

Г.Є. Загоруйко¹
В.П. Марциновський¹
В.Л. Філатова²
Т.М. Матвієнко²
О.В. Філатова²
О.Д. Саргош²

¹ Рівненський державний гуманітарний університет

² Полтавський державний медичний університет
Рівне, Полтава, Україна

Morphologia
2026;20(1):26-34

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2026.1.26-34>
Морфологія / Morphologia / Morfologiã
ISSN 1997-9665



УДК: 616.16:616.12:57

УЧАСТЬ СЕРЦЕВИХ ТЕЛОЦИТІВ В УТВОРЕННІ ТА ЗАХИСТІ КРОВОНОС- НИХ МІКРОСУДИН МІОКАРДА В ПРОЦЕСІ РАНЬОГО ПОСТНАТАЛЬ- НОГО РОЗВИТКУ ЩУРІВ ВІСТАР

Zagoruiko G.E. , Martsinovsky V.P. , Filatova V.L. , Matvienko T.M. , Filatova O.V. , Sargosh O.D. 

Participation of cardiac telocytes in the formation and protection of myocardial blood microcirculation in the process of early postnatal development of Wistar rats.

Rivne State Humanitarian University, Rivne; Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine.

ABSTRACT. Relevance. In recent years, active studies of the participation of telocytes in prenatal and postnatal angiogenesis of mammals have been observed. Despite certain successes in studying the ultrastructure and function of cardiac telocytes, the processes of formation of interactions "telocyte ↔ endothelial cell", "telocyte ↔ smooth muscle cell", which contribute to the postnatal development of the capillary network, arterioles, venules of the myocardium of the left ventricle of Wistar rats, remain poorly studied. **Purpose.** To investigate the interactions of telocytes and their processes with capillary endothelial cells and myocardial arteriolar smooth muscle cells during the early postnatal development of Wistar rats. **Methods.** Using electron microscopy, a series of ultrathin sections of the left ventricular myocardium of Wistar rats at the age of 5, 10, 15 and 45 days of postnatal development were studied. **Results and summary.** It was established that during the first 15 days of postnatal development of rats, an increase in the number and size of telocytes and their processes occurs in the stromal-vascular component of the myocardium. Telocytes with processes are found near the blood capillaries. After some time, the processes of telocytes surround the blood capillaries and form contacts with endothelial cells "telocyte ↔ endotheliocyte". In the time interval (5-15) days, the number of protrusions and the number of microvilli on the luminal surface of the capillary endothelium significantly increases. This leads to a significant increase in the area of the luminal surface of endothelial cells. Within 15 days after the birth of rats, a kind of protective shell of several layers of telocyte processes is formed around some arterioles in the myocardium of the left ventricle. But in the time interval (15-45) days, the reverse process is observed in the stromal-vascular component of the myocardium: the number of telocytes and their processes decreases; the area of the abluminal surface cytolemma of the capillary endothelium increases due to the directed migration and fusion with the plasmalemma of numerous cytoplasmic microvesicles; the protective shell of cardiac telocyte processes around the arterioles "disappears". The obtained data convincingly indicate that cardiac telocytes and their numerous processes participate in the development of intercellular communication and contribute to the integrity of the ultrastructure of blood microvessels. Thus, the shell of telopods protects the network of the myocardial microcirculatory bed from possible damage and for some time prevents the increase in the diameter of microvessels.

Key words: telocyte ultrastructure, myocardial microvessels, Wistar rats.

 Zagoruiko G.E. 0001-0001-0016-0462;  Martsinovsky V.P. 0002-0002-0010-0946;

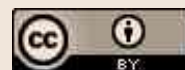
 Filatova V.L. 0003-0003-0014-0256;  Matvienko T.M. 0004-6004-0168-0062;

 Filatova O.V. 0005-0005-0011-0082;  Sargosh O.D. 0000-7000-7002-0773

For correspondence: ✉ prof.zagoruykoGE@gmail.com



© The Author(s) 2026. This is an open access article under the Creative Commons CC BY 4.0 license, which allows other people to freely distribute the published work with a mandatory reference to the authors of the original work and the first publication of the work in this journal.



Citation: Zagoruiko GE, Martsinovsky VP, Filatova VL, Matvienko TM, Filatova OV, Sargosh OD. [Participation of cardiac telocytes in the formation and protection of myocardial blood microcirculation in the process of early postnatal development of Wistar rats]. Morphologia. 2026;20(1):26-34. Ukrainian
doi: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2026.1.26-34>

Отримано / Received: 20.12.2025

Рецензовано / Revised: 03.03.2026

Прийнято / Accepted: 20.03.2026

Опубліковано / Published: 27.03.2026

Вступ

Останніми роками спостерігаються активні дослідження участі *телоцитів* і *перицитів* у пренатальному і постнатальному розвитку органів ссавців та у процесах *ангіогенезу* [1 - 8]. Відомо, що *ангіогенез* – це фізіологічний процес росту кровоносних судин. Встановлено, що під час ембріогенезу визначаються два механізми ангіогенезу: проростаючий та інвагінальний [8]. Останній відбувається під час розщеплення кровоносних судин у поточній судинній тканині. У роботах, що досліджують механізми утворення кровоносних мікросудин, використовується таке поняття як *ангіогенний апарат* [8], до складу якого входять телоцити, перицити, ендотеліоцити та макрофаги. Описано тісний зв'язок телоцитів з процесами ангіогенезу у багатьох органах під час постнатального розвитку тварин та відновлення тканин після їх ушкодження [4]. Встановлено, що у міокарді дорослих ссавців телоподії - відростки телоцитів, утворюють просторову (тривимірну) мережу та встановлюють прямий гетероклітинний контакт із кровоносними капілярами через ендотеліальні клітини. За допомогою електронної мікроскопії було переконливо показано, що *відростки* серцевих телоцитів, які локалізуються навколо кровоносних капілярів, дрібних інтрамуральних артерій та вен, утворюють гетероклітинні контакти з ендотеліоцитами, гладком'язовими клітинами мікросудин та перицитами [9]. Перицити також відіграють важливу роль в ангіогенезі. Перицити є ініціативним типом клітин, які контактують з ембріональними судинами, що зароджується, і розташовуються на кінчику зростаючих ендотеліальних паростків [1, 2]. Перицити та відростки серцевих телоцитів безпосередньо беруть участь у підтримці *цілісності* капілярів, артерій та венул у стромально-судинному компоненті міокарда ссавців і людини. В останні роки було встановлено, що в процесі ембріонального розвитку ссавців, телоцити стимулюють міграцію ендотеліальних клітин [10], утворення нових гемокапілярів, диференціацію гладком'язових клітин інтрамуральних судин [9]. Ультраструктурні дослідження переконливо свідчать про те, що міокардіальні телоцити за допомогою відростків утворюють прямі міжклітинні контакти зі шванівськими клітинами, ендотеліоцитами, кардіоміоцитами (КМЦ), клітинами імунної системи [3, 6, 9]. Висунуто концепцію «серцево-судинних одиниць» як «будівельних» блоків серця ссавців [11]. Незважаючи на успіхи у вивченні ультраструктури та функції серцевих телоцитів, залишаються мало дослідженими процеси утворення контактних взаємодій «телоцит ↔ ендотеліоцит», «телоцит ↔ гладком'язова клітина», що сприяють постнатальному розвитку капілярної мережі, артерій, венул міокарда лівого шлуночку щурів Вістар [12].

Метою роботи було електронно-мікроскопічне дослідження розвитку взаємодії телоцитів з ендотеліоцитами капілярів та гладком'язовими клітинами артерій міокарда в процесі раннього постнатального онтогенезу щурів Вістар.

Матеріали та методи

Проведено аналіз серій зображень ультраструктури міокарда лівого шлуночка щурів Вістар у віці 5-ти, 10-ти, 15-ти та 45 діб після народження. Щури, з розплідника НДІ біології при біологічному факультеті ХНУ ім. В.Н. Каразіна (м. Харків), утримувалися в стандартних умовах віварію. Усі маніпуляції з щурами були проведені з дотриманням Європейської Конвенції (Страсбург, 1986) [13], «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001), Закону України No 3447 – IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» згідно з директивою Ради ЄС 2010/63/EU, Директиви 2010/63/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року щодо захисту тварин, які використовуються в наукових цілях [14]. Виведення тварин з досліду проводили шляхом передозування ефірного наркозу. В кожній віковій групі тварин лівий шлуночок серця розрізали лезом на дрібні шматочки. За загально прийнятою методикою [15], зразки лівого шлуночку серця фіксували у 2,5 % розчині глутаральдегіду на основі фосфатного буферу, постфіксацію шматочків здійснювали у 1% розчині тетраокису осмію, а після дегідратації, шматочки поміщали в капсули, заливали сумішшю епоксидних смол та полімеризували при +60°C протягом 24 годин. Ультратонкі зрізи міокарда контрастували ураніацетатом та цитратом свинцю по методу Рейнольдса і вивчали в електронному мікроскопі ЕМВ-100Л. В кожній віковій групі було отримано та проаналізовано по 50 електроннограм зображень міокарда лівого шлуночка серця при збільшенні 2000^x. Для ілюстрації зображень серцевих телоцитів та їх відростків, фотографували ультратонкі зрізи міокарда щурів при збільшенні електронного мікроскопа в інтервалі від 5000^x до 10000^x.

Результати та їх обговорення

У процесі електронно-мікроскопічних досліджень серій електроннограм кровоносних капілярів міокарда 5-ти добових щурів, нами виявлені особливості ранніх взаємодій телоподій телоцитів з ендотеліоцитами капілярів.

На рис. 1 тіло телоцита та його довгі звивисті телоподії розташовані близько від капіляра (↑).

Короткі телоподи виявляються безпосередньо біля бічної поверхні кардіоміоцита (↓). Привертає увагу те, що подовжене тіло серцевого телоцита та тонкі довгі звивисті телоподи орієнтовані вздовж аблюменальної поверхні ендотелія кровоносного капіляра.

На кінці деяких тонких подомерів, що конта-

ктують з сарколемою КМЦ, виявляються *ектосоми* – кінцеві локальні потовщення, які містять дрібнодисперсні речовини різної електронної густини (↓).

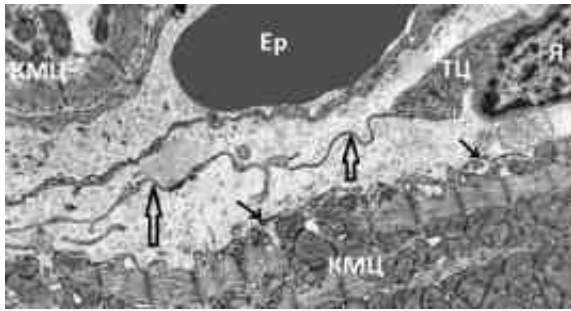


Рис. 1. Ультраструктура стромально-судинного компоненту міокарда 5-ти добового щура. Позначення: КМЦ – кардіоміоцит; Ер – еритроцит у просвіті кровоносного капіляра; ТЦ – телочит; Я – ядро телочита; (↑) – відростки телочита; (↑) – подомери контактують з сарколемою КМЦ. ТЕМ. ×8000.

Нижче периферійної частини тіла телочита виявляється локальна набрякла ділянка цитолемі, яка має опуклу форму. Ця ділянка цитолемі тіла телочита утворює безпосередній контакт з сарколемою кардіоміоцита. Тонка подомера, на кінці якої розташовані дві невеликі за розміром оптично темні округлі ектосоми (↓), контактують з сарколемою КМЦ. За даними [3-5], ектосоми відкріплюються від подомерів телочитів та перетворюються у екзосоми – вільні пухирці, що мігрують та транспортують біологічно активні речовини (БАР), які беруть участь у міжклітинних комунікаціях з кардіоміоцитами та клітинами стромально-судинного компоненту міокарда. У *центральної* частині електроннограми визначаються морфологічні прояви *контакту* між двома протилежно розташованими довгими та звивистими телоподами. Цей *гомолітинний* контакт «телопода ↔ телопода» ймовірно, сприяє передачі сигнальних молекул вздовж ланцюжка відростків телочитів, що оточують кровоносні капіляри міокарда. На кінці ще однієї тонкої подомери виявляється оптично темна ектосома, що контактує з інвагінацією сарколеми КМЦ (↓). Є підстава припустити, що через деякий час ця *ектосома* відкріпиться від подомери та перетвориться у *екзосому*, яка буде рухатися вглиб локальної інвагінації сарколеми кардіоміоцита де відбудеться контакт і передача сигнальних молекул (БАР) до саркоплазматичного ретикулума м'язової клітини. Отримані дані дозволяють припустити, що в процесі раннього постнатального розвитку щурів, відростки серцевих телочитів активно подовжуються і поступово формують просторову мережу контактуючих телопод, в якій відбувається циркуляція різних за функціями сигнальних молекул. В результаті утворення гомо- та гетероклітинних контактів, сигнальні молекули мають можливість впливати на функції КМЦ та клітин

стромально-судинного компоненту міокарда щурів. На електроннограмі (рис. 1) потовщена ендотеліальна оболонка кровоносного капіляра прилягає до сарколеми КМЦ. Протилежна сторона ендотеліальної оболонки капіляра істотно витончена. Люменальна поверхня витонченого ендотеліа капіляра утворює локальні маленькі випинання округлої форми, які безпосередньо контактують з еритроцитом. З аблюменальною поверхнею витонченого ендотеліа контактує екзосома. Ми припускаємо, що за допомогою цієї екзосоми відбулося транспортування, а потім передача сигнальних молекул від серцевого телочита до ендотеліоцита та/або крові. Ще одна рядом розташована екзосома ймовірно мігрує вбік кровоносного капіляра.

На рис. 2 представлена електроннограма міокарда 10-ти добового щура. Біля поперечного перерізу кровоносного капіляра розташовано тіло телочита з відростками, у складі яких виявляються подомери та подомери.

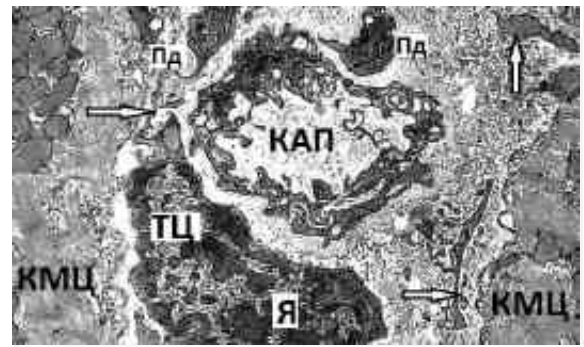


Рис. 2. Ультраструктура міокарда 10-ти добового щура. Позначення: КАП – капіляр; КМЦ – кардіоміоцит; ТЦ – телочит; (↑↔) – відростки телочита; Я – ядро телочита. ТЕМ. ×8000.

Інші відростки телочита оточують капіляр та утворюють фізичні локальні контакти з аблюменальною поверхнею ендотеліоцита. У верхній частині електроннограми, поблизу аблюменальної поверхні ендотеліоцита, виявляються дві подомери великих розмірів (Пд), які викликають локальні вигини бічної поверхні капіляра. Тіло телочита (ядро та тонкий шар цитоплазми) розташовано поблизу капіляра. Контури бічної поверхні серцевого телочита повторюють згини стінки капіляра. Перерізи телоподій, що оточують капіляр, мають різну площу та звивисту форму (↑↔). Це свідчить про складну просторову цитоархітектоніку серцевих телоподій. *Рельєф* люменальної поверхні ендотеліоцита капіляра дуже складний. У просвіті капіляра визначаються різної форми випинання цитоплазми ендотеліальної клітини. Деякі випинання містять світлі везикули. Визначаються поодинокі короткі мікроворсинки. Внаслідок утворення випинань люменальної поверхні цитоплазми ендотеліа різної форми, площа просвіту поперечного перерізу капіляра має *неправильну* фо-

рму. У випинаннях ендотелія *лівої* частини капіляра зосереджені світлі мікровезикул, за допомогою яких ймовірно, відбувається активне транспортування різних речовин з плазми крові у цитоплазму ендотеліоцитів, потім у міжклітинний простір до телоцита та його відростків. Слід зазначити, що цитоплазматичні везикули є носіями структурно-функціональних одиниць плазмолем ендотеліальних клітин. *Ліворуч*, між капіляром та тілом телоцита з відростками, виявляється локально просвітлений шар міжклітинної речовини, в якій подекуди визначаються дрібнодисперсні утворення. Просвітлення міжклітинної речовини, ймовірно, обумовлено дифузією рідини та розчищеного кисню з просвіту капіляра у міжклітинний простір, що оточує тіло телоцита. Уздовж *аблюменальної* поверхні ендотелію визначаються локальні ділянки відсутності базальної мембрани, або базальна мембрана переривчаста. У *нижній* частині перерізу капіляра визначається локальне випинання цитоплазми ендотеліоцита, яке спрямоване у міжклітинний простір. Це супроводжується утворенням інвагінації у поряд розташованої нерівномірно потовщеної протяжної телоподи. Ця ділянка телоподи утворює декілька фізичних контактів з аблюменальною поверхнею ендотелія. *Праворуч* від капіляра, де міжклітинний простір насичений дрібнодисперсними структурами, виявляються зрізи телоподій, тонких подомерів та скупчення мікровезикул. Отже, отримані дані свідчать про те, що однією з особливостей ультраструктури кровоносних капілярів міокарда 10-ти добових щурів, є значне *випереджальне* зростання площі аблюменальної поверхні над площею аблюменальної поверхні ендотеліальних клітин.

На рис. 3 представлена електронорама міокарда 15-ти добового щура.

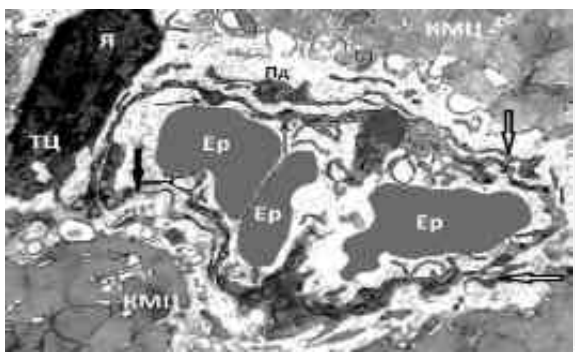


Рис. 3. Ультраструктура кровоносного капіляра міокарда 15-ти добового щура. Позначення: Ер -еритроцит; КМЦ – кардіоміоцит; ТЦ – телоцит; (↑) – відростки телоцита; Я – ядро телоцита. ТЕМ. ×8000.

На поданій електронорамі поперечний перетин кровоносного капіляра має неправильну форму та з усіх боків оточений відростками тело-

цита. *Особливістю* ультраструктури цього капіляра є те, що *ліва* половина стінки капіляра ймовірно, *утворена відростком телоцита*. Наше припущення обґрунтовується тим, що однією з особливостей морфології відростків телоцитів є утворення дихотомічного розгалуження подомерів [6, 9, 15]. *Нижня* ділянка стінки капіляра має морфологічні ознаки дихотомічного розгалуження (↓), а *верхня* ділянка містить дві невеликі пододи (→, ↑), що з'єднані тонкою злегка звивистою подомерою. Крім цього на відміну від ендотеліоцитів, відростки і тіло телоцитів не містять піноцитозних везикул. У складі дихотомічного розгалуження верхній тонкий подомер утворює кільцеподібну структуру, яка контактує з еритроцитом. На люменальної поверхні ендотелія кровоносного капіляра виявляється певна кількість звивистих, відносно коротких мікроворсинків різної форми. У просвіті капіляра розташовані деформовані еритроцити, що контактують з звивистими мікроворсинками. Телоцит та його звивисті відростки утворюють навколо капіляра одношарову переривчасту оболонку. У *центральної* частині перерізу капіляра виявляються протилежно розташовані широкі протяжні випинання ендотелія, які спрямовані назустріч один одному у просвіті капіляра. Ці випинання разом з мікроворсинками утворюють явно виражену переривчасту перетинку, що ділить просвіт мікросудини на два нерівні за площею відсіки. У *лівому* більшому за розміром відсіку просвіту капіляра виявляються два деформовані еритроцити, у *правому* меншому відсіку - один еритроцит. Зверху зрізу капіляра розташований відросток телоцита, який містить велику пододу (Пд), від якої в протилежні напрямки відходять тонкі подомери. Звивисті подомери телоцита утворюють фізичні контакти з аблюменальною поверхнею ендотеліоцита капіляра. Ми припускаємо, що зовнішня переривчаста одношарова оболонка кровоносного капіляра, яка утворена відростками телоцита, бере участь у підтримці *цілісності* даної мікросудини. Локальні фізичні контакти подомерів з аблюменальною поверхнею ендотелія, це не тільки місця *кріплення* відростків телоцита до оболонки капіляра, але й контакти, що сприяють взаємодії «подомера телоцита ↔ ендотеліоцит». Численні звивисті мікроворсинки та різної форми і розмірів випинання цитоплазми ендотелія у просвіті капіляра, формують потенційний резерв площі плазмолем ендотеліоцитів.

На рис. 4 представлена інша електронорама міокарда 15-ти добового щура.

На даній електронорамі деформований капіляр розташований у ніші між двома кардіоміоцитами. Вздовж аблюмінальної поверхні капіляра виявляються відростки телоцита, які мають різну форму, протяжність та утворюють кілька фізичних контактів з ендотеліоцитом. Просвіт капіляра

має два нерівнозначні за площею відсіки, які утворені в результаті злиття протилежно розташованих випинань ендотелія. У *лівому* нижньому більшому за розміром відсіку просвіту капіляра міститься еритроцит. Видовжені звивисті мікроворсинки контактують з поверхнею цього еритроцита (↓). У *правому* верхньому невеликому за розміром відсіку виявляється кілька звивистих мікроворсинок, які розташовані вздовж люмінальної поверхні ендотеліоцита. Ліва та нижня частини стінки капіляра витончені і містять невелику кількість мікровезикул.

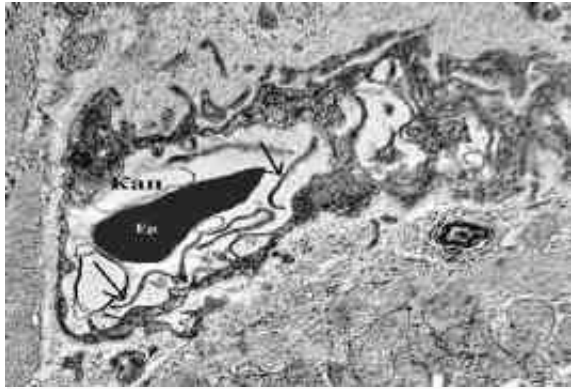


Рис. 4. Ультраструктура капіляра міокарда 15-ти добового щура. Позначення: Кап- капіляр; Ер – еритроцит; ↓ – звивисті мікроворсинки на люмінальній поверхні ендотелія. ТЕМ. ×10000.

У більшому за розміром просвіті капіляра виявляються численні довгі звивисті мікроворсинки різної форми, окремі кільцеподібні утворення з мікроворсинок тощо. Слід зазначити, що ультраструктура судинного ендотелія капілярів міокарда ссавців і людини вивчена досить добре, але функціональне призначення мікроворсинок та інших утворень, що розташовані на люмінальній поверхні ендотеліоцитів, викликають багато дискусій. Відомо, що *рельєф* люмінальної поверхні ендотеліоцитів мікросудин дуже різноманітний і залежить від функціонального стану ендотелія та гемодинаміки циркулюючої крові у мікроциркуляторному руслі міокарда. Є думка, що мікроворсинки та інші утворення на люмінальній поверхні судинного ендотелія є своєрідними *резервами клітинної мембрани*, причому мікроворсинки відіграють важливу роль у контролі швидкості руху еритроцитів у капілярах а збільшення чисельності та розмірів мікроворсинок виступаючих у просвіт кровоносних мікросудин може сповільнювати рух клітин крові та сприяти локальній агрегації еритроцитів [16].

У міокарді 5-ти добових щурів виявляються артеріоли, вздовж бічної поверхні яких виявляються численні тонкі звивисті відростки телоцитів (рис. 5).

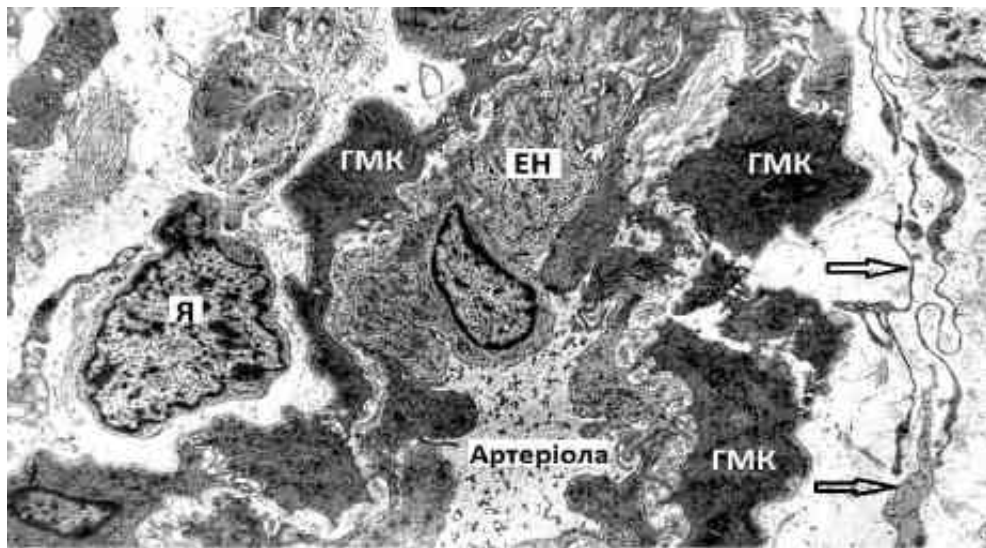


Рис. 5. Ультраструктура артеріоли міокарда 5-ти добового щура. Позначення: ГМК – темні гладенькі м'язові клітини; ЕН – ендотеліоцит; Я – ядро телоцита; (⇒) – телоподії, що містять тонкі подомери та розширені подоми. ТЕМ. ×7000.

Ліворуч від артеріоли виявляється зріз тіла серцевого телоцита, що містить велике світле ядро. Від тіла телоцита відходять різної товщини короткі відростки. Оптично темні гладенькі м'язові клітини (ГМК) артеріоли утворюють *гомолітинні* (ГМК ↔ ГМК), а відростки телоцитів з ГМК – *гетероклітинні* контакти (телоцит ↔

ГМК). У *лівій* частині оболонки артеріоли виявляються оптично світлі ендотеліоцити та помірно розслаблені ГМК. *Праворуч* оболонка артеріоли утворена численними оптично темними помірно *дегідратованими* ГМК. Деякі ГМК знаходяться в стані контрактири, що призводить до деформації м'язових клітин та поряд розташованих ендотеліоцитів. *Праворуч* у просторі між ГМК та

ендотеліоцитами виявляються численні короткі взаємно проникаючі інвагінації цитолемі цих клітин, утворюючи гетероклітинні контакти «ГМК ↔ ендотеліоцит». *Праворуч* від бічної поверхні м'язової оболонки артеріоли виявляються довгі звивисті тонкі телоподи з подовженими подомами (⇒). Переважна односпрямованість та складна форма тонких телопод серцевих теліцитів, ймовірно, свідчать про їх високу рухливість. Біля м'язової оболонки артеріоли виявляється тонка подомера, що згинається під кутом 90 градусів (⇒) та формує гетероклітинний контакт з ГМК. *Праворуч* від цієї подомери розташована довга тонка подомера, що утворює декілька вигинів у формі змійки. На кінцях деяких тонких подомерів визначаються подовжені подоми. Слід зазначити, що телоподи утворюють між собою та подомами фізичні контакти: «подомера ↔ подомера»; «подомера ↔ подома»; «подома ↔ подома». Однак, проявів проникнення телопод углиб м'язової оболонки артеріоли не виявлено.

На 15-ту добу після народження щурів, у міокарді визначаються артеріоли, що оточені доволі товстою багатошаровою оболонкою з довгих звивистих телопод. На електроннограмі (рис. 6), представлена складна мережа численних телопод, які розташовані навколо бічної поверхні артеріоли і утворюють її зовнішню захисну оболонку.

Довгі звивисті форми телоподи контактують між собою та формують оболонку, яка відокремлює артеріолу від м'язових клітин паренхіми міокарда. Поодинокі тонкі подомери теліцитів ін-

коли виявляються у вузьких прошарках міжклітинної речовини, яка відокремлює ГМК від ендотеліоцитів артеріоли.

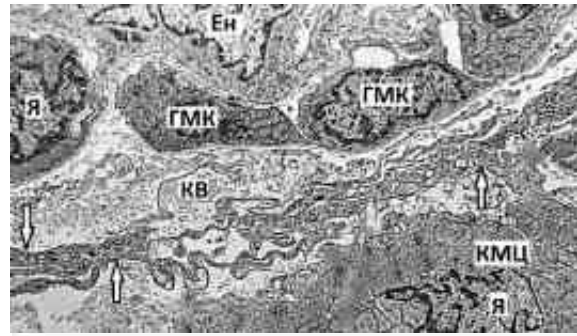


Рис. 6. Ультраструктура міокарда 15-ти добового щура. Позначення: Ен – ендотеліоцит; ГМК – гладком'язові клітини артеріоли; КВ – колагенові фібрили; КМЦ – кардіоміоцит; (↑) – оболонка, що утворена відростками теліцитів. TEM. ×8000.

В локально розширених ділянках зовнішньої оболонки з телопод, виявляються пучки колагенових фібрил, ектосоми та одиничні екзосоми. Отримані морфологічні дані свідчать про те, що багатошарова оболонка з телопод, яка оточує конкретну артеріолу, виконує захисну функцію та перешкоджає механічному поперечному розтягнуттю артеріоли при можливих короткочасних збільшеннях тиску крові в артеріальному руслі міокарда щурів.

На рис. 7 представлена електроннограма міокарда 45-ти добового щура.

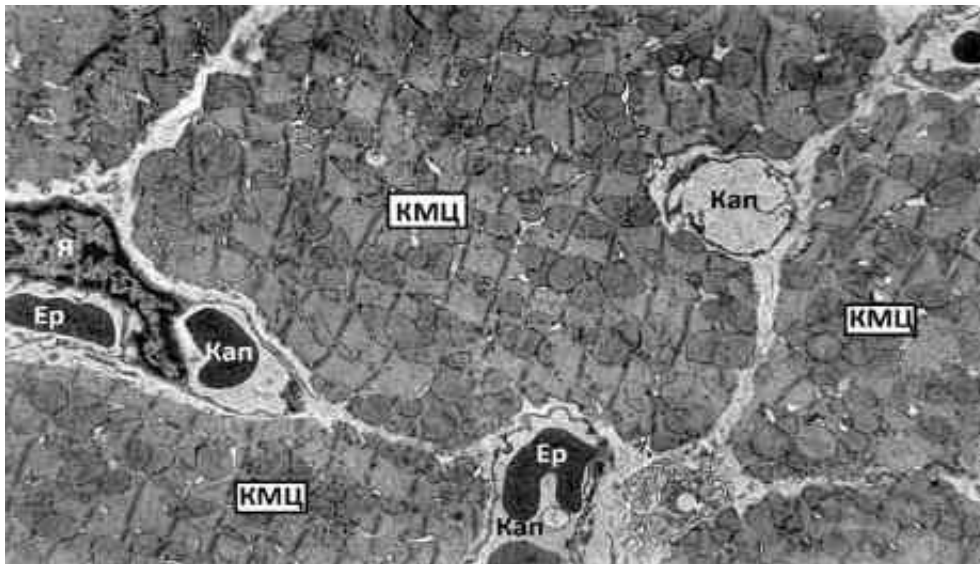


Рис. 7. Ультраструктура міокарда 45-ти добового щура. Позначення: КАП – капіляр; КМЦ – кардіоміоцит; Ер – еритроцит; Я – ядро ендотеліоцита. ×7000.

При дослідженні серії електроннограм міокарда 45-ти добових щурів, нами практично не виявлені кровоносні мікросудини, які були оточені безпервною оболонкою з відростків теліцитів. У

стромально-судинному компоненті міокарда 45-ти добових щурів суттєво збільшується кількість відкритих кровоносних капілярів, що розташовані у безпосередній близькості від КМЦ (рис. 7).

В інтервалі часу (15-45) діб відбувається поступове зменшення кількості телочитів та їх відростків. Можливо вони піддаються апоптозу. У відкритих кровоносних мікросудинах суттєво зменшуються товщина стінки капілярів та кількість випинань люменальної поверхні ендотеліоцитів (рис. 7). Щодо капілярів міокарда 15-ти добових щурів, цитоплазма ендотеліоцитів яких містять багато міковезикул - своєрідний *резерв клітинної мембрани*, у ендотеліоцитах капілярів 45-ти добових щурів кількість міковезикул суттєво зменшена. Цілком можливо, що при $t \geq 15$ діб, відбувається поступове *дроблення* випинань люменальної поверхні плазмалеми ендотеліоцитів та міковорсинок. Утворюються міковезикули та їх спрямований рух до аблюменальної плазмалеми. Після контакту з якою відбувається злиття міковезикул з аблюменальною плазмалею. При цьому площа плазмалеми суттєво збільшується. Схематично процес збільшення площі аблюменальної поверхні ендотеліа капілярів можна представити наступним чином.

«Дроблення загальної площі випинань та міковорсинок люменальної поверхні ендотеліа $\rightarrow$ утворення в цитоплазмі ендотеліоцитів численних міковезикул $\rightarrow$ спрямований рух багатьох цитоплазматичних міковезикул у бік базальної мембрани $\rightarrow$ злиття міковезикул з аблюменальною плазмалею ендотеліоцитів капілярів».

Отже, збільшення площі аблюменальної плазмалеми ендотеліоцитів, а відтак і розмірів кровоносних капілярів, здійснюється шляхом реалізації біологічного закону «дроблення $\leftrightarrow$ злиття» [17].

Таким чином, протягом перших 15 діб постнатального розвитку щурів, в стромально-судинному компоненті міокарда щурів відбувається спрямована міграція телочитів з відростками до кровоносних мікросудин. Поступово відростки телочитів збільшуються у розмірах, оточують кровоносні капіляри та утворюють з ендотеліоцитами контакти «телочит $\leftrightarrow$ ендотеліоцит». У цей період часу на люменальній поверхні ендотеліоцитів суттєво збільшуються кількість та розміри цитоплазматичних випинань, зростає чисельність і довжина міковорсинок у просвіті кровоносних капілярів. Це призводить до суттєвого збільшення площі люменальної поверхні ендотеліа капілярів.

Навколо артеріол утворюється своєрідна захисна оболонка з декількох шарів відростків телочитів. Після (15 – 20) діб, у стромально-судинному компоненті міокарда спостерігається зворотний процес: зменшується кількість телочитів та їх відростків; зменшуються розміри випинань та кількість міковорсинок на люменальній поверхні ендотеліоцитів; збільшується площа аблюменальної поверхні ендотеліа капілярів за рахунок злиття з нею численних міковезикул; «зникає» захисна оболонка з відростків телочитів навколо артеріол.

Висновки

1. До 15 - ти діб після народження щурів, в стромально-судинному компоненті міокарда збільшується кількість телочитів та їх відростків.

2. Виявлено дві групи телочитів. *Перша група* телочитів переважно взаємодіє з кровоносними капілярами. *Короткі* телоподії телочитів утворюють фізичні контакти з ендотеліоцитами і приймають участь у міжклітинній комунікації. *Довгі* звивисті телоподії телочитів утворюють навколо капілярів переривчасту захисну одношарову оболонку, яка підтримує цілісність капілярів, захищає від розтягування при коливанні тиску перфузії крові у мікросудинах.

3. *Друга група* телочитів оточує артеріоли. Відростки телочитів утворюють навколо артеріол захисну оболонку з кількох шарів *довгих* відносно товстих телоподій. Ця оболонка підтримує цілісність артеріол, захищає кровоносні судини від можливого пошкодження та розтягування при зміні тиску крові у МЦР міокарда.

4. Після 15-ти діб постнатального розвитку щурів, у стромально-судинному компоненті міокарда суттєво зменшується кількість телочитів та їх відростків. У мікроциркуляторному руслі міокарда відбувається поступове збільшення кількості відкритих капілярів. Навколо більшості артеріол зникає багатошарова оболонка з *довгих* відносно товстих телоподій.

5. Протягом перших 15 діб після народження щурів, в кровоносних капілярах міокарда суттєво збільшується площа люменальної поверхні ендотеліоцитів за рахунок утворення випинань та численних звивистої форми довгих міковорсинок.

6. Після 15-ти діб постнатального розвитку щурів, в МЦР міокарда суттєво зменшується товщина стінки кровоносних капілярів, зменшується площа люменальної поверхні ендотеліоцитів внаслідок відсутності значної кількості випинань та міковорсинок. Накопичений резерв площі люменальної плазмалеми ендотеліоцитів поступово використовується для збільшення площі аблюменальної цитолеми, що супроводжується зростанням розмірів кровоносних капілярів.

Перспективи подальших досліджень

За результатами проведених досліджень та морфометричних вимірів, нами будуть запропоновані моделі будови телопод серцевих телочитів, що ґрунтуються на даних стереології, а саме на теоремах, які характеризують перетини просторових геометричних об'єктів.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Інформація про фінансування

Це дослідження не отримувало спеціального гранту від жодної фінансової установи у державному, комерційному чи некомерційному секторі.

рах. Дослідження виконано в рамках науково-дослідної теми «Анатомо-фізіологічні аспекти росту

та розвитку людини і тварин» (номер державної реєстрації 0116U002990).

Літературні джерела References

1. Ribatti D, Nicol B, Crivellato E. The role of pericytes in angiogenesis. *Int J Dev Biol*. 2011;55:261-8. doi: 10.1387/ijdb.103167dr.
2. Bergers G, Song S. The role of pericytes in the formation and maintenance of blood vessels. *Neuro Oncol*. 2005;7:452-64. doi: 10.1215/s1152851705000232.
3. Soha A. Soliman. Telocytes are major constituents of the angiogenic apparatus. *Scientific reports*. 2021;11:5775. doi: 10.1038/s41598-021-85166-w.
4. Ongidi I, Abdulsalaam F, Otieno H, Odero N, Pulei A, Obimbo M, Ongeti K. A review of telocytes in cardiovascular tissue and their role in angiogenesis. *Anatomy Journal of Africa*. 2020;9(2):1807-15.
5. El-Sheikh A, Amal A. Telocytes: Exploring Their Influence on Angiogenesis and Therapeutic Interventions. *Journal of Microscopy and Ultrastructure*. 2024;1:1-6. doi: 10.4103/jmau.jmau_61_24.
6. Zagoruiko GE, Martsynovsky VP, Filatova VL, Matvienko TM, Filatova OV, Sargosh OD. [Changes in the ultrastructure of cardiac telocytes during early postnatal development of the myocardium of Wistar rats]. *Morphologia*. 2025;19(3):80-90. Ukrainian. doi: 10.26641/1997-9665.2025.3.80-90.
7. Odintsova IA, Slutskaia DR, Berezovskaya TI. Telocytes: localization, structure, functions and significance in pathology. *Genes & Cells*. 2022;17(1):6-12. doi: 10.23868/202205001.
8. Soliman SA. Telocytes are the main components of the angiogenic apparatus. *Sci Rep*. 2021;11:5775. doi: 10.1038/s41598-021-85166-w.
9. Bruno DA Sanches, Francisco BS Teofilo, Mathieu Y Brunet, et al. Telocytes: current research methods, problems and future prospects. *Cells and Tissue Research*. 2024; 396; 2: 141-155. doi: 10.1007/s00441-024-03888-5.
10. Akbarian M, Bertassoni LE, Tayebi L. Biological aspects in controlling angiogenesis: current progress. *Cell Mol Life Sci*. 2022 Jun 7;79(7):349. DOI: 10.1007/s00018-022-04348-5. PMID: 35672585; PMCID: PMC10171722.
11. Ausoni S, Sartore S. The cardiovascular unit as a dynamic player in disease and regeneration. *Trends Mol Med*. 2009;12:543-52. doi: 10.1016/j.molmed.2009.10.002.
12. Cucu I, Nicolescu MI, Busnatu SS, Manole CG. Dynamic Involvement of Telocytes in Modulating Multiple Signaling Pathways in Cardiac Cytoarchitecture. *Int J Mol Sci*. 2022 May 21;23(10):5769. DOI: 10.3390/ijms23105769. PMID: 35628576; PMCID: PMC9143034.
13. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. Strasbourg: Council of Europe. 1986;123:52. Available from: <https://rm.coe.int/168007a67b>.
14. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. 2010;53(L276):33-79. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:276:0033:0079:en:PDF>
15. Horalskyy L, Khomych V, Kononskyy O. [Fundamentals of histological technique and morpho-functional methods of research in norm]. Zhytomyr: Polissia; 2011. 288 p. Ukrainian.
16. Chukhray SM. [Ultrastructure of blood capillaries of the myocardium of juvenile and young rats with congenital hypothyroidism]. *Svit Medytyny ta Biolohiyi*. 2016;1(55):174-8. Ukrainian. Available from: <https://womab.com.ua/en/article/view/2649/2443>.
17. Zagoruiko GE, Martsynovsky VP. [Universality of the laws of "division ↔ fusion" and "division ↔ connection" of matter in the processes of postnatal development of the mitochondrial and myofibrillar apparatus of cardiomyocytes]. *Pryrodnychi nauky*. 2024;2:60-66. Ukrainian. doi: 10.32782/NSER/2024-2.09.

Загоруйко Г.Є., Марциновський В.П., Філатова В.Л., Матвієнко Т.М., Філатова О.В., Саргош О.Д. Участь серцевих телочитів в утворенні та захисті кровоносних мікросудин міокарда в процесі раннього постнатального розвитку шурів Вістар.

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне; Полтавський державний медичний університет, Полтава, Україна.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Останніми роками спостерігаються активні дослідження участі телочитів у пренатальному та постнатальному ангиогенезі ссавців. Описано тісний зв'язок телочитів з процесами ангиогенезу у багатьох органах під час онтогенезу ссавців та відновлення тканин після їх ушкодження. За допомогою електронної мікроскопії було переконливо показано, що *відростки* серцевих телочитів, які ло-

калізуються навколо кровоносних капілярів, дрібних інтрамуральних артерій та вен, утворюють гетероклітинні контакти з ендотеліоцитами, гладком'язовими клітинами дрібних мікросудин та перицитами. Незважаючи на певні успіхи у вивченні ультраструктури та функції серцевих телочитів, залишаються мало дослідженими процеси утворення взаємодій «телочит ↔ ендотеліоцит», «телочит ↔ гладком'язова клітина», що сприяють постнатальному розвитку капілярної мережі, артеріол, венул міокарда лівого шлуночка щурів Вістар. **Мета.** Дослідити взаємодії телочитів та їх відростків з ендотеліоцитами капілярів та гладком'язовими клітинами артеріол міокарда в процесі раннього постнатального розвитку щурів Вістар. **Методи.** За допомогою електронної мікроскопії проведено дослідження серії ультратонких зрізів міокарда лівого шлуночка щурів Вістар у віці 5-ти, 10-ти, 15-ти та 45 діб постнатального розвитку. У кожній віковій групі щурів проаналізовано по 50 електронограм зображень міокарда лівого шлуночка серця, одержаних при збільшенні 2000^x електронного мікроскопа ЕВМ-100Л. **Результати та підсумок.** Встановлено, що протягом перших 15 діб постнатального розвитку щурів, в стромально-судинному компоненті міокарда відбувається збільшення кількості, розмірів телочитів та їх відростків. Біля кровоносних капілярів виявляються телочити з відростками. Через деякий час відростки телочитів оточують кровоносні капіляри та утворюють з ендотеліоцитами контакти «телочит ↔ ендотеліоцит». В інтервалі часу (5-15) діб, на люменальній поверхні ендотеліа капілярів суттєво збільшується кількість випинань та чисельність мікроворсинок. Це призводить до суттєвого збільшення площі люменальної поверхні ендотеліоцитів. Формується певний резерв площі плазмолемі ендотеліоцитів капілярів. Протягом 15 діб після народження щурів, у міокарді лівого шлуночка навколо деяких артеріол утворюється своєрідна захисна оболонка з декількох шарів відростків телочитів. Але в інтервалі часу (15-45) діб, у стромально-судинному компоненті міокарда спостерігається зворотний процес: зменшується кількість телочитів та їх відростків можливо в результаті їх апоптозу; зменшуються розміри випинань та кількість мікроворсинок на люменальній поверхні ендотеліоцитів; збільшується площа цитолемі аблюменальної поверхні ендотеліа капілярів за рахунок спрямованої міграції та злиття з плазмолемою численних цитоплазматичних мікровезикул; «зникає» захисна оболонка з відростків серцевих телочитів навколо артеріол. Отримані дані переконливо свідчать про те, що серцеві телочити та їх численні відростки на протязі перших 15 діб після народження щурів, беруть участь у розвитку міжклітинних комунікацій та сприяють цілісності ультраструктури кровоносних мікросудин. Отже, оболонка з телопод захищає мережу кровоносного мікроциркуляторного русла міокарда від можливого пошкодження та протягом деякого часу перешкоджає збільшенню діаметра мікросудин.

Ключові слова: ультраструктура телочитів, мікросудини міокарда, щури Вістар.