

УДК 611.137.2:611.165]:616.137-005-07:519.7

DOI: 10.34215/1609-1175-2024-3-49-52



Способ оценки вероятности наличия внутритазовых анастомозов верхней ягодичной артерии у людей

А.В. Кузьменко, В.Н. Жданович

Гомельский государственный медицинский университет, Гомель, Беларусь

Цель – разработать математические модели для определения вероятности наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов верхней ягодичной артерии (ВЯА) у мужчин и женщин. **Материалы и методы:** числовые данные для проведения дискриминантного анализа были получены в результате проведенных исследований на нефиксированных трупах (132 трупа мужчин в возрасте от 40 до 60 лет и 60 трупов женщин в возрасте от 35 до 74 лет). Для достижения поставленной цели были применены следующие методы исследования: препарирование, морфометрия, инъекция сосудов соматотипирования, математическое моделирование. **Результаты:** при проведении оценки независимых показателей для получения математических моделей, прогнозирующих высокую или низкую вероятность наличия внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин и женщин, установлено, что статистически значимыми переменными-предикторами для линейной дискриминантной функции являются значения длины и диаметра этой артерии. При определении вероятности наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА точность математической модели у мужчин составила 93,8%, а у женщин – 91,7%. Отнесение каждого нового случая исследования к группе лиц мужского пола с высокой или низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА может быть рассчитано по следующим формулам: $y_0 = -11,174 + 1,465x_1 + 5,139x_2$ и $y_1 = -31,459 + 4,101x_1 + 6,436x_2$, а у женщин – $y_0 = -99,896 + 1,821x_1 + 2,964x_2$ и $y_1 = -103,737 + 3,685x_1 + 3,493x_2$, где x_1 – значение диаметра ВЯА для каждого нового случая, x_2 – значение длины ВЯА для каждого нового случая. Если $y_0 > y_1$, то мужчина или женщина относится к группе с низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА, если $y_0 < y_1$, то – к группе людей с высокой вероятностью наличия аналогичных внутритазовых соустьев. **Заключение:** разработанные математические модели с достаточно высокой точностью могут прогнозировать наличие или отсутствие внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин и женщин.

Ключевые слова: математическое моделирование, артериальные анастомозы, линейная дискриминантная функция, анатомия, полость таза, эндоваскулярная эмболизация

Поступила в редакцию: 26.03.2024. Получена после доработки: 19.04.2024. Принята к публикации: 18.06.24

Для цитирования: Кузьменко А.В., Жданович В.Н. Способ оценки вероятности наличия внутритазовых анастомозов верхней ягодичной артерии у людей. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2024;3:49–52. doi: 10.34215/1609-1175-2024-3-49-52

Для корреспонденции: Кузьменко Александр Викторович – канд. мед. наук, доцент кафедры анатомии человека с курсом оперативной хирургии и топографической анатомии (246000, г. Гомель, ул. К. Маркса, 11а); ORCID: 0000-0002-0116-7481; тел. +375 (232) 34-23-78; e-mail: alexxx3800@mail.ru

Probability assessment method for intrapelvic anastomoses of superior gluteal artery in humans

A.V. Kuzmenko, V.N. Zhdanovich

Gomel State Medical University, Gomel, Belarus

Aim. To develop mathematical models for determining the probability of intrapelvic anastomoses of the superior gluteal artery (SGA) in males and females. **Materials and methods.** Numerical data for discriminant analysis were obtained as a result of studies on 132 unidentified male (aged 40 to 60 years) and 60 female (aged 35 to 74 years) corpses. The following methods were used: preparation, morphometry, injection of blood vessels, somatotyping, mathematical modeling. **Results.** The length and diameter of SGA in men and women were found to be statistically significant predictor variables for the linear discriminant function. When assessing the probability of intrapelvic anastomoses of SGA using the proposed mathematical model, its accuracy was found to be 93.8 and 91.7% for men and women, respectively. The assignment of each new case to a group of males with a high or low probability of having intrapelvic anastomoses can be calculated using the following formulas: $y_0 = -11.174 + 1.465x_1 + 5.139x_2$ and $y_1 = -31.459 + 4.101x_1 + 6.436x_2$, in groups of females – $y_0 = -99.896 + 1.821x_1 + 2.964x_2$ and $y_1 = -103.737 + 3.685x_1 + 3.493x_2$. Here, x_1 is the SGA diameter for each new case and x_2 is the SGA length for each new case. If $y_0 > y_1$, then the man or woman belongs to the group with a low probability of having intrapelvic anastomoses of the SGA. If $y_0 < y_1$, then the people belong to a group with a high probability of having similar intrapelvic collaterals. **Conclusion.** The developed mathematical models can be used to predict the presence or absence of intrapelvic anastomoses of SGA in males and females with sufficiently high accuracy.

Keywords: mathematical modeling, arterial anastomoses, linear discriminant function, anatomy, pelvic cavity, endovascular embolization

Received 26 March 2024; Revised 19 April 2024; Accepted 18 June 2024

For citation: Kuzmenko A.V., Zhdanovich V.N. A method for assessing the likelihood of having intrapelvic anastomoses of the superior gluteal artery in humans. *Pacific Medical Journal*. 2024;3:49–52. doi: 10.34215/1609-1175-2024-3-49-52

Corresponding author: Alexander V. Kuzmenko, Cand. Sci. (Med.), Associate professor at the Department of Human Anatomy with the course of Operative Surgery and Topographic Anatomy of Gomel State Medical University (11a K. Marksa street. Gomel, 246000, Belarus); ORCID: 0000-0002-0116-7481; phone: +375 (232) 34-23-78; e-mail: alexxx3800@mail.ru

Разработка и внедрение расходных эндоваскулярных материалов, обладающих различными физическими характеристиками и возможностями проникать в артерии мелкого, среднего и большого калибра, значительно расширили возможности внутрисосудистых оперативных приемов [1, 2]. В результате стали достижимыми для хирургических вмешательств периферические артерии, которые являются труднодоступными при выполнении стандартных оперативных приемов [3]. Вместе с тем в специализированных литературных источниках сообщается, что воздействие окольного кровотока через артериальные анастомозы на расходный эндоваскулярный материал, размещенный в просвете определенного сосуда, может негативно влиять на исход операции [4]. Авторы современных научных публикаций указывают на тот факт, что без глубоких знаний анатомии анастомозов артерии, на которой будет производиться эндоваскулярная операция, в ряде случаев не удастся достичь приемлемого результата [5].

Исследования анатомии анастомозов артерий таза на протяжении длительного периода времени сводились лишь к получению информации, которая давала представление специалистам какие именно сосуды связаны между собой артериальными соустьями [6, 7]. Затем появились печатные работы, в которых приводились отрывочные сведения по частоте встречаемости (наличия) отдельных анастомозов таза [7]. Несмотря на появление современных работ, описывающих топографию, частоту встречаемости и морфометрические характеристики анастомозов верхней ягодичной артерии (ВЯА) у людей обоего пола, до сих пор отсутствуют публикации, излагающие алгоритмы по прогнозированию таких параметров, как наличие или отсутствие анастомотических ветвей этого сосуда.

Известно, что ВЯА является ветвью внутренней подвздошной артерии, которая наиболее часто повреждается при переломах костей таза [3]. Вследствие этого в полости малого таза возникает быстрорастущая гематома. В такой ситуации до проведения селективного оперативного приема на ВЯА, который обеспечит надежный гемостаз, необходимо собрать максимум информации о внутритазовых коллатералях этой артерии [5]. Затем в ходе операции исключить из кровотока ту часть русла ВЯА, в которой идентифицированы ее анастомотические ветви. В противном случае может развиться повторное кровотечение [7].

Таким образом, остаются актуальными научные работы, направленные на разработку математических моделей, прогнозирующих вероятность наличия внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин и женщин.

Цель исследования – с помощью дискриминантного анализа разработать математические модели для определения вероятности наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин и женщин.

Материалы и методы

Числовые данные для проведения дискриминантного анализа были получены в результате проведенных исследований на нефиксированных трупах (132 трупа мужчин в возрасте от 40 до 60 лет и 60 трупов женщин в возрасте от 35 до 74 лет). Весь комплекс работ с биологическим материалом был одобрен этическим комитетом Гомельского государственного медицинского университета (протокол №1 от 15.05.2019 г.). При формировании вариационных рядов, необходимых для анализа показателей независимых признаков линейной дискриминантной функции (ЛДФ), были отобраны следующие морфометрические параметры: длина тела трупа и его соматотип [6], плечевой индекс (расстояние между крайними точками акромионов лопаток), длина ВЯА, диаметр ВЯА.

Измерение длины, а затем диаметра ВЯА у мужчин и женщин осуществляли после препарирования париетальных и висцеральных артериальных сосудов таза. Для повышения уровня визуализации внутритазовых анастомозов этой артерии на этапе выделения дистальной части аорты и ее ветвей вводили 60 мл раствора красной туши.

Оценку коэффициентов всех полученных математических моделей производили для уравнения следующего вида: $y = C + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots + a_nx_n$, где x_i – наиболее информативные из анализируемых признаков; a_i – коэффициенты; C – константа.

При разделении мужчин на группы с высокой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА и группы с низкой вероятностью аналогичного признака была сформирована матрица наблюдений (выборка, в которой изначально проводилась оценка точности математической модели) в количестве 84 человека (первая группа). Для тестирования полученных математических моделей произвели отбор 48 мужчин (не входивших ранее в матрицу наблюдений) в отдельную выборку (вторая группа).

У женщин выборка для оценки точности математических моделей состояла из 34 человек (первая группа), а для тестирования полученных моделей – из 24 человек (вторая группа).

Математическое моделирование осуществляли в среде пакета статистических программ «Statistica» 13.0 (Trial-версия).

Результаты исследования

При проведении оценки независимых показателей для получения математических моделей, прогнозирующих высокую или низкую вероятность наличия внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин, установлено, что статистически значимыми

переменными-предикторами для ЛДФ являются значения длины и диаметра этой артерии. Статистика переменных, включенных в модель для людей мужского пола, представлена в виде таблицы (табл. 1).

Фиксацию результатов классификации значимых переменных-предикторов ЛДФ у мужчин для ВЯА производили при следующих параметрах: Wilks, Lambda = 0,226, F-remove – F (2,129) = 220,72, значимость модели – $p < 0,001$. Вместе с тем не имеющие значительного влияния независимые переменные на признак наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин не вошли в модель. К таковым относились длина тела трупа и его соматотип, а также плечевой индекс.

Для наиболее значимых переменных-предикторов ЛДФ у людей мужского пола были рассчитаны стандартизованные коэффициенты (табл. 2).

При проведении программного анализа по классификации параметров (наличие или отсутствие внутритазовых анастомозов ВЯА) в первой группе у мужчин установлено, что в выборке, включающей 20 человек с наличием одного или более одного анастомозов, корректное определение присутствия артериальных соустьев составило 17 случаев. В выборке с отсутствием анастомозов ВЯА, состоящей из 64 человек мужского пола, было корректно определено отсутствие коллатералей в 62 случаях. Таким образом, точность математической модели составила 94,1%. Для проверки работоспособности полученной модели задействовали вторую группу мужчин, состоящую из 26 людей с наличием внутритазовых анастомозов ВЯА и 22 человек без аналогичных артериальных соустьев. В выборке людей мужского пола, включающей 26 человек с наличием одной или более одной внутритазовой коллатерали ВЯА, корректное определение присутствия анастомозов составило 23 случая. В выборке мужчин с отсутствием анастомозов ВЯА, состоящей из 22 человек, было корректно определено отсутствие коллатералей в 22 случаях. Точность модели во второй группе составила 93,8%.

Отнесение каждого нового случая исследования к группе лиц мужского пола с высокой или низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов

ВЯА может быть рассчитано по следующим формулам: $y_0 = -11,174 + 1,465x_1 + 5,139x_2$ и $y_1 = -31,459 + 4,101x_1 + 6,436x_2$, где x_1 – значение диаметра ВЯА для каждого нового случая, x_2 – значение длины ВЯА для каждого нового случая. Если $y_0 > y_1$, то мужчина относится к группе с низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА, если $y_0 < y_1$, то – к группе людей мужского пола с высокой вероятностью наличия аналогичных внутритазовых соустьев.

При проведении оценки независимых показателей для получения математических моделей, прогнозирующих высокую или низкую вероятность наличия внутритазовых анастомозов ВЯА у женщин, установлено, что статистически значимыми переменными-предикторами для ЛДФ являются значения длины и диаметра ягодичных артерий. Статистика переменных, включенных в модель для людей женского пола, представлена в виде таблицы (табл. 3).

Анализ и фиксацию результатов классификации значимых переменных-предикторов ЛДФ у женщин для ВЯА производили при следующих параметрах: Wilks, Lambda = 0,339, F-remove – F (4,55) = 26,797, значимость модели – $p < 0,001$.

Определенные в программной среде показатели как не имеющие значительного влияния независимые переменные на признак наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА у женщин не вошли в модель. К этим показателям относились длина тела трупа и его соматотип, а также плечевой индекс. Для наиболее значимых переменных-предикторов ЛДФ у людей женского пола были рассчитаны стандартизованные коэффициенты (табл. 4).

В ходе проведения программного анализа по классификации таких параметров, как наличие или отсутствие внутритазовых анастомозов ВЯА в первой группе у женщин, установлено, что в выборке, включающей 5 человек с наличием одного или более одного анастомозов, корректное определение присутствия артериальных соустьев составило 5 случаев. Дальнейшая оценка показала, что в выборке с отсутствием анастомозов ВЯА, состоящей из 31 женщин, было корректно определено отсутствие коллатералей в 30 случаях. Таким

Таблица 1
Статистика переменных, включенных в модель у мужчин

Переменные	Wilks	F-remove	p
Длина ВЯА	0,238	6,768	0,010
Диаметр ВЯА	0,696	268,187	0,001

Таблица 2
Коэффициенты дискриминантных функций для переменных, включенных в модель у мужчин

Переменные	Отсутствие анастомозов (y_0)	Наличие анастомозов (y_1)
Длина ВЯА	5,139	6,436
Диаметр ВЯА	1,465	4,101
Constant ВЯА	-11,174	-31,459

Таблица 3
Статистика переменных, включенных в модель у женщин

Переменные	Wilks	F-remove	p
Длина ВЯА	0,149	3,563	0,011
Диаметр ВЯА	0,865	85,305	0,001

Таблица 4
Коэффициенты дискриминантных функций для переменных, включенных в модель у женщин

Переменные	Отсутствие анастомозов (y_0)	Наличие анастомозов (y_1)
Длина ВЯА	2,964	3,493
Диаметр ВЯА	1,821	3,685
Constant ВЯА	-99,896	-103,737

образом, точность математической модели составила 94,6%. С целью проверки работоспособности полученной модели задействовали вторую группу женщин, состоящую из 11 людей с наличием внутритазовых анастомозов ВЯА и 13 человек без аналогичных артериальных соустьев. В выборке людей женского пола, включающей 11 человек с наличием одной или более одной внутритазовой коллатерали ВЯА, корректное определение присутствия анастомозов составило 10 случаев. В выборке женщин с признаком отсутствия анастомозов ВЯА, состоящей из 13 человек, было корректно определено отсутствие коллатералей в 12 случаях. Точность модели во второй группе составила 91,7%.

Отнесение каждого нового случая исследования к группе лиц женского пола с высокой или низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА может быть рассчитано по следующим формулам: $y_0 = -99,896 + 1,821x_1 + 2,964x_2$ и $y_1 = -103,737 + 3,685x_1 + 3,493x_2$, где x_1 – значение диаметра ВЯА для каждого нового случая, x_2 – значение длины ВЯА для каждого нового случая. Если $y_0 > y_1$, то женщина относится к группе с низкой вероятностью наличия внутритазовых анастомозов ВЯА, если $y_0 < y_1$, то – к группе людей женского пола с высокой вероятностью наличия аналогичных внутритазовых соустьев.

Обсуждение полученных результатов

Разработанные в ходе настоящего исследования формулы для определения вероятности наличия или отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА, обладают рядом положительных качеств. Одним из них является небольшое количество переменных, необходимых для проведения нужных расчетов. Этот факт значительно влияет на скорость сбора числовых данных для проведения дальнейшего анализа. Необходимо подчеркнуть, что измерение таких параметров, как длина и диаметр ВЯА в ходе выполнения компьютерной томограммы с ангиоконтрастированием и применения соответствующих программных приложений не составляет большого труда для среднестатистического врача-диагноста [8, 9]. Вторым положительным качеством предложенных формул является их простота и содержание крайне ограниченного количества арифметических действий. Вследствие этого предлагаемый метод можно рекомендовать широкому кругу специалистов.

Важной закономерностью полученных результатов нашего исследования является то, что, несмотря на содержание малого количества переменных-предикторов, входящих в предложенные математические модели, сохраняется высокая точность (более 90%) корректно определяемых искомым признакам у мужчин и женщин для каждого нового анализируемого случая.

Учитывая тот факт, что на сегодня в специализированных литературных источниках отсутствуют

описания моделей для определения наличия и отсутствия внутритазовых анастомозов ВЯА, изложенный в настоящей работе способ оценки этих признаков позволит расширить арсенал методов исследования у врачей с рентгенохирургическим или рентгенодиагностическим профилем работы.

Заключение

Разработанные математические модели с достаточно высокой точностью могут прогнозировать наличие или отсутствие внутритазовых анастомозов ВЯА у мужчин и женщин. Установлено, что значимыми переменными-предикторами для полученных моделей являются значения длин и диаметров ВЯА.

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

Источники финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Литература / References

1. Hu J, Albadawi H, Oklu R, Chong BW, Deipolvi AR, Sheth RA, Khademhosseini A. Advanced in biomaterials and technologies for vascular embolization. *Advanced Materials*. 2019;31(33):e1901071. doi: 10.1002/adma.201901071
2. Torres I, De Luccia N. Artificial vascular models for endovascular training (3 D printing). *Innovative Surgical Sciences*. 2018;3(3):225–34. doi: 10.1515/iss-2018-0020
3. Singh A, Kumar A, Kumar P, Kumar S, Gamanagatti S. “Beyond saving lives”: current perspectives of interventional radiology in trauma. *World Journal of Radiology*. 2017;9(4):155–77. doi: 10.4329/wjr.v9.i4.155
4. Pal A, Blanz J, Gomes KJ, Preul MC, Vemon BL. Liquid embolics: emerging options and applications. *Gels*. 2023;9(5):378. doi: 10.3390/gels9050378
5. Burdick TS, Hoffer EK, Kooy T, Ghodke B, Stames BW, Valji K. Which arteries are expendable? The practice and pitfalls of embolization throughout the body. *Seminars in Interventional radiology*. 2008;25(3):191–203. doi: 10.1055/s-0028-1085925
6. Кузьменко А.В., Шкварко М.Г. Хирургическая анатомия внеорганных анастомозов маточной артерии. *Акушерство и гинекология*. 2020;(7):117–21. [Kuzmenko AV, Shkvarko MG. Surgical anatomy of the extraorgan anastomoses of the uterine artery. *Obstetrics and Gynecology*. 2020;(7):117–21 (In Russ.)]. doi: 10.18565/aig.2020.7.117-121
7. Кузьменко А.В., Шкварко М.Г. Хирургическая анатомия внутритазовых анастомозов верхней ягодичной артерии. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020;(11):74–8. [Kuzmenko AV, Shkvarko MG. Surgical anatomy of the intrapelvic anastomoses of the superior gluteal artery. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2020;(11):74–8 (In Russ.)]. doi: 10.17116/hirurgia202011174
8. Vaidya R, Waldron J, Scott A, Nasr K. Angiography and embolization in the management of bleeding pelvic fractures. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(4):68–76. doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00600
9. Weir A, Kennedy P, Joyce S, Ryan D, Spence L, McEntee M, Maher M, O'Connor O. Endovascular management of pelvic trauma. *Annals of Translational Medicine*. 2021;9(14):1196. doi: 10.21037/atm-20-4591