



Научная статья

УДК 611.366.018.6

DOI: 10.37482/2687-1491-Z225

Особенности организации интерстициального компонента мышечной ткани желчного пузыря морских свинок

Андрей Леонидович Зашихин* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6387-9719>

Юрий Витальевич Агафонов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7942-9293>

Ольга Васильевна Долгих* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2855-3160>

Елена Николаевна Башилова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9247-6633>

*Северный государственный медицинский университет
(Архангельск, Россия)

Аннотация. Интерстициальные клетки Кахаля (ИКК), а также ИКК-подобные клетки были описаны различными авторами в мышечной ткани предсердий и бронхов, поджелудочной и молочной желез, мочеточнике и плаценте. Предполагается, что данные клетки имеют значительное влияние на регуляцию спонтанной ритмической деятельности гладких миоцитов (ГМ) внутренних органов. Вопрос о четких цитологических дефинициях этих клеток остается открытым. **Цель** исследования – выявление ИКК в различных отделах мышечной оболочки желчного пузыря и анализ соотношения ИКК, ГМ и ИКК-подобных клеток – телоцитов (ТЦ) в указанных зонах. **Материалы и методы.** Изучены фрагменты мышечной оболочки стенки шейки, тела и дна желчного пузыря, взятые от 5 морских свинок. Все животные содержались в специальном помещении в условиях стандартного пищевого режима. Проведено иммуноцитохимическое исследование на c-kit-рецептор тирозинкиназы (CD117). Для оценки количественного соотношения ГМ, ИКК и ТЦ был использован метод анализа изолированных клеток, полученных оригинальным методом прицельной клеточной диссоциации, позволяющий идентифицировать морфологические характеристики клеток. **Результаты.** В составе ГМ стенки желчного пузыря на светооптическом уровне удалось идентифицировать клеточные элементы, существенно отличающиеся по своей морфологии от классических миоцитов. Количественный анализ свидетельствует о том, что соотношение ГМ, ИКК и ТЦ варьирует в различных отделах желчного пузыря. Отсутствие специфических маркеров для идентификации ТЦ указывает на неоднородность их популяции или способность дифференцироваться в другие клеточные типы. Можно констатировать отсутствие четких представлений о структурно-функциональной организации ИКК, ТЦ и их вероятной роли в поддержании структурного гомеостаза органов, что обуславливает необходимость дальнейших исследований.

Ключевые слова: интерстициальные клетки Кахаля, телоциты, гладкие миоциты, гладкая мышечная ткань, желчный пузырь, метод прицельной клеточной диссоциации, морская свинка

© Зашихин А.Л., Агафонов Ю.В., Долгих О.В., Башилова Е.Н., 2025

Ответственный за переписку: Елена Николаевна Башилова, адрес: 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Троицкий, д. 51; e-mail: ebashilova@mail.ru

Для цитирования: Особенности организации интерстициального компонента мышечной ткани желчного пузыря морских свинок / А. Л. Зашихин, Ю. В. Агафонов, О. В. Долгих, Е. Н. Башилова // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 26-34. – DOI 10.37482/2687-1491-Z225.

Original article

Organization of the Interstitial Component of Gallbladder Muscle Tissue in Guinea Pigs

Avdrey L. Zashikhin* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6387-9719>

Yuriy V. Agafonov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7942-9293>

Olga V. Dolgikh* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2855-3160>

Elena N. Bashilova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9247-6633>

*Northern State Medical University
(Arkhangelsk, Russia)

Abstract. Interstitial cells of Cajal (ICCs) and ICC-like cells have been described by various authors in the muscle tissue of atria, bronchi, pancreas, mammary gland, ureter, and placenta. It is assumed that these cells have a significant influence on the regulation of spontaneous rhythmic activity of smooth myocytes (SMs) of internal organs. However, the question of clear cytological definitions of these cells remains open. The **purpose** of the research was to identify ICCs in various parts of the muscular coat of the gallbladder and analyse the ratio of ICCs, SMs and ICC-like cells – telocytes (TCs) – in the studied sections. **Materials and methods.** Fragments of the muscular coat of the gallbladder wall in three sections – neck, body and fundus – obtained from 5 guinea pigs were examined. All the animals were put on a standard diet and kept in a special room. An immunocytochemical study was performed for the c-kit tyrosine kinase receptor (CD117). To calculate the ratio of SMs, ICCs and TCs we analysed isolated cells obtained using the original method of targeted cell dissociation, which allows us to identify the morphological characteristics of cells. **Results.** By means of light microscopy, we identified cellular elements in the composition of SMs of the gallbladder wall that differ significantly in their morphology from classical myocytes. According to the quantitative analysis, the ratio of SMs, ICCs and TCs in different sections of the gallbladder varies. The absence of specific markers for TC identification indicates heterogeneity of their population or their ability to differentiate into other cell types. It can be stated that there is no clear understanding of the structural and functional organization of ICCs and TCs or their probable role in maintaining the structural homeostasis of organs, which necessitates further research.

Keywords: *interstitial cells of Cajal, telocytes, smooth myocytes, smooth muscle tissue, gallbladder, targeted cell dissociation method, guinea pig*

For citation: Zashikhin A.L., Agafonov Yu.V., Dolgikh O.V., Bashilova E.N. Organization of the Interstitial Component of Gallbladder Muscle Tissue in Guinea Pigs. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 26–34. DOI: 10.37482/2687-1491-Z225

Corresponding author: Elena Bashilova, *address:* prosp. Troitskiy 51, Arkhangelsk, 163000, Russia; *e-mail:* ebashilova@mail.ru

Вопрос о принадлежности телоцитов (ТЦ), описанных Л.М. Попеску в 2006 году [1], к интерстициальным клеткам Кахала (ИКК), которые более 100 лет назад обнаружил в мускулатуре кишечника тракта морской свинки и кролика С. Рамон-и-Кахаль, в настоящее время активно обсуждается. В 2008 году ИКК-подобные клетки были описаны в гладкой мускулатуре кишечника человека и показано их отличие от канонических ИКК [2, с. 44]: существование веретенообразного тела, наличие от 1 до 5 длинных отростков, имеющих длину от десятков до сотен микрометров и толщину 0,2 мкм. С целью идентификации этих клеток [3, с. 729] был предложен термин «телоцит» (ТЦ).

По данным светооптической микроскопии, ИКК имеют звездчатую или веретенообразную форму, крупное овальное ядро, незначительный объем перинуклеарной цитоплазмы и многочисленные отростки. Вместе с тем Л.М. Попеску с соавт. [1, с. 429] показали наличие особого типа клеток интерстиция, формирующих разветвленную сеть благодаря наличию длинных и тонких отростков. Авторы подчеркивали их сходство с каноническими ИКК, но при этом констатировали существенные морфологические отличия.

ИКК, ИКК-подобные клетки были описаны в молочной [4, с. 748] и поджелудочной железах [5, с. 1], мускулатуре бронхов [6, с. 46], предсердий [7, с. 206], мочеточнике [8, с. 195; 9, с. 850], матке и плаценте [10, с. 560], а также в семенниках [11, с. 58]. Предполагается, что данные клетки имеют значительное влияние на регуляцию спонтанной ритмической деятельности гладких миоцитов (ГМ) различных внутренних органов [12, с. 71; 13, с. 33] и экспрессируют протоонкоген c-kit [14, с. 32]. Тем не менее вопрос о четких цитологических дефинициях этих клеток остается открытым.

Цель работы – выявление ИКК в различных отделах мышечной оболочки желчного пузыря и анализ соотношения ИКК, ГМ и ТЦ в исследуемых зонах.

Материалы и методы. Анализировались фрагменты мышечной оболочки шейки, тела и дна желчного пузыря, полученные от 5 здоровых морских свинок в возрасте 10–12 мес. с массой тела 900–1200 г. Все животные содержались

в условиях стандартного пищевого режима в специальном помещении, свободном от патогенов, с постоянными температурой (23–25 °С), влажностью (40–50 %) и 12-часовым циклом «свет/темнота». Выведение морских свинок из эксперимента осуществлялось под эфирным наркозом. Все манипуляции соответствовали «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных». Протокол исследования одобрен комитетом по этике при Северном государственном медицинском университете (протокол № 03/02 от 12.02.2010).

ИКК несут маркер c-kit – рецептор тирозинкиназы (CD117), иммуноцитохимическое определение которого используется для их идентификации. Для оценки c-kit-позитивной реакции материал фиксировался в 4 %-м растворе параформальдегида на 0,1 М фосфатно-солевом буфере (рН = 7,4) и заливался в парафин по стандартной методике. Затем проводилось иммуногистохимическое окрашивание депарафинированных срезов с использованием поликлональных кроличьих антител к белку c-kit (1:100, CD-117, Santa Cruz Biotechnology). Визуализация реакции иммунофлуоресцентным методом осуществлялась с помощью вторичных моноклональных кроличьих антител, конъюгированных с люминесцентным флюорохромом (1:100, AlexaFluor 568 красный, IgG, Molecular Probes, Inc.) в течение 60 мин в темноте при комнатной температуре (23–25 °С). Результаты реакции оценивались при помощи флуоресцентного микроскопа Olympus BX43 (Olympus, Япония).

Для установления количественного соотношения ГМ, ИКК и ТЦ был использован метод анализа изолированных клеток, полученных путем прицельной клеточной диссоциации [15, с. 11]. Применение данной технологии позволяет выделить изолированные клеточные элементы, располагающиеся в один слой и имеющие четкие границы, что исключает ошибки при проведении количественных исследований, в отличие от анализа стандартных гистологических срезов. С целью получения изолированных клеточных элементов материал фиксировался при температуре +5 °С в 10 %-м растворе формалина на фосфатном буфере при

pH = 7,4 в течение 14 дней, диссоциировался в 50 %-м растворе КОН в течение 3 ч. Клетки разделялись гидроударом струи воды из микропипетки. Таким образом была получена однородная взвесь клеток для дальнейшего изготовления мазков. От каждой морской свинки брался материал мышечной оболочки шейки, тела и дна желчного пузыря, изготавливались мазки изолированных клеток с использованием методики прицельной клеточной диссоциации. В каждой зоне желчного пузыря просчитывались 1000 клеток с определением процентного содержания ГМ, ИКК и ТЦ.

Цифровой материал обрабатывался методами вариационной статистики с вычислением среднего арифметического (M), его стандартной ошибки (m) и среднего квадратичного отклонения (SD). Степень вероятности отличий (p) измеряемых величин определялась с помощью t -критерия Стьюдента для зависимых выборок, статистически значимыми отличия считались при $p < 0,05$. Статистическая обработка результатов проводилась в программе Excel 2013.

Результаты. Иммуногистохимический анализ с-kit-позитивных клеточных элементов в составе мускулатуры стенки желчного пузыря позволяет идентифицировать интерстициальные клетки в гладкой мышечной ткани различных отделов органа (рис. 1, 2).

Клетки, дающие позитивную реакцию на с-kit-рецепторную тирозинкиназу, достаточно равномерно располагаются в различных отделах. Однако иммуноцитохимический анализ не позволяет составить представление о соотношении ГМ, ИКК и ТЦ в мускулатуре стенки желчного пузыря. Это существенно, поскольку мускулатура желчного пузыря, напоминающая гладкую мышечную ткань желудочно-кишечного тракта, проявляет спонтанную ритмическую электрическую активность. Было показано, что в билиарной системе ИКК участвуют в модуляции возбудимости гладкой мускулатуры [12, с. 71], а изменение ее контрактильной активности (как повышение, так и понижение) коррелирует с изменением количества ИКК.

Толщина гистологического среза варьирует, что приводит к наложению миоцитов друг на друга, в связи с этим определить объ-

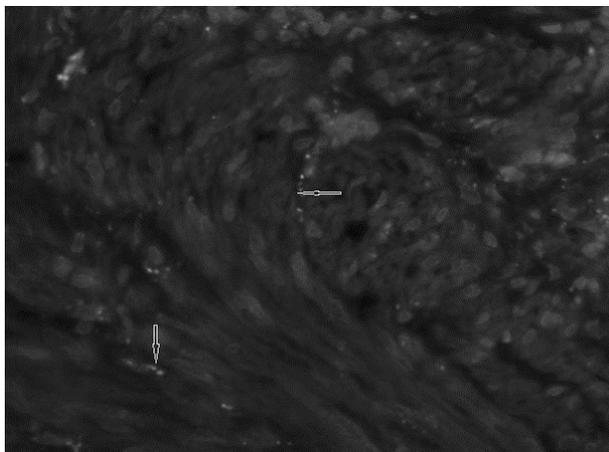


Рис. 1. Мышечная оболочка шейки желчного пузыря. Экспрессия с-kit в ИКК. Увеличение $\times 280$ (7×40). Здесь и на рис. 2 стрелками указаны иммунопозитивные клетки

Fig. 1. Muscular coat of the gallbladder neck. C-kit expression in ICCs. $\times 280$ (7×40) magnification. Here and in Fig. 2 arrows indicate immunopositive cells

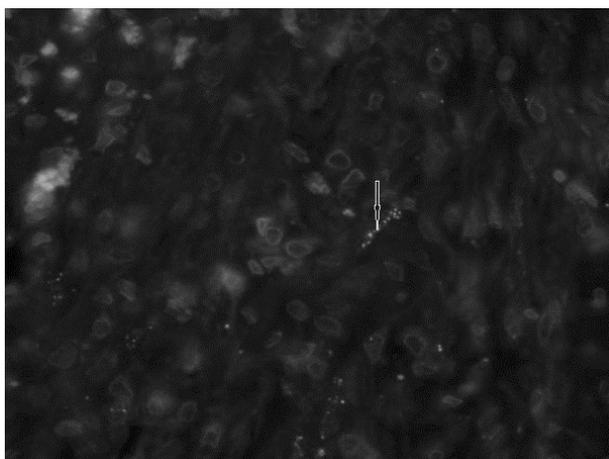


Рис. 2. Мышечная оболочка тела желчного пузыря. Экспрессия с-kit в ИКК. Увеличение $\times 240$ (6×40)

Fig. 2. Muscular coat of the gallbladder body. C-kit expression in ICCs. $\times 240$ (6×40) magnification

ем цитоплазмы не представляется возможным без допустимой статистической погрешности. Приготовленная взвесь клеток и сделанный мазок, напротив, дают такую возможность. В данном случае миоциты имеют хорошо выраженные границы, располагаются поодиночке,

не накладываясь друг на друга. Такая методика минимизирует неточности и статистические ошибки при проведении морфометрии ГМК. С использованием метода прицельной клеточной диссоциации помимо сократительных ГМК выявлены еще одна разновидность клеток – ТЦ (рис. 3), а также ИКК, обладающие описанными в литературе характерными признаками (рис. 4).

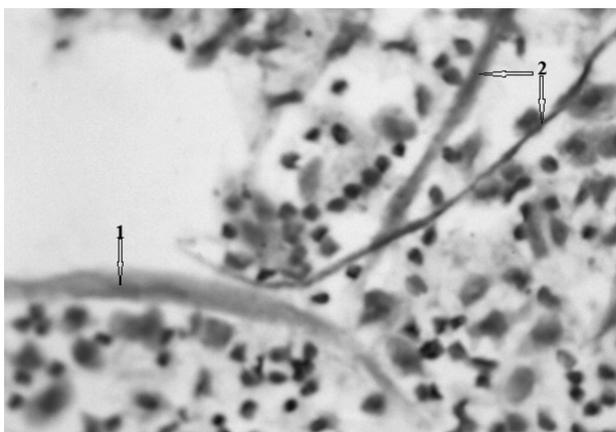


Рис. 3. Изолированные ГМ (1) и ТЦ (2) в мышечной оболочке тела желчного пузыря. Окраска гематоксилином и эритрозинном. Увеличение $\times 400$

Fig. 3. Isolated GMs (1) and TCs (2) in the muscular coat of the gallbladder body. Haematoxylin–erythrosin staining. $\times 400$ magnification

Анализ всех полученных данным методом клеток, находящихся в гладкомышечной оболочке желчного пузыря, позволил выявить те, которые существенно отличаются по своим морфологическим характеристикам от сократительных

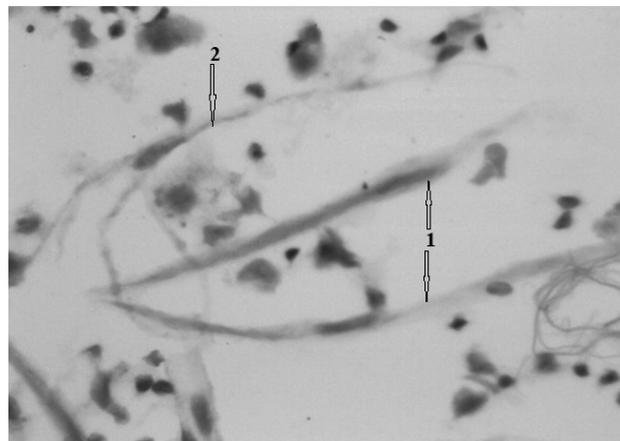


Рис. 4. Изолированные ГМ (1) и ИКК (2) в стенке шейки желчного пузыря. Окраска гематоксилином и эритрозинном. Увеличение $\times 400$

Fig. 4. Isolated GMs (1) and ICCs (2) in the wall of the gallbladder neck. Haematoxylin–erythrosin staining. $\times 400$ magnification

ГМК. В качестве светооптических признаков выделены: слабо-базофильное ядро, расположенное в центре цитоплазмы, большое количество цитоплазматических отростков, а также единичные вакуоли, расположенные в цитоплазме. Подобные особенности указанной клеточной популяции были описаны рядом авторов [2, с. 45; 12, с. 71; 16, с. 157], совокупность данных позволила определить эти клетки как ИКК, которые локализованы в гладкой мышечной ткани.

Количественное соотношение анализируемых клеточных элементов (ГМ, ИКК и ТЦ) в отделах желчного пузыря различается (см. таблицу). Большая доля всех типов интер-

Соотношение ГМ, ИКК и ТЦ в разных отделах желчного пузыря у морских свинок ($n = 15\,000$)

Ratio of GMs, ICCs and TCs in different sections of the gallbladder in guinea pigs ($n = 15,000$)

Популяция клеток	Количество клеток в отделе желчного пузыря					
	Шейка		Тело		Дно	
	$M \pm m$	SD	$M \pm m$	SD	$M \pm m$	SD
ГМ	968,600 \pm 2,336	9,046	950,200 \pm 0,374	0,837	963,800 \pm 1,594	3,564
ИКК	7,600 \pm 1,503	3,362	8,200 \pm 1,020	2,280	12,200 \pm 0,860	1,924
ТЦ	23,800 \pm 1,530	3,421	41,600 \pm 0,748	1,673	24,000 \pm 0,894	2,000

Примечание: n – общее количество исследованных клеток во всех трех зонах от 5 свинок.

стициальных клеток определяется в области тела желчного пузыря (4,98 %) по сравнению с дном (3,62 %) и шейкой (3,14 %). При этом во всех отделах наблюдается преобладание ТЦ над классическими ИКК, но соотношение этих типов интерстициальных клеток в отделах различается.

Обсуждение. Организация интерстициальных клеток в составе гладкой мышечной ткани животных сложна, при этом, по мнению ряда авторов, ультраструктура ИКК одного и того же типа у животных разных видов имеет существенные различия [17, с. 481]. Все это позволяет говорить о гетероморфии данной клеточной популяции. Более того, предполагается, что иммунофенотип ТЦ как разновидности ИКК зависит от органной локализации и их функциональной активности [18, с. 492]. Отсутствие специфических маркеров для идентификации ТЦ, по мнению ряда авторов, указывает на неоднородность их по-

пуляции или способность дифференцироваться в другие клеточные типы [7, с. 1; 19, с. 21]. Предполагается, что ТЦ, имеющие разветвленную сеть отростков, выполняют сигнальную функцию и регулируют активность всех клеточных компонентов интерстиция [20, с. 24; 21, с. 24].

Исследование показало, что в составе гладкой мускулатуры желчного пузыря идентифицируются клетки с классическими характеристиками ИКК, а также клеточные элементы с морфологическими признаками ТЦ. В разных отделах желчного пузыря соотношение ГМ, ИКК и ТЦ варьирует.

На данный момент можно констатировать отсутствие четких представлений о структурно функциональной организации ИКК, ТЦ и их вероятной роли в поддержании структурного гомеостаза органов, что обуславливает необходимость дальнейших исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Вклад авторов: Зашихин А.Л. – организация исследования, руководство научным исследованием, написание текста статьи; Агафонов Ю.В. – проведение статистического анализа, изготовление иллюстративного материала; Долгих О.В. – проведение эксперимента, составление базы данных, обзор литературы; Башилова Е.Н. – проведение эксперимента, первичное описание данных, корректировка текста статьи.

Authors' contributions: A.L. Zashikhin organized and supervised the research as well as wrote the manuscript; Yu.V. Agafonov performed statistical analysis and prepared illustrative material; O.V. Dolgikh conducted the experiment, compiled a database and reviewed literature; E.N. Bashilova conducted the experiment, provided the initial description of data and corrected the manuscript.

Список литературы

1. Popescu L.M., Gherghiceanu M., Hinescu M.E., Cretoiu D., Ceafalan L., Regalia T., Popescu A.C., Ardeleanu C., Mandache E. Insights into Interstitium of Ventricular Myocardium: Interstitial Cajal-Like Cells (ICLC) // J. Cell. Mol. Med. 2006. Vol. 10, № 2. P. 429–458. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2006.tb00410.x>
2. Pieri L., Vannucchi M.G., Faussone-Pellegrini M.S. Histochemical and Ultrastructural Characteristics of an Interstitial Cell Type Different from ICC and Resident in the Muscle Coat of Human Gut // J. Cell. Mol. Med. 2008. Vol. 12, № 5b. P. 1944–1955. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2008.00461.x>
3. Popescu L.M., Faussone-Pellegrini M.S. TELOCYTES – a Case of Serendipity: The Winding Way from Interstitial Cells of Cajal (ICC), via Interstitial Cajal-Like Cells (ICLC) to Telocytes // J. Cell. Mol. Med. 2010. Vol. 14, № 4. P. 729–740. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2010.01059.x>

4. Radu E., Regalia T., Ceafalan L., Andrei F., Cretoiu D., Popescu L.M. Cajal-Type Cells from Human Mammary Gland Stroma: Phenotype Characteristics in Cell Culture // *J. Cell. Mol. Med.* 2005. Vol. 9, № 3. P. 748–752. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2005.tb00509.x>
5. Padhi S., Sarangi R., Mallick S. Pancreatic Extragastrintestinal Stromal Tumors, Interstitial Cajal Like Cells, and Telocytes // *J. Pancreas.* 2013. Vol. 14, № 1. P. 1–14. <https://doi.org/10.6092/1590-8577/1293>
6. Зашихин А.Л., Агафонов Ю.В., Селин Я. Морфофункциональная характеристика пейсмекеров гладкой мышечной ткани // *Морфология.* 1999. № 2. С. 46–50.
7. Iancu C.B., Rusu M.C., Mogoantă L., Hostiuc S., Grigoriu M. Myocardial Telocyte-Like Cells: A Review Including New Evidence // *Cells Tissues Organs.* 2019. Vol. 206, № 1–2. P. 16–25. <https://doi.org/10.1159/000497194>
8. Traini C., Fausssone-Pellegrini M.S., Guasti D., Del Popolo G., Frizzi J., Serni S., Vannucchi M.-G. Adaptive Changes of Telocytes in the Urinary Bladder of Patients Affected by Neurogenic Detrusor Overactivity // *J. Cell. Mol. Med.* 2018. Vol. 22, № 1. P. 195–206. <https://doi.org/10.1111/jcmm.13308>
9. Wishahi M., Mehena A.A., Elganzoury H., Badawy M.H., Hafiz E., El-Leithy T. Telocyte and Cajal Cell Distribution in Renal Pelvis, Ureteropelvic Junction (UPJ), and Proximal Ureter in Normal Upper Urinary Tract and UPJ Obstruction: Reappraisal of the Aetiology of UPJ Obstruction // *Folia Morphol. (Warsz.).* 2021. Vol. 80, № 4. P. 850–856. <https://doi.org/10.5603/fm.a2020.0119>
10. Janas P., Kucybala I., Radoń-Pokracka M., Huras H. Telocytes in the Female Reproductive System: An Overview of Up-to-Date Knowledge // *Adv. Clin. Exp. Med.* 2018. Vol. 27, № 4. P. 559–565. <https://doi.org/10.17219/acem/68845>
11. Liu Y., Liang Y., Wang S., Tarique I., Vistro W.A., Zhang H., Haseeb A., Gandahi N.S., Iqbal A., An T., Yang H., Chen Q., Yang P. Identification and Characterization of Telocytes in Rat Testis // *Aging (Albany N.Y.).* 2019. Vol. 11, № 15. P. 5757–5768. <https://doi.org/10.18632/aging.102158>
12. Crețoiu S.M. Telocytes and Other Interstitial Cells: From Structure to Function // *Int. J. Mol. Sci.* 2021. Vol. 22, № 10. Art. № 5271. <https://doi.org/10.3390/ijms22105271>
13. Ding F., Hu Q., Wang Y., Jiang M., Cui Z., Guo R., Liu L., Chen F., Hu H., Zhao G. Smooth Muscle Cells, Interstitial Cells and Neurons in the Gallbladder (GB): Functional Syncytium of Electrical Rhythmicity and GB Motility (Review) // *Int. J. Mol. Med.* 2023. Vol. 51, № 4. Art. № 33. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2023.5236>
14. Domino M., Pawlinski B., Zabielski R., Gajewski Z. C-Kit Receptor Immunopositive Interstitial Cells (Cajal-Type) in the Porcine Reproductive Tract // *Acta Vet. Scand.* 2017. Vol. 59, № 1. Art. № 32. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0300-5>
15. Патент № 2104524 Российская Федерация, МПК G01N 33/48, G01N 1/28. Способ получения препаратов изолированных клеток: № 94018751/14: заявл. 23.05.1994; опубл. 10.02.1998 / Зашихин А.Л., Агафонов Ю.В., Лисишников Л.В. 4 с.
16. Huang Y., Mei F., Yu B., Zhang H., Han J., Jiang Z.-Y., Zhou D.-S. Distribution of the Interstitial Cajal-Like Cells in the Gallbladder and Extrahepatic Biliary Duct of the Guinea-Pig // *Acta Histochem.* 2009. Vol. 111, № 2. P. 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2008.05.005>
17. Rumessen J.J., Peters S., Thuneberg L. Light- and Electron Microscopical Studies of Interstitial Cells of Cajal and Muscle Cells at the Submucosal Border of Human Colon // *Lab. Invest.* 1993. Vol. 68, № 4. P. 481–495.
18. Sanders K.M. A Case for Interstitial Cells of Cajal as Pacemakers and Mediators of Neurotransmission in the Gastrointestinal Tract // *Gastroenterology.* 1996. Vol. 111, № 2. P. 492–515. <https://doi.org/10.1053/gast.1996.v111.pm8690216>
19. Сухачева Т.В., Низяева Н.В., Самсонова М.В., Черняев А.Л., Щеголев А.И., Серов Р.А. Телоциты в миокарде детей с врожденным пороком сердца тетрадой Фалло // *Клеточ. технологии в биологии и медицине.* 2020. № 1. С. 20–29.
20. Зашихин А.Л., Любезнова А.Ю., Агафонов Ю.В. Интерстициальные клетки Кахала в составе гладкой мышечной ткани желчного пузыря и желчных протоков // *Морфология.* 2015. Т. 148, № 4. С. 24–27.
21. Chen L., Yu B. Telocytes and Interstitial Cells of Cajal in the Biliary System // *J. Cell. Mol. Med.* 2018. Vol. 22, № 7. P. 3323–3329. <https://doi.org/10.1111/jcmm.13643>

References

1. Popescu L.M., Gherghiceanu M., Hinescu M.E., Cretoiu D., Ceafalan L., Regalia T., Popescu A.C., Ardeleanu C., Mandache E. Insights into Interstitium of Ventricular Myocardium: Interstitial Cajal-Like Cells (ICLC). *J. Cell. Mol. Med.*, 2006, vol. 10, no. 2, pp. 429–458. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2006.tb00410.x>
2. Pieri L., Vannucchi M.G., Faussonne-Pellegrini M.S. Histochemical and Ultrastructural Characteristics of an Interstitial Cell Type Different from ICC and Resident in the Muscle Coat of Human Gut. *J. Cell. Mol. Med.*, 2008, vol. 12, no. 5b, pp. 1944–1955. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2008.00461.x>
3. Popescu L.M., Faussonne-Pellegrini M.S. TELOCYTES – a Case of Serendipity: The Winding Way from Interstitial Cells of Cajal (ICC), via Interstitial Cajal-Like Cells (ICLC) to TELOCYTES. *J. Cell. Mol. Med.*, 2010, vol. 14, no. 4, pp. 729–740. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2010.01059.x>
4. Radu E., Regalia T., Ceafalan L., Andrei F., Cretoiu D., Popescu L.M. Cajal-Type Cells from Human Mammary Gland Stroma: Phenotype Characteristics in Cell Culture. *J. Cell. Mol. Med.*, 2005, vol. 9, no. 3, pp. 748–752. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2005.tb00509.x>
5. Padhi S., Sarangi R., Mallick S. Pancreatic Extragastrintestinal Stromal Tumors, Interstitial Cajal Like Cells, and Telocytes. *J. Pancreas*, 2013, vol. 14, no. 1, pp. 1–14. <https://doi.org/10.6092/1590-8577/1293>
6. Zashikhin A.L., Agafonov Yu.V., Selin Ya. Morfofunktsional'naya kharakteristika peysmekerov gladkoy myshechnoy tkani [Morphofunctional Characteristics of Smooth Muscle Tissue Pacemakers]. *Morfologiya*, 1999, no. 2, pp. 46–50.
7. Iancu C.B., Rusu M.C., Mogoantă L., Hostiuc S., Grigoriu M. Myocardial Telocyte-Like Cells: A Review Including New Evidence. *Cells Tissues Organs*, 2019, vol. 206, no. 1–2, pp. 16–25. <https://doi.org/10.1159/000497194>
8. Traini C., Faussonne-Pellegrini M.S., Guasti D., Del Popolo G., Frizzi J., Serni S., Vannucchi M.-G. Adaptive Changes of Telocytes in the Urinary Bladder of Patients Affected by Neurogenic Detrusor Overactivity. *J. Cell. Mol. Med.*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 195–206. <https://doi.org/10.1111/jcmm.13308>
9. Wishahi M., Mehena A.A., Elganzoury H., Badawy M.H., Hafiz E., El-Leithy T. Telocyte and Cajal Cell Distribution in Renal Pelvis, Ureteropelvic Junction (UPJ), and Proximal Ureter in Normal Upper Urinary Tract and UPJ Obstruction: Reappraisal of the Aetiology of UPJ Obstruction. *Folia Morphol. (Warsz.)*, 2021, vol. 80, no. 4, pp. 850–856. <https://doi.org/10.5603/fm.a2020.0119>
10. Janas P., Kucybała I., Radoń-Pokracka M., Huras H. Telocytes in the Female Reproductive System: An Overview of Up-to-Date Knowledge. *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2018, vol. 27, no. 4, pp. 559–565. <https://doi.org/10.17219/acem/68845>
11. Liu Y., Liang Y., Wang S., Tarique I., Vistro W.A., Zhang H., Haseeb A., Gandahi N.S., Iqbal A., An T., Yang H., Chen Q., Yang P. Identification and Characterization of Telocytes in Rat Testis. *Aging (Albany N.Y.)*, 2019, vol. 11, no. 15, pp. 5757–5768. <https://doi.org/10.18632/aging.102158>
12. Crețoiu S.M. Telocytes and Other Interstitial Cells: From Structure to Function. *Int. J. Mol. Sci.*, 2021, vol. 22, no. 10. Art. no. 5271. <https://doi.org/10.3390/ijms22105271>
13. Ding F., Hu Q., Wang Y., Jiang M., Cui Z., Guo R., Liu L., Chen F., Hu H., Zhao G. Smooth Muscle Cells, Interstitial Cells and Neurons in the Gallbladder (GB): Functional Syncytium of Electrical Rhythmicity and GB Motility (Review). *Int. J. Mol. Med.*, 2023, vol. 51, no. 4. Art. no. 33. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2023.5236>
14. Domino M., Pawlinski B., Zabielski R., Gajewski Z. C-Kit Receptor Immunopositive Interstitial Cells (Cajal-Type) in the Porcine Reproductive Tract. *Acta Vet. Scand.*, 2017, vol. 59, no. 1. Art. no. 32. <https://doi.org/10.1186/s13028-017-0300-5>
15. Zashikhin A.L., Agafonov Ju.V., Lisishnikov L.V. *Method for Producing Preparations of Isolated Cells*. Patent RF no. 2104524, 1994. 4 p. (in Russ.).
16. Huang Y., Mei F., Yu V., Zhang H.-J., Han J., Jiang Z.-Y., Zhou D.-S. Distribution of the Interstitial Cajal-Like Cells in the Gallbladder and Extrahepatic Biliary Duct of the Guinea-Pig. *Acta Histochem.*, 2009, vol. 111, no. 2, pp. 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2008.05.005>
17. Rumessen J.J., Peters S., Thuneberg L. Light- and Electron Microscopical Studies of Interstitial Cells of Cajal and Muscle Cells at the Submucosal Border of Human Colon. *Lab. Invest.*, 1993, vol. 68, no. 4, pp. 481–495.

18. Sanders K.M. A Case for Interstitial Cells of Cajal as Pacemakers and Mediators of Neurotransmission in the Gastrointestinal Tract. *Gastroenterology*, 1996, vol. 111, no. 2, pp. 492–515. <https://doi.org/10.1053/gast.1996.v111.pm8690216>

19. Sukhacheva T.V., Nizyaeva N.V., Samsonova M.V., Chernyaev A.L., Shegolev A.I., Serov R.A. Telocytes in the Myocardium of Children with Congenital Heart Disease Tetralogy of Fallot. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 2020, vol. 169, no. 1, pp. 137–146.

20. Zashikhin A.L., Lyubeznova A.Yu., Agafonov Yu.V. Interstitsial'nye kletki Kakhalya v sostave gladkoy myshechnoy tkani zhelchnogo puzyrya i zhelchnykh protokov [Interstitial Cells of Cajal in the Smooth Muscle Tissue of the Gallbladder and Bile Ducts]. *Morfologiya*, 2015, vol. 148, no. 4, pp. 24–27.

21. Chen L., Yu B. Telocytes and Interstitial Cells of Cajal in the Biliary System. *J. Cell. Mol. Med.*, 2018, vol. 22, no. 7, pp. 3323–3329. <https://doi.org/10.1111/jcmm.13643>

*Поступила в редакцию 15.02.2024 / Одобрена после рецензирования 14.05.2024 / Принята к публикации 01.11.2024.
Submitted 15 February 2024 / Approved after reviewing 14 May 2024 / Accepted for publication 1 November 2024.*