

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ685815> EDN: CRJNCP

Морфологические признаки гипертонической нефропатии: исследование случай — контроль

Т.М. Черданцева, В.В. Шеломенцев, И.Б. Глуховец, И.И. Виноградов, Г.П. Казанцева

Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, г. Рязань, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. В настоящее время при диагностике гипертонической нефропатии используются разработанные клинические диагностические критерии выявления почечной дисфункции при артериальной гипертензии. Однако в ряде случаев этих критериев оказывается недостаточно для постановки точного диагноза.

Цель исследования. Определить границы морфометрических показателей различных структур почки человека как критерии, позволяющие установить наличие гипертонической нефропатии.

Методы. Проведён гистологический и морфометрический анализ образцов почечной ткани, полученных в ходе аутопсии от 138 пациентов (по одному образцу от каждого пациента). Все пациенты были разделены на две группы: в исследуемую группу вошёл 61 человек с установленным при жизни клиническим диагнозом «гипертоническая болезнь» и лабораторными признаками гипертонической нефропатии; группу сравнения составили 77 пациентов с диагнозом «гипертоническая болезнь» без клинических и лабораторных признаков гипертонической нефропатии. Для подбора оптимальных пороговых значений процента склерозированных клубочков почки и индекса Керногана междольковых артерий, способных достоверно распределить группы пациентов с гипертонической нефропатией и без неё, проведён ROC-анализ. Характер распределения данных оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Для непараметрических показателей определяли медиану и интерквартильный интервал (25-й и 75-й процентиля). Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05.

Результаты. У пациентов с гипертонической нефропатией выявлены следующие изменения параметров почки: снижение массы на 11% ($p=0,036$), увеличение процента склерозированных клубочков в 1,75 раза ($p=0,027$), повышение индекса Керногана междольковых артерий в 1,4 раза ($p=0,001$), а также увеличение площади соединительной ткани в корковом и мозговом слоях — в 1,4 ($p=0,022$) и 1,8 ($p=0,001$) раза соответственно. ROC-анализ показал, что пороговое значение, позволяющее разграничить пациентов с гипертонической нефропатией и без неё, для процента склерозированных клубочков почки составило 11,11% [индекс Юдена — 0,57; специфичность — 0,854 (0,761–0,909); чувствительность — 0,732 (0,596–0,867)]; пороговое значение для индекса Керногана междольковых артерий почки было равно 0,24 [индекс Юдена — 0,56; специфичность — 0,824 (0,746–0,902); чувствительность — 0,739 (0,612–0,866)].

Заключение. Определение в клинической практике процента склерозированных клубочков почки и индекса Керногана междольковых артерий можно использовать как дополнительные диагностические критерии наличия гипертонической нефропатии.

Ключевые слова: гипертоническая болезнь; гипертоническая нефропатия; морфометрия; морфологические признаки.

Как цитировать:

Черданцева Т.М., Шеломенцев В.В., Глуховец И.Б., Виноградов И.И., Казанцева Г.П. Морфологические признаки гипертонической нефропатии: исследование случай — контроль // Казанский медицинский журнал. 2025. DOI: 10.17816/KMJ685815 EDN: CRJNCP

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ685815> EDN: CRJNCP

Morphological Indicators of Hypertensive Nephropathy: A Case–Control Study

Tat'yana M. Cherdantseva, Viktor V. Shelomentsev, Il'ya B. Glukhovets,
Il'ya I. Vinogradov, Galina P. Kazanceva

Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The diagnosis of hypertensive nephropathy is primarily based on the clinical diagnostic criteria for detecting renal dysfunction in hypertension. However, in some cases, these criteria are insufficient for establishing an accurate diagnosis.

AIM: To determine the morphometric ranges of various renal structures that can serve as criteria for detecting hypertensive nephropathy.

METHODS: Histological and morphometric analyses were performed on renal tissue samples obtained postmortem from 138 patients (one sample per individual). The patients were divided into two groups: the study group, which included 61 individuals with hypertension and laboratory signs of hypertensive nephropathy, and the comparison group, which comprised 77 patients with hypertension but without clinical or laboratory signs of nephropathy. ROC analysis was conducted to determine optimal threshold values for the percentage of sclerotic glomeruli and the Kernohan index of interlobular arteries that distinguish between patient groups with and without hypertensive nephropathy. Data distribution was assessed using the Kolmogorov–Smirnov test. For nonparametric variables, the median and interquartile range (25th–75th percentiles) were calculated. The groups were compared using the Mann–Whitney U test. The critical level of statistical significance for hypothesis testing was set at $p = 0.05$.

RESULTS: In patients with hypertensive nephropathy, the following renal parameters were altered: kidney mass decreased by 11% ($p = 0.036$); the percentage of sclerotic glomeruli increased 1.75-fold ($p = 0.027$); the Kernohan index of interlobular arteries increased 1.4-fold ($p = 0.001$); and the connective tissue area in the cortical and medullary layers increased by 1.4 ($p = 0.022$) and 1.8 times ($p = 0.001$), respectively. ROC analysis identified the threshold values for differentiating patients with and without hypertensive nephropathy: for the percentage of sclerotic glomeruli, 11.11% (the Youden index, 0.57; specificity, 0.854 [0.761–0.909]; and sensitivity, 0.732 [0.596–0.867]), and for the Kernohan index of interlobular arteries, 0.24 (the Youden index, 0.56; specificity, 0.824 [0.746–0.902]; and sensitivity, 0.739 [0.612–0.866]).

CONCLUSION: The percentage of sclerotic glomeruli and the Kernohan index of interlobular arteries can be used as diagnostic criteria for hypertensive nephropathy.

Keywords: hypertension; hypertensive nephropathy; morphometry; morphological indicators.

To cite this article:

Cherdantseva TM, Shelomentsev VV, Glukhovets IB, Vinogradov II, Kazanceva GP. Morphological indicators of hypertensive nephropathy: a case–control study. *Kazan Medical Journal*. 2025. DOI: 10.17816/KMJ685815 EDN: CRJNCP

ОБОСНОВАНИЕ

Сердечно-сосудистые заболевания, в частности гипертоническая болезнь и её осложнения, занимают лидирующие позиции в структуре заболеваемости и смертности во многих странах, в том числе и в Российской Федерации [1–3]. Гипертоническая нефропатия сопровождается патологической перестройкой сосудистого звена почки, приводящей к нарушению кровотока, повреждению структур клубочкового аппарата, канальцев и стромы этого органа и, как следствие, развитию хронической почечной недостаточности [4, 5]. Несмотря на высокую частоту встречаемости этой патологии почек, а она занимает 2-е место, уступая лишь диабетической нефропатии¹ [6], помочь таким больным в полной мере не удаётся, что связано с явно недостаточной изученностью клеточных основ негативных процессов, протекающих в почке в условиях гипертонии [7]. Это особенно важно ввиду нарушений в этих условиях и эндокринной функции почек, участвующей в регуляции артериального давления, что формирует своеобразный порочный круг [8]. Кроме того, нарушение иных многочисленных функций почек при артериальной гипертонии зачастую становится самостоятельным фактором развития последующих сердечно-сосудистых осложнений и, как следствие, неблагоприятных исходов [9, 10].

В настоящее время при диагностике гипертонической нефропатии используются разработанные клинические диагностические критерии выявления почечной дисфункции при артериальной гипертонии, включающие [5, 11]:

1) снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) ниже 60 мл/мин/1,73 м² (формула CKD-EPI);

2) выявление микроальбуминурии (30–300 мг/л) или отношения альбумина к креатинину (30–300 мг/г; 3,4–34 мг/ммоль) (предпочтительно в утренней порции мочи);

3) обнаружение грубых изменений в структуре почек при помощи визуализирующих методов исследования.

Однако в ряде случаев такие клинические и лабораторные показатели поражения почек при ещё только развивающейся нефропатии не позволяют адекватно установить диагноз [5]. С целью проведения более точной дифференциальной диагностики может быть выполнена биопсия почки, проведение которой является «золотым стандартом» диагностики при подозрении на гломерулярную патологию [12]. Традиционно к суммарным морфологическим признакам гипертонической нефропатии относят [13]: склерозирование клубочков и уменьшение их размеров, эластофиброз и гиалиноз стенки мелких артерий и артериол, однако какой вклад в патогенез гипертонической нефропатии вносит каждое из таких нарушений структуры почки пока не ясно. Кроме того, имеются данные, что с первых этапов развития гипертонической

нефропатии наблюдается умеренное утолщение стенки междольковых артерий и артериол почки, которая по мере прогрессирования заболевания становится более выраженной [14]. Морфофункциональные показатели кровеносных сосудов могут являться критериями, отражающими морфологическое состояние кровеносной системы почки. Так, расчёт индекса Керногана артерий (отношение толщины средней оболочки сосудистой стенки к ширине просвета сосуда) даёт цифровую оценку способности этих сосудов адекватно кровоснабжать орган [15]. Предполагается, что по мере прогрессирования гипертонической нефропатии будет наблюдаться увеличение показателя индекса Керногана междольковых артерий почки из-за утолщения средней оболочки сосудистой стенки главным образом за счёт эластофиброза и гиалиноза, что приведёт к снижению перфузионной способности этих сосудов, уменьшению поступления крови в капиллярную сеть почки и развитию ишемии органа [16]. Таким образом, именно индекс Керногана междольковых артерий почки может выступать перспективным индикатором выраженности гипертонической нефропатии, начиная с самых ранних этапов развития этой патологии.

Однако в научной литературе не найдено данных о том, какие морфометрические показатели различных структур почки при гипертонической нефропатии могут считаться ключевыми и наиболее корректными для её верификации. Это затрудняет объективное определение наличия или отсутствия данной патологии у пациентов на основании биопсийного материала.

Цель исследования — определить пороговые значения морфометрических показателей различных структур почки человека, которые могут служить критериями для установления гипертонической нефропатии.

МЕТОДЫ

В исследование случай — контроль включено 138 пациентов, проходивших лечение и умерших в ГБУ РО «ГК БСМП» г. Рязани в 2023 году.

В исследуемую группу (1-я группа) вошёл 61 пациент с установленным при жизни клиническим диагнозом «гипертоническая болезнь» и лабораторными признаками гипертонической нефропатии: снижением СКФ ниже 60 мл/мин/1,73 м² (формула CKD-EPI) и выявленной микроальбуминурией. У этих пациентов в ходе аутопсии также были получены образцы почечной ткани (табл. 1).

Группу контроля (2-я группа) составили 77 пациентов с установленным клиническим диагнозом «гипертоническая болезнь» без клинических и лабораторных признаков гипертонической нефропатии, от которых в ходе аутопсии получены образцы почечной ткани (см. табл. 1).

¹ United States Renal Data System. USRDS 2024 Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States. Bethesda, MD: National Institutes of Health, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases; 2024. Режим доступа: <https://usrds-adr.niddk.nih.gov/2024> Дата обращения: 20.01.2025.

Таблица 1. Параметры групп сравнения
Table 1. Parameters of the comparison groups

Параметр	Группа исследования	Группа контроля
Пациенты, <i>n</i> (%)	Всего — 61, из них: мужчин — 29 (48%); женщин — 32 (52%)	Всего — 77, из них: мужчин — 36 (47%); женщин — 41 (53%)
Возраст пациентов, лет Me (Q1; Q3)	71 (62; 81)	69 (55; 77)
Снижение скорости клубочковой фильтрации ниже 60 мл/мин/1,73 м ² (формула CKD-EPI)	+	—
Наличие микро- альбуминурии	+	—

Критерием исключения из исследования являлось наличие у пациента в анамнезе сахарного диабета, гломерулонефрита и/или пиелонефрита.

Во время аутопсии перед забором образца ткани во всех случаях производили взвешивание почки. Приготовление гистологических препаратов проводили по стандартной методике [17]. Гистологические препараты окрашивали гематоксилином и эозином по Ван Гизону (для оценки стромального компонента коркового и мозгового вещества почки) и трихромом по Маллори (с целью оценки тканевого состава сосудистой стенки междольковых артерий почки), изучали и фотографировали с микроскопа Leica DM 2000 (Leica Microsystems, Германия). Выполняли морфометрическое исследование полученных фотоснимков: в 10 последовательных полях зрения в корковом веществе почки при увеличении $\times 100$ (общая площадь всех полей зрения — 11,32 мм²) вычисляли процентное соотношение склерозированных клубочков к сохранным клубочкам, а также измеряли площадь сохранных клубочков.

На увеличении $\times 400$ измеряли ширину меди междольковых сосудов почки и ширину их просвета (не менее чем в пяти полях зрения).

На основании полученных данных рассчитывали индекс Керногана междольковых артерий почки — отношение толщины средней оболочки сосудистой стенки к ширине просвета сосуда [15]. Дополнительно в пяти последовательных полях зрения как в корковом, так и в мозговом веществе почки на увеличении $\times 100$ (общая площадь всех полей зрения — 5,66 мм²) вычисляли процент площади соединительной ткани от общей площади всей представленной ткани (с исключением из подсчёта площади оптических пустот). Морфометрическое исследование проводили с помощью программ «ВидеоТест-Морфология 5.0» (Россия) и ImageJ (США). Статистическое исследование выполняли с помощью программы Microsoft Excel 2016 (США). Характер распределения данных оценивали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Для оценки непараметрических показателей определяли медиану и интерквартильный интервал (25-й и 75-й процентиля).

Для сравнения двух независимых выборок использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Критический уровень значимости (*p*) при проверке статистических гипотез принимали равным 0,05. ROC-анализ выполняли с помощью программы «Веб-инструмент для выполнения ROC-анализа результатов диагностических тестов» (номер свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: RU2022617324, дата регистрации: 19.04.2022) [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Взвешивание почек показало, что в 1-й группе средняя масса каждой почки составила 125 (115; 145) г, тогда как во 2-й — 140 (119; 160) г (*p*=0,036) (табл. 2).

Таблица 2. Результаты морфометрического анализа почки
Table 2. Results of renal morphometric analysis

Параметр	Исследуемая группа	Контрольная группа	<i>p</i>
Масса почки, г	125 (115; 145)	140 (119; 160)	0,036
Площадь почечного тельца, мкм ² Me (Q1; Q3)	29441 (23553; 36681)	29521 (25213; 33762)	0,342
Площадь сосудистого клубочка, мкм ² Me (Q1; Q3)	21335 (17259; 27399)	20953 (17725; 26713)	0,379
Площадь мочевого пространства, мкм ² Me (Q1; Q3)	7891 (5156; 11918)	8558 (7048; 14253)	0,108
Процент склерозированных клубочков, %	11,77 (6,85; 20,66)	6,67 (3,94; 10,14)	0,027
Индекс Керногана междольковых артерий почки	0,28 (0,24; 0,39)	0,2 (0,18; 0,23)	0,001
Площадь соединительной ткани в корковом веществе почки, %	23,3 (16,9; 31,2)	16,7 (14,8; 18,3)	0,022
Площадь соединительной ткани в мозговом веществе почки, %	43,1 (36,6; 47,4)	24,0 (21,5; 26,3)	0,001

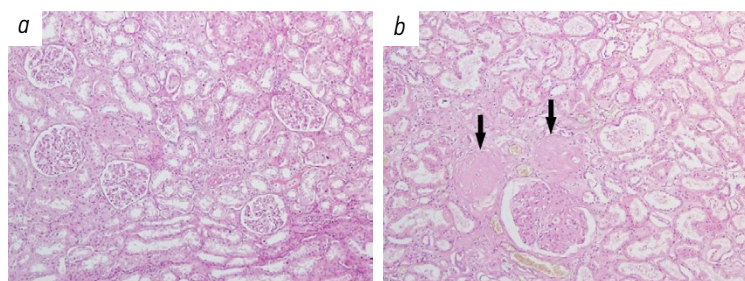


Рис. 1. Кортикальное вещество почки: *a* — контрольная группа; *b* — исследуемая группа (склероз клубочков, стрелки). Окраска гематоксилином и эозином, $\times 100$.

Fig. 1. Renal cortex: *a*, control group; *b*, experimental group (arrows: glomerular sclerosis). Hematoxylin and eosin staining, $\times 100$.

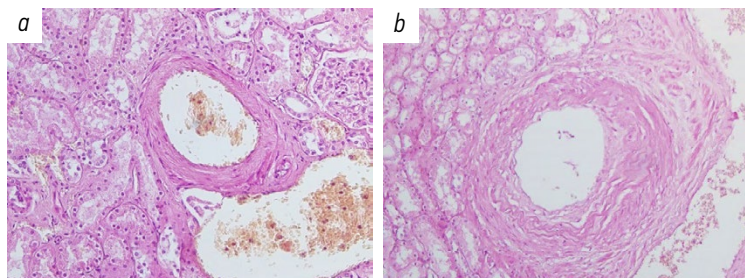


Рис. 2. Междольковые артерии почки: *a* — контрольная группа; *b* — исследуемая группа. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 200$.

Fig. 2. Interlobular renal arteries: *a*, control group; *b*, experimental group. Hematoxylin and eosin staining, $\times 200$.

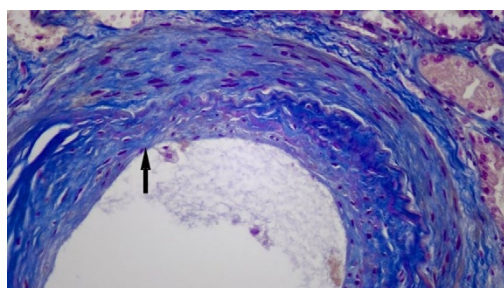


Рис. 3. Междольковая артерия почки, исследуемая группа. Очаговая деструкция эластических волокон (стрелка). Окраска трихромом по Маллори, $\times 400$.

Fig. 3. Interlobular renal artery, experimental group. Focal destruction of elastic fibers (arrow). Mallory's trichrome stain, $\times 400$.

При морфологическом изучении обнаружено, что в контрольной группе размеры клубочков оказались равновеликими, лапчатого строения, встречаются склерозированные клубочки. Стенка междольковых артерий незначительно утолщена. Наблюдаются дистрофические изменения в эпителии почечных канальцев.

В исследуемой группе часть клубочков склерозированы, наблюдается гетерогенность в их размерах: параметры некоторых из сохранных клубочков увеличены, а у других — наоборот, уменьшены; стенка афферентных артериол гиалинизирована (рис. 1). Стенка междольковых артерий значительно утолщена за счёт соединительнотканых волокон в интиме сосуда, зафиксированы гипертрофия гладких миоцитов в меди, фиброз и очаговый гиалиноз (рис. 2, 3). В эпителиоцитах канальцев почки обнаружены признаки зернистой дистрофии.

В корковом веществе почки между клубочками и канальцами установлено увеличение объёма соединительнотканного компонента (рис. 4). В мозговом веществе между канальцами также отмечено увеличение объёма соединительной ткани (рис. 5).

По результатам морфометрического исследования установлено, что в 1-й группе процент склерозированных клубочков был выше и составил 11,77 (6,85; 20,66) %, тогда как во 2-й — 6,67 (3,94; 10,14) % ($p=0,027$). Также определено, что в группе пациентов с признаками гипертонической нефропатии индекс Керногана междольковых

артерий составил 0,28 (0,24; 0,39), тогда как в контрольной группе — 0,2 (0,18; 0,23) ($p=0,001$). Анализ площади почечных телец не выявил значимой разницы между показателями в обеих группах исследования (см. табл. 2).

Проведён ROC-анализ для подбора оптимальных пороговых значений процента склерозированных клубочков почки и индекса Керногана междольковых артерий почки, способных значимо распределить группы пациентов с гипертонической нефропатией и без неё. Как результат нашего исследования, пороговое значение для процента склерозированных клубочков почки составило 11,11% [индекс Юдена — 0,57, специфичность — 0,854 (0,761–0,909), чувствительность — 0,732 (0,596–0,867)]. Пороговое значение для индекса Керногана междольковых артерий почки было равно 0,24 [индекс Юдена — 0,56, специфичность — 0,824 (0,746–0,902), чувствительность — 0,739 (0,612–0,866)] (рис. 6).

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведённое гистологическое исследование почек пациентов с гипертонической болезнью показало, что во всех образцах ткани почки присутствовали специфические признаки, характерные для гипертонии, однако у пациентов с гипертонической нефропатией их выраженность в органе была ожидаемо выше, что подтверждается морфометрическим исследованием. Кроме того, у пациентов

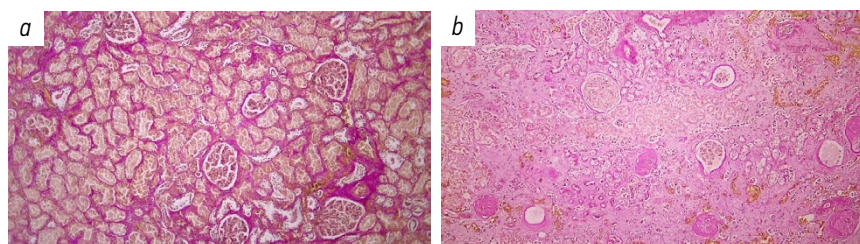


Рис. 4. Кортикальное вещество почки: *a* — контрольная группа; *b* — исследуемая группа. Окраска по Ван Гизону, $\times 100$.

Fig. 4. Renal cortex: *a*, control group; *b*, experimental group. Van Gieson stain, $\times 100$.

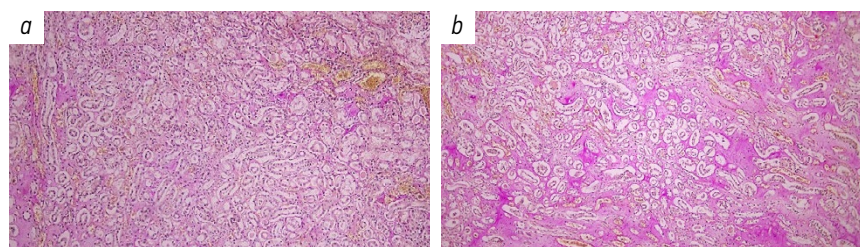


Рис. 5. Мозговое вещество почки: *a* — контрольная группа; *b* — исследуемая группа. Окраска по Ван Гизону, $\times 100$.

Fig. 5. Renal medulla: *a*, control group; *b*, experimental group. Van Gieson stain, $\times 100$.

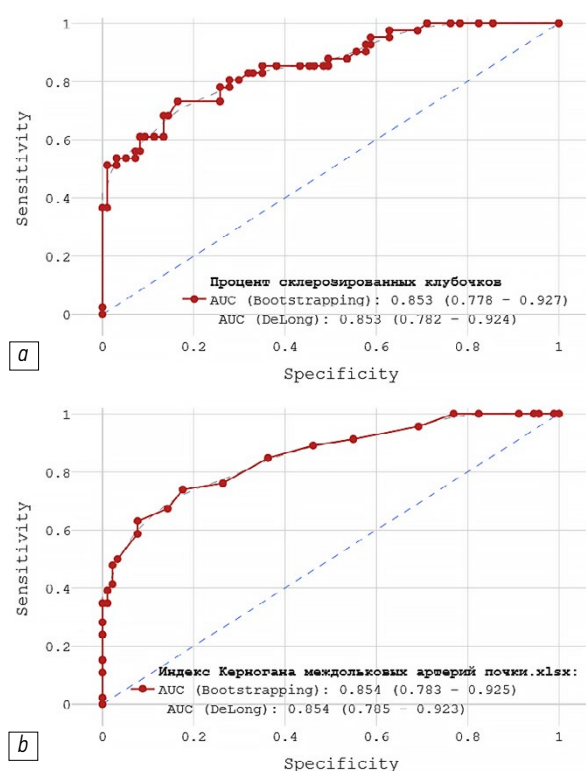


Рис. 6. Кривые ROC-анализа для признаков: *a* — процент склерозированных клубочков почки; *b* — индекс Керногана междольковых артерий почки.

Fig. 6. ROC curves for the following parameters: *a*, percentage of sclerotic glomeruli; *b*, Kernohan index of interlobular renal arteries.

с гипертонической нефропатией в почках наблюдался более выраженный тубулоинтерстициальный фиброз в сочетании с атрофией канальцев, что объясняется особенностями почечного кровоснабжения — питание канальцев почки и окружающей её стромы осуществляется через периканальцевую капиллярную сеть, берущую начало от выносящей артериолы. Склероз клубочков и гиалиноз приносящих артериол в этих условиях снижают поступление крови в капиллярную сеть, что приводит

к развитию ишемии и формированию вторичного интерстициального фиброза и деструкции эпителиоцитов канальцев, что ранее отмечалось в работе М. Jain [19].

Анализ проведённого морфометрического исследования образцов почечной ткани показал, что в группе пациентов с клинически и лабораторно подтверждённой гипертонической нефропатией количество склерозированных клубочков было увеличено в 1,75 раза по сравнению с группой пациентов без этой патологии ($p=0,027$). Такие изменения структур почки при данной патологии могут приводить к снижению скорости клубочковой фильтрации и переходу заболевания почек в хроническую стадию [20, 21]. Ещё одним фактором, сопровождающим и усугубляющим течение болезни, является уменьшение просвета междольковых артерий почки (рост индекса Керногана в 1,4 раза; $p=0,001$), неизбежно ведущее к снижению перфузии почечной паренхимы и развитию местной ишемии.

Проведённый ROC-анализ для показателей «процент склерозированных клубочков почки» и «индекс Керногана междольковых артерий почки» позволил определить пороговые значения для двух наиболее часто встречающихся морфологических признаков гипертонической нефропатии. Так, наличие более 11,11% склерозированных клубочков и/или индекса Керногана междольковых артерий выше 0,24 в биоптатах почки или аутопсийном материале свидетельствует о высокой вероятности наличия данной патологии. Обнаруженные и описанные структурные показатели почечной ткани в сочетании с клинико-лабораторными признаками позволяют однозначно верифицировать гипертоническую нефропатию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с клинически и лабораторно подтверждённой гипертонической нефропатией отмечается увеличение процента склерозированных клубочков почки в 1,77 раза ($p=0,027$) и повышение индекса Керногана междольковых артерий почки в 1,4 раза ($p=0,001$).

Определение в клинической практике процента склерозированных клубочков почки более 11% и индекса Керногана междольковых артерий почки более 0,24 можно использовать как дополнительные диагностические критерии для установления гипертонической нефропатии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ч.Т.М. — разработка методологии, определение концепции, пересмотр и редактирование рукописи, руководство исследованием; Ш.В.В. — проведение исследования, анализ данных, визуализация, написание черновика рукописи; Г.И.Б. — проведение исследования, написание черновика рукописи; В.И.И. — проведение исследования, написание черновика рукописи; К.Г.П. — проведение исследования, написание черновика рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом Рязанского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова (протокол № 1 от 04.09.2023). Все участники исследования добровольно подписали форму информированного согласия до включения в исследование.

Согласие на публикацию. Авторы получили письменное информированное добровольное согласие пациентов и законных представителей пациентов на публикацию персональных данных, в том числе фотографий, в научном журнале, включая его электронную версию (даты подписания: 01.01.2023–31.12.2023). Объём публикуемых данных с пациентами и законными представителями пациента согласован.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима, новые данные не собирали и не создавали.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два внешних рецензента, член редакционной коллегии и научный редактор издания

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contributions: Ch.T.M.: methodology, conceptualization, writing—review & editing, supervision; Sh.V.V.: investigation, formal analysis, visualization, writing—original draft; G.I.B.: investigation, writing—original draft; V.I.I.: investigation, writing—original draft; K.G.P.: investigation, writing—original draft. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Ethics approval: The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov (Protocol No. 1, September 4, 2023). All participants provided written informed consent prior to inclusion in the study.

Consent for publication: Written informed consent was obtained from all patients and their legal representatives for the publication of personal data, including photographs, in a scientific journal and its online version (dates of signing: January 1–December 31, 2023). The scope of the published data was approved by the patients and their legal representatives.

Funding sources: No funding.

Disclosure of interests: The authors declare no actual or potential competing interests associated with this article.

Statement of originality: No previously obtained or published material (text, images, or data) was used in this work.

Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work, as no new data was collected or created.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two external reviewers, a member of the Editorial Board, and the in-house science editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Uryas'yev OM, Solov'yeva AV, Cheskidov AV, et al. Prognostic Significance of Cardiac Fat Deposits in Patients with Coronary Heart Disease. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2023;31(2):221–230. doi: 10.17816/PAVLOVJ322796 EDN: WBEUIS
2. Seleznev SV, Yakushin SS, Mylnikov PYu, et al. Therapeutic Drug Monitoring in Uncontrolled Arterial Hypertension: Result of the Pilot Part of Study. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2023;31(2):195–202. doi: 10.17816/PAVLOVJ119880 EDN: NAPDXB
3. Glenza A, Dobrynina NV, Yakushin SS. Study of Some Predictors of Atherosclerosis in Persons with Elevated Blood Pressure and in Patients with Essential Hypertension in the Population of a Region with a High Mortality Rate. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(2):221–228. doi: 10.23888/HMJ2024122221-228 EDN: WLNFWX
4. Jois P, Mebazaa A. Cardio-renal syndrome type 2: epidemiology, pathophysiology, and treatment. *Semin Nephrol*. 2012;32(1):26–30. doi: 10.1016/j.semnephrol.2011.11.004 EDN: LSSXAU
5. Osipova EV, Osipova EA, Mel'nikova LV. Significance of modern diagnostic methods in the early diagnosis of hypertensive nephropathy. *Cardiovascular therapy and preventio*. 2022;21(1):87–92. doi: 10.15829/1728-8800-2022-2882 EDN: JOWSCM
6. Simonov PA, Firsov MA, Duncz DA, et al. The role of urological pathology in the development of terminal renal failure. *Consilium Medicum*.

- 2022;24(10):759–762. doi: 10.26442/20751753.2022.10.201927 EDN: NGTOIS
7. Krutikov ES, Chistjakova SI, Cvetkov V. Characteristic features of intrarenal blood flow in patients with essential hypertension and preclinical hypertensive nephropathy. *Clinical nephrology*. 2015;(5–6):18–22. EDN: VWZIUN
8. Kuzmin OB, Buchneva NV, Pugaeva MO. Renal hemodynamic mechanisms development of the hypertensive nephropathy. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2009;13(4):28–36. EDN: KYSBUL
9. Khudiakova AD, Ragino Yu I. Reduced renal function in hypertension in young adults: a systematic review. *Arterial Hypertension*. 2021;27(6):617–627. doi: 10.18705/1607-419X-2021-27-6-617-627 EDN: ADKUBI
10. Shelomencev VV, Cherdantseva TM, Nekrasova MS. Some aspects of myocardial morphology in arterial hypertension complicated by hypertensive nephropathy. *Tverskoj medicinskij zhurnal*. 2024;(6):166–168. EDN: FQTBHG
11. Chazova IE, Oshepkova EV, Zhernakova YuV, et al. Clinical guidelines diagnostics and treatment of arterial hypertension. *Russian cardiology bulletin*. 2015;10(1):3–30. EDN: TNAGNX
12. Stolyarevich ES, Zhilinskaja TR, Variasin VV. Spectrum of renal pathology: a 7-year review of renal biopsy database. *Nephrology and dialysis*. 2021;23(3):379–389. doi: 10.28996/2618-9801-2021-3-379-389 EDN: ORPZTX
13. Chobitko VG, Maksimova OV, Napsheva AM, et al. Morphological changes in the kidneys according to autopsy data in individuals with type 2

diabetes mellitus and arterial hypertension. *Lechaschi vrach*. 2020;(9):15–18. (In Russ.) doi: 10.26295/OS.2020.66.80.003 EDN: CIYRIQ

14. Poselyugina OB, Kryukova EA, Korichkina LN. Hypertensive nephroangiosclerosis: current concepts of diagnosis, treatment and prevention (review of literature). *Tverskoj medicinskij zhurnal*. 2021;(5):16–24. EDN: SENFHM

15. Nikel VV, Samotesov PA, Efremova VP, et al. Morphofunctional state of arterial vessels of hollow and parenchymatous organs. *Medicina i obrazovanie v Sibiri*. 2015;(3):76. EDN: VXOKTH

16. Arutyunov GP, Oganezova LG. Tubulointerstitial apparatus of the kidney and its damage in arterial hypertension. *Klinicheskaya nefrologiya*. 2011;(1):52–57. (In Russ.) EDN: NEVBLJ

17. Demyashkin GA, Dubovaya TK, Ugurchieva DI, et al. Morphofunctional characteristics of the pancreas after administration of N-acetylcysteine in an acute post-radiation pancreatitis model. *Morphology*. 2023;161(2):15–22. doi: 10.17816/morph.623166 EDN: SWZZPH

18. Certificate of state registration of the computer program RU 20226 17324. Application number: 2022616046. Registration date: 05.04.2022. Publication date: 19.04.2022. Morozov SP, Andreychenko AE, Chetverikov SF, et al. *Web tool for performing roc analysis of diagnostic test results*. Moscow: Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow Department of Healthcare; 2022. (In Russ.) EDN: ECPMNH

19. Jain M. Hypertensive renal disease: Histological aspects. *Clinical Queries: Nephrology*. 2013;2(1):23–28. doi: 10.1016/j.cqn.2013.02.002

20. Meyrier A. Nephrosclerosis: a term in quest of a disease. *Nephron*. 2015;129(4):276–282. (In Russ.) doi: 10.1159/000381195

21. Murkamilov IT. The bi-directional effect of markers of inflammation and a decrease in glomerular filtration rate in chronic kidney disease. *Clinical laboratory diagnostics*. 2022;67(1):37–42. doi: 10.51620/0869-2084-2022-67-1-37-42 EDN: BRTWIC

ОБ АВТОРАХ

* **Шеломенцев Виктор Витальевич**, ассистент, каф. гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; адрес: Россия, 390026, Рязань, ул. Высоковольная, д. 7, корп. 1; ORCID: 0000-0003-2617-8707; eLibrary SPIN: 8499-0269; e-mail: shelvit94@gmail.com

Черданцева Татьяна Михайловна, д-р мед. наук, профессор, заведующий, каф. гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; ORCID: 0000-0002-7292-4996; eLibrary SPIN: 3773-8785; e-mail: cherdan.morf@yandex.ru

Глуховец Илья Борисович, канд. мед. наук, доцент, каф. гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; ORCID: 0000-0003-1435-4865; eLibrary SPIN: 5261-5174; e-mail: gluchoveci@gmail.com

Виноградов Илья Игоревич, канд. мед. наук, доцент, каф. гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; ORCID: 0000-0002-4341-6992; eLibrary SPIN: 3889-1000; e-mail: compot1707@yandex.ru

Казанцева Галина Петровна, канд. мед. наук, доцент, каф. гистологии, патологической анатомии и медицинской генетики; ORCID: 0009-0006-1654-010X; eLibrary SPIN: 1765-7000; e-mail: kazantseva.45@mail.ru

AUTHORS INFO

* **Viktor V. Shelomentsev**, Assistant, Depart. of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; address: 7/1 Vysokovolnaya st, Ryazan, Russia, 390026; ORCID: 0000-0003-2617-8707; eLibrary SPIN: 8499-0269; e-mail: shelvit94@gmail.com

Tat'yana M. Cherdantseva, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head, Depart. of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; ORCID: 0000-0002-7292-4996; eLibrary SPIN: 3773-8785; e-mail: cherdan.morf@yandex.ru

Il'ya B. Glukhovets, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor, Depart. of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; ORCID: 0000-0003-1435-4865; eLibrary SPIN: 5261-5174; e-mail: gluchoveci@gmail.com

Il'ya I. Vinogradov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor, Depart. of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; ORCID: 0000-0002-4341-6992; eLibrary SPIN: 3889-1000; e-mail: compot1707@yandex.ru

Galina P. Kazanceva, MD, Cand. Sci. (Medicine), Assistant Professor, Depart. of Histology, Pathological Anatomy and Medical Genetics; ORCID: 0009-0006-1654-010X; eLibrary SPIN: 1765-7000; e-mail: kazantseva.45@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author