

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 611.718.2–055.1/.2–053.8
doi:10.18499/2225-7357-2025-14-3-24-30
3.3.1 – анатомия человека



Форма большого седалищного отверстия у лиц зрелого возраста по данным компьютерной томографии

Р. С. Васильев✉, И. Н. Путалова, Г. Н. Доровских

Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

Аннотация. Через большое седалищное отверстие (БСО) проходят важные сосудисто-нервные пучки таза и нижней конечности, что делает его потенциальным местом компрессии этих структур. Исследование особенности морфологической изменчивости этой области способствует выявлению предположений возникновения неврологических нарушений, позволяет оптимизировать хирургические доступы и уменьшить число ятрогенных повреждений сосудов и нервов. **Цель исследования** – оценить вариативность формы костных краев большого седалищного отверстия, характерной для мужчин и женщин зрелого возраста, для последующего применения в клинической практике. **Материал и методы.** Проанализированы результаты мультиспиральных компьютерных томограмм 70 пациентов в возрасте 20–59 лет, на трехмерных моделях таза определены линейные и угловые параметры отверстия. Геометрическую морфометрию использовали для анализа конфигурации БСО по 20 точкам-ориентирам, нанесенным на его костные края. **Результаты.** На основании линейных и угловых размеров были выделены 4 основные формы БСО: дельтоид, параллелограмм, трапеция и неправильный четырехугольник. Установлено, что форма дельтоида статистически значимо чаще встречается у женщин, а форма параллелограмма – у мужчин. Частота встречаемости форм в виде трапеции и неправильного четырехугольника у представителей разного пола достоверно не отличалась. Геометрический морфометрический анализ продемонстрировал существенные различия в форме БСО в зависимости от пола, которые концентрируются вдоль одной канонической главной оси, они обусловлены формой большой седалищной вырезки тазовой кости. Для мужчин характерна большая глубина и вогнутость в ее верхних отделах, а для женщин – большая глубина и вогнутость в ее нижних отделах. **Заключение.** В настоящее время не существует универсального эталонного метода для точного определения формы БСО. Наиболее достоверные результаты могут быть получены только при комплексном подходе, сочетающем традиционные линейные измерения с современными методами геометрической морфометрии.

Ключевые слова: большое седалищное отверстие; таз; компьютерная томография; линейные размеры; геометрическая морфометрия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Васильев Р.С., Путалова И.Н., Доровских Г.Н. Форма большого седалищного отверстия у лиц зрелого возраста по данным компьютерной томографии // Журнал анатомии и гистопатологии. 2025. Т. 14, №3. С. 24–30. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2025-14-3-24-30>

ORIGINAL ARTICLES

Original article

The Shape of the Greater Sciatic Foramen in Adults Based on Computed Tomography Data

R. S. Vasil'ev✉, I. N. Putalova, G. N. Dorovskikh

Omsk State Medical University, Omsk, Russia

Abstract. The greater sciatic foramen (GSF) is a passageway for important neurovascular bundles of the pelvis and lower limb, making it a potential site for compression of these structures. Investigating the features of morphological variability in this region helps to identify the predisposing factors for neurological disorders, optimizes surgical approaches, and reduces the number of iatrogenic injuries to blood vessels and nerves. **The aim** of the study is to evaluate the variability in the shape of the bony margins of the greater sciatic foramen, characteristic of mature adult males and females, for subsequent application in clinical practice. **Material and methods.** The results of multispiral computed tomography scans of 70 patients aged 20–59 years were analyzed; linear and angular parameters of the foramen were determined on three-dimensional pelvic models. Geometric morphometrics was used to analyze the configuration of the GSF based on 20 landmarks placed on its bony margins. **Results.** Based on the linear and angular dimensions, four main shapes of the GSF were identified: deltoid, parallelogram, trapezoid, and irregular quadrilateral. It was established that the deltoid shape is statistically significantly more common in women, while the parallelogram shape is more common in men. The incidence of the trapezoid and irregular quadrilateral shapes did not differ significantly between the sexes. The

geometric morphometric analysis revealed significant sex-related differences in the shape of the GSF. These variations are concentrated along a single canonical axis and are determined by the shape of the greater sciatic notch of the hip bone. Males are characterized by greater depth and concavity in the superior part of the notch, whereas females exhibit greater depth and concavity in its inferior part. **Conclusion.** Currently, there is no universal reference method for the precise determination of the GSF shape. The most reliable results can only be achieved through an integrated approach that combines traditional linear measurements with modern geometric morphometric methods.

Keywords: greater sciatic foramen; pelvis; computed tomography; linear dimensions; geometric morphometrics

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

For citation: Vasil'ev R.S., Putalova I.N., Dorovskikh G.N. The shape of the greater sciatic foramen in adults based on computed tomography data. *Journal of Anatomy and Histopathology.* 2025. V. 14, №3. P. 24–30. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2025-14-3-24-30>

Введение

Большое седалищное отверстие (БСО) – парное анатомическое образование, располагающееся на задней стенке полости таза, ограниченное сверху и спереди большой седалищной вырезкой тазовой кости, снизу – крестцово-остистой связкой, сзади – передней поверхностью крестца. Большую площадь данного отверстия занимает грушевидная мышца, которая разделяет его на надгрушевидное и подгрушевидное отверстия, являющиеся каналами для выходящих из полости таза сосудов и нервов. Обилие нервных и сосудистых структур, проходящих через БСО, делает его потенциальным местом их компрессии и возникновения неврологических нарушений. Наиболее распространенной патологией, связанной со сдавлением седалищного нерва грушевидной мышцей, является синдром грушевидной мышцы. Частота данного синдрома варьирует в пределах 5–36% всех причин ишиаса, а его диагностика представляет значительные трудности [1, 4, 6, 7]. В связи с этим, объектом интереса многих исследователей остается выявление анатомических предпосылок компрессии нервов в БСО, однако оно затрудняется отсутствием стандартных параметров размера и формы самого отверстия и связанных с ним структур. Кроме того, знание вариантной анатомии данной области позволяет избежать осложнений и улучшить результаты лечения во время различных хирургических вмешательств на тазовом кольце и тазобедренном суставе, а также малоинвазивных манипуляций в ягодичной области [2, 3, 4, 5, 11]. Данные литературы демонстрируют, что наиболее изученной структурой БСО является грушевидная мышца в ее связи с седалищным нервом, в то же время, костные структуры, формирующие края седалищного отверстия, изучены недостаточно. Тазовые кости и таз в целом имеют выраженные половые различия в размерах и форме, поэтому параметры БСО могут быть использованы в судебно-медицинской практике для определения пола останков с точностью до 95% [8, 9, 10, 13].

Настоящее исследование посвящено анализу формы костных краев БСО, формирующих его большую часть, при помощи стандартных метрических методов (определение длин, углов) и метода геометрического морфометрического анализа.

Цель исследования – оценить вариативность формы костных краев большого седалищного отверстия, характерной для мужчин и женщин зрелого возраста, для последующего применения в клинической практике.

Материал и методы исследования

Место проведения исследования.

Исследование проводилось на базе Омского государственного медицинского университета и рентгенологического отделения Больницы скорой медицинской помощи №1 города Омска.

Характеристика объекта исследования. В исследовании использовали 70 архивных анонимных данных мультиспиральных компьютерных томограмм 35 мужчин и 35 женщин зрелого возраста (20–59 лет). Проанализированы результаты компьютерной томографии пациентов, обследованных по поводу основного заболевания. Критериями включения в исследование являлись: отсутствие на цифровых изображениях нарушения целостности костей, аномалий развития, деформаций и костно-суставной патологии.

Способ формирования выборки – сплошной.

Дизайн исследования – проведено одноцентровое, одномоментное, двухвыборочное сравнительное исследование.

Методы. Изображения получены на томографе Philips Ingenity CT (Нидерланды). Все изображения отверстий получены на трехмерных моделях таза, повернутых на 135° (плоскость изображения параллельна плоскости отверстия) с обеих сторон в программе RadiAnt (Польша) (рис. 1). Для измерения линейных показателей на изображениях определены 4 ключевые точки, располагающиеся на легко идентифицируемых костных струк-

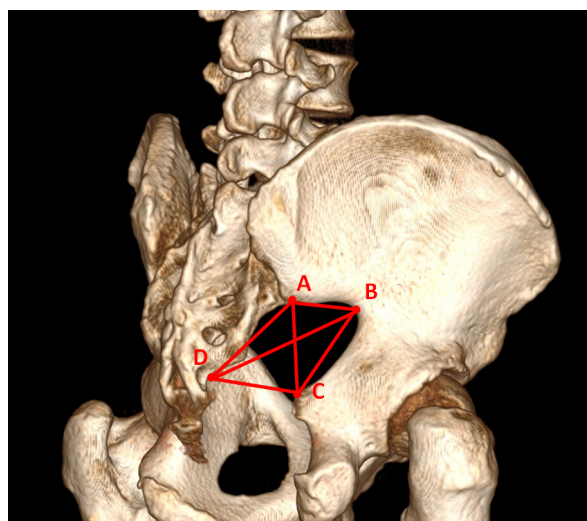


Рис. 1. Ориентиры и размеры по краям большого седалищного отверстия.

Fig. 1. Landmarks and linear measurements along the margins of the greater sciatic foramen.

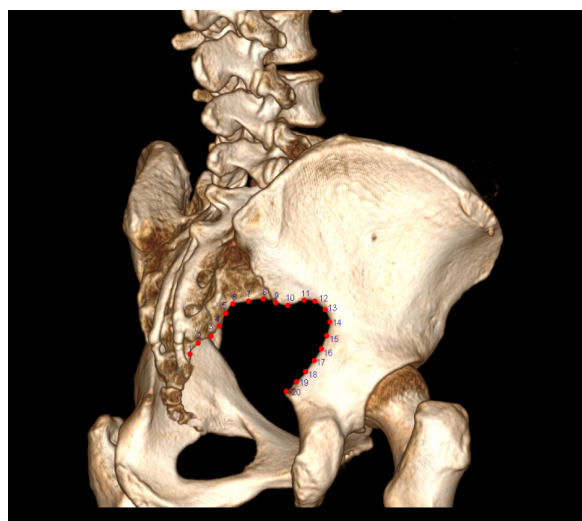


Рис. 2. Расположение меток для геометрического морфометрического анализа.

Fig. 2. Landmark configuration for geometric morphometric analysis.

Таблица 1 / Table 1

Точки, используемые для определения линейных размеров большого седалищного отверстия

Points used to determine linear dimensions of the greater sciatic foramen

Наименование точки	Описание точки
Точка А	Нижняя задняя подвздошная ость
Точка В	Самая глубокая точка большой седалищной вырезки
Точка С	Наиболее выступающая точка седалищной ости
Точка D	Крестцово-копчиковое сочленение

Таблица 2 / Table 2

Измеряемые линейные параметры большого седалищного отверстия

Measured linear parameters of the greater sciatic foramen

Название размера	Описание
Верхняя длина	Расстояние от А до В
Задняя длина	Расстояние от А до D
Нижняя длина	Расстояние от D до С
Передняя длина	Расстояние от С до В
Большая диагональ	Расстояние от D до В
Малая диагональ	Расстояние от А до С

турах. Точки соединяли при помощи прямых линий, в последующем измеряли их длину и определяли углы между ними (рис. 1). Названия и описание определяемых параметров приведены в табл. 1 и 2.

Для выполнения геометрического морфометрического анализа на изображениях при помощи программы tpsDig2 (США) размещали 20 меток по костным краям БСО (рис. 2). В программе MorphoJ (Великобритания) проводили Прокрустово выравнивание с целью усреднения конфигурации ориентиров и исключения из анализа параметров, не относящихся к форме.

С целью выявления основных направлений изменчивости формы БСО и визуализации деформаций выполняли анализ главных компонент [13]. Для оценки и визуализации половых особенностей формы отверстия, путем определения наиболее значимых переменных, ответственных за групповые

различия, использовали канонический вариационный анализ [12].

Статистический анализ. Статистическую обработку проводили при помощи программного обеспечения «IBM SPSS Statistics». Соответствие эмпирического распределения исследуемых переменных нормальному закону распределения оценивали с помощью теста Шапиро-Уилка. Нормально распределенные данные представляли в виде $M \pm \sigma$ (M – среднее арифметическое, σ – стандартное отклонение); данные, имеющие отличное от нормального распределение, обозначали в виде: $Me [Q1-Q3]$ (Me – медиана, $Q1-Q3$ – межквартильный интервал). Достоверность различий средних значений показателей сравниваемых групп определяли с использованием критерия Стьюдента для несвязанных выборок в случае закона нормального распределения анализируемых величин, при отклонении от него – использовали непара-

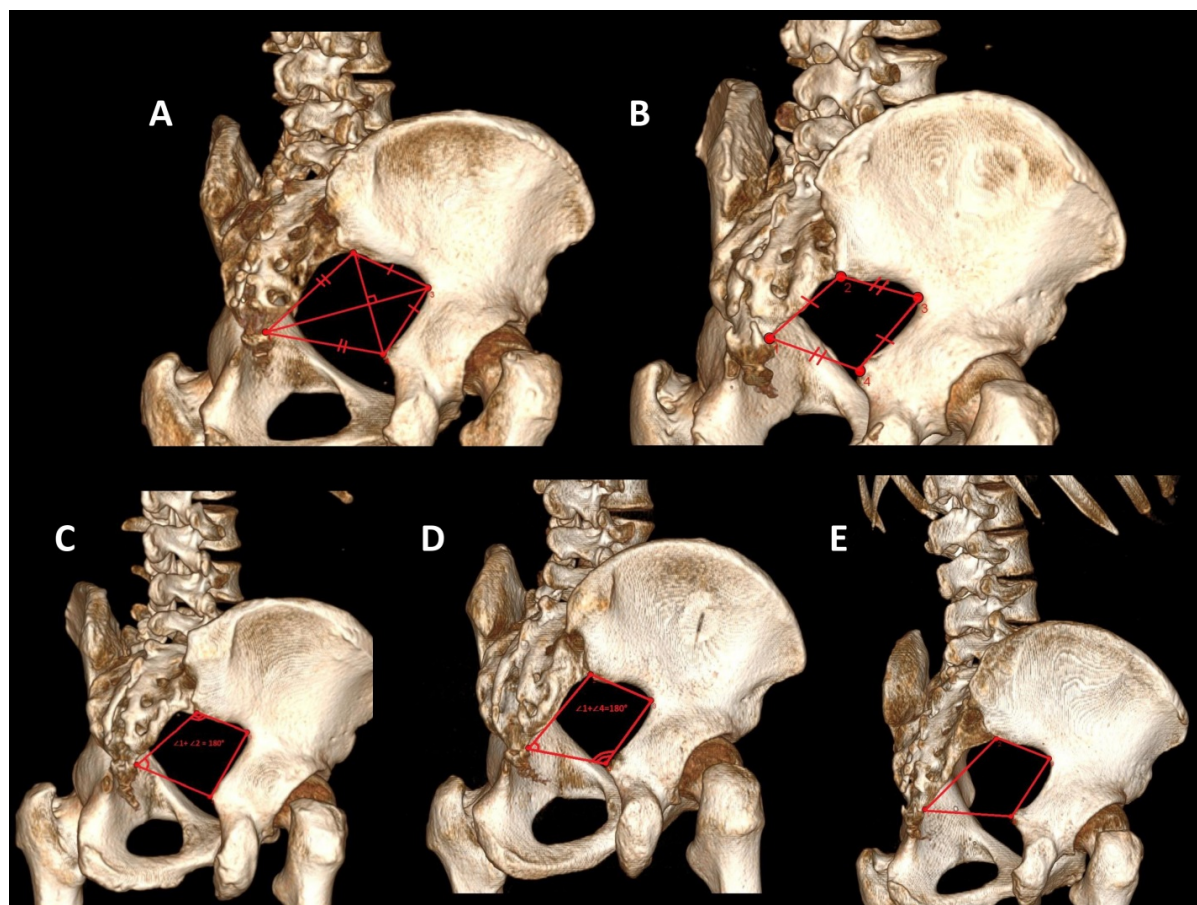


Рис. 3. Изменчивость формы большого седалищного отверстия: А – форма дельтоида, В – форма параллелограмма, С – форма трапеции, суживающейся кверху, D – форма трапеции, суживающейся кпереди, Е – форма неправильного четырехугольника.

Fig. 3. Variability of the greater sciatic foramen shape: A – deltoid shape, B – parallelogram shape, C – superiorly narrowing trapezoidal shape, D – anteriorly narrowing trapezoidal shape, E – irregular quadrilateral shape.

Таблица 3/ Table 3

Значения линейных размеров большого седалищного отверстия
Values of linear dimensions of the greater sciatic foramen

Показатели	Мужчины (n=70)	Женщины (n=70)	p-value
Верхняя длина, см, (M±σ)	3,9±0,05	4,3±0,06	<0,001
Задняя длина, см, (M±σ)	6,2±0,1	6,2±0,09	0,879
Нижняя длина, см, Me [Q1; Q3]	5,2[4,6;5,6]	6,4[5,9;6,9]	<0,001
Передняя длина, см, Me [Q1; Q3]	5,0[4,8;5,3]	4,6[4,4;4,9]	<0,001
Большая диагональ, см, (M±σ)	8,7±0,1	8,9±0,08	0,165
Малая диагональ, см, (M±σ)	4,8±0,05	5,1±0,05	<0,001

метрический критерий Манна–Уитни. Для сравнения качественных показателей применяли критерий хи-квадрат Пирсона. Различия считали статистически значимыми при уровне $p < 0,05$.

Этическая экспертиза. Исследование было одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО ОмГМУ Минздрава России (протокол № 9 от 13.09.2024г.).

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенного исследования определили значения линейных размеров БСО у мужчин и женщин (табл. 3). Сравнение групп показало, что значения трех из шести линейных размеров (верхняя длина, нижняя длина

и малая диагональ) у женщин были больше, чем у мужчин, а значения передней длины преобладало у мужчин. Параметры большой диагонали и задней длины не имели межгрупповых различий.

Форму отверстия принимали за четырехугольник и ее дальнейшую классификацию проводили на основании теорем о геометрических фигурах. За приблизительное равенство сторон взято их соотношение, составляющее 0,85–1,15. Форму отверстия определяли, как дельтоид, если смежные стороны попарно равны (рис. 3 А), или как параллелограмм, если его противоположные стороны равны (рис. 3 В). Если в четырехугольнике параллельны только две стороны (сумма смежных углов равна $180 \pm 5^\circ$), то такую форму

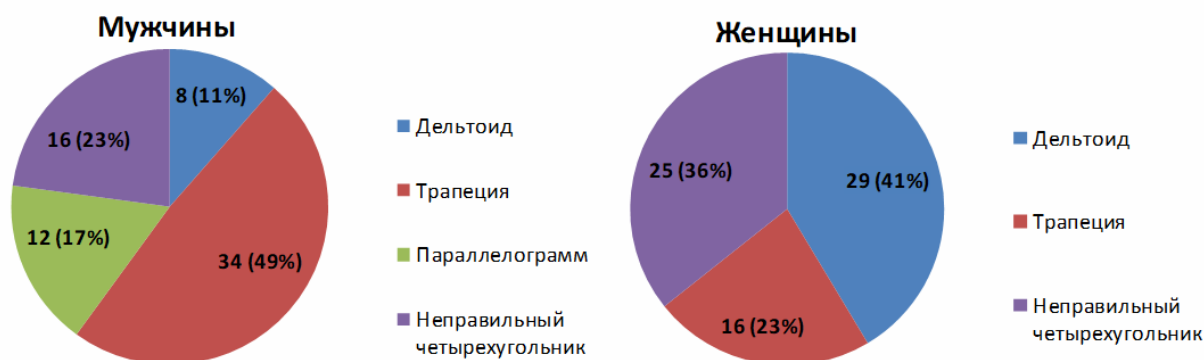


Рис. 5. Частота встречаемости различных форм большого седалищного отверстия в зависимости от пола.

Fig. 5. Frequency of various forms of the greater sciatic foramen in relation to sex.

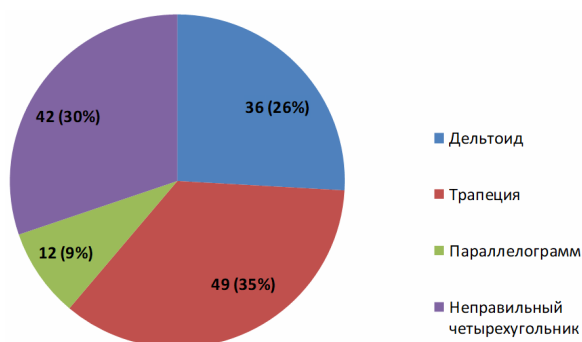


Рис. 4. Соотношение различных форм большого седалищного отверстия в изучаемой группе.

Fig. 4. The ratio of different forms of the greater sciatic foramen in the studied group.

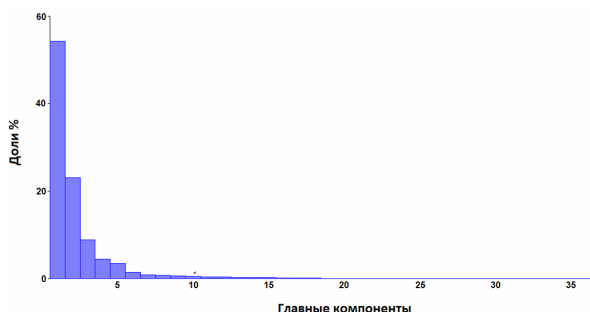


Рис. 6. Доли общей вариации формы большого седалищного отверстия, выраженные главными компонентами.

Fig. 6. Principal component contributions to the greater sciatic foramen shape variance.

классифицировали как трапецию, при этом среди отверстий данной формы выделяли два вида: трапецию, суживающуюся кпереди, и трапецию, суживающуюся кверху (рис. 3 С, D). Форму отверстия принимали за неправильный четырехугольник, если не выполнялось ни одно из вышеперечисленных условий (рис. 3 E).

Установлено, что чаще всего БСО встречалось в виде трапеции и неправильная формы, чуть реже – в форме дельтоида. Самой редко встречающейся формой был параллелограмм (рис. 4).

Установили, что форма дельтоида статистически значимо чаще встречалась у женщин, а форма параллелограмма – у мужчин ($p < 0,001$). Частота встречаемости формы БСО в виде трапеции и неправильного четырехугольника не отличалась между представителями разного пола ($p = 0,089$ и $p = 0,368$ соответственно) (рис. 5).

В результате анализа главных компонентов установили, что все вариации формы описаны 36 главными компонентами (рис. 6). Однако только первые два компонента взяты в качестве основных, т.к. на их суммарную долю приходилось 77% вариаций форм. Для удобства описания изменений форм БСО согласно двум главным компонентам данные представлены в виде деформационных решеток, отражающих основные направления изменений формы относительно каждой оси (рис. 7). Приведенные данные демонстрируют, что основные изменения формы связаны с кривизной и глубиной седалищной вырезки (группа меток 10–14 и 16–20), плоскостностью или выпуклостью крестца, а также глубиной кривизны между ним и подвздошной костью (группа меток 1–7).

Последующий канонический вариационный анализ продемонстрировал значимые различия в форме БСО в зависимости от пола ($p < 0,001$), которые концентрируются вдоль одной канонической главной оси (canonical variate 1) (рис. 8). Основные направления изменения формы БСО у мужчин и женщин показывают, что различия в форме отверстия обусловлены формой большой седалищной вырезки тазовой кости. У мужчин она характеризуется большей глубиной и вогнутостью в ее верхних отделах (метки 11–14), а у женщин, напротив, большей глубиной и вогнутостью в нижних отделах (метки 16–20).

Закключение

Результаты проведенного исследования демонстрируют значимые различия в размерах большого седалищного отверстия и частоте встречаемости его различных форм.

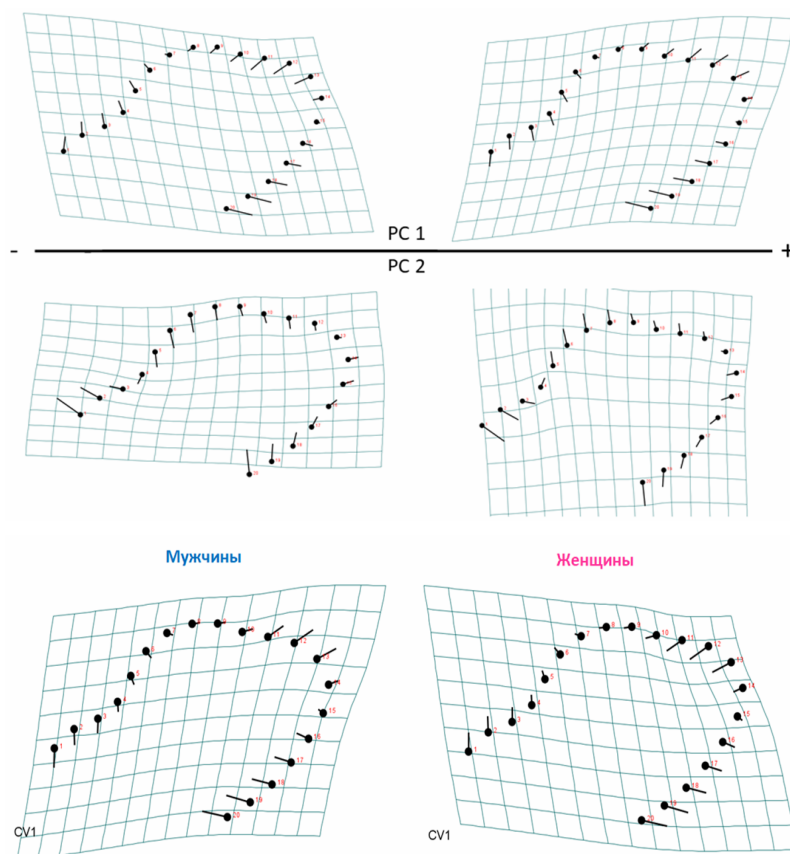


Рис. 7. Изменения формы большого седалищного отверстия относительно первой (PC1) и второй (PC2) главных компонент.

Fig. 7. Morphological changes in the greater sciatic foramen configuration relative to PC1 and PC2 axes.

Рис. 8. Основные направления изменения формы большого седалищного отверстия у мужчин и женщин, представленные в виде деформационных решеток вдоль главной канонической оси.

Fig. 8. Primary directions of the greater sciatic foramen morphological variation between sexes, displayed as thin-plate spline deformations along the canonical axis.

Обнаруженные различия метрических показателей еще не позволяют судить о существовании разных условий для прохождения сосудисто-нервных пучков. Данный вопрос требует дальнейших исследований с измерением мягкотканых структур, относящихся к большому седалищному отверстию, и определением параметров надгрушевидного и подгрушевидного отверстий. Предложенная нами классификация форм большого седалищного отверстия, основанная на линейных измерениях, не продемонстрировала четких половых различий (только для формы дельтоида и параллелограмма) и больше подходит для последующего описания расположения сосудисто-нервных структур, т.к. несет информацию о реальных размерах объекта и соотношении его сторон. Геометрический морфометрический анализ, напротив, на примере пола показал большую эффективность в выявлении межгрупповых различий, однако, его использование ограничено исключением из анализа линейных параметров отверстия.

Таким образом, для определения формы большого седалищного отверстия необходимо использовать комплексные методические подходы.

Список источников / References

1. Белаш В.О., Петрова Е.А. Синдром грушевидной мышцы. Российский остеопатический журнал. 2022;(3):131-156.

2. Belash VO, Petrova EA. Sindrom grushevidnoj myshcy. Rossijskij osteopaticeskij zhurnal. 2022;(3):131-156. (In Russ.) doi: 10.32885/2220-0975-2022-3-131-156.
3. Юдин А.Л., Шوماхов М.А., Юматова Е.А., Абович Ю.А. Синдром грушевидной мышцы. Лечение под контролем КТ-скопии. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020;120(10):85–90. Yudin AL, Shomakhov MA, Yumatova EA, Abovich YuA. Sindrom grushevidnoj myshcy. Lechenie pod kontrol'em KT-skopii. Zhurnal nevrologii i psichiatrii im. S.S. Korsakova. 2020; 120 (10):85–90. (In Russ.). doi: 10.17116/jnevro202012010185.
4. Gomes BA, Ramos MR, Fiorelli RK, Almeida CR, Fiorelli SK. Topographic anatomical study of the sciatic nerve relationship to the posterior portal in hip arthroscopy. Rev Col Bras Cir. 2014 Nov-Dec;41(6):440-4. English, Portuguese. doi: 10.1590/0100-69912014006010.
5. Sermer C, Li ALK, Fernandes GL, Ribeiro AM, Polesello G, Tokechi D, Cancelliere L, Lemos N. Intrapelvic entrapment of sacral nerve roots by abnormal bundles of the piriformis muscle: description of an extra-spinal cause of sciatica and pudendal neuralgia. J Hip Preserv Surg. 2021 May 19;8(1):132-138. doi: 10.1093/jhps/hnab041.
6. Pokorný D, Jahoda D, Veigl D, Pinskerová V, Sosna A. Topographic variations of the relationship of the sciatic nerve and the piriformis muscle and its relevance to palsy after total hip arthroplasty. Surg Radiol Anat. 2006 Mar;28(1):88-91. doi: 10.1007/s00276-005-0056-x.
7. Yürük D, Can E, Genç Perdecioğlu GR, Yıldız G, Akkaya ÖT. Prevalence of piriformis syndrome in

- sciatica patients: Predictability of specific tests and radiological findings for diagnosis. *Br J Pain.* 2024 Oct;18(5):418-424. doi: 10.1177/20494637241254349.
7. Probst D, Stout A, Hunt D. Piriformis Syndrome: A Narrative Review of the Anatomy, Diagnosis, and Treatment. *PM R.* 2019 Aug;11 Suppl 1:S54-S63. doi: 10.1002/pmrj.12189.
 8. Kim DH, Lee SH, Lee SS, Kim YS, Park DK, Han SH, Lee UY. Comprehensive evaluation of the greater sciatic notch for sexual estimation through three-dimensional metric analysis using computed tomography based models. *Leg Med (Tokyo).* 2018 Nov;35:1-8. doi: 10.1016/j.legalmed.2018.09.006.
 9. Gómez-Valdés JA, Quinto-Sánchez M, Menéndez Garmendia A, Velemínska J, Sánchez-Mejorada G, Bruzek J. Comparison of methods to determine sex by evaluating the greater sciatic notch: Visual, angular and geometric morphometrics. *Forensic Sci Int.* 2012 Sep 10;221(1-3):156.e1-7. doi: 10.1016/j.forsciint.2012.04.027.
 10. Kilmer K, Garvin H. Outline analysis of sex and population variation in greater sciatic notch and obturator foramen morphology with implications for sex estimation. *Forensic Sci Int.* 2020 Sep;314:110346. doi: 10.1016/j.forsciint.2020.110346.
 11. Adibatti M, V S. Study on variant anatomy of sciatic nerve. *J Clin Diagn Res.* 2014 Aug;8(8):AC07-9. doi: 10.7860/JCDR/2014/9116.4725.
 12. Mitteröcker Ph, Gunz Ph. Advances in geometric morphometrics. In: *Evolutionary Biology.* 2009;36(2):235-247. doi: 10.1007/s11692-009-9055-x.
 13. Knecht S, Nogueira L, Servant M, Santos F, Alunni V, Bernardi C, Quatrehomme G. Sex estimation from the greater sciatic notch: a comparison of classical statistical models and machine learning algorithms. *Int J Legal Med.* 2021 Nov;135(6):2603-2613. doi: 10.1007/s00414-021-02700-1.
 14. Slice DE. Geometric Morphometrics. *Annual Review of Anthropology.* 2007 Dec;36:261-281. doi:10.1146/annurev.anthro.34.081804.120613

Информация об авторах

✉Васильев Роман Сергеевич – ассистент кафедры анатомии человека; Омский государственный медицинский университет; ул. Ленина, 12, Омск, 644099, Россия
allody2000.roman@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-9684-8250>
SPIN 2057-3037

Путалова Ирина Николаевна – д-р. мед. наук, профессор, зав. кафедрой анатомии человека; Омский государственный медицинский университет; inputalova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8975-0734>
SPIN 2093-3411

Доровских Галина Николаевна – д-р. мед. наук, доцент, профессор кафедры анестезиологии и реаниматологии ДПО; Омский государственный медицинский университет; gal-dorovskikh@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4061-8038>

Information about the authors

✉Roman S. Vasil'ev – Teaching Assistant at the Department of Human Anatomy; Omsk State Medical University; ul. Lenina, 12, Omsk, 644099, Russia
allody2000.roman@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-9684-8250>
SPIN 2057-3037

Irina N. Putalova – Doct. Sci. (Med.), Professor, Head of Human Anatomy Department; Omsk State Medical University; inputalova@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-8975-0734>
SPIN 2093-3411

Galina N. Dorovskikh – Doct. Sci. (Med.), Associate Professor, Professor at the Department of Anesthesiology and Reanimatology; Omsk State Medical University; gal-dorovskikh@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-4061-8038>

Статья поступила в редакцию 22.03.2025; одобрена после рецензирования 7.04.2025; принята к публикации 29.09.2025.
Submitted 22.03.2025; Revised 7.04.2025; Accepted 29.09.2025.