

На правах рукописи

КЛЯВЛИНА МАРИЯ ЮРЬЕВНА

**АНАТОМИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСУДОВ ПУПОВИНЫ
В ПЕРИНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ**

3.3.1. Анатомия и антропология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Уфа – 2026

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор

Нигматуллин Рафик Талгатович

Официальные оппоненты:

Спирина Галина Алексеевна – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры анатомии человека.

Луцай Елена Дмитриевна - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры анатомии человека.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «___» _____20__ г. в ___ часов на заседании диссертационного совета 21.2.004.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (450008, г. Уфа, ул. Ленина д. 3).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации и на сайте <http://www.bashgmu.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор биологических наук

Лебедева Анна Ивановна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Перинатальная смертность и заболеваемость представляют собой глобальную проблему здравоохранения, которая оказывает значительное влияние на демографическую ситуацию и развитие страны. По данным Всемирной организации здравоохранения в 2023 году в Российской Федерации зафиксировано снижение числа мертворожденных с массой тела при рождении в 1000 грамм и более по сравнению с 2022 годом. Тем не менее, несмотря на положительную динамику, абсолютное значение показателя остается сравнительно высоким. В структуре причин мертворождаемости, ранней детской смертности и заболеваемости патология пуповины составляет 21–65% случаев (Токтарова О.А. и др., 2021). В 2023 году на ежегодном международном саммите по мертворождаемости (Торонто, Канада) сообщалось, что наиболее распространённой плацентарной причиной мертворождения является нарушение маточно-плацентарного кровотока. Несмотря на ключевую роль плаценты в фетоплацентарном кровообращении, необходимо акцентировать внимание также и на пупочном канатике (ПК), который обеспечивает связь между плацентой и плодом (Гагаев Ч.Г., 2011; Pinette M.G. et al., 2024), так как нарушение его анатомической структуры может привести к внутриутробной гипоксии и, как следствие, к мертворождению. Функциональная адекватность сформированного сосудистого русла, состоящего из двух пупочных артерий и одной пупочной вены, играет определяющую роль в обеспечении трофики и газообмена между матерью и плодом, оказывая непосредственное влияние на развитие и жизнеспособность плода (Sánchez-Trujillo L. et al., 2022). При этом плоду необходимо адаптироваться к воздействию внутриматочного давления в период родов. Распространенность гипоксически-ишемического повреждения головного мозга, возникающего вследствие интранатальной гипоксии, указывает на нехватку критериев выбора акушерской тактики в родах (Токтарова О.А. и др., 2021). Патология пуповины в два раза чаще вызывает интранатальную гибель плода, нежели антенатальную (Щеголев А.И. и др., 2014; Ярыгина Т.А. и др., 2024). Корректная и своевременная диагностика отклонений в морфофункциональном состоянии пуповины дает возможность скорректировать подход к ведению беременности и родов и избежать осложнений (Прохоров В.Н. и др., 2014). Учитывая вышесказанное, с точки зрения перинатальной заболеваемости и смертности патология пуповины и ее сосудистого русла является актуальной проблемой (Felicia G., 2022). Однако для диагностики патологии необходимо четко понимать критерии нормальной анатомической структуры.

Несмотря на динамичное развитие современных суправитальных методов исследования и 3D - анатомии в медицине в целом, и в акушерстве в частности, индивидуальные

морфологические особенности сосудистого русла пуповины не всегда принимаются во внимание. Большая часть морфологических научных работ по данной теме посвящена патологоанатомическим исследованиям (Милованов А.П., 1999; Глуховец И.Б., 2009). Ряд авторов обращает внимание на необходимость исследования пуповины во всех случаях мертворождения (Damasceno E.V., 2013). Однако в настоящее время мы имеем широкий спектр возможностей пренатального исследования с целью предотвращения неблагоприятных перинатальных исходов. Помимо этого, в эпоху активного развития искусственного интеллекта и информационных технологий открывается возможность создавать трехмерные компьютерные модели с учетом вариантной анатомии и фенотипической изменчивости. Эти модели могут применяться для компьютерного моделирования физиологических и патологических процессов в различных условиях, в частности, для изучения морфологии и гемодинамики пупочного канатика в интранатальном периоде в рамках данного исследования. Вышесказанное находит свое подтверждение в основных положениях итоговой резолюции IX съезда научного медицинского общества анатомов, гистологов и эмбриологов России (Оренбург, 2025 год), которые направлены на развитие фетальной анатомии, внедрение искусственного интеллекта и компьютерных технологий в морфологическую практику. Помимо этого, доклады на пленарном заседании в рамках данного съезда относятся к вариантной и клинической анатомии и подчеркивают значимость данных направлений для современной медицины (С.Н. Лященко, И.В. Гайворонский, 2025). Настоящее исследование приобретает значительную актуальность в контексте морфологических работ, так как представляет собой комплекс, объединяющий фетальную, клиническую и вариантную анатомию, подкрепленный передовыми технологиями 3D-моделирования и ультразвуковой диагностики.

Крайние варианты изменчивости пуповины и аномалии ее развития нередко приводят к нарушению процессов органогенеза и гипотрофии плода. Задержка роста плода диагностируется у 5-10% беременных (Albu A.R. et al., 2014; Parker S.E. et al., 2014), а при наличии неблагоприятного акушерско-гинекологического анамнеза или осложнений беременности этот показатель возрастает до 10–25% (Levine T.A. et al., 2015). В основе патогенеза лежит снижение маточно - плацентарной перфузии (Ananth C.V., 2007). Исключение пупочного канатика из рассмотрения патогенетических механизмов нарушения питания плода является недопустимым, поскольку он играет критическую роль в обеспечении адекватного фетоплацентарного кровообращения (Надеев А.П. и др., 2014). «Заболевания, возникающие в постнатальном периоде онтогенеза, нередко являются результатом нарушений, произошедших в течение внутриутробного развития» (Спирина Г.А., 2010). Несмотря на фундаментальное значение нормальной и вариантной анатомии пупочного канатика для клинической практики (Спирина Г.А. и др., 2021), количество научных публикаций по морфологии, посвященных

данной теме, остается относительно небольшим (Луцай Е.Д. 1999; Милованов А.П., 1999; Глуховец И.Б., 2009; Гагаев Ч.Г., 2011). Специальных исследований, проводимых в интранатальном периоде с целью определения степени влияния родовой деятельности на морфофункциональное состояние пуповины, нам не встречалось. Также в доступной научной литературе отмечается дефицит систематизированных данных, касающихся количественной оценки границ изменчивости морфологических характеристик сосудов и эмбриональной слизистой соединительной ткани (вартонова студня).

Исходя из изложенного, сформулирована **цель настоящего исследования:** выявить границы изменчивости анатомических показателей сосудов пуповины в перинатальном периоде при физиологическом течении родов.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Изучить морфометрические и функциональные параметры сосудов пуповины в антенатальном периоде;
2. Изучить изменения морфометрических и функциональных параметров сосудов пуповины в интранатальном периоде;
3. Построить трехмерные компьютерные модели сосудов пуповины в зависимости от их индивидуальной морфологической структуры путем сканирования коррозионных препаратов;
4. Смоделировать влияние родовой деятельности на кровоток и анатомическую структуру пупочных сосудов при помощи компьютерной программы Ansys Fluent 2021;
5. Изучить структурные особенности пупочных сосудов в постнатальном периоде.

Степень разработанности темы исследования

Несмотря на многочисленные исследования, как в нашей стране, так и за рубежом, на сегодняшний день отсутствуют границы ряда морфологических параметров пупочных сосудов, характеризующих их нормальную анатомию. Помимо этого, в литературе представлены противоречивые взгляды касательно наличия или отсутствия эластической мембраны (ЭМ) и адвентициальной оболочки в сосудистой стенке пупочных сосудов. Различная трактовка в описании анатомических структур пуповины требует проведения дальнейших исследований по данной теме.

Комплексный анализ анатомических и функциональных показателей сосудов пуповины отвечает запросам современной медицинской практики и может быть использован в дальнейшем акушерами-гинекологами, врачами ультразвуковой диагностики, хирургами фетальной медицины, специалистами по клеточным технологиям и регенеративной медицине.

Требуются дальнейшие исследования анатомометрических параметров ангиоархитектоники пуповины с использованием суправитального ультразвукового сканирования, методов анатомической коррозии, классических гистотопографических

препаратов и 3D - моделирования в динамике ante-, intra- и постнатального периодов на единых объектах.

Научная новизна

В настоящем исследовании был реализован комплексный методологический подход, позволивший интегрировать традиционные анатомические методы с современными компьютерными технологиями и суправитальными методами ультразвукового сканирования.

Впервые проведено последовательное изучение морфофункционального состояния каждого объекта исследования (сосудов пуповины) на трех этапах перинатального периода: ante-, intra- и постнатальный периоды. Несмотря на краткий хронологический отрезок в изучении анатомической выборки (перинатальный), считаем возможным отнести настоящее исследование к категории лонгитюдных, так как в данный период происходит последовательная цепочка критичных морфофункциональных трансформаций в структуре фетоплацентарного круга кровообращения.

Впервые в интранатальном периоде (во время схваток) выполнен замер морфометрических параметров сосудов пуповины и эмбриональной слизистой соединительной ткани (ЭССТ) с помощью ультразвукового сканирования. В постнатальном этапе, с использованием коррозионных препаратов (КП) сосудов пуповины, проведено трехмерное компьютерное моделирование сосудистого русла и вартонова студня (ВС) с учетом фенотипической изменчивости каждого объекта исследования. На основе полученных 3D - изображений проведено моделирование процесса родовой деятельности (интранатального периода) и анализ изменчивости морфометрических и гемодинамических параметров.

В результате анализа проведенных морфологических исследований, представлены интервалы анатомических и гемодинамических показателей сосудов пуповины в ante-, -intra и постнатальный периоды. Вышеупомянутые значения характеризуют изменчивость нормальной морфологической структуры и гемодинамики в сосудистой системе пупочного канатика.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Теоретические результаты данного исследования внедрены в учебный процесс преподавания на кафедре анатомии человека ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава России. Также, могут быть успешно применены в учебном процессе при изучении оперативной хирургии и топографической анатомии, гистологии, акушерства и гинекологии.

Полученные в результате ante-, intra и постнатального изучения морфологические и функциональные данные позволят акушерам-гинекологам проводить комплексную оценку

состояния плода во время беременности, предотвратить осложнения во время родов и патологического прелиминарного периода.

Исследование анатомических особенностей пуповины является критически важным для развития новых хирургических подходов в фетальной медицине, в частности, для усовершенствования техник внутриутробного переливания крови. Детальное понимание ангиоархитектоники пуповины позволит оптимизировать доступ к сосудистому руслу плода. Эти знания, в свою очередь, приведут к снижению риска ятрогенных осложнений.

В последние годы проводятся исследования по созданию сосудистых трансплантатов на основе децеллюризованных пупочных артерий (Tuan-Mu H.Y. et al., 2014, Rodríguez-Rodríguez V.E. et al., 2018). Вартонов студень становится все более популярным источником мезенхимальных стромальных клеток (Davies J.E. et al., 2017) и считается перспективным материалом в регенеративной медицине (Руснак М.В. и др., 2024). Ряд авторов отмечает, что до сих пор не хватает механических данных об этой ткани, что имеет первостепенное значение для ее использования в качестве биоматериала для медицинских целей (Adrien Baldit et al., 2022).

В медицинской практике хорошо известна ценность пуповинной крови. В частности, во многих странах мира активно используют банки пуповинной крови. Применяют данный биологический материал для лечения таких заболеваний, как лейкемия, талассемия, лучевая болезнь и другие (Тюмина О.В. и др., 2012).

Методология и методы диссертационного исследования

Методология данного исследования основана на комплексном подходе, включающем классические анатомические и гистологические методы, ультразвуковое сканирование и трехмерное компьютерное моделирование сосудистого русла пупочного канатика.

Положения, выносимые на защиту

1. Морфометрические параметры сосудистого русла пупочного канатика имеют широкий диапазон индивидуальной изменчивости.

2. Вартонов студень, являясь эмбриональной слизистой соединительной тканью, формирует адвентициальную оболочку сосудов и содержит развитую сеть путей ультрациркуляции, поддерживающих своеобразную структуру, биомеханические свойства и протективные функции уникального гидратированного мягкого остова пуповины. При его нормальном анатомическом строении, сосуды пуповины сохраняют свою структуру в интранатальном периоде, тем самым обеспечивая адекватное фетоплацентарное кровообращение во время родов, несмотря на колебания функциональных показателей.

3. Трехмерные компьютерные модели пупочных сосудов, построенные на основе коррозионных препаратов, достоверно отображают структуру биологического материала. 3D - моделирование позволяет прогнозировать исход родов через естественные родовые пути при

различном строении сосудистого русла пуповины (например, в случае гипоизвитой или гиперизвитой пуповины, единственной артерии пуповины, гипоплазии эмбриональной слизистой соединительной ткани и т.д.).

4. Для описания морфологической структуры сосудов пуповины недостаточно изолированных постнатальных или антенатальных исследований. Необходимо сопоставление полученных результатов между собой, так как в ходе прекращения фетоплацентарного кровообращения морфология пуповины подвергается изменениям, которые не характерны для антенатального периода.

5. Полученные морфологические данные позволяют рассматривать сосуды пуповины не только как важную и неотъемлемой частью фетоплацентарного круга кровообращения, но и как физиологическую систему ультрациркуляции интерстициальной жидкости.

Личное участие автора в получении результатов

Автор лично участвовал в отборе объектов для исследования, заборе и транспортировке биологического материала. Соискатель ученой степени кандидата медицинских наук самостоятельно обосновал степень разработанности, актуальность и новизну данной научной проблемы. В соответствии с этим сформулировал цель, задачи исследования и методологический подход к их решению. Лично автором выполнено изучение отечественной и зарубежной литературы, проведен и проанализирован каждый этап исследования, а именно ультразвуковое сканирование и доплерометрия сосудистого русла пупочного канатика в ante – и интранатальном периодах, макро-микротрепарирование и изготовление коррозионных препаратов. Совместно с коллегами лаборатории аддитивных технологий ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава России и ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» проведено компьютерное моделирование кровотока в пупочных сосудах на фоне воздействия внешнего давления (интранатальный период). При консультативной помощи сотрудников лаборатории морфологии института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» МЗ России изготовлены гистотопографические препараты. Лично автором проведена статистическая обработка данных, а также написаны научные статьи, самостоятельно подготовлена рукопись диссертационного исследования и автореферата.

Степень достоверности исследования

Достоверность данного исследования обеспечена обоснованием комплексного методологического подхода, включающего в себя классические анатомические и инновационные методы. Проведение исследования на выборке из 150 объектов позволяет провести адекватный статистический анализ полученных результатов. Выводы полностью отвечают поставленной цели и задачам исследования.

Внедрение результатов исследования в практическое здравоохранение

Основные результаты исследования внедрены в работу ГБУЗ Республиканского клинического перинатального центра Министерства здравоохранения Республики Башкортостан.

Основные положения работы включены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Министерства здравоохранения Российской Федерации и используются в лекционных курсах и на практических занятиях для обучения студентов по направлениям подготовки 31.05.01 Лечебное дело, 31.05.02. Педиатрия.

По теме диссертации опубликовано двенадцать печатных работ, из них семь - в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, среди них две публикации изданы в материалах IX Всероссийского съезда анатомов, гистологов и эмбриологов России с международным участием «Фундаментальная и прикладная морфология в XXI веке», посвященном 95-летию з.д.н. РФ, проф. И.И. Кагана и 100-летию со дня рождения академика РАМН и РАН, з.д.н. РФ М.Р. Сапина.

По результатам данного исследования зарегистрировано две базы данных: «Морфометрические показатели пуповины и ее сосудов доношенных новорожденных», № 2025620664, дата государственной регистрации в Реестре баз данных 10.02.2025 и «Реестр оцифрованных изображений гистотопографических препаратов пупочного канатика доношенных новорожденных», № 2025622160, дата государственной регистрации в Реестре баз данных 23.05.2025.

Апробация результатов исследования

Основные положения работы доложены и обсуждены на: международном научно-практическом конгрессе «Морфологический мост Уфа-Актобе» (16 октября 2024 года, г.Уфа); III Международной научно-практической конференции «Доказательность морфологических исследований в медицине» (29 ноября 2024 года, г.Уфа); 90-я Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Вопросы теоретической и практической медицины» (21-22 апреля 2025 года, г.Уфа); IX Всероссийском съезде анатомов, гистологов и эмбриологов России с международным участием «Фундаментальная и прикладная морфология в XXI веке», посвященном 95-летию з.д.н. РФ, проф. И.И. Кагана и 100-летию со дня рождения академика РАМН и РАН, з.д.н. РФ М.Р. Сапина (28-30 мая 2025 года, г. Оренбург), международном научно-практическом конгрессе «Морфологический мост» (20 ноября 2025 года, г.Уфа).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 127 страницах машинописного текста, состоит из введения и семи глав, а именно обзор литературы, материал и методы исследования, результаты собственных исследований, обсуждение полученных результатов, выводы, практические рекомендации, список литературы и приложения. Список литературы состоит из 76 отечественных и 111 зарубежных источников. В работе представлено 8 таблиц и 42 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Объект исследования – комплекс пупочных сосудов.

Локально этический комитет ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава России от 23.10.2024 постановил, что проводимое научное исследование соответствует общепринятым нормам морали, требованиям соблюдения прав, интересов и личного достоинства, принимающих участие в исследовании согласно «ГОСТ Р 52379-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Надлежащая клиническая практика».

Критерии включения в исследование: наличие письменного информированного согласия женщины на участие в исследовании; доношенный срок беременности; пуповины, имеющие две артерии и вену; пуповины детей, родившихся на 7 и выше баллов по шкале Апгар; отсутствие тяжелой соматической патологии у матери (заболевания сердечно-сосудистой системы, заболевания почек, заболевания печени, инфекционные заболевания) и осложнений беременности.

Критерии невключения в данное исследование: недоношенные новорожденные; пуповины детей, родившихся менее чем на 7/8 баллов по шкале Апгар; наличие тяжелой соматической патологии, инфекционных заболеваний и осложнений беременности у матери.

Критерии исключения из исследования: отказ женщины от участия в исследовании.

Объект исследования был разделен на сегменты:

1. проксимальный сегмент - на расстоянии 3 см от пупочного кольца;
2. срединный сегмент - между проксимальным и дистальным сегментом;
3. дистальный сегмент - на расстоянии 3 см от плаценты.

Ультразвуковое сканирование пупочного канатика в антенатальном и интранатальном периоде проводилось в ГБУЗ РБ Городском клиническом перинатальном центре г. Уфа на аппарате Samsung Accuvix XG 2019. Первым этапом выступило обследование за 2-3 дня до начала родовой деятельности, затем в активную фазу родов. Ультразвуковое сканирование проводилось в поперечном сечении с использованием В-режима и цветового картирования.

Макро-микротрепарирование пупочного канатика по В.П. Воробьеву проводилось на кафедре анатомии человека ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава России.

По результатам макро-микротрепарирования проводилась морфометрия в компьютерной программе ImageJ. Массу пупочных сосудов, ЭССТ фиксировали на лабораторных весах M-er 122ACFJR-150.005 LCD. Индекс извитости рассчитывался путем деления количества полных витков сосудов пуповины на общую длину пуповины в сантиметрах. Все морфометрические параметры вносились в компьютерную программу Exell 2013.

Для изготовления коррозионных препаратов (КП) использовался зуботехнический материал «Белакрил – М ХО». Далее с помощью микрометра фирмы Guhring (Германия, ц.д = 1 мм) произведен замер анатомических показателей КП.

Изготовление гистотопографических препаратов проводилось на базе морфологической лаборатории института фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Башкирского государственного медицинского университета» Минздрава России. В ходе настоящего исследования было изготовлено 30 гистологических блоков проксимального сегмента пупочного канатика, 30 срединного и 30 дистального. Стандартная гистологическая обработка осуществлена в изопропиловом спирте (Биовитрум, РФ). Заливка осуществлялась в парафин «гистомикс» (Биовитрум, РФ). Использовались окраски гематоксилином и эозином (Биовитрум, РФ), методом трихром по Маллори (Биовитрум, РФ), по Вейгерту (Биовитрум, РФ). Для оцифровки гистотопографических препаратов использовался сканирующий микроскоп ranogamic 250 фирмы 3dhisttech (Венгрия). Площади поперечного сечения пуповины, пупочных сосудов и ЭССТ рассчитаны программой QuPath 0.5.1 (США).

Трехмерная модель сосудов пуповины разработана и выполнена в порядке комплексирования с лабораторией аддитивных технологий Башкирского государственного медицинского университета. В ходе исследования готовые коррозионные препараты пупочных сосудов оцифровывали на 3D - сканере RangeVision Spectrum. Преобразование данных проводилось в программе ScanCenter NG 2022. Конечные трехмерные компьютерные модели сосудов пуповины представлены в программе Blender 4.2 LTS.

Компьютерное моделирование, импровизирующее родовую деятельность, проведено в условиях кафедры высокопроизводительных вычислений и дифференциальных уравнений ФГБОУ ВО «Уфимского университета науки и технологий» под руководством доцента кафедры, кандидата физико-математических наук А.А. Касаткина. В процессе работы были применены пакеты гидродинамического и прочностного анализа Fluid Flow (Fluent) и Transient Structural.

Изначально моделировалась единичная прямолинейная пупочная артерия на основе реальной 3D - модели артерии в формате STL в программе Ansys Fluent 2021. Далее производилось моделирование комплекса пупочных сосудов, окруженных ЭССТ.

Из собственных данных в программу Ansys Fluent заданы следующие параметры: толщина стенки и ВД пупочных сосудов, измеренных нами ранее на биологическом материале с помощью компьютерной программы ImageJ. Средняя скорость кровотока задана из данных, полученных нами при ультразвуковом сканировании в антенатальном периоде.

С литературных данных взяты параметры, характеризующие биомеханические свойства пупочных сосудов, а именно: модуль Юнга, уравнение модуля объемной упругости, коэффициент Пуассона. Модуль Юнга был приравнен к 1,08 мПа, а коэффициент Пуассона, используемый в уравнении модуля объемной упругости, приравниваем к 0,49 (Медведев А.Е. и др., 2006). Для расчёта динамической вязкости крови применялся эмпирический закон Карро-Яшида. Заданная плотность крови составила примерно 1060 кг/м³ (Антропова Л.К. и др., 2009). Помимо этого, важным моментом считается направление и характер течения крови. В большей части сосудистого русла - ламинарный поток (Захаров Ю.Б. и др., 2020), поэтому нами был выбран данный вариант. Интраваскулярное давление составило 88 мм рт.ст. для артерий и 41 мм рт.ст. для вен (Malpas P., 1967). Из литературных данных модуль Юнга ЭССТ равен 4кПа, коэффициент Пуассона – 0,47, а плотность 1,63 г/см³ (Adrien Baldit et al., 2022). После изучения литературы мы пришли к заключению, что оптимальный уровень оказываемого внешнего давления, отражающий активную фазу родов, составит 120 мм рт.ст (Караш Ю.М., 1982).

Статистическая обработка проводилась в программе Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение

Основной целью данного исследования является комплексный анализ изменчивости анатомических и функциональных параметров сосудов пуповины на протяжении перинатального периода. Для достижения этой цели были выполнены морфометрические замеры. Полученные данные представлены с использованием описательной статистики, с акцентом на 5-й и 95-й процентиля. Они характеризуют границы изменчивости и являются вариантами нормальной анатомии. Полученные результаты представлены в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Анатомические показатели правой и левой пупочных артерий, вен в анте - и интранатальном периодах онтогенеза (Me [P5; P95])

Анатомические показатели (ед. измерения)	Антенатальный период	Интранатальный период	p-value (критерий Вилкоксона)
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [2,9; 5,5]	4,4 [2,9; 5,5]	0,317

Продолжение таблицы 1

Внутренний диаметр правой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [2,9; 5,5]	4,3 [2,9; 5,5]	0,317
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	4,3 [2,8; 5,4]	4,3 [2,8; 5,4]	1,0
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [2,9; 5,4]	4,4 [2,9; 5,4]	1,0
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [2,9; 5,3]	4,3 [2,9; 5,3]	0,157
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	4,2 [2,9; 5,3]	4,3 [2,9; 5,3]	1,0
Площадь поперечного сечения двух артерий в проксимальном сегменте (см ²)	0,15 [0,07; 0,2]	0,15 [0,07; 0,2]	1
Площадь поперечного сечения двух артерий в срединном сегменте (см ²)	0,14 [0,07; 0,2]	0,14 [0,07; 0,2]	1
Площадь поперечного сечения двух артерий в дистальном сегменте (см ²)	0,14 [0,07; 0,2]	0,14 [0,07; 0,2]	1
Внутренний диаметр пупочной вены в проксимальном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	7,4 [6,4; 8,5]	0,317
Внутренний диаметр пупочной вены в срединном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	7,4 [6,3; 8,5]	0,317
Внутренний диаметр пупочной вены в дистальном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	7,4 [6,3; 8,5]	0,180
Площадь поперечного сечения вены в проксимальном сегменте (см ²)	0,10 [0,08; 0,14]	0,10 [0,08; 0,14]	1
Площадь поперечного сечения вены в срединном сегменте (см ²)	0,11 [0,08; 0,14]	0,11 [0,08; 0,14]	1
Площадь поперечного сечения вены в дистальном сегменте (см ²)	0,11 [0,08; 0,14]	0,11 [0,08; 0,14]	1

Таблица 2 – Анатомические показатели эмбриональной слизистой соединительной ткани в анте - и интранатальном периодах онтогенеза (Me [P5; P95])

Анатомические показатели (ед. измерения)	Антенатальный период	Интранатальный период	p-value (критерий Вилкоксона)
Площадь поперечного сечения эмбриональной слизистой соединительной ткани в проксимальном сегменте (см ²)	1,4 [0,8; 2,5]	1,4 [0,8; 2,5]	1

Продолжение таблицы 2

Площадь поперечного сечения эмбриональной соединительной ткани в срединном сегменте (см ²)	1,6 [1,03; 2,6]	1,6 [1,03; 2,6]	1
Площадь поперечного сечения эмбриональной соединительной ткани в дистальном сегменте (см ²)	1,5 [1,0; 2,3]	1,5 [1,0; 2,3]	1

Таблица 3 – Функциональные показатели сосудов пуповины в ante - и интранатальном периодах онтогенеза (Ме [P5; P95])

Функциональные показатели (ед. измерения)	Аntenатальный период	Интранатальный период)	p-value (критерий Вилкоксона)
Пульсационный индекс	0,6 [0,5; 0,8]	0,6 [0,5; 1,07]	<0,01
Максимальная систолическая скорость кровотока (см/с)	34 [26;48,8]	35 [26; 78]	<0,01
Конечная диастолическая скорость кровотока (см/с)	16 [12,2; 22,5]	16,6 [12,2; 31]	<0,01

Таблица 4 – Динамика изменений морфометрических показателей пуповины и ее сосудистого русла в постнатальном периоде (Ме [P5; P95])

Морфометрические показатели (Ед. измерения)	Ультразвуковой метод исследования (антенатальный период)	Макро-микропрепарирование (постнатальный период)
Длина пуповины (см)	-	54,5 [40,6; 68,0]
Индекс извитости	-	0,17 [0; 0,3]
Масса пуповины (гр)	-	46 [29,1; 70,5]
Масса вартонова студня (гр)	-	33 [21; 51,5]
Масса артерий (гр)	-	7,0 [3,6; 12]
Масса вены (гр)	-	5,0 [2,0; 8,0]
Окружность пуповины в проксимальном сегменте (см)	5,0 [4,2; 6,1]	4,0 [3,2; 5,1]
Окружность пуповины в срединном сегменте (см)	4,8 [4,0; 6,0]	4,1 [3,3; 5,1]
Окружность пуповины в дистальном сегменте (см)	4,7 [4,0; 5,6]	3,6 [3,3; 4,8]
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [2,9; 5,5]	2,1 [1,2; 3,4]

Продолжение таблицы 4

Внутренний диаметр правой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [2,9; 5,5]	2,1 [1,2; 3,2]
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	4,3 [2,9; 5,4]	2,1 [1,2; 3,2]
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [2,9; 5,4]	2,2 [1,1; 3,2]
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [2,9; 5,3]	2,1 [1,1; 3,2]
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	4,2 [2,9; 5,3]	2,0 [1,1; 3,2]
Внутренний диаметр пупочной вены в проксимальном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	4,5 [2,7; 7,6]
Внутренний диаметр пупочной вены в срединном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	4,5 [2,7; 7,6]
Внутренний диаметр пупочной вены в дистальном сегменте (мм)	7,4 [6,3; 8,5]	4,5 [2,6; 7,5]
Толщина стенки правой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	-	0,5 [0,2; 0,9]
Толщина стенки правой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	-	0,5 [0,2; 0,9]
Толщина стенки правой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	-	0,4 [0,2; 0,8]
Толщина стенки левой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	-	0,5 [0,2; 0,8]
Толщина стенки левой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	-	0,5 [0,3; 0,9]
Толщина стенки левой пупочной артерии в дистальном сегменте (мм)	-	0,4 [0,2; 0,8]
толщина стенки пупочной вены в проксимальном сегменте (мм)	-	0,3 [0,1; 0,7]
Толщина стенки пупочной вены в срединном сегменте (мм)	-	0,3 [0,1; 0,7]
Толщина стенки пупочной вены в дистальном сегменте (мм)	-	0,3 [0,1; 0,6]

Цифровые значения, представленные в таблицах 1-4, отражают доверительные интервалы нормальных анатомических и функциональных показателей на протяжении перинатального периода.

В настоящее время в процессе пренатальной диагностики исследованию подвергается гемодинамика сосудистого русла пупочного канатика, характеризующаяся пульсационным индексом пупочных артерий. Он является одним из факторов, который влияет на интранатальный исход (Abdallah A. и др., 2018). Согласно клиническим рекомендациям ПИ пупочных артерий при сроке беременности 37-41 недель равен [0,572; 1,14]. По результатам нашего исследования он составляет 0,6 [0,5; 0,8] в антенатальном периоде и 0,6 [0,5; 1,07] в интранатальном. Полученные нами результаты согласуются с установленным стандартом.

В отношении анатомических показателей сосудов пуповины во время пренатального ультразвукового сканирования исследуют их количество. Помимо этого, оценивают наличие обвития пуповины вокруг шеи плода, место ее прикрепления к плаценте (порядок оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология», утвержденный приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 октября 2020 года №1130н).

Полученные нами интервалы анатомических показателей сосудов пуповины (Таблица 1-4) могут внедряться в клиническую практику для разработки и расширения критериев оценки во время ультразвукового пренатального скрининга.

Следующий период в изучении анатомических и функциональных показателей сосудов пуповины – это интранатальный. Морфология сосудов пуповины в данном временном промежутке в литературе освещена недостаточно по сравнению с антенатальным и постнатальным периодами. Для изучения анатомических и функциональных показателей сосудов пуповины в интранатальном периоде использовался суправитальный метод ультразвукового сканирование в период активной фазы родов и трехмерное компьютерное моделирование родовой деятельности в программе Ansys Fluent 2021. Сопоставить полученные нами результаты с литературными данными не представляется возможным, так как информация по данной теме крайне ограничена. Однако стоит отметить, что итоги трехмерного компьютерного моделирования динамических изменений в сосудистом русле пупочного канатика во время родовой деятельности не согласуются с классическими законами гидродинамики. Согласно закону Бернулли при увеличении скорости флюида его давление уменьшается и наоборот. В результате нашего исследования отмечается увеличение и интраваскулярной скорости, и давления в интранатальном периоде на фоне воздействия внешнего давления. В результате компьютерных вычислений программой Ansys Fluent получено, что в изолированных артериях скорость кровотока в среднем возросла на 85,5 % и составила 0,56 м/с. В то время как интраваскулярное давление в среднем увеличилось на 38,5% и составило 122 мм рт.ст. Трехмерное компьютерное моделирование кровотока комплекса пупочных сосудов, окруженных вартоновым студнем, на фоне воздействия внешнего давления показало, что гемодинамические параметры претерпевают изменения в значительно меньшей степени. А именно, скорость кровотока в пупочных артериях в среднем увеличилась на 20% и составила 0,36 м/с, интраваскулярное давление возросло на 8% (95 мм рт.ст.). В пупочных венах скорость кровотока возросла на 24%, интраваскулярное давление на 10% и составило 0,12 м/с и 44 мм рт.ст. соответственно. В результате статистической обработки выявлено, что в сосудистом русле пуповины, как в составной части фетоплацентарного круга кровообращения, происходят значимые гемодинамические изменения в интранатальный период (критерий Вилкоксона $p < 0,05$). Предполагаем, что это связано с тем, что система фетоплацентарного кровообращения

является функционально сложной. В интранатальном периоде происходит сложное взаимодействие трех систем, которые регулируют сократительную деятельности матки, а именно эндокринной, нейрогенной и миогенной (Савельева Г.М. и др., 2018). Помимо этого, сосуды пуповины имеют особое строение, отличительной чертой которого является спиральный ход. В литературе увеличение количества витков пупочного канатика авторы ассоциируют как предиктор повышения интраваскулярного давления (Kaplan A.D. et al., 2010). При этом спиральный ход пупочных сосудов адаптирует гемодинамику к внешним изменениям и защищает их от сдавления. Также минимизирует нарушения напряжения сдвига сосудистой стенки и препятствует повышению интраваскулярного давления до экстремальных значений (Wilke D.J. et al., 2018; Li Y. et al., 2024). Подводя итоги, в интранатальном периоде на фоне воздействия внешнего давления увеличивается и интраваскулярная скорость, и внутрисосудистое давление. Увеличение интраваскулярной скорости кровотока (максимальной систолической и конечно-диастолической) подтверждается также и при суправитальном исследовании (критерий Вилкоксона $p < 0,05$). При этом анатомические показатели в интранатальном периоде не претерпевают статистически значимых изменений (критерий Вилкоксона $< 0,01$).

Целесообразно отметить, что спиральный ход сосудов ПК не является уникальным в природе. Извилистость артериальных сосудов обнаружена в коллатералях образованных в условиях закупорки магистральных путей гемодинамики. Известный отечественный анатом В.Н. Тонков (1959) описывал спиралевидный ход коллатеральных сосудов как признак адаптации к изменению условий циркуляции крови. Таким образом, проведя аналогию, спиральная ориентация пупочных сосудов способствует адекватному перераспределению крови при изменениях, происходящих во внешней и внутренней средах организма матери и плода. Необходимо также отметить, что в ходе настоящего исследования были обнаружены гипоизвитые пуповины, с отсутствием извитости и гиперизвитые, что не повлияло на благоприятный исход родов через естественные родовые пути. Исходя из этого, доказана значимая защитная роль не только спиралевидного хода пупочных сосудов, но и ЭССТ. Её губчатая структура, состоящая из гиалуроновой кислоты, протеогликанов и множества гидрофильных молекул препятствует сжатию пупочных сосудов, тем самым защищает их от механического сдавления (Davies J.E. и др., 2017).

Важно отметить, что трехмерное компьютерное моделирование в данной диссертационной работе выполнено на основе коррозионных препаратов с учетом индивидуальных фенотипических особенностей. В связи с этим, оно достоверно отражает анатомические параметры биологического объекта (сосудов пуповины). Сравнительный анализ коррозионных препаратов и 3D - моделей представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ морфометрических показателей коррозионных препаратов и 3D - моделей пупочных сосудов (Me [P5; P95])

Морфометрические показатели (ед.измерения)	Коррозионные препараты	3D - модели
Количество витков на проксимальном сегменте (шт)	2 [1; 3]	2 [1; 3]
Количество витков на срединном сегменте (шт)	2 [1; 3]	2 [1; 3]
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [3,2; 5,0]	4,4 [3,2; 5,0]
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [3,2; 5,0]	4,3 [3,2; 5,0]
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [3,2; 5,1]	4,4 [3,2; 5,1]
Внутренний диаметр левой пупочной артерии в срединном сегменте (мм)	4,3 [3,2; 5,0]	4,3 [3,2; 5,0]
Внутренний диаметр пупочной вены в проксимальном сегменте (мм)	7,3 [6,4; 8,5]	7,3 [6,4; 8,5]
Внутренний диаметр пупочной вены в срединном сегменте (мм)	7,3 [6,4; 8,5]	7,3 [6,4; 8,5]

При сравнении морфометрических показателей коррозионных препаратов и 3D - моделей пупочных сосудов представленных в таблице 5 не выявлено статистически значимых различий (критерий Вилкоксона $p > 0,05$). Подобные работы в литературе нам не встречались. Чаще всего компьютерное 3D - моделирование проводится на основе компьютерных томограмм. Однако при изучении провизорных органов выполнить КТ или МРТ исследование на большой выборке не представляется возможным. В целом, трехмерное компьютерное моделирование позволяет прогнозировать исход родов через естественные родовые пути при различном анатомическом строении пуповины (например, в случае гипоизвитой или гиперизвитой пуповины, единственной артерии пуповины, гипоплазии эмбриональной слизистой соединительной ткани и т.д.).

В постнатальном периоде происходит ряд морфологических изменений в структуре пупочного канатика, связанных с прекращением выполнения его функций. В настоящее время в раннем послеродовом периоде проводится измерение длины пупочного канатика. Патологически коротким ПК считается при длине менее 40 см, а длинным более 50–90 см (Ярыгина Т.А. и др., 2024). Согласно данным других авторов, нормальная длина пуповины находится в диапазоне 35-70 см (Krzyżanowski A. et al., 2019). В результате нашего исследования длина пуповины равна 54,5 [40,6; 68,0] см. Полученные результаты мы характеризуем как нормальное анатомическое строение, что совпадает с литературными данными.

Несмотря на совершенствование методов ультразвукового сканирования, не все морфологические параметры возможно оценить данным методом, например, массу вартонова студня, пупочных сосудов и толщину их сосудистой стенки. Также затруднение вызывает ультразвуковое исследование длины пупочного канатика на всем протяжении. Ее возможно адекватно оценить только в первом триместре беременности (Гагаев Ч.Г., 2011). Макро-микрорепазирование по В.П. Воробьеву дает возможность исследовать вышеупомянутые показатели. Важно отметить, что в раннем послеродовом периоде происходит стремительное уменьшение морфометрических показателей ПК (Таблица 4). Ряд авторов описывает, что результаты, полученные при ультразвуковом сканировании, несколько выше, чем при патологоанатомическом исследовании (Глуховец И.Б., 2010). Морфологические исследования, проведенные в постнатальном периоде, в литературе представлены в большом объеме. Наши данные дополняют уже имеющуюся информацию в отношении внутреннего диаметра пупочных сосудов, толщины сосудистой стенки, массы анатомических структур пуповины.

На сегодняшний день в отношении морфологической структуры сосудов пуповины в литературе представлены противоречивые данные. Ряд авторов описывает в субэндотелиальном слое пупочной вены непрерывную эластическую мембрану (Говорка Э., 1970; Краснопольский В.И., 2007). В пупочной артерии эластическая мембрана находится между внутренним и наружным мышечными слоями (Говорка Э., 1970). Расположение ЭМ в пупочной вене и артериях в различных слоях сосудистой стенки ряд авторов трактует как основную отличительную особенность между артериальными и венозными сосудами. В более свежих и современных публикациях мышечная стенка пупочных артерий описывается как двуслойная без наличия эластической мембраны (Lateef R.H., 2013; Kato Y., 2022). По результатам нашего исследования, эластическая мембрана в пупочных венах располагается непосредственно под эндотелием и имеет непрерывную организацию. Напротив, в пупочных артериях ЭМ четко не визуализируется. Однако в структуре мышечного слоя сосудистой стенки, а также в некоторых участках эмбриональной слизистой соединительной ткани в разбросанном хаотичном порядке встречаются единичные эластические волокна.

Помимо дискуссий в отношении эластической мембраны в составе сосудистой стенки пупочных сосудов, в литературе имеются и противоречивые взгляды на наличие или отсутствие адвентиции. Ряд авторов описывает наличие адвентиции в виде тонкого слоя коллагеновых волокон (Lateef R.H., 2013). В своих работах они используют окраску гематоксилином и эозином. Другие авторы отмечают, что адвентиция в пупочных сосудах не имеет четких границ и контуров (Sexton A.J. и др., 1996; Kato Y., 2022). Однако еще в 1954 году были опубликованы результаты исследования, в ходе которого эмбриональная слизистая соединительная ткань рассматривается как адвентициальная оболочка сосудистой стенки пупочных сосудов (Говорка

Э., 1970). По результатам нашего исследования мы пришли к подобному заключению. Считаем, его обоснованным, так как основная роль адвентициальной оболочки – это защита сосудов от внешних воздействий. То есть ЭССТ берет на себя роль адвентиции и при адекватной анатомической структуре полностью выполняют свою защитную роль, в первую очередь, от компрессии. Помимо этого, по литературным данным, вартонов студень на гистологической картине представлен в большей степени коллагеновыми волокнами, а в меньшей – фибробластами, фиброцитами и гистиоцитами (Прохоров В.Н. и др., 2014). То есть описанная другими авторами адвентиция в виде тонкого слоя коллагеновых волокон на самом деле является плотно прилегающей ЭССТ к мышечному слою сосудистой стенки пупочных сосудов.

В литературе вартонов студень описывается в виде компактно-губчатой структуры, с наличием ячеистых пространств в области сосудистых пучков или с локализацией ближе к амниону (Прохоров В.Н. и др., 2014). По результатам нашего исследования также обнаружены так называемые зоны тканевых щелей. Мы предполагаем, что данные ячеистые пространства образуют пути ультрациркуляции тканевой жидкости. Вероятно, что при нарушении оттока интерстициальной жидкости возможно возникновение таких патологий пупочного канатика, как отек вартонова студня и псевдокисты пуповины. Последние формируются в результате отека ЭССТ или в результате разрешения гематом пупочного канатика (Волков А.Е., 2010). По данным литературы, патогенез и причины вышеупомянутых патологий пуповины не установлены (Волков А.Е., 2010). Учитывая это, наше заключение о значении тканевых щелей в структуре ЭССТ как о путях ультрациркуляции тканевой жидкости, возможно, объясняет патогенез отека вартонова студня, заключающегося в нарушении обмена интерстициальной жидкости.

Выводы

1. Диапазоны анатомических и функциональных показателей сосудов пупочного канатика на этапах перинатального периода характеризуются выраженной индивидуальной изменчивостью.

2. Пренатальное ультразвуковое сканирование пупочного канатика отражает морфофункциональное состояние его сосудов и служит прогностическим критерием для жизнеспособности плода. Наиболее значимыми анатомическими параметрами являются: окружность пуповины, достоверно снижающаяся от проксимального сегмента (5,0 [4,2; 6,1] см), к срединному (4,8 [4,0; 6,0] см) и дистальному (4,7 [4,0; 5,6] см). Внутренний диаметр правой пупочной артерии в аналогичных сегментах составляет - 4,4 [2,9; 5,5] мм, 4,3 [2,9; 5,5] мм и 4,3 [2,9; 5,4] мм, внутренний диаметр левой пупочной артерии в указанных сегментах достоверно не отличается от правой и равен соответственно - 4,4 [2,9; 5,4] мм, 4,3 [2,9; 5,3] мм, 4,2 [2,9; 5,3]

мм. Внутренний диаметр пупочной вены имеет одинаковый размер на всем протяжении - 7,4 [6,3; 8,5] мм.

3. В интранатальном периоде на фоне увеличения пульсационного индекса, максимальной систолической скорости и конечно-диастолической скорости кровотока внутренний диаметр и площадь поперечного сечения пупочных сосудов, ППС эмбриональной слизистой соединительной ткани не претерпевают достоверных изменений.

4. На основе сканирования коррозионных препаратов созданы трехмерные компьютерные модели, которые с высокой точностью отражают анатомическую структуру пупочных сосудов и их индивидуальную изменчивость.

5. Моделирование кровотока и родовой деятельности в компьютерной программе Ansys Fluent 2021 на 3D - моделях подтверждает защитную роль эмбриональной слизистой соединительной ткани, которая является частью как циркуляторной, так и биомеханической системы гидратированного мягкого остова пуповины с развитой сетью тканевых щелей.

6. В постнатальном периоде онтогенеза происходят выраженные морфологические изменения пупочных сосудов, завершающие их функциональную активность: просвет пупочных артерий приобретает неровный, звездчатый контур, уменьшается их диаметр вплоть до полного закрытия в результате формирования "интимальных подушек" и сокращения мышечной оболочки сосудистой стенки.

Практические рекомендации

1. Описанные антенатально диапазоны анатомических показателей сосудов пуповины и эмбриональной слизистой соединительной ткани, которая выполняет роль адвентиции могут быть использованы для разработки новых стандартов пренатального скрининга. Учитывая крайне важную роль пупочного канатика в системе фетоплацентарного кровообращения считаем необходимым дополнить пренатальное исследование более развернутыми морфологическими параметрами. Наши данные позволят проводить дифференциальную диагностику между нормой и патологией на основе зарегистрированной базы данных «Морфометрические показатели пуповины и ее сосудов доношенных новорожденных, № 2025620664».

2. В акушерской практике при сомнительных ситуациях, в отношении ведения родов через естественные родовые пути, возможно рассмотреть доплерометрическое исследование в интранатальном периоде в совокупности с другими методами исследования при решении вопроса об оперативном родоразрешении.

3. Описанные различные типы гистотопографических взаимоотношений сосудов пуповины могут быть использованы хирургами фетальной медицины для усовершенствования техник внутриутробного переливания крови. Детальное понимание ангиоархитектоники

пуповины позволит оптимизировать доступ к сосудистому руслу плода. Эти знания, в свою очередь, приведут к снижению риска ятрогенных осложнений.

4. Полученные теоретические данные, а также наглядные гистотопографические и коррозионные препараты рекомендованы к использованию в изучении анатомии человека в медицинских университетах и колледжах.

5. Трехмерные компьютерные модели сосудов пуповины, построенные на основе коррозионных препаратов рекомендованы для разработки 3D - атласов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Оценка морфометрической достоверности построения 3D модели сосудов пуповины / **М. Ю. Клявли**на, А. В. Масленников, Д. Ю. Рыбалко [и др.] // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 101-106. – DOI 10.18499/2225-7357-2024-13-4-101-106. – EDN KJKOFN.
2. Анатомические и гемодинамические изменения в сосудистом русле пуповины в интранатальный период / **М. Ю. Клявли**на, Р. Т. Нигматуллин, Д. Ю. Рыбалко [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2025. – Т. 21, № 1. – С. 94-99. – DOI 10.15275/ssmj2101094. – EDN WNMKVU.
3. Сегментарная морфология пуповины доношенных новорожденных: границы анатомической изменчивости / **М. Ю. Клявли**на, Р. Т. Нигматуллин, В. С. Щекин, Г. Р. Ханнанова // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 28-34. – DOI 10.29039/2224-6444-2025-15-3-28-34. – EDN WGJUMR.
4. **Клявли**на, **М. Ю.** Интранатальный анализ морфофункциональной изменчивости пуповины и ее сосудов / М. Ю. Клявлина, Р. Т. Нигматуллин // Морфологические ведомости. – 2025. – Т. 33, № 3. – С. id-939. – DOI 10.20340/mv-mn.2025.33(3).939. – EDN CXXYJA.
5. **Клявли**на, **М. Ю.** Динамика изменений морфометрических параметров пупочного канатика по результатам постнатальных исследований / М. Ю. Клявлина // Медицинский вестник Башкортостана. – 2025. – Т. 20, № 4(118). – С. 40-45. – EDN JBJYOA.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025620664 Российская Федерация. Морфометрические показатели пуповины и ее сосудов доношенных новорожденных / **М.Ю. Клявли**на, Р.Т. Нигматуллин, Д.Ю. Рыбалко, А.В. Масленников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. - № 2025620188; заявл. 27.01.2025; опубл. 10.02.2025, Бюл. № 2. – 1 с.
7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025622160 Российская Федерация. Реестр оцифрованных изображений гистотопографических препаратов пупочного

канатика доношенных новорожденных / **М.Ю. Клявли**на, Р.Т. Нигматуллин, Д.Ю. Рыбалко, В.С. Щекин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. - № 2025621664: заявл. 30.04.2025; опубл. 23.05.2025, Бюл. № 6. – 1 с.

8. **Клявли**на, **М. Ю.** Прижизненное исследование морфологии пуповины / М. Ю. Клявли^{на} // Оренбургский медицинский вестник. – 2025. – Т. 13, № S2(50). – С. 176. – EDN PKSDSS.

9. Морфофункциональные изменения в сосудах пуповины на фоне воздействия внешнего давления / Р. Т. Нигматуллин, **М. Ю. Клявли**на, Д. Ю. Рыбалко, А. В. Масленников // Оренбургский медицинский вестник. – 2025. – Т. 13, № S2(50). – С. 238. – EDN UZXLJQ.

10. **Клявли**на, **М.Ю.** Морфометрическая характеристика пуповины и ее сосудов доношенных новорожденных / **М.Ю. Клявли**на // Сборник научных статей с международным участием, посвященный 100-летию со дня рождения доктора медицинских наук, профессора Петра Фёдоровича Степанова, 2025. – С. 64-67.

11. Нигматуллин, Р. Т. Сага о пупочном канатике или funiculus umbilicalis в зеркале истории / Р. Т. Нигматуллин, **М. Ю. Клявли**на // CLIO anatomica: Сборник научных статей. – Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, 2025. – С. 139-145. – EDN XFRDYI.

12. Трехмерное моделирование в преподавании анатомии человека / Р.Т.Нигматуллин, **М.Ю. Клявли**на, В.Ш.Вагапова, А.В.Масленников // Материалы 1-ой всероссийской учебно-методической конференции с международным участием «Современные и педагогические технологии в медицинском вузе: сохраняя прошлое, создаем будущее. – 2025. – С. 212-216.

Список сокращений

ВД – внутренний диаметр

ВС – вартонов студень

ИИ – индекс извитости

КП – коррозионный препарат

КТ – компьютерная томография

МРТ – магнитно-резонансная томография

ПИ – пульсационный индекс

ПК – пупочный канатик

ППС – площадь поперечного сечения

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЭМ – эластическая мембрана

ЭССТ – эмбриональная слизистая соединительная ткань