

УДК 61.611

doi: 10.21685/2072-3032-2024-4-8

Варианты сегментации артериального русла при делении почечной артерии на верхнеполюсную и нижнеполюсную ветви

О. К. Зенин¹, Э. С. Кафаров², И. У. Вагабов³

¹Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

^{2,3}Чеченский государственный университет имени А. А. Кадырова, Грозный, Россия

¹zen.olegz@gmail.com, ²Edgar-kafaroff@yandex.ru, ³malsi_85@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рассмотрены ангиоархитектоника почки, возможные варианты разветвления почечной артерии в воротах почки, особенности кровоснабжения сегментов органа. Цель исследования состояла в определении источника сегментации почечной артерии при ее делении на верхнеполюсную и нижнеполюсную ветви. *Материалы и методы.* Исследовано 124 коррозионных препарата, изготовленных из почек трупов. Проведен количественный морфологический анализ и 3D-сканирование экстра-интраорганных артерий относительно вариантов и типов их ветвления, а также статистическая обработка данных. *Результаты.* Установлено, что исследуемый тип ветвления встречается в 15,5 % случаев и имеет три варианта последующего разветвления. В зависимости от типа ветвления обнаружено от 7 до 9 ± 1 сегментарных артерий (СА). В процентном соотношении кровоснабжение большей части сегментов почки обеспечивается СА верхнеполюсной ветви. В меньшем объеме кровь поступает от СА, отходящих от нижнеполюсной ветви. Кроме того, не исключено кровоснабжение посредством СА от главной почечной артерии. Все полученные результаты статистически значимы ($p \leq 0,05$). *Выводы.* В кровоснабжении различных сегментов почки наибольшее значение имеют СА от верхнеполюсной ветви. Результаты проведенного 3D-анализа доказывают, что деление почечной артерии и ее пространственная анатомия зависят от варианта и типов разветвления СА.

Ключевые слова: почка, почечная артерия, сегменты, кровоснабжение

Для цитирования: Зенин О. К., Кафаров Э. С., Вагабов И. У. Варианты сегментации артериального русла при делении почечной артерии на верхнеполюсную и нижнеполюсную ветви // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2024. № 4. С. 93–100. doi: 10.21685/2072-3032-2024-4-8

Variants of segmentation of the arterial bed when dividing the renal artery into upper and lower polar branches

O.K. Zenin¹, E.S. Kafarov², I.U. Vagabov³

¹Penza State University, Penza, Russia

^{2,3}Kadyrov Chechen State University, Grozny, Russia

¹zen.olegz@gmail.com, ²Edgar-kafaroff@yandex.ru, ³malsi_85@mail.ru

Abstract. *Background.* The angioarchitecture of the kidney, possible variants of branching of the renal artery in the renal hilum, and features of the blood supply to the organ segments are considered. The purpose of the study is to determine the source of segmentation of the renal artery when it is divided into the upper pole and lower pole branches. *Materials and methods.* The study examined 124 corrosive preparations obtained at autopsy of humans. Quantitative morphological analysis and 3D scanning of extra-intraorgan arteries regarding

the variants and types of their branching, as well as statistical data processing were carried out. *Results.* It was found out that the studied type of branching occurs in 15.5 % of cases and has 3 variants of subsequent branching. Depending on the type of branching, 7 to 9±1 segmental arteries were found. As a percentage, the blood supply to most of the kidney segments is provided by the segmental arteries of the upper polar branch. In a smaller volume, blood flows from the segmental arteries (SA) extending from the lower polar branch. *Conclusion.* Blood supply via segmental arteries from the main renal artery is not excluded. All the results obtained are statistically significant (at $p < 0.05$). *Conclusions.* Segmental arteries from the upper polar branch are of the greatest importance in the blood supply to various segments of the kidney. The results of the 3D analysis prove that the division of the renal artery and its spatial anatomy depend on the variant and types of segmental artery branching.

Keywords: kidney, renal artery, segments, blood supply

For citation: Zenin O.K., Kafarov E.S., Vagabov I.U. Variants of segmentation of the arterial bed when dividing the renal artery into upper and lower polar branches. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki = University proceedings. Volga region. Medical sciences.* 2024;(4):93–100. (In Russ.). doi: 10.21685/2072-3032-2024-4-8

Введение

Многие научные труды посвящены изучению особенностей строения, функционирования, кровоснабжения почки [1–11]. Российский ученый В. В. Серов внес значимый вклад в становление данного направления. Он одним из первых представил данные о делении почечной артерии (ПА) на две ветви, описал, что это наблюдается в 78 % случаев. В остальных вариантах возможно ответвление трех и даже четырех артерий. Причем с вероятностью 84,6 % ветви будут образованы дорсальной и вентральной артериями, в ином случае представлены нижнеполюсной и верхнеполюсной [3]. В последующем почти все исследователи подтверждали полученные В. В. Серовым результаты. Например, С. Г. Еремеев установил частоту в 88,8 % разветвления ПА на вентральную и дорсальную артерии [4, 5]. Также изучением этого вопроса занимался В. Ф. Хоменко [6], по его данным, деление ПА происходит с вероятностью 90,3 %, в 8,7 % случаев установлено деление на три ветви, еще 1 % приходился на образование четырех ветвей. В своих работах М. С. Казарцев получил похожие результаты: в 77,9 % случаев зарегистрировано деление почечной артерии на две ветви, в остальных – на три и более [7, 8]. М. П. Бурых один из немногих установил вариант деления ПА на пять ветвей. Проведя сравнительный анализ, ученый заключил, что существенные различия деления правой и левой ПА в паренхиме отсутствуют [9]. Ангиоархитектонику почки также изучал Л. А. Олофинский. Его работы служат подтверждением того, что ПА имеет в большинстве случаев (81,2 %) две ветви – вентральную и дорсальную. Также Л. А. Олофинский описал типы деления ветвей ПА: для вентральной характерен рассыпной тип, а дорсальной – магистральный. Полученные данные стали толчком более детального исследования особенностей кровоснабжения почки [10]. Почти параллельно с Л. А. Олофинским свои исследования в данной области проводил Ю. М. Рубинов. Ученый подтвердил уже имеющиеся результаты, что ПА делится на две ветви (в 76 % наблюдений). Также он выявил зависимость особенностей строения сегмента и разветвления нижнеполюсной и верхнеполюсной артерий [11].

Таким образом, можно говорить о преимущественном разделении ПА на две ветви, которые, в свою очередь, имеют рассыпной и магистральный типы ветвления. Хотя встречаются случаи нетипичного деления ПА. На сегодня у специалистов в данной области нет единого мнения о количестве источников сегментарных артерий ПА. Также отсутствуют критерии, на основании которых можно говорить о типе и вариантах ветвления. В связи с этим данная тема актуальна и требует тщательного изучения.

Цель исследования заключалась в определении источника сегментации ПА при ее делении на вернеполюсную и нижнеполюсную ветви.

Материалы и методы

Дизайн исследования. Исследование представляет собой перспективное исследование трупов, основанное на методах коррозионного литья и компьютерно-томографической визуализации с использованием аутопсийного материала 124 почек трупов. В исследование включены донорские почки весом 120–200 г субъектов обоих полов, умерших в возрасте от 28 до 74 лет, чья смерть не была связана с повреждением сердечно-сосудистой или мочевыделительной системы. Критерии исключения: умершие (в возрасте <28 или >74 лет) с серьезными врожденными аномалиями, сосудистыми аномалиями, анамнезом сердечно-сосудистых заболеваний или поврежденными почками из-за неправильного обращения.

Этическое заявление. Исследование проводилось в соответствии с этическими стандартами институциональных и национальных исследовательских комитетов, Хельсинкской декларацией 1964 г. и ее более поздними поправками. Этическое разрешение было получено от Локального этического комитета Чеченского государственного университета им. А. А. Кадырова (код протокола 418).

Сосудистые слепки. Артериальная сосудистая сеть визуализировалась с помощью коррозионного литья. После вскрытия артериальная сосудистая сеть почки промывалась через ПА физиологическим раствором в течение 40–45 мин под давлением 80–90 мм рт.ст., затем помещалась в сосуд, заполненный физиологическим раствором, чтобы предотвратить деформацию органа под действием силы тяжести. В артериальную сосудистую сеть вводилась рентгеноконтрастная смесь. Смесь содержит полимер «Протакрил М» (Стома; Украина), который состоит из сухого и жидкого компонентов, рентгеноконтрастного вещества, сульфата бария и универсального красящего компонента [12]. Соотношение смеси в масс. %: порошок «Протакрил М» – 50 %; жидкость «Протакрил М» – 20 %; сульфат бария – 20 %; краситель – 10 %. Контейнер с почкой инкубировали при температуре 36 °С в течение 24 ч. Затем почку погружали в раствор полной концентрации щелочи на 3–4 дня в термокамере. Для промывания коррозионного слепка использовали водопроводную воду. Минимальный диаметр сосудистых сегментов слепка составлял 0,05 мм.

Анализ сосудистых слепков. В исследование было включено 124 сосудистых слепка. Сосудистые слепки сканировали компьютерным томографом BRUKER SkyScan 1178 (Billerica, США) и фотографировали с помощью Sony Cyber-shot DSC-RX10 M 4 (Токио, Япония). Определяли количество артерий в воротах почки, их топографию и вариацию ветвления в трехмерном про-

странстве [13]. Проекцию сосудистой сети почки анализировали во фронтальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостях с использованием программного обеспечения Mimics 8.1 (Materialise Co., Лёвен, Бельгия). Что касается дихотомического или трихотомического ветвления ПА, была определена локальная зона кровоснабжения почечных масс. Почечной зоной называют часть почечной массы, которая васкуляризирована ветвью первого порядка, т.е. зональной ветвью, которая отделяется от ПА. Термин «сегмент почки» относится к области почки, содержащей ветвь второго порядка.

Статистический анализ. Анализ проводился с использованием программного обеспечения R Statistics (версия 4.1). Результаты представлены в виде частоты (процента) категориальных переменных. Значения $X \pm m$ были рассчитаны для артериальных сегментов (АС). Пакет Metafor R использовался для вычисления комбинированных оценок [14]. Учитывая ожидание гетерогенности между исследованиями, для всех анализов использовались модели случайных эффектов. Статистики I^2 и τ^2 использовались для измерения неоднородности между исследованиями. I^2 измеряет неоднородность, выражая процент общей дисперсии, вызванной вариацией между исследованиями, тогда как τ^2 представляет дисперсию между исследованиями в метаанализе случайных эффектов.

Результаты и обсуждение

Принято считать, что почка человека состоит из пяти сегментов, кровоснабжение осуществляется ветвями почечной артерии, от которой отходит множество сосудов. Как было отмечено ранее, существует два варианта деления ПА в воротах почки. Актуальный для данной работы вариант деления определяется в 15,5 %. Последующее разветвление возможно в трех вариантах.

Первый тип ветвления встречается наиболее часто (76,4 %). Для нижнеполюсной артерии в данном случае характерен рассыпной тип ветвления, а для верхнеполюсной – магистральный. Сегментарных артерий (СА) в среднем насчитывается 8 ± 1 ед.

К верхнепереднему сегменту кровь поступает по 1 СА, отходящей от верхнеполюсной ветви, – встречается в 32,5 % случаев.

Верхний полюсной сегмент в первом варианте получает питание по одной СА от верхней полюсной артерии, что наблюдается в 58,4 % случаев. Второй вариант наблюдается только в 31,4 % ситуаций, при этом кровоснабжение обеспечивается двумя СА соответствующей ветви. В третьем варианте (10,2 %) – одной сегментарной артерии от ПА.

Установили, что в первом варианте ветвления нижнеполюсной артерии одна СА питает нижнепередний сегмент (67,5 %), во втором варианте – две СА (32,5 %).

Кровоснабжение нижнеполюсного сегмента более сложное. При первом варианте кровь поступает из одной СА – 63,4 % наблюдений. Во втором случае – из двух СА – 29,3 %. Причем артерии отходят от нижнеполюсной ветви. Третий вариант встречается в 7,3 % наблюдений, когда кровь поступает по одной СА от почечной артерии.

К заднему сегменту кровь подходит по одной сегментарной артерии – 84,5 % – первый вариант; в 15,5 % – по двум СА. Их источником является нижнеполюсная ветвь.

Второй тип ветвления. Верхнеполюсная артерия разветвляется по рассыпному типу, а нижняя полюсная по магистральному в 16,1 %. Среднее количество СА составило 7 ± 1 ед.

В первом и втором вариантах источником СА, кровоснабжающих верхний полюсной сегмент, является верхнеполюсная ветвь. Причем в первом случае подходит одна (49,4 %), во втором – две (47,2 %). От почечной артерии отходит одна СА (третий вариант) – 3,4 %.

Верхнепередний сегмент обеспечивается кровью за счет одной СА (87,5 %) в первом случае и двумя СА (12,5 %) во втором случае. Источник – верхнеполюсная артерия.

Также определили, что источником СА, питающих передний нижний сегмент, в большинстве случаев служит нижнеполюсная ветвь. Одна СА встречается в 61,3 %, а две – в 29,4 %. Еще одна сегментарная артерия от ПА питает сегмент в 9,3 % наблюдений.

Кровоснабжение паренхимы заднего сегмента почки обеспечивается двумя вариантами. Первый вариант встречается с частотой 82,5 % и заключается в поступлении крови по одной СА (продолжение верхнеполюсной ветви). Второй вариант регистрируется реже (17,5 %), в данном случае кровь поступает по двум СА той же ветви.

Третий вариант ветвления представляет собой рассыпной тип. Обнаружен в 7,5 % препаратов. Несмотря на меньшую частоту встречаемости, среднее количество сегментарных артерий оказалось выше и составило 9 ± 1 ед.

Паренхима верхнеполюсного сегмента получает питание тремя вариантами: 54,3 % – одной СА, 41,4 % – двумя СА. В обоих случаях их источник – верхнеполюсная ветвь. Еще одна СА отходит от ПА в 4,3 % наблюдений.

Основным источником кровоснабжения верхнепереднего сегмента является верхнеполюсная ветвь. В 89,5 % наблюдений к нему подходит одна СА, в 10,5 % – две СА.

Питание паренхимы передненижнего сегмента осуществляется двумя способами. Первый вариант встречается наиболее часто (86,5 % случаев) и заключается в поступлении крови по одной СА (от нижнеполюсной ветви). Во втором варианте кровоснабжение идет от двух СА, исходящих от той же ветви (13,5 % наблюдений).

Удалось установить, что к паренхиме нижнеполюсного сегмента артериальные сосуды подходят тремя способами. Первый вариант встречается в 65,3 % случаев и заключается в поступлении крови по одной СА, второй вариант характерен для 31,5 % наблюдений, когда к сегменту подходит две артерии. Источником в обоих случаях является нижнеполюсная ветвь. С вероятностью 3,2 % подходит сегментарная артерия от ПА.

В 56,3 % наблюдений паренхима заднего сегмента обеспечивается кровью одной СА от верхнеполюсной ветви (первый вариант). Во втором варианте участие принимает две СА (от верхнеполюсной и нижнеполюсной артерий) – 8,4 %. В третьем варианте 5,3 % пришлось на участие трех сегментарных артерий, исходящих из обеих ветвей.

На рис. 1 представлено процентное соотношение вариантов кровоснабжения сегментов почки.

Статистический анализ полученных данных показал, что все результаты, описанные выше, статистически значимы ($p \leq 0,05$).

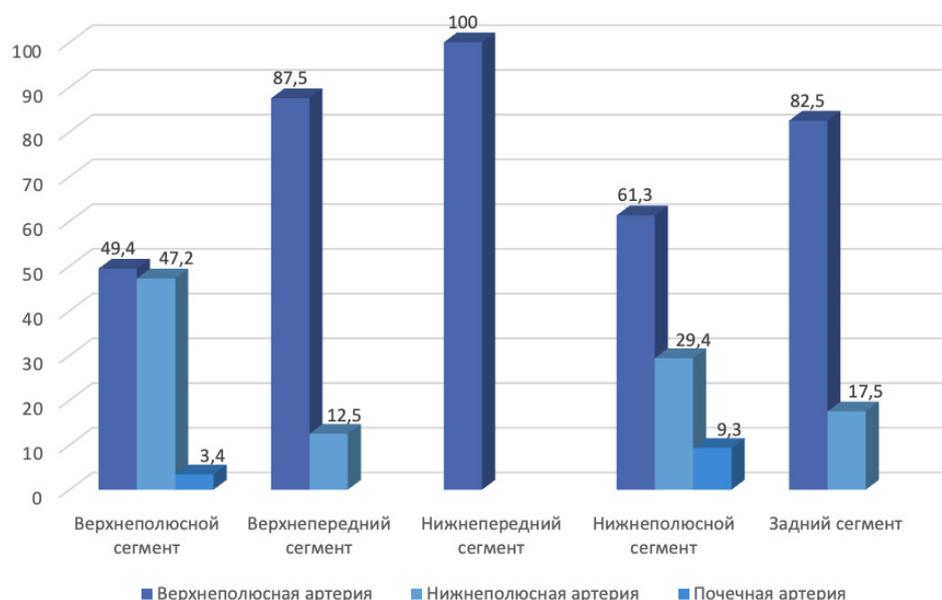


Рис. 1. Варианты и источники кровоснабжения почки в зависимости от сегмента при делении ПА на верхнеполюсную и нижнеполюсную ветви, %

Заключение

В ходе изучения научной литературы и результатов эмпирического исследования пришли к выводу, что в большинстве случаев почечная артерия имеет две ветви. Причем реже они представлены верхней и нижней полюсными ветвями.

В кровоснабжении различных сегментов почки наибольшее значение имеют СА от верхнеполюсной ветви. Результаты проведенного 3D-анализа доказывают, что деление почечной артерии и ее пространственная анатомия зависят от варианта и типов разветвления сегментарных артерий.

Список литературы

1. Кафаров Э. С. Вариантная анатомия почечной артерии и ее ветвей : дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02. Астрахань, 2004. 186 с.
2. Sampaio F. J. Partial nephrectomy in cancer of the upper pole of kidney. Anatomical bases // J. Urol. (Paris). 1996. Vol. 102, № 5-6. P. 199–203.
3. Серов В. В. Сегментарное строение сосудистой системы почки // Урология. 1959. № 3. С. 6–12.
4. Еремеев С. Г. Артериальные сегменты почки : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02. Воронеж, 1962. 17 с.
5. Еремеев С. Г. Хирургическая анатомия межсегментарных малососудистых зон почки // Труды VI областного съезда хирургов : в 2 ч. / Воронежский государственный медицинский институт. Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1961. Ч. 1. С. 147–150.
6. Хоменко В. Ф. Форма и расположение почечной лоханки и значение их в почечной хирургии // Урология. 1960. № 4. С. 45–49.
7. Казарцев М. С. Возрастные особенности сегментарного строения почек человека : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02. Воронеж, 1969. 23 с.

8. Казарцев М. С. О некоторых возрастных особенностях внеорганных ветвлений почечных артерий человека // Общие закономерности морфогенеза и регенерации : сб. ст. / Киевский медицинский институт им. А. А. Богомольца. Киев : Здоров'я, 1970. Вып. 2. С. 39.
9. Бурых М. П. Нервы и сосуды почек человека и некоторых животных (анатомо-экспериментальное исследование) : автореф. дис. ... канд. мед. наук. Харьков, 1968. 15 с.
10. Олофинский Л. А. Хирургическое значение взаимоотношений сосудистой архитектоники почки со строением чашечно-лоханочной системы и внешней формой органа : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.02. Владивосток, 1970. 15 с.
11. Рубинов Ю. М. К хирургической анатомии почек (анатомо-экспериментальное исследование) : дис. ... канд. мед. наук. Рязань, 1972. 229 с.
12. Кафаров Э. С., Дмитриев А. В., Зенин О. К., Везирханов А. З., Вагабов И. У., Милтых И. С. Новая полимерная рентгенконтрастная композиция для изготовления коррозионных анатомических препаратов // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2021. № 4. URL: <http://www.medsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/3-7.pdf> (дата обращения: 29.07.2021). doi: 10.24412/2075-4094-2021-4-3-7
13. Prokop M., Galanski M. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body* Hardcover. 1st ed. Stuttgart ; New York : Thieme Medical Publishers, 2003. 1104 p.
14. Viechtbauer W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package // J. Stat. Software. 2010. Vol. 36, № 1. P. 1–48. doi: 10.18637/jss.v036.i03

References

1. Kafarov E.S. *Variant anatomy of the renal artery and its branches*. PhD dissertation: 14.00.02. Astrakhan', 2004:186. (In Russ.)
2. Sampaio F.J. Partial nephrectomy in cancer of the upper pole of kidney. *Anatomical bases. J. Urol. (Paris)*. 1996;102(5-6):199–203.
3. Serov V.V. Segmental structure of the vascular system of the kidney. *Urologiya = Urology*. 1959;(3):6–12. (In Russ.)
4. Eremeev S.G. *Arterial segments of the kidney*. PhD abstract: 14.00.02. Voronezh, 1962:17. (In Russ.)
5. Eremeev S.G. Surgical anatomy of intersegmental low-vascular zones of the kidney. *Trudy VI oblastnogo s"ezda khirurgov: v 2 ch. / Voronezhskiy gosudarstvennyy meditsinskiy institut = Proceedings of the 6th regional congress of surgeons: in 2 parts / Voronezh State Medical Institute*. Voronezh: Izd-vo Voronezhskogo un-ta, 1961;Pt.1:147–150. (In Russ.)
6. Khomenko V.F. The shape and location of the renal pelvis and their importance in renal surgery. *Urologiya = Urology*. 1960;(4):45–49. (In Russ.)
7. Kazartsev M.S. *Age-related features of the segmental structure of human kidneys*. PhD abstract: 14.00.02. Voronezh, 1969:23. (In Russ.)
8. Kazartsev M.S. On some age-related features of extraorgan branching of human renal arteries. *Obshchie zakonomernosti morfogeneza i regeneratsii: sb. st. / Kievskiy meditsinskiy institut im. A.A. Bogomol'tsa = General patterns of morphogenesis and regeneration: collection of articles / Kiev Medical Institute named after A.A. Bogomolets*. Kiev: Zdorov'ya, 1970;(2S):39. (In Russ.)
9. Burykh M.P. *Nerves and vessels of the kidneys of humans and some animals (anatomical and experimental study)*. PhD abstract. Khar'kov, 1968:15. (In Russ.)
10. Olofinskiy L.A. *Surgical significance of the relationship between the vascular architecture of the kidney with the structure of the renal pelvis and calyceal system and the external shape of the organ*. PhD abstract: 14.00.02. Vladivostok, 1970:15. (In Russ.)
11. Rubinov Yu.M. *On the surgical anatomy of the kidneys (anatomical and experimental study)*. PhD dissertation. Ryazan', 1972:229. (In Russ.)

12. Kafarov E.S., Dmitriev A.V., Zenin O.K., Vezirkhanov A.Z., Vagabov I.U., Miltiykh I.S. New polymer radiopaque composition for the production of corrosive anatomical preparations. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. Elektronnoe izdanie = Bulletin of New Medical Technologies. Electronic publication.* 2021;(4). (In Russ.). Available at: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2021-4/3-7.pdf> (accessed 29.07.2021). doi: 10.24412/2075-4094-2021-4-3-7
13. Prokop M., Galanski M. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body Hardcover. 1st ed.* Stuttgart; New York: Thieme Medical Publishers, 2003:1104.
14. Viechtbauer W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *J. Stat. Software.* 2010;36(1):1–48. doi: 10.18637/jss.v036.i03

Информация об авторах / Information about the authors

Олег Константинович Зенин

доктор медицинских наук, профессор,
профессор кафедры анатомии человека,
Медицинский институт, Пензенский
государственный университет (Россия,
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: zen.olegz@gmail.com

Oleg K. Zenin

Doctor of medical sciences, professor,
professor of the sub-department of human
anatomy, Medical Institute, Penza
State University (40 Krasnaya street,
Penza, Russia)

Эдгар Сабирович Кафаров

доктор медицинских наук, доцент,
заведующий кафедрой нормальной
и топографической анатомии
с оперативной хирургией, Медицинский
институт, Чеченский государственный
университет имени А. А. Кадырова
(Россия, Чеченская Республика,
г. Грозный, ул. Шерипова, 32)

E-mail: Edgar-kafaroff@yandex.ru

Edgar S. Kafarov

Doctor of medical sciences, associate
professor, head of the sub-department
of normal and topographic anatomy
with operative surgery, Medical Institute,
Kadyrov Chechen State University
(32 Sheripova street, Chechen Republic,
Grozny, Russia)

Ислам Узгенбайевич Вагабов

кандидат медицинских наук, старший
преподаватель, кафедра нормальной
и топографической анатомии
с оперативной хирургией, Медицинский
институт, Чеченский государственный
университет имени А. А. Кадырова
(Россия, Чеченская Республика,
г. Грозный, ул. Шерипова, 32)

E-mail: malsi_85@mail.ru

Islam U. Vagabov

Candidate of medical sciences, senior
lecturer of the sub-department of normal
and topographic anatomy with operative
surgery, Medical Institute, Kadyrov
Chechen State University (32 Sheripova
street, Chechen Republic, Grozny, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 18.09.2024

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 26.09.2024

Принята к публикации / Accepted 08.10.2024