

ТРЕХМЕРНАЯ АНАТОМИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО РУСЛА ПОЧКИ И ЧАШЕЧНО-ЛОХАНОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ КОРРОЗИОННЫХ ПРЕПАРАТОВ

¹Акбаев Ш. И. ORCID ID 0009-0004-1614-0742,
¹Лечиев З. У. ORCID ID 0009-0000-8673-1346,
²Абдувосидов Х. А. ORCID ID 0000-0002-5655-338X,
¹Кафаров Э. С. ORCID ID 0000-0001-9735-9981

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова», Грозный, Российская Федерация;

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины», Минздрава России, Москва, Российская Федерация, e-mail: sogdiana99@gmail.com

Цель исследования - проанализировать варианты трехмерной организации артериального русла почки и чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) по данным коррозионных препаратов с учетом пола, стороны расположения почки, вариантов деления почечной артерии, типов внутриорганный ветвления и секторального строения экскреторного аппарата. Проведено анатомическое исследование 122 коррозионных препаратов почек, демонстрирующих артериальную систему и ЧЛС. Изучали деление почечной артерии в области ворот, топографию ее ветвей относительно ЧЛС, число экскреторных секторов и количество чашечек. Применены методы описательной статистики, критерия χ^2 Пирсона и точного критерия Фишера – Фримана – Холтона. Результаты при малом числе наблюдений в ячейках рассматривали как описательные. Деление почечной артерии на две ветви выявлено в 103 из 122 наблюдений (84,4%), на три ветви - в 19 (15,6%). Частота двух- и трехветвевое деления у мужчин и женщин не различалась. Среди вариантов с двумя ветвями преобладало деление на переднюю и заднюю ветви - 87 из 103 наблюдений (84,5%). При оценке внутриорганный ветвления наиболее часто отмечалось сочетание рассыпного типа ветвления в передней половине почки с магистральным типом в задней половине - 50 из 103 препаратов (48,5%). Двух-, трех- и четырехсекторные варианты ЧЛС выявлялись как в правых, так и в левых почках. В исследованной серии преобладало двухветвевое деление почечной артерии (84,4%). Наиболее частым вариантом внутриорганный архитектоники было сочетание рассыпного типа ветвления в передней половине почки с магистральным типом в задней. Двух-, трех- и четырехсекторные варианты ЧЛС встречались с обеих сторон. Полученные результаты свидетельствуют об индивидуальной вариативности трехмерной сосудисто-экскреторной архитектоники почки.

Ключевые слова: почечная артерия, чашечно-лоханочная система, коррозионный препарат, 3d-анатомия, экскреторный сектор.

3D ANATOMY OF THE RENAL ARTERIAL BED AND PELVICALYCEAL SYSTEM BASED ON CORROSION CASTS

¹Akbaev Sh. I. ORCID ID 0009-0004-1614-0742,
¹Lechiev Z. U. ORCID ID 0009-0000-8673-1346,
²Abduvosidov H. A. ORCID ID 0000-0002-5655-338X,
¹Kafarov E. S. ORCID ID 0000-0001-9735-9981

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Chechen State University named after A. A. Kadyrov", Grozny, Russian Federation;

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian University of Medicine", Ministry of Health of Russia, Moscow, Russian Federation, e-mail: sogdiana99@gmail.com

The aim of the study was to analyze the three-dimensional organization of the renal arterial bed and the pelvicalyceal system (PCS) using corrosion casts, considering sex, kidney side, renal artery branching patterns, intra-organ branching types, and the sectoral structure of the excretory apparatus. An anatomical study was conducted on

122 renal corrosion casts demonstrating the arterial system and PCS. Parameters studied included renal artery branching at the hilum, the topography of branches relative to the PCS, the number of excretory sectors, and the number of calyces. Statistical analysis employed descriptive statistics, Pearson's χ^2 test, and the Fisher–Freeman–Halton exact test. Results were treated as descriptive when cell counts were low. Division of the renal artery into two branches was observed in 103 of 122 cases (84.4%), and into three branches in 19 cases (15.6%). The frequency of two- and three-branch division did not differ between men and women. Among the two-branch variants, division into anterior and posterior branches predominated (87 of 103 cases; 84.5%). Regarding intra-organ branching, the most common pattern was a combination of the distributed (scattered) branching type in the anterior half of the kidney and the magistral (main-stem) type in the posterior half (50 of 103 specimens; 48.5%). Two-, three-, and four-sector PCS variants were identified in both right and left kidneys. Division of the renal artery into two branches predominated in the studied series (84.4%). The most common pattern of intra-organ architecture was a combination of the distributed branching type in the anterior half of the kidney and the magistral type in the posterior half. Two-, three-, and four-sector variants of the pelvicalyceal system were observed on both sides. The results indicate individual variability in the three-dimensional vascular-excretory architecture of the kidney.

Keywords: renal artery, pelvicalyceal system, corrosion cast, three-dimensional anatomy, excretory sector.

Введение

Вариантная анатомия почечного артериального русла и чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) имеет существенное значение для нормальной, топографической и прикладной анатомии. Почечная артерия после входа в ворота органа формирует индивидуальное ветвление, а элементы ЧЛС отличаются выраженной изменчивостью по числу, направлению и способу объединения чашечек. При морфологическом описании почки недостаточно раздельно характеризовать сосуды и экскреторный аппарат; необходимо учитывать их взаимное расположение в объеме органа [Ошибка! Источник ссылки не найден.-Ошибка! Источник ссылки не найден.].

Классические и современные анатомические работы показывают, что строение собирательной системы почки влияет на выбор чашечки для доступа, направление инструмента и оценку потенциально безопасных зон паренхимы [4-Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Отдельно подчеркивается значение взаимоотношений внутрипочечных артерий и ЧЛС, поскольку крупные сосудистые ветви и чашечки не располагаются независимо друг от друга, а формируют единую топографическую систему [5; 7].

В эндоурологии эта проблема заметна при планировании доступа к ЧЛС. Анатомия лоханки, чашечек и прилежащих сосудистых ветвей может влиять на техническую сложность перкутанных вмешательств и риск повреждения сосудов [6; 8]. В последние годы возрастает интерес к трехмерному предоперационному представлению почки, в том числе к совмещению сведений о ЧЛС с данными о сосудистой архитектонике [9; 10].

Коррозионные препараты позволяют непосредственно оценить объемное расположение артериальных ветвей, чашечек, лоханки и отдельных экскреторных секторов. Препараты могут использоваться как морфологическая основа для последующего цифрового моделирования и как

эталонный материал при интерпретации данных лучевой визуализации [11-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**3].

В отечественных работах последних лет представлены данные о трехмерной анатомии почечных артерий, вариантах их деления и особенностях пространственного отношения сосудов к элементам ЧЛС [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**; 12]. Отдельные исследования были посвящены количественным характеристикам артериального русла и ЧЛС у мужчин и женщин [12-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**4].

Морфогенез почки и вариабельность ее сосудистого русла рассматриваются в литературе как результат сложного взаимодействия эмбрионального развития, индивидуальной топографии органа и последующих изменений сосудистой сети [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**5]. Вместе с тем возрастные перестройки почечной паренхимы и сосудов, описанные в геронтологических и физиологических исследованиях [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**6; **Ошибка! Источник ссылки не найден.**7], не следует автоматически переносить на варианты деления почечной артерии по данным коррозионных препаратов. В представленном исследовании возрастная принадлежность использована для характеристики материала, без формулирования вывода о возрастной динамике сосудистой архитектоники.

Таким образом, сохраняется потребность в описании взаиморасположения артериального русла почки и ЧЛС по данным анатомического материала. Работа выполнена как описательное анатомическое исследование коррозионных препаратов почки.

Цель исследования – проанализировать варианты трехмерной организации артериального русла почки и ЧЛС по данным коррозионных препаратов с учетом пола, стороны расположения почки, вариантов деления почечной артерии, типов внутриорганный ветвления и секторального строения экскреторного аппарата.

Материал и методы исследования

Исследование имело описательный анатомический дизайн. Материалом послужили 122 коррозионных препарата почек, полученных из трупного материала лиц обоего пола в возрасте 29–72 лет, причины смерти которых не были связаны с заболеваниями почек. Исследовано 58 почек мужчин и 64 почки женщин, в том числе 65 правых и 57 левых почек (табл. 1).

Исследование выполнено с соблюдением этических принципов проведения морфологических исследований с использованием трупного материала. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А. А. Кадырова» (протокол № 256/4-37 от 17 октября 2023 г.).

Биологический материал использовали в обезличенном виде; персональные данные умерших не собирали и не обрабатывали. Получение, хранение и использование трупного материала осуществляли в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации и локальных нормативных документов учреждения.

Для изготовления коррозионных препаратов предварительно выделяли и канюлировали почечную артерию и мочеточник. Сосудистое русло промывали 0,9%-ным раствором натрия хлорида до полного удаления остатков крови. В почечную артерию вводили инъекционную массу на основе быстротвердеющего стоматологического полимера «Протакрил», предварительно окрашенную красным красителем. ЧЛС заполняли быстротвердеющей акриловой пластмассой «Протакрил», окрашенной в контрастный синий цвет, через мочеточник. Инъекцию проводили ручным способом с помощью шприца до полного заполнения исследуемых структур; давление введения специально не контролировали. После полной полимеризации инъекционной массы препараты помещали в 30%-ный раствор гидроксида калия (KOH) при комнатной температуре до полного удаления мягких тканей. Продолжительность коррозии определяли визуально по степени мацерации тканей, и обычно она составляла 3–7 суток. После завершения коррозии полученные слепки тщательно промывали проточной водой, высушивали при комнатной температуре и использовали для макроскопического анализа, оценки трехмерных взаимоотношений артериального русла и ЧЛС и фотографирования.

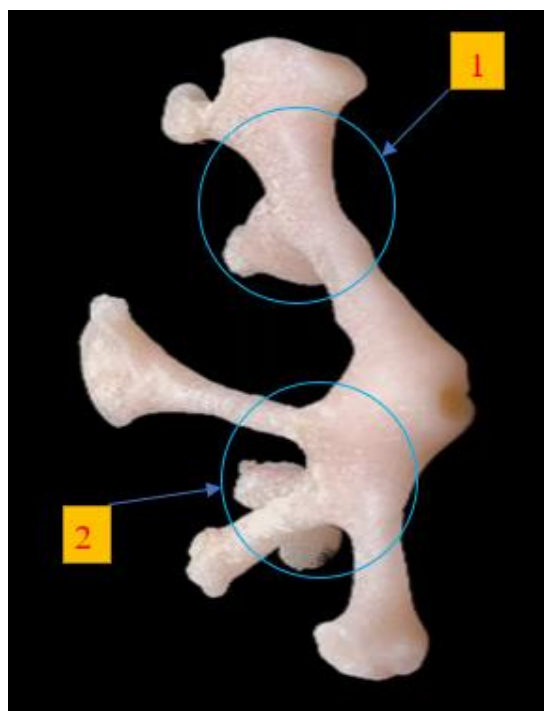


Таблица 1

Возрастная и половая характеристика коррозионных препаратов почек,
включенных в исследование

Возрастной период	Мужчины, правая почка	Мужчины, левая почка	Женщины, правая почка	Женщины, левая почка	Всего
I период зрелого возраста	2	2	1	1	6
II период зрелого возраста	19	18	24	23	84
Пожилой возраст	10	7	9	6	32
Всего	31	27	34	30	122

Возрастные группы использовали только для характеристики материала. При группировке ориентировались на распространенную в отечественных морфологических исследованиях возрастную периодизацию (Бунак В. В.) [18]: первый период зрелого возраста, второй период зрелого возраста и пожилой возраст. В связи с малым числом наблюдений в отдельных ячейках возрастные закономерности не анализировали.

На каждом препарате оценивали: 1) сторону расположения почки; 2) пол; 3) вариант деления почечной артерии в области ворот на две или три ветви; 4) топографию ветвей относительно ЧЛС; 5) число экскреторных секторов; 6) количество чашечек в секторах; 7) преобладающий тип внутриорганный ветвления в передней и задней половинах почки.

При описании деления почечной артерии на две ветви выделяли варианты с передней и задней ветвями, а также с верхней и нижней ветвями. При делении на три ветви учитывали варианты с двумя передними и одной задней ветвью, с верхней, передней и задней ветвями, а также с передней, задней и нижней ветвями. Для анализа ЧЛС препараты распределяли на двух-, трех- и четырехсекторные.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием IBM SPSS Statistics 29 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) и Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA).

Соответствие распределения количественных признаков нормальному проверяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. При распределении, близком к нормальному, данные представляли в виде $M \pm SD$, где M - среднее значение, SD - стандартное отклонение; при отклонении от нормального распределения - в виде медианы и межквартильного интервала $Me [Q1; Q3]$. Качественные признаки представляли абсолютными значениями и относительными частотами, p (%). Для сравнения двух независимых групп по количественным признакам при распределении, отличном от нормального, применяли U-критерий Манна – Уитни, трех и более независимых групп - критерий Краскела – Уоллиса. Для анализа таблиц сопряженности использовали критерий χ^2 Пирсона при достаточных ожидаемых частотах. При малых ожидаемых частотах применяли точный критерий Фишера для таблиц 2×2 и точный критерий Фишера – Фримана – Холтона для таблиц большей размерности. Размер эффекта для таблиц сопряженности определяли с помощью V Крамера. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$. Результаты анализа малочисленных подгрупп интерпретировали как описательные и не использовали для заключений о наличии устойчивых закономерностей.

Результаты исследования и их обсуждение

Варианты деления почечной артерии в области ворот. В общей группе коррозионных препаратов деление почечной артерии на две ветви было выявлено в 103 из 122 наблюдений (84,4%), на три ветви - в 19 наблюдениях (15,6%) (табл. 2). У мужчин двухветвевое деление отмечено в 49 из 58 препаратов (84,5%), у женщин - в 54 из 64 препаратов (84,4%). Трехветвевое деление соответственно выявлено в 9 (15,5%) и 10 (15,6%) наблюдениях. Различий между мужскими и женскими препаратами по частоте двух- и трехветвевое деления не выявлено (точный критерий Фишера, $p = 1,000$; $\chi^2 = 0,0003$; $p = 0,987$; V Крамера = 0,001).

Таблица 2

Варианты деления почечной артерии в области ворот, по данным коррозионных препаратов, у мужчин и женщин

Пол	Деление на 2 ветви, n (%)	Деление на 3 ветви, n (%)	Всего
Мужчины	49 (84,5)	9 (15,5)	58
Женщины	54 (84,4)	10 (15,6)	64
Всего	103 (84,4)	19 (15,6)	122

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. По точному критерию Фишера различий между мужскими и женскими препаратами не выявлено, $p = 1,000$.

Среди вариантов с двумя ветвями наиболее часто встречалось деление почечной артерии на переднюю и заднюю ветви (табл. 3). В общей группе оно составило 87 из 103 двухветвевых наблюдений (84,5%). Деление на верхнюю и нижнюю ветви отмечено в 16 из 103 наблюдений (15,5%). При трехветвевом делении чаще определялся вариант с верхней, передней и задней ветвями: 13 из 19 трехветвевых наблюдений (68,4%).

Таблица 3

Топографические варианты деления почечной артерии у мужчин и женщин

Вариант деления	Мужчины, n	Женщины, n	Всего, n (%)
Передняя и задняя ветви	44	43	87 (71,3 от всей группы; 84,5 от двухветвевых вариантов)
Верхняя и нижняя ветви	5	11	16 (13,1 от всей группы; 15,5 от двухветвевых вариантов)
Две передние и одна задняя ветви	1	1	2 (1,6)
Верхняя, передняя и задняя ветви	7	6	13 (10,7)
Передняя, задняя и нижняя ветви	1	3	4 (3,3)
Всего	58	64	122 (100)

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Проценты для двух первых строк дополнительно рассчитаны относительно подгруппы двухветвевых вариантов; для остальных строк - относительно всей группы.

Типы внутриорганный ветвления в передней и задней половинах почки. Детальная оценка преобладающего типа ветвления в передней и задней половинах почки была возможна на 103 препаратах (табл. 4). Наиболее частым вариантом оказалось сочетание рассыпного ветвления в передней половине почки и магистрального ветвления в задней половине - 50 из 103 наблюдений (48,5%). Вторым по частоте был рассыпной тип ветвления в обеих половинах почки - 37 наблюдений (35,9%). Магистральный тип ветвления в обеих половинах встречался реже - 11 наблюдений (10,7%). Сочетание магистрального ветвления в передней половине и рассыпного в задней половине выявлено в 5 наблюдениях (4,9%).

Таблица 4

Типы внутриорганный ветвления почечных артерий в передней и задней половинах
почки среди мужчин и женщин

Тип пространственного распределения ветвей	Мужчины, n (%)	Женщины, n (%)	Всего, n (%)
Передняя половина - рассыпной тип, задняя половина - магистральный тип	24 (49,0)	26 (48,1)	50 (48,5)
Передняя половина - магистральный тип, задняя половина - рассыпной тип	3 (6,1)	2 (3,7)	5 (4,9)
Рассыпной тип в обеих половинах	15 (30,6)	22 (40,7)	37 (35,9)
Магистральный тип в обеих половинах	7 (14,3)	4 (7,4)	11 (10,7)
Всего	49 (100)	54 (100)	103 (100)

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. В связи с малыми ожидаемыми частотами распределение вариантов анализировали с использованием точного критерия Фишера - Фримана - Холтона; различий между мужскими и женскими группами препаратов не выявлено. χ^2 Крамера = 0,146.

Секторальное строение ЧЛС и топография артериальных ветвей. Визуальная оценка коррозионных препаратов позволила выделять двух-, трех- и четырехсекторные варианты ЧЛС. При двухсекторном строении учитывали верхний и нижний экскреторные сектора; при трехсекторном строении - верхний, средний и нижний сектора; при четырехсекторном строении - верхний, верхнесредний, нижнесредний и нижний сектора.

При анализе каждого препарата определяли не только число экскреторных секторов, но и пространственное положение артериальных ветвей относительно ЧЛС. При изучении препаратов выявили, что ветви почечной артерии могли сопровождаться различными вариантами распределения сосудов по отношению к секторам ЧЛС. С этой точки зрения, секторальное строение является не изолированной характеристикой экскреторного аппарата, а частью единого сосудисто-экскреторного комплекса почки.

Отдельно анализировали распределение правых и левых почек по числу экскреторных секторов у мужчин и женщин. В группе мужских коррозионных препаратов четырехсекторное строение ЧЛС встречалось несколько чаще, чем двух- и трехсекторные варианты (табл. 5). У правых почек четырехсекторная организация выявлена в 13 из 31 наблюдения (41,9%), у левых почек - в 10 из 27 наблюдений (37,0%). Двухсекторное строение отмечено у 10 правых и 9 левых почек, трехсекторное - у 8 правых и 8 левых почек. Статистически значимой связи стороны

расположения почки с распределением вариантов секторального строения ЧЛС в мужской подгруппе не выявлено (точный критерий Фишера – Фримана – Холтона, $p = 0,946$).

Таблица 5

Распределение правых и левых почек мужчин по числу экскреторных секторов

Число экскреторных секторов	Правые почки, n (%)	Левые почки, n (%)	Всего, n (%)
2 сектора	10 (32,3)	9 (33,3)	19 (32,8)
3 сектора	8 (25,8)	8 (29,6)	16 (27,6)
4 сектора	13 (41,9)	10 (37,0)	23 (39,7)
Всего	31 (100)	27 (100)	58 (100)

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Статистически значимых различий между правыми и левыми почками мужчин по распределению числа экскреторных секторов не выявлено: точный критерий Фишера - Фримана - Холтона, $p = 0,946$.

У женщин также было проведено раздельное сопоставление правых и левых почек по числу экскреторных секторов ЧЛС (табл. 6). В анализ включены 34 правые и 30 левых почек женщин. У женщин, как и у мужчин, четырехсекторное строение ЧЛС встречалось несколько чаще, чем двух- и трехсекторные варианты. У правых почек четырехсекторная организация выявлена в 13 из 34 наблюдений (38,2%), у левых почек - в 13 из 30 наблюдений (43,3%). Двухсекторное строение отмечено у 11 правых и 9 левых почек, трехсекторное - у 10 правых и 8 левых почек. Статистически значимых различий между правыми и левыми почками женщин по распределению вариантов секторального строения ЧЛС не выявлено.

Таблица 6

Распределение правых и левых почек женщин по числу экскреторных секторов

Число экскреторных секторов	Правые почки, n (%)	Левые почки, n (%)	Всего, n (%)
2 сектора	11 (32,4)	9 (30,0)	20 (31,3)
3 сектора	10 (29,4)	8 (26,7)	18 (28,1)
4 сектора	13 (38,2)	13 (43,3)	26 (40,6)
Всего	34 (100)	30 (100)	64 (100)

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Статистически значимых различий между правыми и левыми почками женщин по распределению числа экскреторных секторов не выявлено.

Для каждого варианта анализировали распределение чашечек и его соответствие вариантам артериального деления. Поскольку отдельные подгруппы были малочисленными,

результаты по количеству чашечек рассматривали как описательные (табл. 7). При сопоставлении числа экскреторных секторов с вариантом деления почечной артерии во всех подгруппах сохранялось преобладание двухветвевое деления. У мужчин среди правых почек двухветвевое деление выявлено в 26 из 31 наблюдения, среди левых почек - в 23 из 27 наблюдений. У женщин двухветвевое деление отмечено в 29 из 34 правых почек и в 25 из 30 левых почек. Деление на три ветви чаще отмечалось при трехсекторном строении ЧЛС, однако из-за малочисленности отдельных подгрупп этот результат следует рассматривать как описательный и требующий проверки на большем материале.

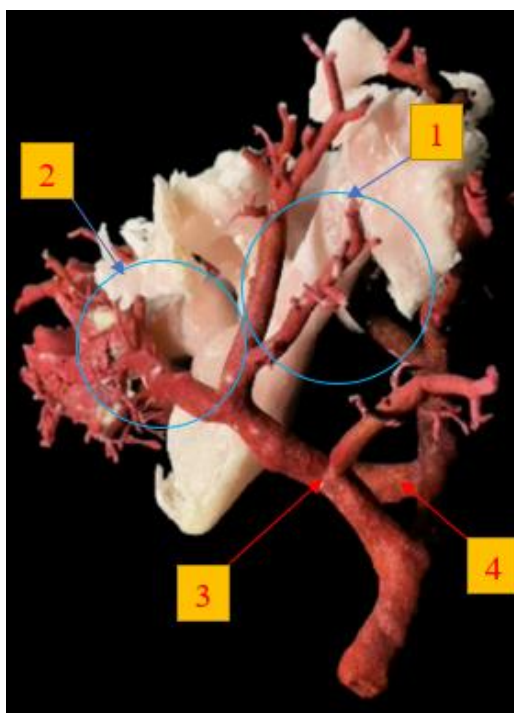


*Рис. 2. Деление ПА на две передние и одну заднюю ветвь на препарате мужчины:
1 - передневерхняя ветвь ПА; 2 - передненижняя ветвь ПА, 3 - основной ствол ПА;
4 - задняя ветвь ПА*

Таблица 7

Сопоставление числа экскреторных секторов с двух- и трехветвевым делением
почечной артерии

Пол	Сторона	Число экскреторных секторов	2 ветви ПА, n	3 ветви ПА, n	Всего, n
Мужчины	Правая почка	2 сектора	9	1	10
		3 сектора	5	3	8
		4 сектора	12	1	13

	Левая почка	2 сектора	8	1	9
		3 сектора	6	2	8
		4 сектора	9	1	10
Женщины	Правая почка	2 сектора	10	1	11
		3 сектора	7	3	10
		4 сектора	12	1	13
	Левая почка	2 сектора	8	1	9
		3 сектора	6	2	8
		4 сектора	11	2	13
Всего			103	19	122

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

При описательном сопоставлении числа экскреторных секторов ЧЛС с вариантом деления почечной артерии последовательного увеличения доли трехветвевое деления по мере увеличения числа секторов не наблюдалось. В связи с малочисленностью отдельных подгрупп эти данные рассматривали как описательные. Для анатомической характеристики препаратов дополнительно оценивали пространственное положение артериальных ветвей относительно конкретных секторов ЧЛС

В обеих половых группах двух-, трех- и четырехсекторные варианты ЧЛС выявлялись как справа, так и слева. Более частым оказался четырехсекторный вариант строения, однако различия между правыми и левыми почками имели описательный характер. Двух-, трех- и четырехсекторные варианты ЧЛС выявлялись как справа, так и слева. Статистически значимых различий между правыми и левыми почками по распределению числа экскреторных секторов в анализируемых половых подгруппах не выявлено. Секторальная организация ЧЛС характеризовалась индивидуальной вариабельностью.

При сопоставлении с артериальным руслом учитывали, какая ветвь почечной артерии проходила в проекции соответствующего сектора (табл. 8). В двухсекторных почках артериальные ветви чаще соотносились с верхним и нижним секторами или с передней и задней половинами почки. В трех- и четырехсекторных вариантах топография была более вариабельной: отдельные ветви могли соответствовать одному сектору, тогда как другие проходили между соседними секторами или участвовали в кровоснабжении нескольких смежных отделов. Для

детального описания недостаточно фиксировать только число ветвей почечной артерии; требовалась оценка их пространственного отношения к элементам ЧЛС.

Таблица 8

Результаты статистического анализа связи количества чашечек с вариантами деления почечной артерии

Подгруппа	Анализируемый показатель	Критерий	p
Мужчины, двухсекторные почки	Количество чашечек верхнего сектора	Фишера - Фримана - Холтона	0,086
Мужчины, двухсекторные почки	Количество чашечек нижнего сектора	Фишера - Фримана - Холтона	0,836
Мужчины, трехсекторные почки	Количество чашечек верхнего сектора	Фишера - Фримана - Холтона	0,190
Мужчины, четырехсекторные почки	Количество чашечек верхнего сектора	Фишера - Фримана - Холтона	0,951
Женщины, двухсекторные почки	Общее число чашечек	Фишера - Фримана - Холтона	0,099
Женщины, трехсекторные почки	Общее число чашечек	Фишера - Фримана - Холтона	0,229
Женщины, четырехсекторные почки	Общее число чашечек	Фишера - Фримана - Холтона	0,937

Примечание. Таблица составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования. Все приведенные значения p превышают 0,05.

В мужской группе препаратов (табл. 8) с двухсекторным строением статистически значимой связи между вариантом деления почечной артерии и количеством чашечек верхнего экскреторного сектора не выявлено (точный критерий Фишера - Фримана - Холтона, $p = 0,086$). Аналогичный результат получен для нижнего экскреторного сектора ($p = 0,836$). При трехсекторном строении почки у мужчин связь между количеством чашечек верхнего сектора и вариантом деления почечной артерии также не достигала статистической значимости ($p = 0,190$). При четырехсекторном строении достоверной связи между количеством чашечек верхнего сектора и вариантом трехветвевое деления почечной артерии не выявлено ($p = 0,951$).

У женских препаратов (табл. 8) при двухсекторном строении ЧЛС количество чашечек верхнего и нижнего секторов не имело статистически значимой связи с вариантом деления почечной артерии: $p = 0,149$ и $p = 0,483$ соответственно; для общего числа чашечек $p = 0,099$. При трехсекторном строении значения p для верхнего, среднего, нижнего секторов и общего числа чашечек составляли 0,456, 0,702, 0,701 и 0,229. При четырехсекторном строении общее число чашечек также не зависело от варианта артериального деления ($p = 0,937$).

Результаты проведенного исследования показали, что деление почечной артерии на две ветви в области ворот является преобладающим вариантом в исследованной серии коррозионных препаратов. Эта характеристика сохранялась как в мужской, так и в женской группах. Варианты с тремя ветвями встречались реже и были представлены несколькими топографическими схемами, среди которых преобладало деление на верхнюю, переднюю и заднюю ветви. Полученные данные согласуются с результатами R. K. Kaushik et al., которые при исследовании коррозионных препаратов также показали устойчивость переднезадней организации артериального русла: задняя сегментарная артерия в 93% наблюдений являлась продолжением задней ветви почечной артерии [17]. Это подтверждает анатомическую значимость раздельного анализа передней и задней частей внутривисцерального артериального русла.

Наиболее частым вариантом при двух ветвях было деление на переднюю и заднюю ветви. Коррозионные препараты позволяют одновременно визуализировать артериальный компонент и элементы ЧЛС, что имеет значение для анализа их пространственных взаимоотношений. Данные современных ангиографических исследований также свидетельствуют о выраженной вариантности почечных артерий. N. Keskin et al. при магнитно-резонансной ангиографии 196 обследованных выявили вариабельность топографии и ветвления почечных артерий, а также отдельные половые и возрастные различия их анатомических параметров [19]. В нашем материале при этом статистически значимых половых различий в частоте двух- и трехветвевых деления не установлено, что может быть связано с различиями исследуемых параметров, состава выборок и методов визуализации.

Отдельного внимания заслуживает сочетание рассыпного типа ветвления в передней половине почки и магистрального типа в задней, выявленное почти в половине препаратов с детальным анализом. Этот результат не следует рассматривать как универсальную закономерность, однако он подтверждает целесообразность раздельной характеристики передней и задней половин почки, а не только подсчета крупных артериальных ветвей.

Статистически значимой связи количества чашечек с вариантами деления почечной артерии в изученных подгруппах не выявлено. М. Kumaresan et al. при КТ-ангиографическом исследовании 99 здоровых доноров также продемонстрировали значительную вариабельность ЧЛС, однако наиболее распространенным у них был двухчашечный вариант; кроме того, выявлены отдельные различия, связанные со стороной расположения почки и полом [2]. В нашем исследовании несколько чаще встречалось четырехсекторное строение ЧЛС, а значимой зависимости секторального строения от стороны расположения почки не установлено. Расхождения могут быть обусловлены различиями классификационных подходов: в работе М. Kumaresan et al. анализировали би-, три- и мультикалицеальные варианты по данным КТ-ангиографии, тогда как в настоящей работе оценивали двух-, трех- и четырехсекторную организацию ЧЛС на коррозионных препаратах.

Таким образом, сопоставление с данными литературы подтверждает выраженную индивидуальную вариабельность как артериального русла, так и ЧЛС и показывает необходимость их комплексного трехмерного анализа. Практическое значение полученных данных состоит в формировании морфологической основы для анатомического обучения, цифрового моделирования и предоперационного планирования. Ограничениями исследования являются кадаверный характер материала, отсутствие оценки гемодинамики и малое число наблюдений отдельных вариантов трехветвевое деления; вследствие малых ожидаемых частот часть статистических сопоставлений имеет преимущественно описательное значение.

Заключение

В исследованной серии 122 коррозионных препаратов преобладает двухветвевое деление почечной артерии (84,4%), причем наиболее частым вариантом является деление на переднюю и заднюю ветви. Среди вариантов внутриорганной архитектоники наиболее часто определяется сочетание рассыпного типа ветвления в передней половине почки с магистральным типом в задней. В исследованной серии 122 коррозионных препаратов преобладало двухветвевое деление почечной артерии (84,4%), причем наиболее частым вариантом являлось деление на переднюю и заднюю ветви. Среди вариантов внутриорганной архитектоники наиболее часто выявлялось сочетание рассыпного типа ветвления в передней половине почки с магистральным типом в задней. Двух-, трех- и четырехсекторные варианты строения ЧЛС выявлялись как в правых, так и в левых почках; статистически значимых различий между правыми и левыми почками по распределению числа экскреторных секторов в анализируемых половых подгруппах не выявлено. В анализируемых подгруппах статистически значимой связи между количеством чашечек и

вариантом деления почечной артерии не выявлено. Полученные данные характеризуют индивидуальную вариабельность трехмерной сосудисто-эксреторной архитектоники почки и могут использоваться как морфологическая основа при построении анатомических 3D-моделей.

Список литературы

1. Gandhi K. R., Chavan S. Revisiting the morphology of pelvicalyceal system in human cadaveric kidneys with a systematic review of literature // Asian Journal of Urology. 2019. Vol. 6. Is. 3. P. 249-255. DOI: 10.1016/j.ajur.2018.12.006.
2. Kumaresan M., Sangeetha A., Sankaran P. K., Raghunath G., Karunakaran B., Francis Y. M., Siva T., Vijayakumar J., Krishnan M. Data on changes in renal calyceal pattern among renal donors using CT angiography // Bioinformation. 2021. Vol. 17. Is. 7. P. 699-704. DOI: 10.6026/97320630017699.
3. Leslie S. W., Sajjad H. Anatomy, Abdomen and Pelvis, Renal Artery // StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
4. Morais A. R. M., Favorito L. A., Sampaio F. J. B. Kidney collecting system anatomy applied to endourology – a narrative review // International Brazilian Journal of Urology. 2024. Vol. 50. Is. 2. P. 164-177. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2024.9901.
5. Sampaio F. J. B., Aragao A. H. M. Anatomical relationship between the intrarenal arteries and the kidney collecting system // Journal of Urology. 1990. Vol. 143. Is. 4. P. 679-681. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)40056-5.
6. van Zanten P., Weltings S., Roshani H. The influence of pelvicalyceal system anatomy on minimally invasive treatments of patients with renal calculi // Abdominal Radiology. 2020. Vol. 45. Is. 4. P. 1174-1180. DOI: 10.1007/s00261-019-02288-6.
7. Sporer A., Seebode J. J. Study of renal blood supply and its implication in renal pelvic surgery // Urology. 1981. Vol. 17. Is. 1. P. 18-21. DOI: 10.1016/0090-4295(81)90004-2.
8. Lin F., Li B., Rao T., Ruan Y., Yu W., Cheng F., Larre S. Presence of a novel anatomical structure may cause bleeding when using the calyx access in mini-percutaneous nephrolithotomy // Frontiers in Surgery. 2022. Vol. 9. P. 942147. DOI: 10.3389/fsurg.2022.942147.
9. Zhang J., Qing J., Hu K., Cheng H. Integrating 3D technology with the Sampaio classification for enhanced percutaneous nephrolithotomy in complex renal calculi treatment // Frontiers in Surgery. 2024. Vol. 11. P. 1471958. DOI: 10.3389/fsurg.2024.1471958.

10. Гулиев Б. Г., Комяков Б. К., Талышинский А. Э. Трехмерная реконструкция расширенной полостной системы почки по нативной компьютерной томографии // Вестник урологии. 2021. Т. 9. № 3. С. 19–24. DOI: 10.21886/2308-6424-2021-9-3-19-24.
11. Колсанов А. В., Иванова В. Д., Назарян А. К., Яремин Б. И., Чаплыгин С. С., Мякотных М. Н. Вариантная трехмерная анатомия почечных артерий: клиническое применение // Морфологические ведомости. 2016. Т. 24. № 4. С. 46-52. DOI: 10.20340/mv-mn.16(24)04.05.
12. Акбаев Ш. И., Вагабов И. У., Кафаров Э. С., Удочкина Л. А., Зенин О. К. Трехмерно-количественный анализ артериального русла и элементов чашечно-лоханочной системы почек у мужчин // Астраханский медицинский журнал. 2024. Т. 19. № 3. С. 15-21. DOI: 10.17021/1992-6499-2024-3-15-21.
13. Вагабов И. У., Акбаев Ш. И., Кафаров Э. С., Батаев Х. М., Удочкина Л. А., Куртусунов Б. Т., Зенин О. К. 3D-количественная анатомия артериального русла и чашечно-лоханочной системы почек у женщин // Астраханский медицинский журнал. 2024. Т. 19. № 4. С. 38-45. DOI: 10.17021/1992-6499-2024-4-38-45.
14. Cherullo J., Moffett C., Tan Y., Daly D. T. Examining the clinical significance and embryologic development of two unique cases of renal anatomy // Cureus. 2024. Vol. 16. Is. 12. P. e74975. DOI: 10.7759/cureus.74975.
15. Papacoclea R. I., Timofte D., Tanasescu M. D., et al. Kidney aging process and the management of the elderly patient with renal impairment // Experimental and Therapeutic Medicine. 2021. Vol. 21. Is. 3. P. 266. DOI: 10.3892/etm.2021.9697.
16. Chade A. R. Renal vascular structure and rarefaction // Comprehensive Physiology. 2013. Vol. 3. Is. 2. P. 817-831. DOI: 10.1002/cphy.c120012.
17. Kaushik R., Khare S., Jain S., Tripathi, Kausar H., Raizaday S. Study of renal posterior segmental artery by corrosion cast method // Journal of Evidence Based Medicine and Healthcare. 2020. Vol. 7. P. 2600-2603. DOI: 10.18410/jebmh/2020/536.
18. Семенюк Л. М. Хрестоматия по возрастной психологии: учебное пособие для студентов / под редакцией Д. И. Фельдштейна. 2-е изд., доп. М.: Институт практической психологии, 1996. 304 с.
19. Keskin N., Bamac B., Cakir O., Colak T., Barut C. Magnetic resonance angiography-based assessment of the renal artery and its branching pattern // Anatomical Science International. 2026. Vol. 101. Is. 4. P. 434-448. DOI: 10.1007/s12565-025-00891-w.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.