

Советова С. А.<sup>1</sup>, Никифорова Т. А.<sup>2</sup>, Чарая К. В.<sup>2</sup>, Щекочихин Д. Ю.<sup>2,3</sup>, Куликов В. М.<sup>2</sup>, Дубовицкий А. М.<sup>2</sup>, Сучкова С. А.<sup>2</sup>, Богданова А. А.<sup>2</sup>, Ананичева Н. А.<sup>1</sup>, Андреев Д. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Городская клиническая больница имени С.С. Юдина, Москва, Россия

<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

<sup>3</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница №1 им. Н. И. Пирогова», Москва, Россия

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНУТРИПОЧЕЧНОГО КРОВОТОКА С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ПРОГНОЗОМ У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРОЙ ДЕКОМПЕНСАЦИЕЙ ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цель                | Оценка потенциальной роли различных паттернов внутрипочечного кровотока по данным ультразвуковой доплерографии в рамках определения тяжести венозного застоя, прогнозирования ухудшения почечной функции и развития неблагоприятного прогноза у пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности (ОД СН).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Материал и методы   | В данное проспективное обсервационное одноцентровое исследование было включено 75 пациентов, госпитализированных в отделение реанимации и интенсивной терапии в связи с ОД СН. Всем пациентам при госпитализации проводилась прикроватная ультразвуковая доплерография почечных вен с определением паттерна кровотока (непрерывный, бифазный, монофазный). После инициации внутривенной диуретической терапии через 1 час оценивалась концентрация натрия в порции мочи. За первичную конечную точку было принято развитие острого почечного повреждения (ОПП). Вторичной конечной точкой являлось развитие резистентности к диуретикам (необходимость увеличения суточной дозы фуросемида более чем в 2 раза по сравнению с исходной), снижение натрийуретического ответа (определяемого как концентрация натрия в порции мочи менее 50–70 ммоль/л) и внутрибольничная летальность.                                                                                                                                           |
| Результаты          | По данным ультразвуковой доплерографии нормальный почечный кровоток наблюдался у 40 (53%) пациентов, бифазный – у 21 (28%), монофазный – у 14 (19%) пациентов. Отмечено, что при монофазном паттерне внутрипочечного кровотока частота развития ОПП была наибольшей – среди 14 пациентов данной группы ОПП развилось в 100% случаев (ОР 3,8, 95% ДИ: 2,5–5,8, $p < 0,01$ ), в то время как среди пациентов с нормальным и умеренным нарушением почечного кровотока не было выявлено статистически значимого повышения риска развития ОПП. Шансы внутрибольничной летальности увеличивались у пациентов с монофазным почечным кровотоком в 25,77 раза (95% ДИ: 5,35–123,99, $p < 0,001$ ). У пациентов с монофазным паттерном внутрипочечного кровотока также чаще развивалась резистентность к диуретикам по сравнению с другими паттернами кровотока ( $p < 0,001$ ) и наблюдалось снижение концентрации натрия в разовом анализе мочи, полученном через 1 ч от начала введения фуросемида, менее 50 ммоль/л ( $p < 0,001$ ). |
| Заключение          | У пациентов с монофазным внутрипочечным кровотоком выше риск развития ОПП, резистентности к диуретикам со снижением натрийуретического ответа и внутрибольничной летальности.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Ключевые слова      | Острая декомпенсация сердечной недостаточности; внутрипочечный кровоток; доплерография почечных вен; натрийурез; VEXUS; кардиоренальный синдром; острая почечная недостаточность                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Для цитирования     | Sovetova S.A., Nikiforova T.A., Charaya K.V., Shchekochikhin D.Y., Kulikov V.M., Dubovitsky A.M. et al. Hemodynamic Changes in Intrarenal Blood Flow are Associated With Poor Prognosis in Patients With Acute Decompensated Heart Failure. <i>Kardiologiya</i> . 2024;64(4):38–44. [Russian: Советова С.А., Никифорова Т.А., Чарая К.В., Щекочихин Д.Ю., Куликов В.М., Дубовицкий А.М. и др. Взаимосвязь гемодинамических изменений внутрипочечного кровотока с неблагоприятным прогнозом у пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности. <i>Кардиология</i> . 2024;64(4):38–44].                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Автор для переписки | Софья Андреевна Советова. E-mail: sovetoivasofja@gmail.com                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### Введение

Венозный застой является отличительной чертой прогрессирующей сердечной недостаточности, однако его выраженность и распределение по органам и систе-

мам сильно варьируют среди пациентов [1, 2]. В связи с этим возрос интерес к поиску неинвазивных методов исследования, способных идентифицировать преобладающий фенотип венозного застоя с целью определе-

**Центральная иллюстрация.** Взаимосвязь гемодинамических изменений внутрипочечного кровотока с неблагоприятным прогнозом у пациентов с острой декомпенсацией хронической сердечной недостаточности



ния адекватности и интенсивности диуретической терапии [1, 3]. Учитывая роль почечной недостаточности в определении неблагоприятного прогноза у пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [4, 5], было высказано предположение, что ультразвуковая доплерография внутрипочечных вен способна выявить нарушения почечного кровотока и тем самым спрогнозировать прогрессирование сердечной недостаточности и ухудшение почечной функции (определяемое как снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и потребность в проведении заместительной почечной терапии) [6–8].

В исследовании P. Nijst и соавт. [9] было продемонстрировано изменение паттернов внутрипочечного кровотока от непрерывного к пульсирующему у пациентов с ХСН при переходе из эуволемии в гиперволемию (применялась инфузия изотонического раствора). При этом отмечалась нормализация патологического пульсирующего кровотока после диуретической терапии, что также было подтверждено в результатах другого исследования [10]. Также было отмечено, что у пациентов с пульсирующим паттерном почечного кровотока эффективность диуретической терапии была снижена [9].

По данным отечественного и ряда зарубежных исследований, в популяции амбулаторных и госпитализированных пациентов с ХСН наличие внутрипочечного бифазного или монофазного кровотока коррелирует с неблагоприятными клиническими событиями, такими как смерть от сердечно-сосудистых заболеваний и повторные госпитализации по поводу острой декомпенсации хронической сердечной недостаточности (ОДХН) [11–14].

Изменения внутрипочечного кровотока показали свою практическую значимость у кардиохирургических пациентов – выраженные альтерации внутрипочечного кровотока были связаны с повышенным риском развития острого почечного повреждения (ОПП) [15]. По данным других исследований достоверно более низкая СКФ и ее проградентное снижение наблюдалось только у пациентов с наиболее патологическим монофазным паттерном внутрипочечного кровотока [13, 14, 16].

В исследовании F. Husain-Syed и соавт. [16] и N. Iida и соавт. [11] авторы оценивали изменения почечного кровотока у пациентов с легочной гипертензией. Была выявлена корреляция между повышением давления в правом предсердии (измеренного при помощи катетеризации сердца) у пациентов с бифазным и монофазным почечным кровотоком. Наличие монофазного почечного кровотока также оказалось сильным предиктором неблагоприятных клинических исходов у пациентов с легочной гипертензией и правожелудочковой недостаточностью.

В настоящее время отсутствуют данные о взаимосвязи измененных паттернов внутрипочечного кровотока с ухудшением почечной функции у пациентов с ОДХН. Цель данного исследования – оценить прогностическое значение ультразвуковых доплерографических паттернов внутрипочечного кровотока у данной группы больных.

## Материал и методы

Открытое обсервационное проспективное одноцентровое исследование на базе городской скорпомощной больницы. Протокол исследования одобрен локальным

этическим комитетом Сеченовского университета (выписка № 09–23). Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

### Пациенты

Включались пациенты старше 18 лет, госпитализированные в отделение реанимации и интенсивной терапии в связи с острой декомпенсацией ХСН (ОДСН) и нуждающиеся во внутривенном введении петлевых диуретиков. Диагноз ОДСН ставился согласно последним клиническим рекомендациям [17]. Критерии включения: госпитализация по поводу ОДСН, по крайней мере, с одним признаком перегрузки объемом (отек легких, периферические отеки, асцит или плевральный выпот); N-концевой фрагмент мозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP) >1000 пг/л. Критерии не включения: СКФ <15 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> или хроническая заместительная почечная терапия, острый инфаркт миокарда, согласно четвертому универсальному определению инфаркта миокарда [18], тромбоэмболия легочной артерии, сепсис (согласно 3-ему международному консенсусу определений для сепсиса и септического шока – Сепсис-3) [19], потребность в искусственной вентиляции легких при поступлении, беременность и послеродовой период, расслоение аорты, активное онкологическое заболевание, нервные и психические заболевания в период обострения.

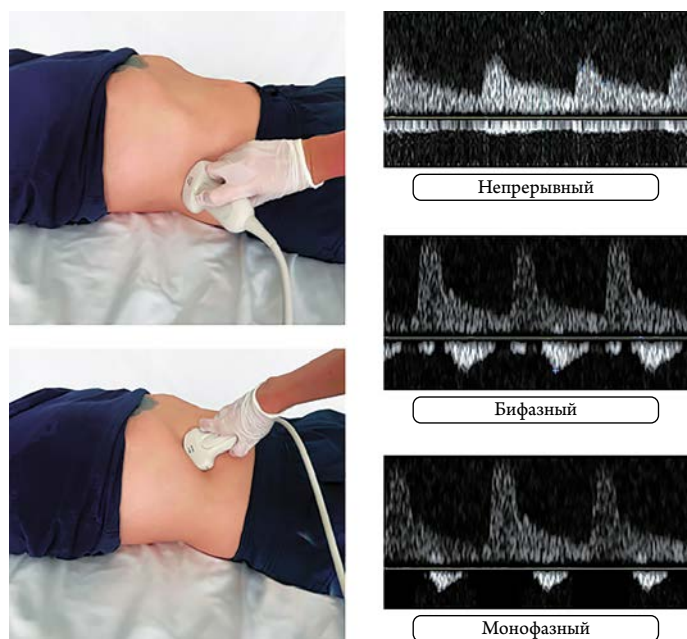
### Протокол исследования

Включение в исследование проводилось в течение первых 30 минут госпитализации.

При поступлении пациента проводилась прикроватная ультразвуковая оценка венозной фазы внутрипочечного кровотока с определением его различных паттернов (непрерывный, бифазный и монофазный). Сканирование почки производилось в межреберном промежутке по задней подмышечной линии или в правом подреберье (рис. 1). Использовался конвексный или секторальный датчик. Контрольный объем импульсно-волнового доплера устанавливался на уровне междолевых почечных вен [20].

Нормальный кровоток в почечных венах носит непрерывный характер [21]. По мере нарастания тяжести венозного застоя наблюдается повышение давления в правых камерах сердца, которое передается в ретроградном направлении напрямую к почечным венам, вызывая тем самым пульсирующий или периодически прерывающийся кровоток, когда становится возможным наблюдать две отдельные волны (S и D) [11]. Эти волны коррелируют с динамическим изменением давления в центральной вене (ЦВД), измеренным при катетеризации правых камер сердца [11]. При дальнейшем повышении давления в правом предсердии и истощении растяжимости венозного русла волна S может стать ревер-

**Рисунок 1.** Положение ультразвукового датчика и паттерны внутрипочечного кровотока



сивной или исчезнуть совсем, и тогда при визуализации единственной волны D кровоток будет считаться монофазным (рис. 1) [22, 23].

Для оценки натрийуретического ответа измерялась концентрация натрия в порции мочи через 1 час после внутривенного введения диуретика. Первую дозу диуретика пациенты получали после опорожнения мочевого пузыря либо посредством катетеризации уретры, либо путем самостоятельного мочеиспускания. Доза фуросемида определялась преимущественно согласительным документом ЕОК по диуретической терапии [3], либо, в отдельных случаях, рассчитывалась на усмотрение лечащего врача. Первая доза внутривенного диуретика всегда была болюсной, в последующем режим введения и дозирования диуретиков корректировался лечащим врачом.

За первичную конечную точку было принято развитие ОПП, определяемого как олигоанурия (темп диуреза <0,5 мл/кг/час в течение 6 ч) [24], увеличение креатинина крови на 26,5 мкмоль/л и более в течение 48 часов или нарастание креатинина крови в  $\geq 1,5$  раза от исходного в течение недели [25]. Вторичной конечной точкой являлись развитие резистентности к диуретикам (необходимости увеличения суточной дозы фуросемида более чем в 2 раза по сравнению с исходной) [26], снижение натрийуретического ответа (натрий в порции мочи через 1 час после внутривенного введения диуретиков <50–70 ммоль/л) [3] и внутрибольничная смертность.

### Статистический анализ

Нормальность распределения устанавливалась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Переменные с нормальным



распределением описывались средним значением и стандартным отклонением ( $M \pm SD$ ) с доверительным интервалом (ДИ) в 95%. Переменные с ненормальным распределением описывались медианой (Me) и межквартильным диапазоном (25%–75%) и сравнивались при помощи непараметрических тестов. Для сравнения групп по количественным переменным проводились два этапа дисперсионного анализа с использованием точного критерия Фишера (при условии нормального распределения) или критерий Краскела–Уоллиса с поправкой Бонферрони (при «ненормальном» распределении). Категориальные переменные были представлены в виде абсолютных и относительных значений, для их сравнения в зависимости от ситуации использовались критерий хи-квадрат или точный критерий Фишера. Вычисления проводили с использованием программного обеспечения SPSS Statistics 24 (IBM, США). Различия считались значимыми при значениях  $p < 0,05$ .

## Результаты

### Характеристика пациентов

Было включено 75 пациентов с ОДСН. Медиана возраста составила 74 [63–81] года; из них 32 (42,7%) женщины. Медиана ФВ левого желудочка составила 34 [25–52,5] %, у 21 (28%) пациента ФВ была сохранена. Медиана уровня NT-proBNP равнялась 6612 [3669–12769] пг/мл. Средняя СКФ составила  $57,2 \pm 27,6$  (95% ДИ: 50,8–63,6) ммоль/л. Доза петлевых диуретиков, принимаемых пациентами амбулаторно до настоящей госпитализации, равнялась 0 [0–20] мг. Характеристика пациентов представлена в таблице 1 (см. в дополнительных материалах на сайте издания).

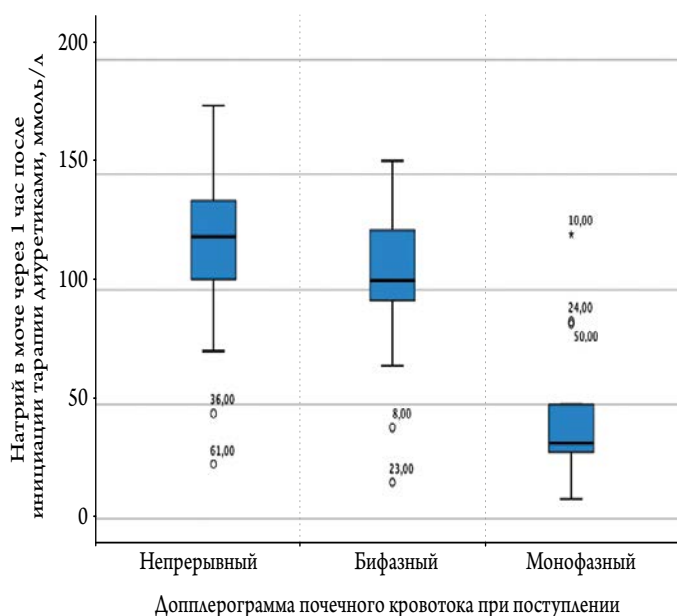
По данным ультразвуковой доплерографии нормальный (непрерывный) почечный кровоток наблюдался у 40 (53%) пациентов, бифазный почечный кровоток – у 21 (28%), монофазный почечный кровоток – у 14 (19%) пациентов.

В течение первого часа с момента поступления в среднем пациентам было назначено 80 [80–100] мг фуросемида внутривенно. Средняя концентрация натрия в разовом анализе мочи, полученном через 1 ч от начала диуретической терапии, равнялась 113 [85–133] ммоль/л. Средний объем диуреза за 6 ч от начала лечения составил 1300 [675–2050] мл.

### Исходы госпитализации

За время госпитализации первичная конечная точка (развитие ОПП) была достигнута у 30 (40%) больных. На госпитальном этапе умерло 11 (14%) пациентов. Значение натрия в порции мочи менее 50 ммоль/л были выявлены у 13 (17,3%) больных, а резистентность к диуретической терапии была зарегистрирована в 24% случаев ( $n=18$ ).

**Рисунок 2.** Концентрация натрия в порции мочи при различных паттернах внутрисочечного кровотока



### Развитие ОПП

Среди пациентов с нормальным почечным кровотоком развитие ОПП наблюдалось в 12 (30%) случаях, при бифазном кровотоке – в 4 (19%) случаях. Отмечено, что при монофазном паттерне внутрисочечного кровотока частота развития ОПП была наибольшей – среди 14 пациентов данной группы ОПП развилось в 100% случаев (ОР 3,8, 95% ДИ: 2,5–5,8,  $p < 0,001$ ), то время как среди пациентов с нормальным и умеренным нарушением почечного кровотока не было выявлено статистически значимого повышения риска развития ОПП.

### Внутрибольничная смертность

Всего на госпитальном этапе умерло 11 человек, среди них монофазный паттерн почечного кровотока наблюдался у 8 (72%) пациентов, бифазный – у 2 (18%), нормальный кровоток – у 1 (1%) пациента. Шансы внутрибольничной летальности увеличивались у пациентов с монофазным почечным кровотоком по сравнению с нормальным и бифазным кровотоком в 25,77 раза (95% ДИ: 5,35–123,99,  $p < 0,001$ ).

### Натрийуретический ответ

У пациентов с монофазным паттерном внутрисочечного кровотока чаще наблюдалось снижение концентрации натрия в разовом анализе мочи, полученном через 1 ч от начала введения фуросемида, менее 50 ммоль/л по сравнению с другими паттернами внутрисочечного кровотока (69,2% против 6,7%,  $p < 0,001$ ). Отмечено, что при нормальном паттерне внутрисочечного кровотока средняя концентрация натрия в порции мочи соста-

вила 123 [104,5–138,5] ммоль/л; при бифазном характере – 104 [95–126] ммоль/л; при наиболее измененном, монофазном, почечном кровотоке концентрация натрия в порции мочи через 1 час после инициации терапии диуретиками составила 33 [29–50] ммоль/л и в среднем была снижена по сравнению с другими паттернами кровотока ( $p < 0,001$ ) (рис. 2).

### Резистентность к диуретикам

У пациентов с монофазным паттерном внутривисочечного кровотока чаще развивалась резистентность к диуретикам по сравнению с другими паттернами кровотока ( $p < 0,001$ ). Помимо этого, у пациентов с монофазным почечным кровотоком отмечалось статистически значимое снижение объема диуреза за первые 6 часов ( $p < 0,001$ ), который у данной группы больных в среднем составил 400 [200–700] мл.

### Обсуждение

Целью настоящего исследования являлась оценка клинического значения ультразвуковых паттернов почечного кровотока у пациентов с ОДН. Было показано, что у пациентов с монофазным типом внутривисочечного кровотока выше риск развития ОПП, резистентности к диуретикам со снижением натрийуретического ответа и внутривисочечной летальности. Была показана возможность применения ультразвуковой доплерографии почечных вен в качестве неинвазивного маркера для оценки степени тяжести венозного застоя у данной группы больных.

По результатам нашего исследования пациенты, имеющие наиболее патологически измененный (монофазный) внутривисочечный кровоток, демонстрировали самый высокий риск развития ОПП. Полученные результаты объясняются несколькими патофизиологическими механизмами. Во-первых, повышенное ЦВД представляет собой давление постнагрузки для почечных вен. Его повышение способствует возникновению застоя и росту интерстициального давления в почках. Это приводит к снижению растяжимости и податливости почечной паренхимы, вызывая тем самым механическое сдавление внутривисочечных сосудов, что в конечном итоге приводит к снижению клубочковой фильтрации. Снижение СКФ широко изучено в контексте ОДН, при которой повышенное ЦВД является одним из основных факторов ухудшения функции почек [28–30]. Таким образом, можно использовать визуализацию почечного кровотока для определения степени гемодинамических нарушений в почках в рамках прогнозирования развития ОПП у пациентов с ОДН.

Известно, что наличие венозного застоя является сильным прогностическим фактором неблагоприятного прогноза, повторных госпитализаций и увеличивает риск смертности от всех причин, особенно в условиях ухудше-

ния почечной функции [31, 32]. По результатам нашего исследования была выявлена взаимосвязь между наличием монофазного почечного кровотока и повышением риска внутривисочечной летальности. Это согласуется с данными других исследований, в которых выраженные нарушения внутривисочечного кровотока являлись сильными предикторами неблагоприятных клинических исходов у пациентов с компенсированной [11] и декомпенсированной сердечной недостаточностью [14, 33]. Худший прогноз данной группы больных может быть объяснен наличием более тяжелого венозного застоя, поскольку монофазный кровоток в почечных венах отражает выраженную гиперволемию, разрешение которой может оказаться непростой задачей в условиях сниженного ответа на диуретическую терапию и высокого риска развития ОПП. В данной клинической ситуации ультразвуковое исследование кровотока почечных вен при поступлении пациента может помочь в стратификации прогноза пациента, в выявлении пациентов высокого риска для проведения более агрессивной диуретической терапии и рассмотрения применения ультрафильтрации в качестве терапии отчаяния [3].

Неблагоприятное влияние почечного венозного застоя на объем диуреза и натрийуреза описывалось в ранее опубликованных исследованиях и включает в себя различные патофизиологические механизмы [23, 34]. Во-первых, увеличение давления в почечном интерстиции в результате венозного застоя может уменьшать движущую гидростатическую силу для фильтрации жидкости из плазмы крови в пространство Боумена. Во-вторых, почечный венозный застой стимулирует симпатическую нервную систему и ренин-ангиотензин-альдостероновую систему, которая отвечает за повышение реабсорбции натрия и воды в почечных канальцах, а также вызывает констрикцию почечных вен [34]. В ряде исследований была показана эффективность оценки концентрации натрия мочи, как раннего маркера эффективной диуретической терапии [35, 36]. В связи с этим ЕОК в недавно опубликованных рекомендациях добавило алгоритм оценки концентрации натрия в анализе мочи, полученном через 2 ч после начала лечения диуретиками, у пациентов с ХСН [3]. В нашем исследовании у пациентов с монофазным паттерном почечного кровотока наблюдалось снижение концентрации натрия в порции мочи, полученной через 1 час после диуретической терапии, а также чаще развивалась резистентность к диуретикам по сравнению с другими паттернами кровотока. Насколько нам известно, это первая публикация, изучившая взаимосвязь между этими двумя методами исследования. Учитывая вышесказанное, представляется целесообразным одновременное использование прикроватного ультразвукового исследования почечных вен с дополнительной оцен-

кой натрийуретического ответа. Предполагается, что полученная информация поможет лечащему врачу оценить риски развития резистентности к диуретической терапии и скорректировать лечение уже в первые часы госпитализации.

### Ограничения исследования

Во-первых, небольшая выборка заведомо снижает мощность исследования. Не использовался слепой метод по отношению к пациентам. Во-вторых, пациенты данного исследования имели многие критерии исключения, а также получали терапию в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии, что ограничивает возможность применения наших результатов к общей популяции пациентов с ОДСН. В-третьих, у нас нет данных о динамике веса пациентов за время госпитализации, так как это не входило в цели исследования, а также поскольку в отделении реанимации и интенсивной терапии пациенты придерживаются строгого постельного режима. В-четвертых, отсутствовал стандартизированный протокол лечения по тактике дозирования и режимах назначения диуретических препаратов, что могло повлиять на полученные результаты исследования. В настоящем исследовании невозможно определить влияние сопутствующих факторов (таких как сахарный диабет, артериальная гипертензия, нейрогормональные нарушения, текущая воспалительная реакция и т.д.) на паттерн кровотока в почечных венах при изменении структуры паренхимы почки

и функции внутривенных сосудов. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования для более глубокого понимания патофизиологии процесса. Мы не проводили инвазивную оценку гемодинамики, в связи с чем не можем установить прямую корреляцию между паттернами внутривенного кровотока и давлением наполнения правых камер сердца. Мы не измеряли внутрибрюшное давление, поэтому его потенциальное влияние на доплерографию сосудов не оценивалось. Наконец, полученные доплерограммы почечных сосудов не пересматривались независимой лабораторией.

### Заключение

У пациентов с монофазным типом внутривенного кровотока по данным прикроватной доплерографии выше риск развития ОПП, резистентности к диуретикам со снижением натрийуретического ответа и внутрибольничной летальности. Прикроватная ультразвуковая оценка внутривенного кровотока является быстрым и недорогим методом исследования и позволяет уже на этапе первичного осмотра пациента при госпитализации в стационар спрогнозировать ответ на диуретическую терапию и стать дополнительным инструментом в стратификации риска и последующем ведении пациентов с ОДСН.

*Конфликт интересов не заявлен.*

**Статья поступила 25.08.2023**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Boorsma EM, Ter Maaten JM, Damman K, Dinh W, Gustafsson F, Goldsmith S et al. Congestion in heart failure: a contemporary look at physiology, diagnosis and treatment. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17(10):641–55. DOI: 10.1038/s41569-020-0379-7
- Girerd N, Seronde M-F, Coiro S, Chouihed T, Bilbault P, Braun F et al. Integrative Assessment of Congestion in Heart Failure Throughout the Patient Journey. *JACC: Heart Failure*. 2018;6(4):273–85. DOI: 10.1016/j.jchf.2017.09.023
- Mullens W, Damman K, Harjola V-P, Mebazaa A, Brunner-La Rocca H-P, Martens P et al. The use of diuretics in heart failure with congestion - a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *European Journal of Heart Failure*. 2019;21(2):137–55. DOI: 10.1002/ehf.1369
- Ronco C, Haapio M, House AA, Anavekar N, Bellomo R. Cardioresenal Syndrome. *Journal of the American College of Cardiology*. 2008;52(19):1527–39. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.07.051
- Damman K, Kalra PR, Hillege H. Pathophysiological mechanisms contributing to renal dysfunction in chronic heart failure. *Journal of Renal Care*. 2010;36(s1):18–26. DOI: 10.1111/j.1755-6686.2010.00172.x
- Kitai T, Tang WHW. Intrarenal Venous Flow: A Distinct Cardiorenal Phenotype or Simply a Marker of Venous Congestion? *Journal of Cardiac Failure*. 2021;27(1):35–9. DOI: 10.1016/j.cardfail.2020.12.001
- Tang WHW, Kitai T. Intrarenal Venous Flow: A Window Into the Congestive Kidney Failure Phenotype of Heart Failure? *JACC: Heart Failure*. 2016;4(8):683–6. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.05.009
- De La Espriella-Juan R, Núñez E, Miñana G, Sanchis J, Bayés-Genís A, González J et al. Intrarenal venous flow in cardiorenal syndrome: a shining light into the darkness. *ESC Heart Failure*. 2018;5(6):1173–5. DOI: 10.1002/ehf2.12362
- Nijst P, Martens P, Dupont M, Tang WHW, Mullens W. Intrarenal Flow Alterations During Transition From Euvolemia to Intravascular Volume Expansion in Heart Failure Patients. *JACC: Heart Failure*. 2017;5(9):672–81. DOI: 10.1016/j.jchf.2017.05.006
- Ter Maaten JM, Dauw J, Martens P, Somers F, Damman K, Metlidis C et al. The Effect of Decongestion on Intrarenal Venous Flow Patterns in Patients With Acute Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*. 2021;27(1):29–34. DOI: 10.1016/j.cardfail.2020.09.003
- Iida N, Seo Y, Sai S, Machino-Ohtsuka T, Yamamoto M, Ishizu T et al. Clinical Implications of Intrarenal Hemodynamic Evaluation by Doppler Ultrasonography in Heart Failure. *JACC: Heart Failure*. 2016;4(8):674–82. DOI: 10.1016/j.jchf.2016.03.016
- Puzzovivo A, Monitillo F, Guida P, Leone M, Rizzo C, Grande D et al. Renal Venous Pattern: A New Parameter for Predicting Prognosis in Heart Failure Outpatients. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*. 2018;5(4):52. DOI: 10.3390/jcdd5040052
- Yamamoto M, Seo Y, Iida N, Ishizu T, Yamada Y, Nakatsukasa T et al. Prognostic Impact of Changes in Intrarenal Venous Flow Pattern in Patients With Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*. 2021;27(1):20–8. DOI: 10.1016/j.cardfail.2020.06.016
- Kobalava Zh.D., Safarova A.F., Aslanova R.Sh., Vatsik-Gorodetskaya M.V. Renal venous Doppler ultrasound – a new parameter for predicting outcomes in patients with decompensated heart failure. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2023;22(2):53–60. [Russian: Кобалава Ж.Д., Сафарова А.Ф., Асланова Р.Ш., Вацик-Городецкая М.В. Почечная венозная доплерография – новый параметр для прогнозирования



- исходов у пациентов с декомпенсацией хронической сердечной недостаточности. Бюллетень сибирской медицины. 2023;22(2):53-60]. DOI: 10.20538/1682-0363-2023-2-53-60
15. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G et al. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow Are Associated With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. *Journal of the American Heart Association*. 2018;7(19):e009961. DOI: 10.1161/JAHA.118.009961
16. Husain-Syed F, Birk H, Ronco C, Schörmann T, Tello K, Richter MJ et al. Doppler-Derived Renal Venous Stasis Index in the Prognosis of Right Heart Failure. *Journal of the American Heart Association*. 2019;8(21):e013584. DOI: 10.1161/JAHA.119.013584
17. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*. 2021;42(36):3599–726. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab368
18. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Chaitman BR, Bax JJ, Morrow DA et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *European Heart Journal*. 2019;40(3):237–69. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy462
19. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801–10. DOI: 10.1001/jama.2016.0287
20. Soliman-Aboumarie H, Denault AY. How to assess systemic venous congestion with point of care ultrasound. *European Heart Journal - Cardiovascular Imaging*. 2023;24(2):177–80. DOI: 10.1093/ehjci/jeac239
21. Argaiz ER, Rola P, Haycock KH, Verbrugge FH. Fluid management in acute kidney injury: from evaluating fluid responsiveness towards assessment of fluid tolerance. *European Heart Journal. Acute Cardiovascular Care*. 2022;11(10):786–93. DOI: 10.1093/ehjacc/zuac104
22. Galindo P, Gasca C, Argaiz ER, Koratala A. Point of care venous Doppler ultrasound: Exploring the missing piece of bedside hemodynamic assessment. *World Journal of Critical Care Medicine*. 2021;10(6):310–22. DOI: 10.5492/wjccm.v10.i6.310
23. Burnett JC, Knox FG. Renal interstitial pressure and sodium excretion during renal vein constriction. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*. 1980;238(4):F279–82. DOI: 10.1152/ajprenal.1980.238.4.F279
24. Howitt SH, Oakley J, Caiado C, Goldstein M, Malagon I, McCol-lum C et al. A Novel Patient-Specific Model for Predicting Severe Oliguria; Development and Comparison With Kidney Disease: Improving Global Outcomes Acute Kidney Injury Classification. *Critical Care Medicine*. 2020;48(1):e18–25. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004074
25. Kellum JA, Lameire N, for the KDIGO AKI Guideline Work Group. Diagnosis, evaluation, and management of acute kidney injury: a KDI-GO summary (Part 1). *Critical Care*. 2013;17(1):204. DOI: 10.1186/cc11454
26. Vaduganathan M, Kumar V, Voors AA, Butler J. Unsolved challenges in diuretic therapy for acute heart failure: a focus on diuretic response. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*. 2015;13(10):1075–8. DOI: 10.1586/14779072.2015.1087313
27. Ambrosy AP, Pang PS, Khan S, Konstam MA, Fonarow GC, Tra-ver B et al. Clinical course and predictive value of congestion during hospitalization in patients admitted for worsening signs and symptoms of heart failure with reduced ejection fraction: findings from the EVEREST trial. *European Heart Journal*. 2013;34(11):835–43. DOI: 10.1093/eurheartj/ehs444
28. Mullens W, Abrahams Z, Francis GS, Sokos G, Taylor DO, Starling RC et al. Importance of Venous Congestion for Worsening of Renal Function in Advanced Decompensated Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*. 2009;53(7):S89–96. DOI: 10.1016/j.jacc.2008.05.068
29. Jeong SH, Jung DC, Kim SH, Kim SH. Renal venous doppler ultrasonography in normal subjects and patients with diabetic nephropathy: Value of venous impedance index measurements. *Journal of Clinical Ultrasound*. 2011;39(9):512–8. DOI: 10.1002/jcu.20835
30. Mullens W, Nijst P. Cardiac Output and Renal Dysfunction: definitely more than impaired flow. *Journal of the American College of Cardiol-ogy*. 2016;67(19):2209–12. DOI: 10.1016/j.jacc.2016.03.537
31. Metra M, Davison B, Bettari L, Sun H, Edwards C, Lazzarini V et al. Is Worsening Renal Function an Ominous Prognostic Sign in Patients With Acute Heart Failure?: The Role of Congestion and Its Interac-tion With Renal Function. *Circulation: Heart Failure*. 2012;5(1):54–62. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.111.963413
32. Maggioni AP, Dahlström U, Filippatos G, Chioncel O, Crespo Leiro M, Drozd J et al. EURObservational Research Programme: regional differences and 1-year follow-up results of the Heart Fail-ure Pilot Survey (ESC-HF Pilot). *European Journal of Heart Failure*. 2013;15(7):808–17. DOI: 10.1093/eurjhf/hft050
33. Yoshihisa A, Watanabe K, Sato Y, Ishibashi S, Matsuda M, Yamadera Y et al. Intrarenal Doppler ultrasonography reflects hemodynamics and predicts prognosis in patients with heart failure. *Scientific Reports*. 2020;10(1):22257. DOI: 10.1038/s41598-020-79351-6
34. Verbrugge FH, Dupont M, Steels P, Grieten L, Swennen Q, Tang WHW et al. The kidney in congestive heart failure: ‘are natri-uresis, sodium, and diuretics really the good, the bad and the ug-ly?’ *European Journal of Heart Failure*. 2014;16(2):133–42. DOI: 10.1002/ejhf.35
35. Testani JM, Hanberg JS, Cheng S, Rao V, Onyebeke C, Laur O et al. Rapid and Highly Accurate Prediction of Poor Loop Diuretic Natri-uretic Response in Patients With Heart Failure. *Circulation: Heart Failure*. 2016;9(1):e002370. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAIL-URE.115.002370
36. Biegus J, Zymliński R, Sokolski M, Todd J, Cotter G, Metra M et al. Serial assessment of spot urine sodium predicts effectiveness of de-congestion and outcome in patients with acute heart failure. *Euro-pean Journal of Heart Failure*. 2019;21(5):624–33. DOI: 10.1002/ejhf.1428