

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 611–013.8:611.13/.16:576.2
doi:10.18499/2225-7357-2024-13-4-101-106
3.3.1 – анатомия человека



Оценка морфометрической достоверности построения 3D модели сосудов пуповины

М. Ю. Клявли́на✉, А. В. Масленников, Д. Ю. Рыбалко,
М. Ф. Галаутдинов, Ф. Ф. Кильмухаметов

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

Аннотация. Цель исследования является создание трехмерной модели сосудов пуповины новорожденных с учетом индивидуальных морфометрических особенностей и оценка соответствия морфометрических показателей 3D модели и коррозионного препарата. **Материал и методы.** Материалом для исследования служили сосуды пуповины доношенных новорожденных, чей статус при рождении оценивался ≥ 7 баллов по шкале Апгар, в количестве 20 образцов, длиной 10 см. Первым этапом исследования было изготовление коррозионных препаратов на основе зуботехнического материала «Белакрил»-М ХО. Затем коррозионные препараты сканировали на 3D сканере RangeVision SPECTRUM (Россия) на поворотном столе со скоростью $24^\circ/\text{с}$. В результате получали 3D модели сосудов пуповины в программе ScanCenter NG 2022. На коррозионных препаратах проводили подсчет количества витков на данном участке, замер расстояния между витками сосудов пуповины с помощью электронного штангенциркуля, расстояние между комплексами «артерии и вена», измеряли окружность комплекса сосудов пуповины сантиметровой лентой и внутренний диаметр артерий и вены микрометром. В программе Blender 4.2. STL проводили измерения 3D моделей. Статистическая обработка данных проведена в программе Statistica 10. **Результаты.** На коррозионном препарате и 3D модели число витков на исследуемом участке пуповины длиной 10 см не превышало двух. Расстояние между витками составило 45 мм. Расстояние между соседними комплексами «артерии и вена» равнялось 45 мм. Внутренний диаметр артерий и вены – 2,6 мм и 7,3 мм соответственно. При сравнении морфометрических показателей коррозионного препарата и 3D модели статистически значимых различий не установлено. Данное наблюдение может свидетельствовать о методической точности и адекватности технологии построения 3D моделей с коррозионного препарата **Заключение.** Морфометрические параметры созданных с помощью 3D сканера RangeVision SPECTRUM компьютерных 3D моделей сосудов пуповины доношенных новорожденных идентичны аналогичным показателям коррозионных препаратов. Такие модели в дальнейшем могут быть использованы в качестве основы для постановки биофизических экспериментов и для создания компьютерных симуляций.

Ключевые слова: пупочная вена; пупочная артерия; 3D моделирование; сосуды пуповины; коррозионный препарат

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Клявли́на М.Ю., Масленников А.В., Рыбалко Д.Ю., Галаутдинов М.Ф., Кильмухаметов Ф.Ф. Оценка морфометрической достоверности построения 3D модели сосудов пуповины // Журнал анатомии и гистопатологии. 2024. Т. 13, №4. С. 101–106. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-4-101-106>

BRIEF ARTICLES

Brief article

Evaluation of the Morphometric Reliability of Umbilical Cord Vessels' 3D Models

M. Yu. Klyavlin[✉], A. V. Maslennikov, D. Yu. Rybalko,
M. F. Galautdinov, F. F. Kil'mukhametov

Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Abstract. The aim was to create a three-dimensional model of the umbilical cord vessels of newborns, taking into account their individual morphometric features and evaluation the compliance of the morphometric parameters of the 3D model and the corrosion preparation. **Material and methods.** The material for the study included the umbilical cord vessels of full-term newborns whose status at birth was estimated at ≥ 7 points on the Apgar scale, in the amount of 20 samples, 10 cm long. The first stage of the study was the production of corrosion preparations based on the dental material “Belakril”-M XO. Then the corrosion preparations were scanned on a 3D scanner RangeVision SPECTRUM (Russia) on a rotary table at a speed of $24^\circ/\text{s}$. As a result, 3D models of umbilical cord vessels were obtained in the ScanCenter NG 2022 program. The number of turns in a given area was counted, the distance between the turns of the umbilical cord vessels was measured on corrosion preparations using an electronic caliper, the distance between the “artery and vein” complexes, the circumference of the umbilical cord vessel complex was measured with a centimeter tape, and the internal diameter of the arteries and

veins was measured with a micrometer. Measurements of 3D models were taken in the Blender 4.2. STL program. Statistical data processing was carried out in the Statistica 10 program. **Results.** On the corrosion specimen and 3D model, the number of turns on the examined section of the umbilical cord with a length of 10 cm did not exceed two. The distance between the turns was 45 mm. The distance between adjacent “artery and vein” complexes was 45 mm. The internal diameter of the arteries and veins was 2.6 mm and 7.3 mm, respectively. Comparison of the morphometric parameters of the corrosion preparation and the 3D model showed no statistically significant differences. This observation may indicate the methodological accuracy and adequacy of the technology for constructing 3D models from the corrosion preparation. **Conclusion.** The morphometric parameters of computer 3D models of the umbilical cord vessels of full-term newborns created using the RangeVision SPECTRUM 3D scanner are identical to those of corrosive preparations. Such models can be used in the future as a basis for setting up biophysical experiments and for creating computer simulations.

Keywords: umbilical vein; umbilical artery; 3D modeling; umbilical vessels; corrosion preparation

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

For citation: Klyavina M.Yu., Maslennikov A.V., Rybalko D.Yu., Galautdinov M.F., Kil'mukhametov F.F. Evaluation of the morphometric reliability of umbilical cord vessels' 3D models. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2024. V. 13, №4. P. 101–106. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2024-13-4-101-106>

Введение

В 2023 г., в Торонто на ежегодном международном саммите, посвященном мертворождаемости, врачи различных специальностей и ученые пришли к выводу, что среди причин перинатальной смертности наибольший удельный вес занимают аномалии пуповины и гипоперфузия в системе «мать–плацента–плод». Пуповина – это провизорный орган, являющийся составной частью фетоплацентарной системы кровообращения и состоит из трех сосудов: двух артерий и одной вены. Сосуды пуповины окружены соединительной тканью – вартоновым студнем, который выполняет защитную функцию. По мнению ряда авторов, длина пуповины в норме при доношенной беременности составляет не менее 40 см, диаметр артерий пуповины – 3–4 мм, вены – 7–9 мм [3, 5]. На протяжении от плаценты до пупочного кольца плода сосуды пуповины совершают примерно 10–25 витков [8]. Витки могут быть лево- и правозакрученные, чаще встречается вариант левозакрученных [6]. Встречаются атипичные варианты сосудов: две вены и две артерии, две вены и три артерии, одна вена и три артерии, одна вена, две артерии и омфаломезентеральный проток, который интерпретируется как сосуд, пуповина с разным количеством сосудов в плодовом и плацентарном участках и др. [2]. Ряд исследователей описывает клинический случай четырехсосудистой пуповины [11]. Мнение о клинической значимости изменения количества сосудов в пуповине многогранно. Самым частым патологическим вариантом строения является единственная артерия пуповины (ЕАП) [15] и может быть диагностирована как единичная сонографическая находка или сочетаться с врожденными пороками развития [13, 15, 16]. Также существует мнение, что обнаружение ЕАП не имеет клинического значения, но при этом может наблюдаться повышенная частота задержки внутриутробного развития плода [19]. G.R. Damiani с соавт. (2022) описали пятисосудистую пуповину и отметили, что не всегда обнаружение данного варианта строения слу-

жит фактором неблагоприятного перинатального исхода [14].

Внедрение новых технологий в медицину расширяет возможности своевременной диагностики и лечения заболеваний [1]. Компьютерное моделирование приобретает все большее значение в клинической практике [12, 20]. Ведущие медицинские центры страны занимаются 3D моделированием, отмечают преимущество данной методики в изучении строения и визуализации органов и систем [10]. Идентичные биологическому материалу 3D модели сосудов пуповины могут быть использованы для проведения экспериментов, направленных на разработку лечебных и диагностических мероприятий, способствующих благоприятному исходу беременности. Новизна данной работы заключается в использовании биологического материала для построения 3D модели с учетом индивидуальных фенотипических особенностей каждого сосуда.

Целью нашего исследования является создание трехмерной модели сосудов пуповины новорожденных с учетом индивидуальных морфометрических особенностей и оценка соответствия морфометрических показателей 3D модели и коррозионного препарата.

Материал и методы исследования

Объектом исследования служили сосуды пуповины. Отбирались пуповины доношенных детей, родившихся в срок с 37-й по 41-ю неделю (n=20), имеющие три сосуда: две артерии и одну вену. Критерием включения в исследование был статус новорожденного ≥ 7 баллов по шкале Апгар, без признаков хронической фетоплацентарной недостаточности.

Взятие биологического материала (пуповин) проводилось в условиях ГБУЗ РБ ГКПЦ г. Уфы с письменного согласия женщин. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «БГМУ» МЗ РФ от 23.10.2024 г. Фрагмент сосудистого комплекса пуповины длиной 10 см забирали в течение 1 минуты после рождения ребенка.

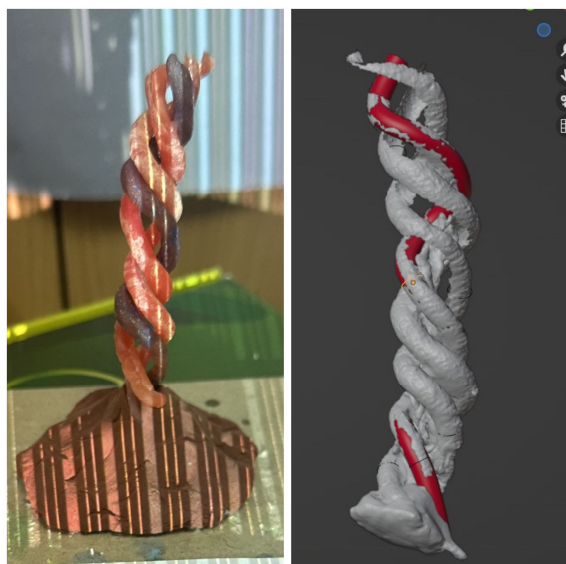


Рис. 1. Коррозионный препарат, зафиксированный на поворотном столе (слева) и 3D модель (справа) в интерфейсе программы Blender 4.2.

Fig. 1. Corrosion preparation fixed on a turntable (left) and 3D model (right) in the Blender 4.2 program interface.

Сразу после пересечения пуповины сосуды промывали под проточной водой. Транспортировка материала осуществлялась в течение первых 12 часов в 0,9% растворе NaCl с целью предотвращения значимых для исследования морфологических изменений сосудов пуповины.

Дальнейшее исследование проводилось на кафедре анатомии человека ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава РФ. Оно включало себя изготовление коррозионного препарата сосудов пуповины и проведение морфометрии. Для изготовления коррозионных препаратов использовали инъекционный метод [15]. Для заполнения сосудов использовалась зуботехническая смесь «Белакрил»-М ХО. Заливка осуществлялась путем введения смеси с помощью шприца и канюли до наполнения. Концы пуповины фиксировались мягкими зажимами Бильрота для исключения вытекания смеси. В течение 5–30 минут смесь затвердевала. Далее препарат погружали на 1 сутки в раствор гидроксида калия для растворения мягких тканей. После извлечения из раствора гидроксида калия получали слепки сосудов пуповины. На коррозионных препаратах проводили подсчет количества витков на участке в 10 см, измеряли расстояние между витками сосудов пуповины с помощью электронного штангенциркуля, расстояние между комплексами «артерии и вена», измеряли окружность комплекса сосудов пуповины сантиметровой лентой и внутренний диаметр артерий и вены микрометром (Guhring).

Сканирование полученных образцов проводилось на базе лаборатории аддитивных технологий ФГБОУ ВО «БГМУ» Минздрава

России 3D сканером RangeVision Spectrum (Россия), снабженным двумя камерами, с разрешением сканируемых объектов до 0,04 мм. Объект фиксировали на поворотном столе в вертикальном положении с помощью твердого пластилина для исключения смещения мундштала при вращении. Скорость поворота стола составила 24°/с. Изначально проводилось сканирование комплекса трех сосудов пуповины, затем каждый сосуд сканировали по отдельности для получения более точного конечного результата. Обработку данных проводили в программе ScanCenter NG 2022. Редактирование полученной 3D модели выполнено с помощью программы для создания и корректировки трехмерных изображений Blender 4.2 LTS. Все образцы перед сканированием были пронумерованы.

Для сравнения были взяты следующие параметры: внутренний диаметр сосудов пуповины, окружность комплекса «артерии и вена пуповины», количество витков на исследуемом отрезке, расстояние между витками, расстояние между комплексом «артерии и вена пуповины».

Статистическая обработка данных проведена в программе Statistica 10. Тип распределения определялся с помощью критерия Шапиро–Уилка. Учитывая отсутствие нормального распределения данных в исследуемых выборках, использовали методы непараметрической статистики. Сравнение между двумя группами проводили с помощью критерия Вилкоксона. Критическое значение составило $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследования было изготовлено двадцать коррозионных препаратов и 3D сосудов пуповины. На рис. 1 представлены коррозионный препарат, зафиксированный на поворотном столе и 3D модель в интерфейсе программы Blender 4.2.

В табл. 1 представлены результаты морфометрии коррозионного препарата и 3D модели сосудов пуповины.

Количество витков на коррозионном препарате и 3D модели составило 2 витка на исследуемом участке пуповины. По литературным данным, средний индекс скручивания пуповины составляет $0,21 \pm 0,07$ витков на сантиметр [17]. Ряд авторов отмечает, что в нормальной пуповине 1 виток приходится на 5 см или 0,2 витка на 1 см. Пуповины с индексом извитости менее 0,07 витков/см классифицируются как гипоиизвитые, а с индексом извитости более 0,3 витков/см считаются гиперизвитыми [9]. Результат нашего исследования совпал с описанными выше литературными данными. Помимо пуповин с нормальным количеством витков, в нашем исследовании в 1% случаев регистрировались гиперизвитые варианты строения, в 2% – гипоиизвитые.

Таблица 1 / Table 1

Морфометрические показатели коррозионных препаратов и 3D моделей (Me [Q25; Q75])
Morphometric parameters of corrosion preparations and 3D models (Me [Q25; Q75])

Исследуемые параметры	Коррозионные препараты	3D модели	p-value
Количество витков на участке, которые совершили сосуды, сделав оборот на 360°, шт.	2 [1; 2,5]	2 [1; 2,5]	–
Расстояние между витками, мм	45 [33,5; 54,5]	45 [33,5; 54,5]	–
Расстояние между соседними комплексами «артерии и вена», мм	20 [8,5; 26,5]	20 [8,5; 26,5]	–
Окружность комплекса «артерии и вена», см	5,3 [5; 5,8]	5,3 [5; 5,8]	0,59
Внутренний диаметр 1-й артерии, мм	2,6 [2,4; 2,7]	2,6 [2,4; 2,7]	0,6
Внутренний диаметр 2-й артерии, мм	2,6 [2,4; 2,7]	2,6 [2,4; 2,7]	0,17
Внутренний диаметр вены, мм	7,3 [6,9; 7,5]	7,4 [6,9; 7,4]	0,67

Измерение расстояния между соседними комплексами «артерии и вена», окружность комплекса «артерии и вена» было проведено исключительно с целью сопоставления полученных морфометрических показателей при измерении коррозионного препарата и 3D модели.

Медиана внутреннего диаметра артерий на коррозионном препарате и 3D модели составила 2,6 мм. В работах [3, 5] имеются указания на диаметр артерий пуповины, равный 3–4 мм. По данным ультразвукового исследования, выполненного А.Н. Кивва с соавт., диаметр правой и левой артерий составил $1,32 \pm 0,02$ и $1,25 \pm 0,03$ мм соответственно [4]. Также авторы отмечают зависимость диаметра артерий от веса новорожденного. Предположительно такой разброс данного морфометрического параметра связан с генетической предрасположенностью и фенотипической изменчивостью. В литературе нам не встречались данные, которые устанавливают границы нормы диаметра пупочных артерий доношенных, здоровых новорожденных. Следовательно, нельзя отнести полученные нами и другими авторами данные к патологическим структурным изменениям.

Медиана внутреннего диаметра артерий на коррозионном препарате и 3D модели составила 7,3 мм, что совпадает с литературными данными [2, 4].

При сравнении упомянутых выше морфометрических показателей коррозионного препарата и 3D модели в программе Statistica 10 с помощью критерия Вилкоксона продемонстрировано отсутствие различий между сравниваемыми показателями ($p > 0,05$). Данное наблюдение может свидетельствовать о методической точности и адекватности технологии построения 3D моделей с коррозионного препарата.

Заключение

Морфометрические параметры компьютерных 3D моделей сосудов пуповины доношенных новорожденных, созданных с помощью российского 3D сканера RangeVision

SPECTRUM, с учетом индивидуальных фенотипических особенностей и аналогичные показатели коррозионных препаратов идентичны. Такие модели в дальнейшем могут быть использованы в качестве основы для постановки биофизических экспериментов и для создания компьютерных симуляций.

Список источников / References

- Автандилов Г.Г. Основы количественной патологической анатомии: Учебное пособие для слушателей системы последипломного образования. М.: Медицина, 2002. 237.
Avtandilov G.G. Osnovy kolichestvennoi patologicheskoi anatomii: Uchebnoe posobie dlya slushatelei sistemy poslediplomnogo obrazovaniya. M.: Meditsina, 2002. 237. (in Russ.).
- Волков А.Е. Пренатальная диагностика патологии пуповины. Медицинский вестник Юга России. 2011;(2):38–45.
Volkov A.E. Prenatal Diagnosis of Cord Pathology. Medical Herald of the South of Russia. 2011;(2):38–45. (in Russ.).
- Глуховец Б.И., Глуховец Н.Г. Патология последа. СПб.: Грааль, 2002. 488.
Glukhovets, B.I., Glukhovets, N.G. Patologiya posleda. SPb.: Graal', 2002. 488. (in Russ.).
- Кивва А.Н., Лейга А.В., Маева Е.Г. Диаметр пупочных артерий у новорожденных по данным ультразвукового исследования. Современные проблемы науки и образования. 2017; 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26071>.
Kivva, A.N., Leiga, A.V., Maeva, E.G. Diametr pupochnykh arterii u novorozhdenykh po dannym ul'trazvukovogo issledovaniya. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2017; 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=26071>. (in Russ.).
- Коган Я.Э. Патология пуповины и ее роль в перинатальных осложнениях. Практическая медицина. 2016;1(93):22–25.
Kogan Ya. E. Patologiya pupoviny i ee rol' v perinatal'nykh oslozhnennykh. Prakticheskaya meditsina. 2016;1(93):22–25. (in Russ.).
- Радзинский В.Е., Милованов А.П., Ординец И.М., Гагаев Ч.Г., Морозов С.Г., Кондратьева Е.Н., и др. Экстраэмбриональные и околоплодные структуры при нормальной и ослож-

- ненной беременности: Коллективная монография. Под ред. профессора В.Е. Радзинского и профессора А.П. Милованова. М.: Медицинское информационное агентство, 2004. 393. Radzinskii V.E., Milovanov A.P., Ordians I.M., Gagaev Ch.G., Morozov S.G., Kondrat'eva E.N., et al. Ekstraembrional'nye i okoloplodnye struktury pri normal'noi i oslozhnennoi beremennosti: Kollektivnaya monografiya. Pod red. professora V.E. Radzinskogo i professora A.P. Milovanova. M.: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2004. 393. (in Russ.).
7. Попова И.Г., Проценко Е.В., Ситникова О.Г., Назаров С.Б., Кузьменко Г.Н., Харламова Н.В. Патоморфологические и биохимические особенности эндотелия сосудов пуповины при беременности, осложненной преэклампсией. Проблемы репродукции. 2022;28(6):44-52. Popova IG, Protsenko EV, Sitnikova OG, Nazarov SB, Kuzmenko GN, Kharlamova NV. Pathomorphological and biochemical features of the endothelium of the umbilical cord vessels during pregnancy complicated by preeclampsia. Russian Journal of Human Reproduction. 2022;28(6):44-52. (in Russ.). DOI: 10.17116/repro20222806144. (in Russ.).
 8. Усманова Н.К., Артыкова Н.П. Взаимосвязь исходов родов и морфологических особенностей пуповины. Вестник Авиценны. 2009;40(3):142–143. Usmanova N.K., Artykova N.P. Vzaimosvyaz' iskhodov rodov i morfologicheskikh osobennostei pupoviny. Vestnik Avitsenny. 2009;40(3):142–143. (in Russ.).
 9. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Ляпин В.М. Извитость пуповины: определение, классификация, клиническое значение. Акушерство и гинекология. 2019;2:42-50. DOI: 10.18565/aig.2019.2.42-50. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Lyapin V.M. Izvitost' pupoviny: opredelenie, klassifikatsiya, klinicheskoe znachenie. Akusherstvo i Ginekologiya. 2019;2:42-50. (in Russ.). DOI: 10.18565/aig.2019.2.42-50. (in Russ.).
 10. Щеголев А.И., Туманова У.Н., Ляпин В.М., Козлова А.В., Быченко В.Г., Сухих Г.Т. Методика комплексного лучевого и морфологического исследования ангиоархитектоники плаценты. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2020;169(3):380–386. Shchegolev A.I., Tumanova U.N., Lyapin V.M., Kozlova A.V., Bychenko V.G., Sukhikh G.T. Metodika kompleksnogo luchevo i morfologicheskogo issledovaniya angioarkhitektoniki platsenty. Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 2020;169(3):380–386. (in Russ.).
 11. Avnet H, Shen O, Mazaki E, Yagel S, Daniel-Spiegel E. Four-vessel umbilical cord. Ultrasound Obstet Gynecol. 2011 Nov;38(5):604-6. DOI: 10.1002/uog.9045.
 12. Chappell J, Aghwane R, Clark AR, Ourselin S, David AL, Melbourne A. A review of feto-placental vasculature flow modelling. Placenta. 2023 Oct;142:56-63. DOI: 10.1016/j.placenta.2023.08.068.
 13. Dagklis T, Defigueiredo D, Staboulidou I, Casagrandi D, Nicolaides KH. Isolated single umbilical artery and fetal karyotype. Ultrasound Obstet Gynecol. 2010 Sep;36(3):291-5. DOI: 10.1002/uog.7717.
 14. Damiani GR, Del Boca G, Biffi A. Five-vessel umbilical cord and fetal outcome: an obstetric overview. J Matern Fetal Neonatal Med. 2022 Dec;35(25):6250-6253. DOI: 10.1080/14767058.2021.1910660.
 15. Li TG, Wang G, Xie F, Yao JM, Yang L, Wang ML, Wang J, Xing L, Nie F. Prenatal diagnosis of single umbilical artery and postpartum outcome. Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol. 2020 Nov;254:6-10. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2020.08.047.
 16. Lubusky M, Dhaifalah I, Prochazka M, Hyjanek J, Mickova I, Vomackova K, Santavy J. Single umbilical artery and its siding in the second trimester of pregnancy: relation to chromosomal defects. Prenat Diagn. 2007 Apr;27(4):327-31. DOI: 10.1002/pd.1672.
 17. Strong TH Jr, Jarles DL, Vega JS, Feldman DB. The umbilical coiling index. Am J Obstet Gynecol. 1994 Jan;170(1 Pt 1):29-32.
 18. Tchirikov M, Rybakowski C, Hüneke B, Schoder V, Schröder HJ. Umbilical vein blood volume flow rate and umbilical artery pulsatility as 'venous-arterial index' in the prediction of neonatal compromise. Ultrasound Obstet Gynecol. 2002 Dec;20(6):580-5. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2002.00832.x.
 19. Weerakkody Y, Campos A, Machang'a K, et al. Single umbilical artery. Reference article, Radiopaedia.org (Accessed on 18 Dec 2024) URL: <https://radiopaedia.org/articles/10823>. DOI: 10.5334/rID-10823.
 20. Zhang D, Lindsey SE. Recasting Current Knowledge of Human Fetal Circulation: The Importance of Computational Models. J Cardiovasc Dev Dis. 2023 May 30;10(6):240. DOI: 10.3390/jcdd10060240.

Информация об авторах

✉Клявлиная Мария Юрьевна; кафедра анатомии человека Башкирского государственного медицинского университета; ул. Ленина, 3, Уфа, Республика Башкортостан, 450008, Россия; gradusova.maria@mail.ru <https://orcid.org/0009-0001-1751-7482> SPIN 3967-0537
Маслеников Антон Васильевич – канд. мед. наук, доцент кафедры анатомии человека Башкирского государственного медицинского университета; mas-anton@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-1349-747X>
Рыбалко Дмитрий Юрьевич – канд. мед. наук, доцент, зав. кафедрой анатомии человека Башкирского государственного медицинского университета; rybalko_dy@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5033-1305> SPIN 2112-2945

Information about the authors

✉Mariya Yu. Klyavlina; Human Anatomy Department of Bashkir State Medical University; ul. Lenina, 3, Ufa, 450008, Russia; gradusova.maria@mail.ru <https://orcid.org/0009-0001-1751-7482> SPIN 3967-0537
Anton V. Maslennikov – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor of Human Anatomy Department of Bashkir State Medical University; mas-anton@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-1349-747X>
Dmitrii Yu. Rybalko – Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of Human Anatomy Department of Bashkir State Medical University; rybalko_dy@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5033-1305> SPIN 2112-2945

Галаутдинов Марс Фларитович – зав. лабораторией аддитивных технологий Башкирского государственного медицинского университета; mars.galautdinov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4284-5696>
Кильмухаметов Фанир Фанисович – инженер лаборатории аддитивных технологий Башкирского государственного медицинского университета; mfgalautdinov@bashgmu.ru

Mars F. Galautdinov – Head of the Additive Technologies Laboratory of Bashkir State Medical University; mars.galautdinov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4284-5696>
Fanir F. Kil'mukhametov – engineer of the Additive Technologies Laboratory of Bashkir State Medical University; mfgalautdinov@bashgmu.ru

Статья поступила в редакцию 24.03.2024; одобрена после рецензирования 18.06.2024; принята к публикации 20.12.2024.
Submitted 24.03.2024; Revised 18.06.2024; Accepted 20.12.2024.
