирования заболевания и вторичной реакции на иммунологическую и антигипертензивную терапию, даже если необходимы дальнейшие исследования, чтобы получить четкие рекомендации относительно последующего наблюдения.  
При гемолитико-уремическом синдроме RRI обычно превышает 0,7, а почечная кора выглядит гиперэхотичной с выраженной корково-медуллярной дифференцировкой в ​​результате скопления тромбоцитов и тромбов фибрина в просвете клубочковых капилляров [20]. В васкулитах, таких как LES, Wegener Granulomatosis и PAN, RRI показывает значительную корреляцию с уровнем креатинина и наличием интерстициального заболевания, и нормальное значение RRI считается хорошим прогностическим фактором [19].  
В заключение, RRI имеет различные применения в СKD, как показано в таблице Table3.

**Таблица 3 RRI и CKD**

|  |
| --- |
| Значения RRI в CKD: |
| Прогнозировать ответ на иммунологическую и гипертоническую терапию |
| Оценить поражения почек (сосудистые, клубочковые и тубулоинтерстициальные) |
| Прогнозировать исход CKD при почечной дисфункции легкой и средней степени тяжести |

**RRI и CKD** Частота заболеваний почек у пациентов в стационаре варьируется в зависимости от профиля. Наиболее часто используют классификации RIFLE, AKIN и KDIGO. Различные классификации используют разные критерии. Например, классификация AKIN [21] рассматривает стадию 1 ОПП как увеличение, превышающее или равное 0,3 мг / дл (26,5 ммоль / л), или увеличение от исходного уровня до уровня, превышающего или равного от 1,5 до 2- сгиб в течение 48 часов. Вместо этого этот результат не может рассматриваться как ОПП в классификации RIFLE, в которой первый класс рассматривает только повышение уровня креатинина в сыворотке на 0,5 мг / дл [22] в течение периода от 1 до 7 дней и устойчивый (более 24 часов) ( Таблица 4).  
**Таблица 4 Классификация AKIN (сеть острых повреждений почек) рассматривает стадию 1 AKI как увеличение более или равное 0,3 мг/dL (26,5 ммоль /л) или увеличение от исходного уровня до более или равного в 1,5-2 раза в период 48 часов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Стрелковая классификация | Мочевой выход | AKIN классификация |
| Повышение *риска* в сывороточном креатинине × 1,5 или GFR уменьшилось> 25% | <0,5 мл / кг / час в течение более 6 ч | Стадия 1 увеличение ≥0,3 мг / дл или ≥1,5 от базового уровня |
| Сбой: Увеличение сывороточного креатинина × 2 или GFR уменьшилось> 50% | <0,5 мл / кг / час в течение более 12 ч | Стадии 2 увеличение > в 2-3 раза от исходного уровня |
| Сбой: Увеличение креатинина сыворотки х3 или GFR уменьшилось> 75 | % <0,3 мл / кг / час в течение 24 часов или анурии в течение 12 часов | Стадии 3 увеличение > в 3 раза по сравнению с исходным уровнем или при RRT |
| Потеря стойкой острой почечной недостаточности> 4 недели |  |  |
| Конечная стадия заболевания почек ESRD> 3 месяца |  |  |

Классификация RIFLE, в которой первый класс рассматривает только увеличение сывороточного креатинина на 0,5 мг / дл в течение 1–7 дней.

В недавнем обзоре Zeng et al. [23] показали различную частоту AKI среди госпитализированных пациентов, и она была самой высокой в ​​соответствии с классификацией KDIGO (18,3%), за которой следовали AKIN (16,6%) и RIFLE (16,1%) и CК (7,0%).  
Кинетика креатинина (CK) - определение ОПП на основе определения абсолютного увеличения sCr ≥0,3 мг / дл в течение 24 часов или ≥0,5 мг / дл в течение 48 часов [23]. Внутрибольничная смертность, связанная с ОПП, варьируется от 20 до 50% в зависимости от стадии или класса AKI [24, 25].  
Несколько биомаркеров были исследованы для прогнозирования наступления и прогноза AKI, таких как NGAL, KIM-1, Cystatin C, IL-18, но все они не являются достаточно надежными и точными.  
Ультразвуковая визуализация почек и допплерография могут дать возможность заполнить этот пробел хотя бы частично. B-режим позволяет указать на изменения паренхимы почки и в продольной длине, которые легко воспроизводимы, быстрые и неинвазивные, которые могут идентифицировать доклиническую дисфункцию почек или сосудистые повреждения, чтобы предотвратить начало клинической дисфункции почек.  
Повышенная эхогенность почечной паренхимы может быть вызвана воспалительными состояниями (острый гломерулонефрит, острый тубулярный некроз, острый интерстициальный нефрит, нефропатия ВИЧ) или инфильтративными заболеваниями (лимфома, миелома и моноклональные гаммопатии) [26], с толщиной паренхимы почки (включая паренхиму почки мозговое вещество (толщиной около 1,5 см), в то время как снижение эхогенности обусловлено отеком почек. Цветовой допплер определяет локализацию сосудов и позволяет рассчитать RRI для мониторинга почечной перфузии у критически больных пациентов и влияния вазоактивных агентов на почечное кровообращение, таких как низкие дозы дофаминового агента или ответ почечной артерии на инфузию норэпинефрина [27, 28].  
При почечной недостаточности 3 стадии AKIN или RIFLE класса F, RRI обычно превышает 0,7, а пороговое значение 0,75 считается оптимальным при распознавании между почечной и преренальной болезнью. Фактически, в преренальной ARF значения RRI ниже 0,7 связаны с хорошим восстановлением после регидратации жидкости, в то время как RRI> 0,7 указывают на развитие ишемической ATN и худший прогноз [20].  
Значения RRI, полученные при поступлении в ICU у пациентов с септическим шоком, были полезным инструментом для прогнозирования почечной дисфункции через 5 дней. [29] Lerolle N and co показали, что у пациентов с почечной дисфункцией при поступлении наблюдались более высокие значения RRI, чем у тех, у кого она не развивалась (0,77 против 0,68 соответственно, P <0,001). RRI> 0,74 при включении имел чувствительность 78% (95% CI 52–94%), специфичность 77% (95% CI 50–93%) для тяжелой почечной дисфункции (класс I или F согласно классификации RIFLE) ,  
Granata A и соавтjhs [30] сообщили, что измерения RRI и особенно RRI (разница между средним RI для левой и правой почек) могут прогнозировать обструкцию мочевыводящих путей у пациентов с односторонней почечной коликой с чувствительностью 94%, специфичностью 95% и точностью 94%. В этом исследовании функциональное исключение почки после внутривенной пиелографии и отсроченное выведение контрастного вещества были в значительной степени связаны с более высоким RRI со стороны почечной колики по сравнению с другой стороной.  
В заключение, RRI может играть важную роль в различных аспектах AKI, как показано в Таблице 5.

**Таблица 5 RRI в AKI**  
RRI и AKI:

|  |
| --- |
| Оценка почечной перфузии |
| Прогнозирование реакции почек на вазоактивные агенты |
| Прогнозирование возникновения и восстановления AKI у пациентов с септическим шоком |
| Прогнозирование почечной непроходимости |

**RRI и выживаемость почечного аллотрансплантата**Трансплантация почки является золотым стандартом терапии ESRD, и тщательное наблюдение за трансплантатом необходимо для выживания трансплантата и пациента.  
Хроническая нефропатия аллотрансплантата (CAN) остается основной причиной плохого исхода трансплантата, несмотря на улучшение стратегий распределения трансплантата с помощью донора с расширенными критериями (ECD) и оптимизации иммуносупрессивного протокола. Распространенность CAN достигает 60–70% по данным биопсии по протоколу после первого года [31–33]. Однако CAN, определяемый интерстициальным фиброзом и канальцевой атрофией, вероятно, является результатом нескольких различных иммунологических и неиммунологических процессов.  
Основные клинические аспекты CAN включают медленную потерю функции, часто в сочетании с протеинурией и гипертонией. Гистопатологические изменения при биопсии почек не являются специфическими и затрагивают сосудистые, клубочковые и тубулоинтерстициальные компоненты почки [34]. Гистологические данные показывают атрофию канальцев, интерстициальный фиброз, фиброзное утолщение интимы в артериях и различные поражения клубочков.

Биопсия почки - инвазивная процедура, которая позволяет обнаружить субклиническое хроническое отторжение с целью его лечения и получения наилучшего управления иммуносупрессивной терапией. Однако эти процедуры не выполняются ни в одном отделении по пересадке почек, и график проведения биопсии часто отличается в отделениях по пересадке почек в соответствии с используемым протоколом.  
Ультразвуковая диагностика с цветным допплером и RRI являются надежными инструментами для оценки сосудистых и несосудистых компонентов трансплантата и их развития в последующем.  
Radermacher et al. [35], измерение RRI у 601 пациента по меньшей мере через три месяца после трансплантации, показало, что RRI выше 0,8 было связано с 9,1-кратным увеличением риска потери трансплантата по сравнению с пациентами с более низким значением RRI. Комбинированная конечная точка, определяемая снижением на 50% или более степени клиренса креатинина, недостаточностью аллотрансплантата, обусловленной необходимостью диализа или смерти, была достигнута 88% пациентов со значением RRI выше 0,8 и только на 17% пациентов с более низким значением RRI (P <0,001).  
В отличие от ранней биопсии почечного аллотрансплантата между третьим и шестым месяцем у пациентов со стабильной функцией почек (сывороточный креатинин <300 мкмоль / л), RRI не смог показать роль в прогнозировании ухудшения функции трансплантата [36]. Поэтому авторы этого каталонского моноцентрического исследования не рассматривали RRI как параметр, способный предсказать хроническое гистологическое повреждение и, следовательно, ухудшение функции трансплантата, по крайней мере, у пациентов со стабильной функцией почек. Несоответствие этих двух исследований может быть связано с разным дизайном исследования и размером выборки: исследование Radermarcher [35] проводится на большой распространенной выборке: время после трансплантации, в которой была выполнена оценка RRI, составляло 6,6 ± 5,5 у пациента группа с RRI ≥0,8 и 4,6 ± 4,6 года, в группе пациентов с RRI <0,8. Обратите внимание, что широкое стандартное отклонение указывает на то, что трансплантанты могут быть пересажены от нескольких месяцев до многих лет. Таким образом, выборка для исследования большая, но очень разнородная. Исследование Vallejos [36] проводится на случайной когорте пациентов, учитывая, что все зарегистрированные пациенты были оценены в узкий период времени между 3 и 6 месяцами после трансплантации. Этот хороший аспект был уравновешен низким размером выборки (87 пациентов) и стабильной функцией почек в течение 2-недельного периода после биопсии. Все эти аспекты могут объяснить, почему это исследование завершилось отсутствием роли RRI, учитывая, что его оценка была сделана рано после трансплантации. Исследование Nankivell [33] также предполагает, что по мере развития хронической нефропатии аллотрансплантата были очевидны две отличительные фазы повреждения. На раннем 1-летнем этапе после трансплантации почечное повреждение в основном тубулоинтерстициальное и связано с ишемическим повреждением и / или предшествующим тяжелым или субклиническим отторжением. Через 1 год после трансплантации более поздняя фаза хронической нефропатии аллотрансплантата характеризовалась преобладающим микрососудистым повреждением. По этой причине измерение RRI в поздний период после трансплантационного наблюдения, как это имеет место у многих пациентов в исследовании Radermarcher, может дать основную прогностическую роль. Этот момент был подчеркнут исследованием Kramann et al. [37]: этот автор четко показал, что измерение RRI в течение 6 месяцев после трансплантации не может предсказать недостаточность или смерть аллотрансплантата почки у пациента со стабильной функцией почек (сывороточный креатинин 1,7 ± 0,9 мг / дл) при измерении RRI спустя 12–18 месяцев. после трансплантации полезен в качестве прогностического маркера отдаленных клинических исходов (почечная недостаточность аллотрансплантата или смерть), главным образом при RRI> 0,75.  
Naesens и соавторы [38] измеряли RRI через 0–3–6–12 и через 24 месяца после трансплантации почки у 321 пациента с проспективным наблюдением в течение не менее 4,5 лет. Биопсия почки также проводился через 3–12 и 24 месяца наблюдения. Не было обнаружено корреляции между гистологическими параметрами биопсии и допплеровскими ультразвуковыми параметрами. Значения RRI через 3 месяца после трансплантации были связаны только с возрастом реципиента и смертью реципиента, без какой-либо прогностической силы в отношении выживаемости трансплантата или необходимости диализа. Авторы обнаружили прямую корреляцию между острым канальцевым некрозом и IRR, когда биопсия была выполнена из-за дисфункции трансплантата (P = 0,008). Исследование Naesens (38) предполагает катастрофические последствия выбора плохой и неоднородной составной конечной точки (ухудшение почечной функции, потребность в диализе или смерти) и произвольное пороговое значение RRI (равное 0,8), когда предиктор по своей природе непрерывен. Обратите внимание, что пациенты со значением RRI выше 0,8 были, вероятно, самыми старшими и, таким образом, очевидно, склонны к смерти.

Все предыдущие исследования указывают на то, что RRI не может предсказать функцию трансплантата, в то время как это может быть полезно в случае дисфункции трансплантата, когда она коррелирует с заболеваниями трансплантата (сосудистые и канальцево-интерстициальные поражения). Кроме того, RRI через 3 месяца ко времени трансплантации был связан с повышенным риском нового диабета после трансплантации (NODAT), особенно когда RRI> 0,75 (ЧСС> 0,75 против ≤0,75: 3,29 95% IC 1,91–5,67 P <0,0001), даже после множественных корректировок [для возраста, ИМТ, глюкозы, начальной нефропатии и пульсового давления: ЧСС 3,29 (1,50–7,54), Р = 0,0030] [39]. Однако это исследование имеет несколько ограничений. Хотя оно основано на соответствующем размере выборки (656 реципиентных пациентов с трансплантацией почки), это исследование является ретроспективным, моноцентрическим, охватывающим длительный календарный период (с 1985 по 2009 гг.), В котором впоследствии применялись многие протоколы лечения. Таким образом, эффект календарного периода, который не был исследован, не может быть исключен. Более того, проверенные модели применялись в произвольной последовательности без систематической стратегии. Роль предиктора RRI должна была быть проверена дополнительно после включения всех других эффектов. Авторы предполагают, что связь между RRI и NODAT может быть связана с микрососудистым повреждением поджелудочной железы, связанным с жесткостью аорты, связанной с повышением центрального давления.  
В заключение, RI может быть полезным у пациентов с трансплантированной почкой в ​​различных аспектах, как показано в Таблице 6.  
**Таблица 6 RRI и трансплантант**

|  |
| --- |
| РРИ и трансплантант: |
| Корреляция с возрастом пациентов |
| Корреляция с гистопатологическими поражениями только у пациентов с ухудшением почечной функции |
| Прогнозирование риска появления нового диабета после трансплантации (NODAT) при ИК> 0,75 |

**Вывод**Ультразвуковая визуализация и цветовой допплер позволяют определять морфологические и функциональные параметры для достижения лучшей прогностической оценки при заболеваниях почек. Принимая во внимание, что различные нефропатии могут иметь одинаковый картину в ультразвуковом исследовании , все еще трудно определить роль ультразвука в диагностике заболеваний почек. Кроме того, полезность RRI в качестве прогностического маркера была четко и успешно подчеркнута при наблюдении за диабетическими и недиабетическими нефропатиями, острым повреждением почек и трансплантацией почек.  
Уже хорошо известно, что RI связан с маркерами заболевания у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями (IMT, PP, PWV, альбуминурия) или CKD (GFR).  
Этот доплеровский индекс требует наличия квалифицированных врачей и высококачественных контрольно-измерительных приборов для получения достоверных и повторяемых оценок. Правильная идентификация и мониторинг RRI могут помочь определить долгосрочный прогноз и направлять терапию у пациентов с заболеваниями почек.

**Ссылки**1. Руководство по клинической практике Национального фонда почек K / DOQI при хронических заболеваниях почек: оценка, классификация и стратификация. Am J Kidney Dis. 2002; 39 (Suppl 1): 266. [PubMed] [Google Scholar]  
2. Таттл К.Р., Бакрис Г.Л., Билоус Р.В. Диабетическая болезнь почек: отчет с консенсусной конференции ADA. Am J Kidney Dis. 2014; 64 (4): 510-533. doi: 10.1053 / j.ajkd.2014.08.001. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
3. Дармон М., Шнелл Д., Зени Ф. Допплеровский почечный резистивный индекс: всеобъемлющий обзор. В: Винсент JL, редактор. Ежегодник интенсивной терапии и неотложной медицины. Гейдельберг: Спрингер; 2010. С. 331–338. [Google ученый]  
4. Манчини М., Масулли М., Лиуцци Р. и др. Рентальная дуплексная сонографическая оценка пациентов с диабетом 2 типа. J Ультразвук Мед. 2013; 32 (6): 1033-1040. doi: 10.7863 / ultra.32.6.1033. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
5. Папе Л, Оффнер Дж, Эрих Й.Х. Индекс почечной артериальной резистентности. N Engl J Med. 2003; 349 (16): 1573-1574. doi: 10.1056 / NEJM200310163491616. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
6. Бруно Р.М., Дагини Е., Ландини Л. Динамическая оценка почечного резистивного индекса у пациентов с нормоальбуминурией с недавно диагностированной гипертонией или диабетом 2 типа. Diabetologia. 2011; 54: 2430-2439. doi: 10.1007 / s00125-011-2148-й. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
7. Ohta Y, Fujii K, Arima H, et al. Повышенный почечный резистивный индекс при атеросклерозе и диабетической нефропатии, оцененный с помощью ультразвуковой допплерографии. Дж Гипертенс. 2005; 23 (10): 1905-1911. doi: 10.1097 / 01.hjh.0000181323.44162.01. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
8. Хамано К., Нитта А., Охтаке Т., Кобаяши С. Ассоциация почечного сосудистого сопротивления с альбуминурией и другими макроангиопатиями у пациентов с диабетом 2 типа. Уход за диабетом. 2008; 31 (9): 1853-1857. doi: 10.2337 / dc08-0168. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
9. Kawai T, Kamide K, Onishi M, et al. Полезность резистивного индекса при допплерографии почек как показатель повреждения сосудов у пациентов с риском атеросклероза. Nephrol Dial Трансплантация. 2011; 26 (10): 3256-3262. doi: 10.1093 / ндт / gfr054. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
10. Гейне Г.Х., Рейхарт Б., Ульрих С. ​​и др. Отражают ли УЗИ показатели почечной резистентности, а не системное повреждение почек при хроническом заболевании почек? Nephrol Dial Трансплантация. 2007; 22: 163-170. doi: 10.1093 / ндт / gfl484. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
11. Сугиура Т., Вада А. А Резистивный индекс прогнозирует почечный прогноз при хроническом заболевании почек. Nephrol Dial Трансплантация. 2009; 24 (9): 2780-2785. doi: 10.1093 / ндт / gfp121. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
12. Леончини Г., Мартиноли С., Виацци Ф. Изменение почечного резистивного индекса и экскреции альбумина с мочой у пациентов с гипертонической болезнью при длительном лечении лизиноприлом и нифедипином ЖКТ. Нефрон. 2002; 90 (2): 169-173. doi: 10.1159 / 000049038. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
13. Радермахер Дж. Резистивный индекс: идеальный тест на фторососудистые заболевания или ишемическую нефропатию? Nat Clin Pract Nephrol. 2006; 2 (5): 232-233. doi: 10.1038 / ncpneph0177. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
14. Леви А.С., Стивенс Л.А., Шмид К.Х., Чжан Ю.Л., Кастро А.Ф., 3-й, Фельдман Г.И., Кусек Дж.В., Эггерс П., Ван Лент Ф., Грин Т., Кореш Дж. Новое уравнение для оценки скорости клубочковой фильтрации. Ann Intern Med. 2009; 150: 604-612. doi: 10.7326 / 0003-4819-150-9-200905050-00006. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
15. де Зеув Д., Хилледж Х.Л., де Йонг П.Е. Почка, маркер сердечно-сосудистого риска и новая цель для терапии. Почки Int Suppl. 2005; 98: S25-S29. doi: 10.1111 / j.1523-1755.2005.09805.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
16. Ханамура К., Тодзё А., Кнугаса С., Асаба К., Фудзита Т. Т. Резистивный индекс является маркером почечной функции, патологии, прогноза и чувствительности к стероидной терапии у пациентов с хронической болезнью почек. Int J Nephrol. 2012; 2012: 139565. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [Google Scholar]  
17. Ики Р., Кобаяши С., Хемми Н. и др. Корреляция между резистивным индексом ультразвуком Допплера и функцией почек и гистологией. Я J почек дис. 2005; 46 (4): 603-609. doi: 10.1053 / j.ajkd.2005.06.006. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
18. Parolini C, Noce A, Staffolani E, Giarrizzo GF, Costanzi S, Splendiani G. Почечный резистивный индекс и отдаленный исход при хронических нефропатиях. Радиологии. 2009; 252 (3): 888-896. doi: 10.1148 / radiol.2523080351. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
19. Quaia E, Bertolotto M. Почечные паренхиматозные заболевания: возможно ли определение характеристик с помощью ультразвука? Eur Radiol. 2002; 12 (8): 2006-2020. doi: 10.1007 / s00330-002-1360-z. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
20. Pozzi Mucelli R, Bertolotto M, Quaia E. Техника визуализации при острой почечной недостаточности. Contrib Nephrol. 2001; 132: 76-91. doi: 10.1159 / 000060076. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
21. Мехта Р.Л., Келлум Ю.А., Шах С.В. Отчет об острой почечной травме сети об инициативе по улучшению результатов при острой почечной травме. Crit Care. 2007; 11 (2): R31. doi: 10.1186 / cc5713. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [CrossRef

4435/5000

21. Мехта Р.Л., Келлум Ю.А., Шах С.В. Отчет об острой почечной травме сети об инициативе по улучшению результатов при острой почечной травме. Crit Care. 2007; 11 (2): R31. doi: 10.1186 / cc5713. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
22. KDIGO (Улучшение глобальных результатов при заболеваниях почек). Клинические практические рекомендации по острой почечной недостаточности Почки Int Suppl. 2012; 2: 19-36. doi: 10.1038 / kisup.2011.32. [CrossRef] [Google Scholar]  
23. Цзэн Икс, МакМахон Дж., Брунелли С.М. Результаты заболеваемости и сравнения по определению ОПП у госпитализированных лиц. Clin J Am Soc Nephrol. 2014; 9: 12-20. doi: 10.2215 / CJN.02730313. [PMC бесплатная статья] [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
24. Singbartl K, et al. ОПП в ОРИТ: определение, эпидемиология, стратификация риска и результаты. Kidney Int. 2012; 81 (9): 819-825. doi: 10.1038 / Ki.2011.339. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
25. Li P, et al. Острое повреждение почек: глобальное состояние здоровья. Трансплантация. 2013; 95 (5): 653-657. doi: 10.1097 / TP.0b013e31828848bc. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
26. Легран М. М., Дармон М. Почечная томография при остром повреждении почек. Acute Nephrol Crit Care Phys. 2015 [Google Scholar]  
27. Lauschke A, Teichgraber UKM, Frei U, et al. «Низкая доза» допамина ухудшает почечную перфузию у пациентов с острой почечной недостаточностью. Kidney Int. 2006; 69: 1669-1674. doi: 10.1038 / sj.ki.5000310. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
28. Deruddre S, Cheisson G, Mazoit JX и др. Почечная артериальная резистентность при септическом шоке: влияние повышения среднего артериального давления с норэпинефрином на резистивный почечный индекс, оцененный с помощью ультразвуковой допплерографии. Интенсивная терапия Мед. 2007; 33 (9): 1557-1562. doi: 10.1007 / s00134-007-0665-4. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
29. Lerolle N, Guerot E, Faisy C, et al. Почечная недостаточность при септическом шоке: прогностическая ценность допплеровского почечного артериального резистивного индекса. Интенсивная терапия Мед. 2006; 32 (10): 1553-1559. doi: 10.1007 / s00134-006-0360-x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
30. Granata A, Andrulli S, Bigi MQ и др. Прогностическая роль дуплексной допплерографии в диагностике острой почечной непроходимости у пациентов с односторонней почечной коликой. Клин Нефрол. 2009; 71 (6): 680-686. doi: 10,5414 / CNP71680. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
31. Солез К., Винсенти Ф., Фило Р. Гистопатологические данные двухпроцентной биопсии протокола U: S: многоцентровое исследование трансплантации почки, сравнивающее такролимус и циклоспорин: отчет FK506. Исследовательская группа по пересадке почек. Трансплантация. 1998; 66: 1736-1740. doi: 10.1097 / 00007890-199812270-00029. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
32. Пол Л.С. Хроническая нефропатия аллотрансплантата: обновление. Kidney Int. 1999; 56: 783-793. doi: 10.1046 / j.1523-1755.1999.00611.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
33. Nankivell BJ, Borrows RJ, Fung CL, et al. Естественная история хронической аллотрансплантатной нефропатии. N Engl J Med. 2003; 349: 2326-2333. doi: 10.1056 / NEJMoa020009. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
34. Солез К., Колвин Р.Б., Ракусен Л.К. и др. Отчет о собрании Banff’05: дифференциальная диагностика хронической травмы аллотрансплантата и устранение хронической нефропатии аллотрансплантата («CAN») Am J Transplant. 2007; 7: 518-526. doi: 10.1111 / j.1600-6143.2006.01688.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
35. Radermacher J, Mengel M, Ellis S, et al. Индекс почечной резистентности и выживаемость почечного аллотрансплантата. N Engl J Med. 2003; 349 (2): 115-124. doi: 10.1056 / NEJMoa022602. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
36. Vallejos A, Alperovich G, Moreso F, et al. Резистивный индекс и хроническая нефропатия аллотрансплантата оцениваются в протоколах биопсии как предиктор исхода трансплантата. Nephrol Dial Трансплантация. 2005; 20 (11): 2511-2516. doi: 10.1093 / ндт / gfi041. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
37. Краманн Р., Франк Д., Брандебург В.М. и соавт. Прогностическое влияние индекса почечной артериальной резистентности на выживаемость почечного аллотрансплантата: момент времени имеет значение. Nephrol Dial Трансплантация. 2012; 27 (10): 3958-3963. doi: 10.1093 / ндт / gfr772. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
38. Naesens M, Heylen L, Lerut H, et al. Интраренальный резистивный индекс после трансплантации почки. N Engl J Med. 2013; 369 (19): 1797-1806. doi: 10.1056 / NEJMoa1301064. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]  
39. Мутинелли-Сжиманский П., Кайл А, Транкварт Ф. и др. Почечный резистивный индекс как новый независимый фактор риска развития нового сахарного диабета после трансплантации почки. Transpl Int. 2012; 25 (4): 464-470. doi: 10.1111 / j.1432-2277.2012.01445.x. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]