



ИНТРАНАТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПУПОВИНЫ И ЕЕ СОСУДОВ

Клявлиная М.Ю., Нигматуллин Р.Т.

Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия, e-mail: Gradusova.maria@mail.ru

Для цитирования:

Клявлиная М.Ю., Нигматуллин Р.Т. Интранатальный анализ морфофункциональной изменчивости пуповины и ее сосудов. Морфологические ведомости. 2025;33(3):939. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(3\).939](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(3).939)

Резюме. Ряд морфометрических параметров пуповины, ее окружность, диаметры пупочных сосудов, площадь пуповины, пупочных артерий и вены, эмбриональной слизистой соединительной ткани, не подвергаются обязательному ультразвуковому исследованию. Однако оценка этих морфометрических показателей в антенатальном периоде беременности позволила бы прогнозировать исход родов для плода. Цель исследования состояла в оценке влияния родовой деятельности на морфофункциональные показатели пупочных сосудов плода при доношенной беременности. В исследовании приняли участие 150 беременных женщин. Исследование проводилось на ультразвуковом аппарате Samsung Accuvix XG 2019 в активную фазу родов во время схватки и за 2-3 дня до начала родовой деятельности. Фиксировались следующие анатомические и функциональные показатели: окружность пуповины в проксимальном, срединном, дистальном сегментах, внутренний диаметр правой, левой пупочных артерий и вены в трех аналогичных сегментах, пульсационный индекс, максимальная систолическая скорость кровотока, конечная диастолическая скорость кровотока. Вычислялись площади поперечного сечения пуповины, артерий и вены, эмбриональной слизистой соединительной ткани. Статистически значимые отличия выявлены в максимально систолической и конечно диастолической скоростях кровотока, следовательно и в пульсационном индексе. По непараметрическому критерию Вилкоксона окружность пуповины, внутренние диаметры пупочных сосудов и площади поперечных сечений претерпевают статистически незначимые изменения. В большей степени на окружность и площадь поперечного сечения пуповины влияет объем эмбриональной слизистой соединительной ткани. При нормальном анатомическом строении пуповины интранатальный период протекает без осложнений, несмотря на колебания гемодинамических параметров. Морфологические параметры, а именно окружность пуповины в проксимальном, срединном, дистальном сегментах, внутренний диаметр правой, левой пупочных артерий и вены в трех аналогичных сегментах, площади поперечного сечения пуповины, артерий и вены, эмбриональной слизистой соединительной ткани в интранатальном периоде сохраняют свою структуру при изначально нормальном анатомическом строении. Полученные результаты могут использоваться в качестве предикторов оценки исходов родов.

Ключевые слова: пуповина, морфометрия, ультразвуковая сонография, пупочные артерии, пупочная вена

Статья поступила в редакцию 25 марта 2025
Статья принята к публикации 27 сентября 2025

THE UMBILICAL CORD AND ITS VESSELS MORPHOLOGICAL AND FUNCTIONAL VARIABILITY INTRAPARTUM ANALYSIS

Klyavlina MYu, Nigmatullin RT

Bashkir State Medical University, Ufa, Russia, e-mail: vas1lev.anatomy@gmail.com

For the citation:

Klyavlina MYu, Nigmatullin RT. The umbilical cord and its vessels morphological and functional variability intrapartum analysis. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2025;33(3):939. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33\(3\).939](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025.33(3).939)

Summary. A number of umbilical cord morphometric parameters, including its circumference, umbilical vessel diameters, umbilical cord area, umbilical arteries and veins, and embryonic mucosal connective tissue, are not subject to mandatory ultrasound examination. However, assessing these morphometric parameters during the antenatal period could help predict the outcome of labor. The aim of the study was to evaluate the impact of labor on the morphological and functional parameters of fetal umbilical vessels during full-term pregnancy. A total of 150 pregnant women participated in the study. The examination was conducted using a Samsung Accuvix XG 2019 ultrasound machine during the active phase of labor during contractions and 2-3 days before the onset of labor. The following anatomical and functional parameters were recorded: umbilical cord circumference in the proximal, median, and distal segments; internal diameters of the right and left umbilical arteries and vein in three similar segments; pulsatility index; maximum systolic blood flow velocity; and end-diastolic blood flow velocity. The cross-sectional areas of the umbilical cord, arteries, veins, and embryonic mucosal connective tissue were calculated. Statistically significant differences were found in maximum systolic and end-diastolic blood flow velocities, and consequently, in the pulsatility index. According to the nonparametric Wilcoxon test, umbilical cord circumference, internal diameters of umbilical vessels, and cross-sectional areas undergo statistically insignificant changes. The volume of embryonic mucosal connective tissue has a greater influence on umbilical cord circumference and cross-sectional area. With a normal umbilical cord anatomical structure, the intrapartum period proceeds without complications, despite fluctuations in hemodynamic parameters. Morphological parameters, namely, umbilical cord circumference in the proximal, medial, and distal segments; the internal diameter of the right and left umbilical arteries and vein in three analogous segments; the cross-sectional areas of the umbilical cord, arteries, and vein; and the embryonic connective tissue mucosa, retain their structure during the intrapartum period despite initially normal anatomical structure. The obtained results can be used as predictors for assessing birth outcomes.

Keywords: umbilical cord, morphometry, ultrasound sonography, umbilical arteries, umbilical vein

Article received 25 March 2025
Article accepted 27 September 2025

Введение. Пуповина или пупочный канатик (funiculus umbilicalis) – это провизорный орган, который является составной частью фетоплацентарного круга кровообращения. Его роль крайне важна для физиологического течения беременности и родов [1-4]. Ряд авторов отмечает, что имеются корреляции между диаметром, строением пуповины и состоянием новорожденного после рождения, также между площадью эмбриональной слизистой соединительной ткани (вартонов студень) и функциональными возможностями плаценты [5-6]. Однако при проведении ультразвукового метода исследования врач особое внимание уделяет морфологическому и функциональному состоянию плода и структуре плаценты [3]. Что касается пуповины и ее сосудов, то в протокол скрининговой ультразвуковой сонографии женщин во время беременности входит исследование количества сосудов пуповины и места ее прикрепления к плаценте, наличие или отсутствие обвития вокруг шеи плода (порядок оказания медицинской помощи по профилю «акушерство и гинекология», утвержденный приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 октября 2020 года № 1130н). Морфометрические характеристики, а именно окружность пуповины, диаметры пупочных сосудов, площадь пуповины, пупочных артерий и вены, эмбриональной слизистой соединительной ткани не подвергаются исследованию.

Оценка морфометрических показателей пуповины в антенатальном периоде позволила бы прогнозировать исход родов для плода, поскольку в литературе имеются данные о прямой связи между диаметром пуповины и неблагоприятным перинатальным исходом и при недостатке эмбриональной слизистой соединительной ткани сосуды пуповины менее устойчивы к компрессии [8-9]. Учитывая данный факт, помимо антенатального исследования [10], интранатальная ультразвуковая сонография пуповины и ее сосудов приобретает актуальность. Ряд авторов обращает внимание на необходимость исследования пуповины во всех случаях мертворождения [9]. Однако в настоящее время имеется широкий спектр возможностей

пренатального исследования с целью предотвращения неблагоприятных перинатальных исходов.

Цель исследования: оценить влияние родовой деятельности на морфофункциональные показатели пупочных сосудов доношенных плодов.

Материалы и методы исследования: С информированного согласия в данном исследовании приняли участие 150 беременных женщин. Локально этический комитет Башкирского государственного медицинского университета Минздрава России от 23.10.2024 заключил, что проводимое научное исследование соответствует общепринятым нормам биомедицинской этики, требованиям соблюдения прав, интересов и личного достоинства, принимающих участие в исследовании согласно «ГОСТ Р 52379-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Надлежащая клиническая практика».

За критерии включения в исследование были приняты доношенный срок беременности, отсутствие у женщины тяжелой соматической патологии, осложнений беременности (гестационный сахарный диабет, преэклампсия, недостаточный рост плода), инфекционные заболевания, рождение ребенка на 7 и выше баллов по шкале Апгар. Критерием исключения из исследования послужил отказ пациенток.

В ходе исследования пуповина была разделена на следующие сегменты: проксимальный сегмент пуповины, на расстоянии 3 см от пупочного кольца; срединный сегмент пуповины, середина между проксимальным и дистальным сегментом; дистальный сегмент пуповины, на расстоянии 3 см от плаценты.

Исследование проводилось на ультразвуковом аппарате Samsung Accuvix XG 2019 в активную фазу родов во время схватки. Фиксировались следующие анатомические и функциональные показатели: окружность пуповины в проксимальном, срединном, дистальном сегментах, внутренний диаметр правой, левой пупочных артерий и вены в трех аналогичных сегментах, пульсационный индекс, максимальная систолическая скорость кровотока, конечная диастолическая ско-

Таблица 1

Морфофункциональные показатели пуповины и ее сосудов вне (антенатально) и в период (интранатально) родовой деятельности (Ме [Q5; Q95])

Морфофункциональные показатели	Вне родовой деятельности	Во время родовой деятельности	p-value
Окружность пуповины в проксимальном сегменте (см)	5 [4,2; 6,1]	5 [4,2; 6,1]	0,317
Окружность пуповины в срединном сегменте (см)	4,8 [4,0; 6,0]	4,8 [4,0; 6,0]	1,0
Окружность пуповины в дистальном сегменте (см)	4,7 [4,0; 5,6]	4,7 [4,0; 5,6]	0,157
Внутренний диаметр правой пупочной артерии в проксимальном сегменте (мм)	4,4 [2,9; 5,5]	4,4 [2,9; 5,5]	0,317
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
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
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
Площадь поперечного сечения пуповины в проксимальном сегменте (см ²)	2 [1,4; 3,1]	2 [1,4; 3,1]	1
Площадь поперечного сечения артерий в проксимальном сегменте (см ²)	0,15 [0,07; 0,2]	0,15 [0,07; 0,2]	1
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 эмбриональной слизистой соединительной ткани в проксимальном сегменте (см ²)	1,4 [0,8; 2,5]	1,4 [0,8; 2,5]	1
Площадь поперечного сечения пуповины в срединном сегменте (см ²)	1,8 [1,3; 2,9]	1,8 [1,3; 2,9]	1
Площадь поперечного сечения артерий в срединном сегменте (см ²)	0,14 [0,07; 0,2]	0,14 [0,07; 0,2]	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 эмбриональной слизистой соединительной ткани в срединном сегменте (см ²)	1,6 [1,03; 2,6]	1,6 [1,03; 2,6]	1
Площадь поперечного сечения пуповины в дистальном сегменте (см ²)	1,8 [1,3; 2,5]	1,8 [1,3; 2,5]	1
Площадь поперечного сечения артерий в дистальном сегменте (см ²)	0,14 [0,07; 0,2]	0,14 [0,07; 0,2]	1
Площадь поперечного сечения вены в дистальном сегменте (см ²)	0,11 [0,08; 0,14]	0,11 [0,08; 0,14]	1
Площадь поперечного сечения эмбриональной слизистой соединительной ткани в дистальном сегменте (см ²)	1,5 [1,0; 2,3]	1,5 [1,0; 2,3]	1

рость кровотока. Вычислялись площади поперечного сечения пуповины, артерий и вены, с целью определения площади поперечного сечения вартонова студня. Эти же показатели были замерены за 2-3 дня до начала родовой деятельности. Статистическая обработка данных проводилась с помощью непараметрических критериев.

Результаты и обсуждение. В результате исследования 150 пуповин диапазон полученных морфометрических параметров считаем достоверным отнести к категории нормального анатомического строения, поскольку при отборе пациентов были применены строгие критерии включения и исключения, которые описаны в разделе «Материалы и методы исследования».

В таблице 1 во втором столбце представлены результаты ультразвукового исследования пуповины доношенных плодов в антенатальном периоде. По его результатам окружность пуповины имеет тенденцию к уменьшению в дистальном сегменте. Внутренний диаметр вены остается неизменным на всем протяжении. Внутренний диаметр артерий трех сегментов пуповины по критерию Фридмана имеет статистически значимые отличия ($p < 0,01$). Показатели внутреннего диаметра пупочных артерий и вены совпали с литературными данными [11]. Пульсационный индекс, характеризующий гемодинамические процессы в фетоплацентарном круге кровообращения, входит в рамки нормальных значений, определенных в клиническом протоколе «Недостаточный рост плода, требующий предоставления медицинской помощи матери, 2022». По его значениям можно судить о нормальном сосудистом сопротивлении.

Отличие внутреннего диаметра правой и левой пупочных артерий по критерию U Манна-Уитни было статистически незначимо ($p > 0,05$). Регулирует равный диаметр пупочных артерий анастомоз Гиртля, равномерно распределяя кровоток. В случае его отсутствия наблюдается неоднородность диаметра артерий [12-13].

В таблице 1 в третьей колонке представлены показатели, измеряемые во время родовых схваток в интранатальном периоде. Статистически значимые отличия выявлены в максимально систолической и, естественно, в диастолической скоростях кровотока, следовательно, и в пульсационном индексе. По Критерию Вилкоксона окружность пуповины, внутренние диаметры пупочных сосудов и площади поперечных сечений претерпевают статистически незначимые изменения. Предполагаем, что данный факт связан с защитной функцией эмбриональной слизистой соединительной ткани [14-15]. Так как в данное исследование были включены только женщины с отсутствием экстрагенитальной патологии и осложнений беременности с благоприятным исходом родов через естественные родовые пути, то, следовательно, в подобных ситуациях вартонов студень полностью выполняет свою защитную роль от компрессии. Изменение гемодинамических показателей связано не с морфологическими переменами пупочного канатика, а с общими изменения в сердечно-сосудистой, нейро-эндокринной системах плода в ответ на родовую деятельность.

Заключение. Таким образом, в большей степени на окружность и площадь поперечного сечения пуповины влияет объем эмбриональной слизистой соединительной ткани. При нормальном анатомическом строении пуповины интранатальный период протекает без осложнений, несмотря на колебания гемодинамических параметров. Морфологические параметры, а именно окружность пуповины в проксимальном, срединном, дистальном сегментах, внутренний диаметр правой, левой пупочных артерий и вены в трех аналогичных сегментах, площади поперечного сечения пуповины, артерий и вены, эмбриональной слизистой соединительной ткани, в интранатальном периоде сохраняют свою структуру при изначально нормальном анатомическом строении.

Литература References

1. Gordun AA. Perinatal'nye riski u zhenshchin s patologicheskim sostoyaniem pupoviny. Sovremennye dostizheniya molodykh uchenykh v meditsine: sbornik materialov X Respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Grodno, Belarus', 30 noyabrya 2023. Grodno: Grodnenskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet, 2023.- S. 146-148. In Russian
2. Gee SE, Frey HA. Contractions: traditional concepts and their role in modern obstetrics. Semin Perinatol. 2020;44(2):151218. <https://doi.org/10.1016/j.semperi.2019.151218>
3. Flynn W, Vickerton P. Anatomy, Abdomen and Pelvis: Abdominal Wall. 2023 Jul 24. In: StatPearls [E-pub]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025
4. Krzyżanowski A, Kwiatek M, Gęca T et al. Modern Ultrasonography of the Umbilical Cord: Prenatal Diagnosis of Umbilical Cord Abnormalities and Assessment of Fetal Wellbeing. Med Sci Monit. 2019;25:3170-3180. <https://doi.org/10.12659/MSM.913762>
5. Kim DY, Lee SM, Cho S, Noh SM. Correlations between the status of the umbilical cord and neonatal health status. Child Health Nursing Research. 2020;26(3):348-356
6. Debebe SK, Cahill LS, Kingdom JC et al. Wharton's jelly area and its association with placental morphometry and pathology. Placenta. 2020;94:34-38
7. Kogan YaE. Patologiya pupoviny i ee rol' v perinatal'nykh oslozhneniyakh. Prakticheskaya meditsina. 2016;93(1):22-25. In Russian
8. Radzinskiy VE. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po akusherstvu: Uchebnoe posobie. M.: GEOTAR-Media, 2007.- S. 656
9. Damasceno EB, de Lima PP. Wharton's jelly absence: a possible cause of stillbirth. Autops Case Rep. 2013;3(4):43-47
10. Murphy-Kaulbeck L, Dodds L, Joseph KS et al. Single umbilical artery risk factors and pregnancy outcomes. Obstet Gynecol. 2010;116(4):843-850. <https://doi.org/10.1097/AOG.0b013e3181f0bc08>
11. Gagaev ChG. Patologiya pupoviny. Pod red. prof. V.E. Radzinskogo. M.: GEOTAR-Media, 2011.- S. 196. In Russian
12. Yarygina TA, Gasanova RM, Marzoeva OV i dr. Patologicheskoe stroenie pupoviny: chto nakhoditsya za ramkami rutinnogo ul'trazvukovogo issledovaniya pri vrozhdennom poroke serdtsa u ploda. Akusherstvo i ginekologiya. 2024;9:12-21. In Russian
13. Cahill LS, Mercer GV, Jagota D et al. Doppler ultrasound of the fetal descending aorta: an objective tool to assess placental blood flow resistance in pregnancies with discordant umbilical arteries. J. Ultrasound Med. 2022;41(4):899-905. <https://doi.org/10.1002/jum.15773>
14. Davies JE, Walker JT, Keating A. Concise review: Wharton's jelly: the rich, but enigmatic, source of mesenchymal stromal cells. Stem Cells Transl Med. 2017;6(12):1620-1630. <https://doi.org/10.1002/sctm.16-0492>
15. Sánchez-Trujillo L, García-Montero C, Fraile-Martínez O, et al. Considering the effects and maternofetal implications of vascular disorders and the umbilical cord. Medicina (Kaunas). 2022;58(12):1754. <https://doi.org/10.3390/medicina58121754>

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

The authors declare that they have no conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Клявлиная Мария Юрьевна, аспирант кафедры анатомии человека, Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия;
e-mail: gradusova.maria@mail.ru

Нигматуллин Рафик Талгатович, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры анатомии человека, Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия; **e-mail:** nigmatullinr@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mariya Yu. Klyavlina, Postgraduate Student of the Bashkir State Medical University Human Anatomy Department, Ufa, Russia;
e-mail: gradusova.maria@mail.ru

Rafik T. Nigmatullin, Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Bashkir State Medical University Human Anatomy Department, Ufa, Russia;
e-mail: nigmatullinr@mail.ru