

УДК 611.149.8.013.018-053.12/31
DOI: 10.24061/1727-0847.23.4.2024.72

О. С. Забродська

*Кафедра анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії (зав. – проф. О. М. Слободян)
Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці*

ОСОБЛИВОСТІ МІКРОАНАТОМІЇ ПУПКОВОЇ ВЕНИ В ФЕТАЛЬНОМУ ТА РАНЬОМУ НЕОНАТАЛЬНОМУ ПЕРІОДАХ ОНТОГЕНЕЗУ

Резюме. Вивчення мікроанатомії пупкової вени у плодовому періоді є важливим через її визначальне місце у забезпеченні плода киснем і поживними речовинами, необхідними для нормального розвитку. Аналіз мікроанатомічних особливостей пупкової вени дозволяє виявити ключові механізми адаптації судинної системи до внутрішньоутробних умов, що є важливим як для фундаментальної науки, так й для клінічної практики. Дані про вікові зміни в структурі пупкової вени можуть допомогти в діагностиці та профілактиці ускладнень, пов'язаних із порушеннями плацентарного кровообігу.

Мета дослідження. Встановити особливості структурної організації пупкової вени в перинатальному періоді.

Матеріал і методи. Для дослідження використано 70 об'єктів плодів та 7 новонароджених. Для досягнення поставленої мети використано комплекс морфологічних методів дослідження, який вміщує макромікропрепарування, виготовлення топографоанатомічних зрізів, рентгенографію, морфометрію. Результати. Стінка пупкової вени у другому триместрі внутрішньоутробного розвитку має багатшарову будову, що включає ендотелій (внутрішню оболонку – інтима), субендотеліальний шар, м'язовий шар (середня оболонка – медіа) і адвентицію (зовнішню оболонку). Така структура забезпечує механічну стійкість судини та оптимальні умови для транспортування крові. Ендотеліальний шар пупкової вени у плодів характеризується щільним розташуванням клітин, які активно синтезують глікозаміноглікани, що сприяє рівномірному кровотоку і захисту стінки судини від механічного пошкодження. Субендотеліальний шар має варіабельну товщину, що пов'язано з адаптаційними змінами до гемодинамічних умов. У ньому виявлено велику кількість фібробластів та колагенових волокон, які забезпечують еластичність і гнучкість стінки судини. М'язовий шар пупкової вени представлений гладком'язовими клітинами, які утворюють циркулярно орієнтовані пучки. Цей шар відіграє важливу роль у підтримці тону судини і забезпеченні постійного кровотоку. Зовнішній адвентиційний шар складається переважно з пухкої сполучної тканини, яка містить кровоносні судини і нервові волокна, що забезпечують метаболічну підтримку та іннервацію стінки вени.

Висновки. Отже, в ранніх плодів внутрішня оболонка стінки пупкової вени є тонкою й відзначається слабким розвитком гладеньких міоцитів, не відзначаються жодні із волокон. Наприкінці плодового періоду всі шари пупкової вени набувають найбільшого розвитку: зовнішній адвентиційний шар стає міцнішим, середній шар містить безліч гладеньких міоцитів та з'являються спочатку колагенові волокна, а пізніше еластичні. Вперше можна в шарах стінки пупкової вени побачити багато макрофагів, фагоцитів, фібробласти. У новонароджених кількість гладких міоцитів, макрофагів в рази збільшується, з'являються лейкоцити та лімфоцити.

Ключові слова: пупкова вена, печінка, анатомія, плід, людина, онтогенез, мікроструктура.

Мікроанатомічні особливості пупкової вени у фетальному та ранньому неонатальному періодах становлять значну зацікавленість як з наукової, так й з клінічної точки зору. Пупкова вена є ключовим компонентом плацентарно-плодової системи, що забезпечує транспорт кисню та поживних речовин до плода [1]. Її структурна організація впли-

ває на ефективність кровообігу, регуляцію тиску та адаптаційні процеси в умовах внутрішньоутробного розвитку.

Особливості будови пупкової вени мають вирішальне значення для забезпечення стійкості судини до гемодинамічних навантажень, що зростають зі збільшенням маси плода [2]. Нормальне

функціонування цього судинного утворення є критичним для збереження гомеостазу плода та його подальшого розвитку. Зміни в структурі пупкової вени, пов'язані з порушеннями плацентарного кровообігу, можуть призводити до гіпоксії, затримки розвитку або інших патологічних станів.

Особливості мікроанатомії пупкової вени дозволяє глибше зрозуміти механізми адаптації судинної системи до умов внутрішньоутробного середовища. Аналіз тканинної структури вени дає можливість визначити її багат шарову конструкцію та функціональну спеціалізацію кожного шару.

Мета дослідження: встановити особливості структурної організації пупкової вени в фетальному та ранньому неонатальному періодах.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 70 плодах та 7 новонароджених без видимих ознак анатомічних відхилень внутрішньоутробного розвитку за допомогою виготовлення гістологічних зрізів.

Робота виконана відповідно до планової комплексної науково-дослідної роботи кафедри анатомії клінічної анатомії та оперативної хірургії, анатомії людини імені М. Г. Туркевича «Закономірності статево-вікової будови та топографоанатомічних перетворень органів і структур організму на прета постнатальному етапах онтогенезу. Особливості перинатальної анатомії та ембріотопографії» (№ держреєстрації 0120U101571), з дотриманням основних положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень за участю людини (1964–2013), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. та з урахуванням методичних рекомендацій МОЗ України «Порядок вилучення біологічних об'єктів від померлих осіб, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі та патологоанатомічному дослідженню, для наукових цілей» (2018 р.).

Результати дослідження та їх обговорення. У другому триместрі внутрішньоутробного розвитку ендотелій пупкової вени представлений одношаровим епітелієм, що вистилає внутрішню поверхню стінки судини. Ендотеліальні клітини мають округлу і дещо видовжену форму, орієнтовану вздовж потоку крові, що зменшує гідродинамічний опір [3]. Клітини міцно з'єднані між собою міжклітинними контактами (щільними контактами та адгезійними комплексами), що забезпечують бар'єрну функцію. Цитоплазма ендотеліальних клітин містить органели (ендоплазматичний ретикулум, мітохондрії, апарат Гольджі), які беруть участь у синтезі та секреції активних молекул.

У клітинах також можуть бути наявні специфічні везикули (тільця Weibel-Palade), які зберігають фактори згортання крові, наприклад, фактор Віллебранда. У плодів другого триместру внутрішньоутробного розвитку відзначаються ендотеліальні клітини активно функціонують, сприяючи транспорту кисню та поживних речовин через пупкову вену до плода. Мікроскопічні дослідження пупкової вени встановили, що у плодів другого триместру внутрішній шар тонкий, сформований клітинами плоскої форми, які лежать на базальній мембрані та підендотеліальним шаром, який складається з пухкої сполучної тканини, яка може містити колагенові та еластичні волокна, фібробласти та міжклітинний матрикс [4]. Основу середнього шару становлять гладенькі м'язові клітини (міоцити), які розташовані переважно циркулярно. Ці клітини забезпечують тонус стінки вени та сприяють регуляції діаметра судини для адаптації кровотоку. У міжм'язових просторах присутня волокниста сполучна тканина, зокрема колагенові та еластичні волокна, що забезпечують міцність та еластичність середнього шару [5]. У ранніх плодів середній шар пупкової вени порівняно тонший, ніж в артерії, що відповідає венозному типу кровоносних судин. Він має меншу кількість м'язових елементів, але достатньо розвинений для підтримки ефективного кровотоку [6, 7]. Характерною особливістю середнього шару пупкової вени є розташування гладких міоцитів циркулярно, забезпечуючи здатність до вазоконстрикції (рис. 1). Гладенькі м'язові клітини вени нещільні пучки, які не мають чітко організованої шаруватості, характерної для артеріальних судин.

У цьому віковому періоді середній шар пупкової вени виконує важливу функцію забезпечення постійного та стабільного кровотоку, компенсуючи зміни тиску за рахунок еластичності міоцитів. Зовнішній шар складається переважно з пухкої сполучної тканини, яка містить колагенові й еластичні волокна [8–9]. Колагенові волокна забезпечують міцність стінки судини, а еластичні волокна сприяють її еластичності. У цьому шарі трапляються фібробласти, макрофаги та інші компоненти сполучної тканини. Фібробласти беруть участь у синтезі міжклітинного матриксу, макрофаги забезпечують імунний захист і беруть участь у резорбції пошкоджених тканин [10–11]. У зовнішньому шарі присутні дрібні кровоносні судини (vasa vasorum), які забезпечують живлення зовнішніх шарів пупкової вени. Нервові волокна в зовнішньому шарі менш виражені, майже не помітні.

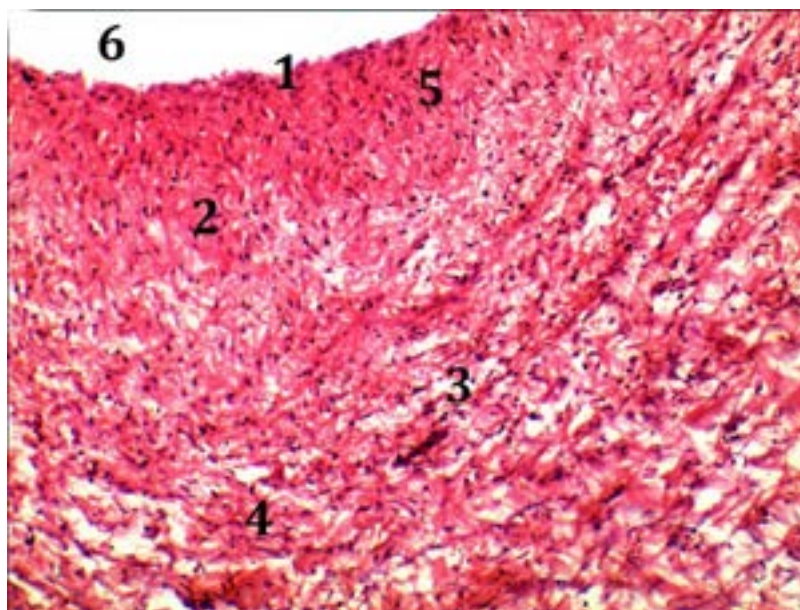


Рис. 1. Поздовжній зріз пупкової вени у плода 300,0 мм тім'яно-п'воь довжини (ТПД). Мікрофотографія. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Зб. $\times 100$: 1 – ендотелій, 2 – середній шар, 3 – зовнішній шар, 4 – волокна, 5 – гладкі міоцити, 6 – просвіт судини

Мікроскопічні дослідження пупкової вени в плодів третього триместру показали чітко сформовану гістологічну структуру, її стінка складається із трьох типових шарів (рис. 2). Ендотеліальні клітини у пізніх плодів мають плоску форму і щільно розташовані вздовж стінки судини, утворюючи одношаровий плоский епітелій. Клітини добре поляризовані: їх базальна сторона контактує з базальною

мембраною, а апікальна – взаємодіє з компонентами крові [12]. Ендотелій виконує роль регулятора проникнення, контролюючи транспорт кисню, глюкози, амінокислот та інших поживних речовин до плоду. Базальна мембрана, на якій розташовується ендотелій, добре розвинена та виступає структурною опорою. Вона також бере участь у процесах молекулярного обміну між ендотелієм і підлеглими тканинами.

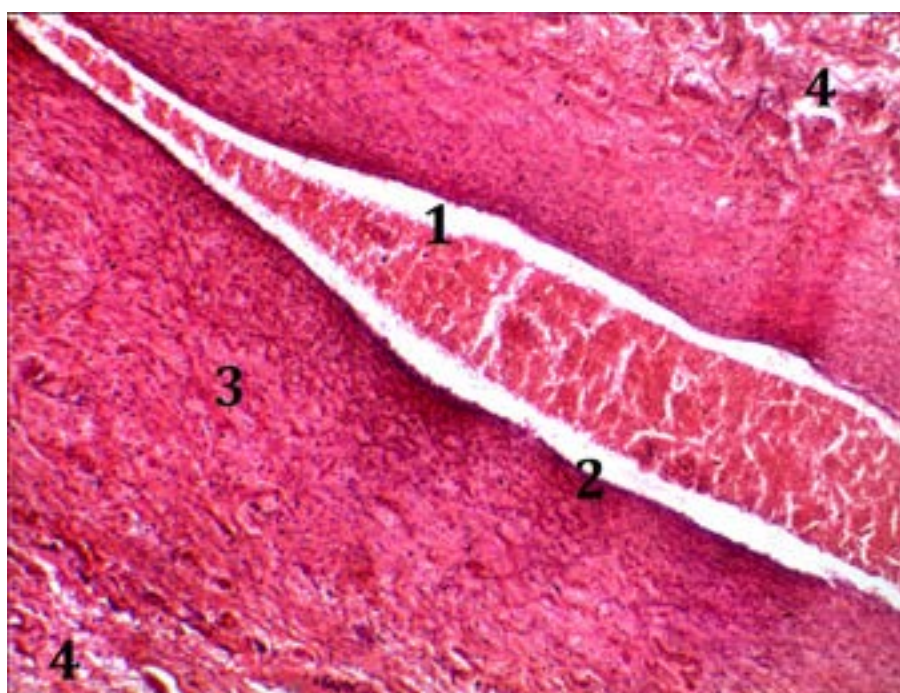


Рис. 2. Поперечний зріз пупкової вени плода 355,0 мм ТПД. Мікрофотографія. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Зб. $\times 100$: 1 – кровонаповнений просвіт, 2 – внутрішній шар, 3 – середній шар, 4 – зовнішній шар

Базальна мембрана складається з колагенових волокон, глікопротеїнів та протеогліканів, які сприяють механічній підтримці та молекулярному обміну між ендотелієм і середнім шаром стінки судини [13]. Підендотеліальний шар забезпечує додаткову еластичність стінки судин, що важливо для адаптації до змін кровотоку.

Зовнішній шар пупкової вени у новонароджених є добре вираженим шаром, що складається з пухкої волокнистої сполучної тканини. В її складі переважають колагенові волокна, які забезпечують механічну міцність, та еластичні волокна, що забезпечують судинну еластичність. У зовнішній оболонці складаються фібробласти – клітини, які синтезують волокнисту сполучну тканину. Також присутні макрофаги та інші імунні клітини, які забезпечують захисну функцію. Нервові волокна тут

нечисленні, оскільки пупкова вена не потребує активної нейронної регуляції, характерної для деяких інших судин.

Дослідження мікроструктури пупкової вени новонародженої дитини показали, що судина має збережену морфологічну будову всіх структурних компонентів притаманні їй у перинатальний період, проте після народження вона поступово облітеруюється. Відзначається дисфункція судинної стінки, виявляються ділянки з розширенням або звуженням просвіту. Часто спостерігається локальні відшарування ендотелію. Середній шар пупкової вени у стані контрактури, гладкі міоцити у стані постійного скорочення, у зв'язку з цим ядра клітин не виявляються, а цитоплазма інтенсивно оксифільна. Також у середній оболонці колагенові і еластичні волокна часто із ознаками деструкції (рис. 3).



Рис. 3. Поперечний зріз пупкової вени новонародженого. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Мікрофотографія. Збільшення: $\times 40$: 1 – просвіт судини, 2 – ендотелій, 3 – м'язова оболонка, 4 – зовнішній шар

Основна речовина пухкої сполучної тканини зовнішнього набрякла у результаті формуються слабо оксифільні оптичні пустоти. Спостерігається розволокнення колагенових волокон, часто фрагментація та набряк. Виявляються ділянки відшарування зовнішнього шару від прилеглої оболонки. У зовнішній оболонці відзначаються адипоцити із дещо деформованою формою, фібробласти із слабо базофільними ядрами, сплюснені фібробласти із гіперхромними ядрами.

Базальна мембрана має тонку і компактну структуру, що забезпечує оптимальний молекулярний обмін у перші дні життя. Під ендотелієм може бути тонкий шар пухкої сполучної ткани-

ни, що включає невелику кількість фібробластів та колагенових волокон. Цей шар забезпечує певну підтримку для ендотелію та виступає в ролі проміжного шару між ендотелієм і середнім (м'язовим) шаром стінки вени. Внутрішній шар пупкової вени має важливу роль у підтримці гладкого кровотоку, зменшуючи тертя і підтримуючи стабільний потік крові до органів новонародженого. Вона бере участь у синтезі деяких важливих молекул, таких як оксид азоту (NO), який регулює тонус судин і забезпечує адекватне постачання кисню і поживних речовин до тканини. У момент народження функція пупкової вени припиняється, що призводить до збільшення регресії активності гладких

м'язових клітин. Волокна та клітини середньої шкіри частково піддаються фіброзу, що супроводжується ущільненням тканини. До моменту народження гладенькі м'язові клітини забезпечують тонус і еластичність судин, що сприяє підвищенню ламінарного кровотоку. Еластичні волокна не дозволяють середній оболонці витримувати коливання тиску в умовах високого кровотоку від плаценти до плода.

Клітинна перебудова пупкової вени у другому і третьому триместрах внутрішньоутробного розвитку демонструє складні морфологічні та функціональні адаптації, спрямовані на забезпечення потреби плода в кисні та поживних речовинах. Ці процеси мають як спільні, так й відмінні риси. У другому триместрі внутрішньоутробного розвитку стінка пупкової вени залишається тонкою, але із формуванням всіх трьох шарів стінки, в той час як в третьому триместрі стінка значно потовщується за рахунок посиленого розвитку середнього шару стінки пупкової вени [14]. У другому триместрі відзначається лише початок розвитку поодиноких колагенових волокон, але їх кількість і організація є обмеженими. У третьому триместрі кількість та щільність колагенових волокон значно збільшується, разом із тим, з'являється більша кількість еластичних волокон. Стінка набуває розвиненої багат шарової структури із численних гладких міоцитів. У другому триместрі клітинний склад пупкової вени все ще залишається бідним, переважають ендотеліоцити, гладенькі міоцити, які виконують структурну функцію. Крім того, відзначаються поодинокі фібробласти, міофібробласти та макрофаги [15]. У третьому триместрі відмінним є те, що відзначається велика кількість фібробластів та міофібробластів, які активно продукують еластин і колаген, а також значна кількість макро-

фагів та лімфоцитів, які в подальшому забезпечують підготовку організму до пологів.

Значні відмінності в стінці та клітинному складі відзначається в новонароджених. Так, якщо в фетальному періоді гладеньких міоцитів було незначна кількість, то в ранньому неонатальному періоді кількість їх збільшується в десятки разів для підготовки до інтенсивних навантажень на середній шар пупкової вени, що пов'язано із перехідним кровообігом і змінами тиску. Якщо в фетальному періоді спостерігалась велика кількість фібробластів та міофібробластів, то в неонатальному їх стає мінімальні кількість, оскільки вже немає потреби для адаптації та ремоделювання судинної стінки. Найбільша популяція імунних клітин (макрофагів, лімфоцитів, лейкоцитів) спостерігалась саме в третьому триместрі внутрішньоутробного розвитку на відміну від неонатального, де ці клітини майже відсутні у зв'язку із відсутністю потреби в боротьбі з інфекціями, які можуть проникати через плацентарний бар'єр.

Висновки. Отже, в ранніх плодів внутрішня оболонка стінки пупкової вени є тонкою й відзначається слабким розвитком гладеньких міоцитів, не відзначаються жодні із волокон. Наприкінці плодового періоду всі шари пупкової вени набувають найбільшого розвитку: зовнішній адвентиційний шар стає міцнішим, середній шар містить безліч гладеньких міоцитів та з'являються спочатку колагенові волокна, а пізніше еластичні. Вперше можна в шарах стінки пупкової вени побачити багато макрофагів, фагоцитів, фібробласти. У новонароджених кількість гладких міоцитів, макрофагів в рази збільшується, з'являються лейкоцити та лімфоцити.

Перспективи подальших досліджень полягають в наступному дослідженні мікро- та макрoанатомії особливостей пупкової вени в постнатальному періоді онтогенезу людини.

Список використаної літератури

1. Duranova H, Kuzelova L, Borotova P, Simora V, Fialkova V. Human Umbilical Vein Endothelial Cells as a Versatile Cellular Model System in Diverse Experimental Paradigms: An Ultrastructural Perspective. *Microsc Microanal.* 2024 Jul 4;30(3):419-39. doi: 10.1093/mam/ozae048. PMID: 38817111.
2. Mappa I, Marra MC, Pietrolucci ME, Angela Lu JL, D'Antonio F, Rizzo G. Effects of umbilical vein flow on midbrain growth and cortical development in late onset fetal growth restricted fetuses: a prospective cross-sectional study. *J Perinat Med.* 2024 Feb 1;52(4):423-8. doi: 10.1515/jpm-2023-0487. PMID: 38296222.
3. Lin RZ, Im GB, Luo AC, Zhu Y, Hong X, Neumeyer J, Tang HW, Perrimon N, Melero-Martin JM. Mitochondrial transfer mediates endothelial cell engraftment through mitophagy. *Nature.* 2024 May;629(8012):660-8. doi: 10.1038/s41586-024-07340-0. Epub 2024 May 1. PMID: 38693258; PMCID: PMC11574736.
4. Ramirez Zegarra R, Carbone IF, Angeli L, Gigli F, Di Ilio C, Barba O, Cassardo O, Valentini B, Ferrazzi E, Ghi T. Association of umbilical vein flow with abnormal fetal growth and adverse perinatal outcome in low-risk population: multicenter prospective study. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2024 May;63(5):627-34. doi: 10.1002/uog.27534. Epub 2024 Apr 4. PMID: 37963279.

5. Thomas MR, Bhatia JK, Kumar S, Boruah D. The histology and histomorphometry of umbilical cord cross section in preeclampsia and normal pregnancies: a comparative study. *J Histotechnol*. 2020 Sep;43(3):109-17. doi: 10.1080/01478885.2020.1734741. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32160831.
6. Nie G, Zhang H, Luo W, Zhu X, Xie D, Yan J, Wang H, Li X. Enhancement of endothelial function and attenuation of portal vein injury using mesenchymal stem cells carrying miRNA-25-3p. *Sci Rep*. 2024 Jul 2;14(1):15113. doi: 10.1038/s41598-024-64263-6. PMID: 38956421; PMCID: PMC11220092.
7. Isotani N, Kanahashi T, Imai H, Yoneyama A, Yamada S, Takakuwa T. Regional differences in the umbilical vein and ductus venosus at different stages of normal human development. *Anat Rec (Hoboken)*. 2024 Oct;307(10):3306-26. doi: 10.1002/ar.25421. Epub 2024 Mar 9. PMID: 38459805.
8. Caracciolo PC, Diaz-Rodriguez P, Ardao I, Moreira D, Montini-Ballarín F, Abraham GA, Concheiro A, Alvarez-Lorenzo C. Evaluation of human umbilical vein endothelial cells growth onto heparin-modified electrospun vascular grafts. *Int J Biol Macromol*. 2021 May 15;179:567-75. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.03.008. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33675835.
9. Kasiteropoulou D, Topalidou A, Downe S. A computational fluid dynamics modelling of maternal-fetal heat exchange and blood flow in the umbilical cord. *PLoS One*. 2020 Jul 28;15(7):e0231997. doi: 10.1371/journal.pone.0231997. PMID: 32722669; PMCID: PMC7386597.
10. Gali H, Ankolekar VH. Morphometry, variations, and histogenesis of umbilical vein, portal sinus, and ductus venosus in human fetal liver: an anatomical study. *Surg Radiol Anat*. 2024 Dec 23;47(1):40. doi: 10.1007/s00276-024-03543-2. PMID: 39714476.
11. Слободян ОМ, Забродська ОС. Становлення топографії пупкової вени у передплодів. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*, 2021;20(2):35-41.
12. Achiron R, Kassif E, Kivilevitch Z. Fetal intrahepatic Umbilical-Porto-Systemic venous shunts (IHUPSVS): In-utero anatomic classification. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2022 Sep;276:179-84. doi: 10.1016/j.ejogrb.2022.07.022. Epub 2022 Jul 29. PMID: 35930812.
13. Shahrestani S, Mason E, Jayasekara J, Gall T, Sirimanna P, Mittal A, Samra J. Embryology to the rescue: restoration of hepatic blood flow via the remnant umbilical vein following iatrogenic bilateral portal vein embolization. *ANZ J Surg*. 2023 Nov;93(11):2760-1. doi: 10.1111/ans.18617. Epub 2023 Jul 21. PMID: 37480177.
14. Czeiger S, Weissbach T, Zloto K, Wiener A, Nir O, Massarwa A, Weisz B, Bartal MF, Ulman RY, Bart Y, Achiron R, Kivilevitch Z, Mazaki-Tovi S, Kassif E. Umbilical-portal-systemic venous shunt and intrauterine growth restriction: an inquiry from a prospective study. *Am J Obstet Gynecol*. 2024 Sep;231(3):340.e1-340.e16. doi: 10.1016/j.ajog.2024.01.003. Epub 2024 Jan 12. PMID: 38218510.
15. Massarwa A, Weissbach T, Hadi E, YuLzari V, Messing B, Adamo L, Elkan-Miller T, Achiron R, Kivilevitch Z, Bart Y, Weisz B, Yoeli-Ullman R, Mazaki S, Kassif E. In-utero evaluation of the fetal umbilical-portal venous system among fetuses with persistent right umbilical vein: Two-and three-dimensional ultrasonographic study. *Prenat Diagn*. 2024 Jan;44(1):68-76. doi: 10.1002/pd.6494. Epub 2024 Jan 3. PMID: 38172082.

References

1. Duranova H, Kuzelova L, Borotova P, Simora V, Fialkova V. Human Umbilical Vein Endothelial Cells as a Versatile Cellular Model System in Diverse Experimental Paradigms: An Ultrastructural Perspective. *Microsc Microanal*. 2024 Jul 4;30(3):419-39. doi: 10.1093/mam/ozae048. PMID: 38817111.
2. Mappa I, Marra MC, Pietrolucci ME, Angela Lu JL, D'Antonio F, Rizzo G. Effects of umbilical vein flow on midbrain growth and cortical development in late onset fetal growth restricted fetuses: a prospective cross-sectional study. *J Perinat Med*. 2024 Feb 1;52(4):423-8. doi: 10.1515/jpm-2023-0487. PMID: 38296222.
3. Lin RZ, Im GB, Luo AC, Zhu Y, Hong X, Neumeyer J, Tang HW, Perrimon N, Melero-Martin JM. Mitochondrial transfer mediates endothelial cell engraftment through mitophagy. *Nature*. 2024 May;629(8012):660-8. doi: 10.1038/s41586-024-07340-0. Epub 2024 May 1. PMID: 38693258; PMCID: PMC11574736.
4. Ramirez Zegarra R, Carbone IF, Angeli L, Gigli F, Di Ilio C, Barba O, Cassardo O, Valentini B, Ferrazzi E, Ghi T. Association of umbilical vein flow with abnormal fetal growth and adverse perinatal outcome in low-risk population: multicenter prospective study. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2024 May;63(5):627-34. doi: 10.1002/uog.27534. Epub 2024 Apr 4. PMID: 37963279.

5. Thomas MR, Bhatia JK, Kumar S, Boruah D. The histology and histomorphometry of umbilical cord cross section in preeclampsia and normal pregnancies: a comparative study. *J Histotechnol*. 2020 Sep;43(3):109-17. doi: 10.1080/01478885.2020.1734741. Epub 2020 Mar 11. PMID: 32160831.
6. Nie G, Zhang H, Luo W, Zhu X, Xie D, Yan J, Wang H, Li X. Enhancement of endothelial function and attenuation of portal vein injury using mesenchymal stem cells carrying miRNA-25-3p. *Sci Rep*. 2024 Jul 2;14(1):15113. doi: 10.1038/s41598-024-64263-6. PMID: 38956421; PMCID: PMC11220092.
7. Isotani N, Kanahashi T, Imai H, Yoneyama A, Yamada S, Takakuwa T. Regional differences in the umbilical vein and ductus venosus at different stages of normal human development. *Anat Rec (Hoboken)*. 2024 Oct;307(10):3306-26. doi: 10.1002/ar.25421. Epub 2024 Mar 9. PMID: 38459805.
8. Caracciolo PC, Diaz-Rodriguez P, Ardao I, Moreira D, Montini-Ballarín F, Abraham GA, Concheiro A, Alvarez-Lorenzo C. Evaluation of human umbilical vein endothelial cells growth onto heparin-modified electrospun vascular grafts. *Int J Biol Macromol*. 2021 May 15;179:567-75. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.03.008. Epub 2021 Mar 3. PMID: 33675835.
9. Kasiteropoulou D, Topalidou A, Downe S. A computational fluid dynamics modelling of maternal-fetal heat exchange and blood flow in the umbilical cord. *PLoS One*. 2020 Jul 28;15(7):e0231997. doi: 10.1371/journal.pone.0231997. PMID: 32722669; PMCID: PMC7386597.
10. Gali H, Ankolekar VH. Morphometry, variations, and histogenesis of umbilical vein, portal sinus, and ductus venosus in human fetal liver: an anatomical study. *Surg Radiol Anat*. 2024 Dec 23;47(1):40. doi: 10.1007/s00276-024-03543-2. PMID: 39714476.
11. Slobodyan O. M., Zabrods'ka O. S. Stanovlennyya topohrafiyi pupkovoyi veny u peredplodiv. *Klinichna anatomiya ta operatyvna khirurhiya*, 2021;20(2):35-41. [in Ukrainian].
12. Achiron R, Kassif E, Kivilevitch Z. Fetal intrahepatic Umbilical-Porto-Systemic venous shunts (IHUPSVS): In-utero anatomic classification. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2022 Sep;276:179-84. doi: 10.1016/j.ejogrb.2022.07.022. Epub 2022 Jul 29. PMID: 35930812.
13. Shahrestani S, Mason E, Jayasekara J, Gall T, Sirimanna P, Mittal A, Samra J. Embryology to the rescue: restoration of hepatic blood flow via the remnant umbilical vein following iatrogenic bilateral portal vein embolization. *ANZ J Surg*. 2023 Nov;93(11):2760-1. doi: 10.1111/ans.18617. Epub 2023 Jul 21. PMID: 37480177.
14. Czeiger S, Weissbach T, Zloto K, Wiener A, Nir O, Massarwa A, Weisz B, Bartal MF, Ulman RY, Bart Y, Achiron R, Kivilevitch Z, Mazaki-Tovi S, Kassif E. Umbilical-portal-systemic venous shunt and intrauterine growth restriction: an inquiry from a prospective study. *Am J Obstet Gynecol*. 2024 Sep;231(3):340.e1-340.e16. doi: 10.1016/j.ajog.2024.01.003. Epub 2024 Jan 12. PMID: 38218510.
15. Massarwa A, Weissbach T, Hadi E, YuLzari V, Messing B, Adamo L, Elkan-Miller T, Achiron R, Kivilevitch Z, Bart Y, Weisz B, Yoeli-Ullman R, Mazaki S, Kassif E. In-utero evaluation of the fetal umbilical-portal venous system among fetuses with persistent right umbilical vein: Two-and three-dimensional ultrasonographic study. *Prenat Diagn*. 2024 Jan;44(1):68-76. doi: 10.1002/pd.6494. Epub 2024 Jan 3. PMID: 38172082.

FEATURES OF THE MICROANATOMY OF THE UMBILICAL VEIN IN THE FETAL AND EARLY NEONATAL PERIODS OF ONTOGENESIS

Abstract. Studying the microanatomy of the umbilical vein during the fetal period is important because of its critical role in providing the fetus with oxygen and nutrients necessary for normal development. Analysis of the microanatomical features of the umbilical vein allows us to identify the key mechanisms of adaptation of the vascular system to intrauterine conditions, which is important both for fundamental science and clinical practice. Data on age-related changes in the structure of the umbilical vein can help in the diagnosis and prevention of complications associated with placental blood circulation disorders.

The purpose of the study is to establish the peculiarities of the microstructure of the umbilical vein during the fetal period.

Material and methods. 70 objects of fetuses and 7 newborns were used for the study. To achieve the goal, a complex of morphological research methods was used, which includes macro-microdissection, production of topographic-anatomical sections, radiography, and morphometry.

The results. The wall of the umbilical vein in the fetal period has a multi-layered structure, which includes the endothelium (inner shell – intima), subendothelial layer, muscle layer (middle shell – media) and adventitia

(outer shell). This structure provides mechanical stability of the vessel and optimal conditions for blood transportation. The endothelial layer of the umbilical vein in fetuses is characterized by a dense arrangement of cells that actively synthesize glycosaminoglycans, which contributes to uniform blood flow and protection of the vessel wall from mechanical damage. The subendothelial layer has a variable thickness, which is associated with adaptive changes to hemodynamic conditions. A large number of fibroblasts and collagen fibers were found in it, which ensure the elasticity and flexibility of the vessel wall. The muscle layer of the umbilical vein is represented by smooth muscle cells that form circularly oriented bundles. This layer plays an important role in maintaining vessel tone and ensuring constant blood flow. The adventitia consists mainly of loose connective tissue that contains blood vessels and nerve fibers that provide metabolic support and innervation of the vein wall.

Conclusions. Therefore, in early fetuses, the inner membrane of the wall of the umbilical vein is thin and characterized by a weak development of smooth myocytes, none of the fibers are noted. At the end of the fetal period, all layers of the umbilical vein acquire the greatest development: the outer adventitial layer becomes stronger, the middle layer contains many smooth myocytes, and collagen fibers appear first, and later elastic ones. For the first time, many macrophages, phagocytes, and fibroblasts can be seen in the layers of the umbilical vein wall. In newborns, the number of smooth myocytes and macrophages increases several times, leukocytes and lymphocytes appear.

Key words: umbilical vein, liver, anatomy, fetus, human, ontogenesis, microstructure.

Відомості про автора:

Забродська Ольга Сергіївна – аспірант кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці.

Information about the author:

Zabrodska Olha S. – Postgraduate of the Department of Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi City.

Надійшла 06.11.2024 р.