

КЛИНИЧЕСКАЯ АНАТОМИЯ

<https://doi.org/10.52581/1814-1471/94/07>

УДК 617.575-006.314.03-031-018



ОСОБЕННОСТИ СИНТОПИИ И ПАТОМОРФОЛОГИИ ТЫЛЬНЫХ ГАНГЛИЕВ

М.Ю. Степанов¹✉, А.В. Байтингер¹, В.Ф. Байтингер^{1,2}

¹ НИИ микрохирургии,
Томск, Российская Федерация

² Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,
Красноярск, Российская Федерация

Аннотация

Данная работа представляет собой продолжение исследования ганглиев кистевого сустава, начатого нами в 2022 г., первые результаты которого были опубликованы в 2024 г. Целью настоящего этапа является анализ синтопических особенностей и патоморфологических характеристик ганглиев при их тыльной локализации на кистевом суставе.

В исследовании приняли участие 20 пациентов (18 женщин и 2 мужчин) с диагностированным тыльным ганглием кистевого сустава. Возраст испытуемых варьировал от 18 до 49 лет, средний возраст составил (39 ± 16) лет. Лечение проходило в клинике АНО «НИИ микрохирургии» (г. Томск) в период с января 2022 г. по март 2023 г. В 14 случаях поражение было выявлено в правом кистевом суставе, в 6 – в левом. Все участники исследования имели изолированную форму заболевания, без сопутствующих дегенеративных или травматических изменений в кисти. Данный факт подтверждался результатами клинических обследований, ультразвуковой диагностики и магнитно-резонансной томографии, проведенных на этапе предоперационной подготовки. Оперативное вмешательство выполнялось под местной инфильтрационной анестезией 1%-м раствором лидокаина. Для удаления ганглия применяли открытый метод с использованием трехкратного оптического увеличения. В процессе хирургического вмешательства изучали синтопию ганглия, а также производили забор фрагмента капсулы кистевого сустава в месте прикрепления ножки ганглия для последующего морфологического анализа. В качестве контрольного материала использовали 7 образцов капсулы кистевого сустава, полученных посмертно у лиц без патологий данной области, в условиях патологоанатомического бюро. Полученные образцы фиксировали в 10%-м нейтральном буферном формалине и подвергали гистологическому исследованию с окрашиванием гематоксилином и эозином.

В результате проведенного исследования было подтверждено, что тыльные ганглии формируются из капсулы кистевого сустава в области ладьевидно-полулунной связки запястья. Гистологический анализ удаленного участка капсулы, к которому была прикреплена ножка ганглия, показал, что его структура представлена плотной волокнистой соединительной тканью с редкими зонами гиалиноза. Также отмечены выраженные очаги миксоматозных изменений, сопровождающиеся активной пролиферацией фибробластоподобных клеток и инфильтрацией мононуклеарами. Установлено также, что капсула сустава и воллярный ганглий обладают сходным гистологическим строением.

Ключевые слова: тыльный ганглий, миксоматоз, патоморфология.

Конфликт интересов: авторы подтверждают отсутствие явного и потенциального конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Степанов М.Ю., Байтингер А.В., Байтингер В.Ф. Особенности синтопии и патоморфологии тыльных ганглиев // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2025. Т. 28, № 3. С. 59–65. doi: 10.52581/1814-1471/94/07

CLINICAL ANATOMY

FEATURES OF SYNTOPY AND PATHOMORPHOLOGY OF THE DORSAL GANGLIONS

M.Yu. Stepanov¹✉, A.V. Baytinger¹, V.F. Baytinger^{1,2}

¹ Institute of Microsurgery,
Tomsk, Russian Federation

² Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky,
Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract

This study extends our ongoing investigation of wrist joint ganglion, which was initiated in 2022, with preliminary findings published in 2024. The purpose of the present phase was to perform a detailed analysis of the syntopic relationships and pathomorphological features of ganglion with dorsal localization on the wrist joint.

The study included 20 patients (18 women and 2 men) diagnosed with a dorsal ganglion of the wrist joint. Treatment was conducted at the clinic of the Autonomous Non-Profit Organization "Institute of Microsurgery" (Tomsk, Russia) from January 2022 to March 2023. Age of the patients ranged from 18 to 49 years, with an average of (39 ± 16) years. The pathology localization was distributed as follows: in 14 cases, the lesion was identified in the right wrist joint, and in 6 cases – in the left. All participants had an isolated form of the disease, without associated degenerative or traumatic changes in the hand. This was confirmed by clinical examinations, ultrasound diagnostics, and magnetic resonance imaging conducted during the preoperative preparation stage.

Surgical intervention was performed under local infiltration anesthesia using a 1% lidocaine solution. The ganglion was removed using an open method with threefold optical magnification. During the surgical procedure, the syntopic relationship of the ganglion was studied, and a fragment of the wrist joint capsule was collected at the site of the ganglion stalk attachment for subsequent morphological analysis. As control material, 7 samples of the wrist joint capsule were used, obtained postmortem from individuals without pathologies in this area, under the conditions of a pathological anatomy bureau. The obtained samples were fixed in 10% neutral buffered formalin and subjected to histological examination with hematoxylin and eosin staining.

The study confirms that dorsal ganglion originate from the capsule of the wrist joint in the area of the scapholunate ligament. Histological analysis of the removed capsule section, to which the ganglion stalk was attached, revealed that its structure consists of dense fibrous connective tissue with rare zones of hyalinization. Pronounced foci of myxomatous changes were also observed, accompanied by active proliferation of fibroblast-like cells and mononuclear infiltration. It was established that the joint capsule and the volar ganglion share a similar histological structure.

Keywords: dorsal ganglion, myxomatosis, pathomorphology.

Conflict of interest: the authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Stepanov M.Yu., Baytinger A.V., Baytinger V.F. Features of syntopy and pathomorphology of the dorsal ganglions. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2025;28(3):59-65.
doi: 10.52581/1814-1471/94/07

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа представляет собой продолжение исследования ганглиев кистевого сустава, начатого нами в 2022 г., первые результаты которого были опубликованы в 2024 г. Целью настоящего этапа является анализ синтопических особенностей и патоморфологических характеристик ганглиев при их тыльной локализации на кистевом суставе [1].

Ганглий представляет собой доброкачественное образование мягких тканей, заполненное мукопирамидом, чаще всего он диагностируется в области запястья. Примерно 60–70% таких образований локализуются на его тыльной стороне, в то время как на ладонной – около 20–30% случаев [2]. Хотя ганглий может возникнуть в любой зоне по тылу запястья, наиболее частой локализацией считается ладьевидно-полулунное сочленение [3, 4].

Ганглий, как правило, достигает нескольких сантиметров в диаметре и внешне напоминает плотный шарик. Он остается неподвижным благодаря прочному прикреплению к суставной капсуле [5] (рис. 1).



Рис. 1. Тыльный ганглий (фотография из операционной)
Fig. 1. Dorsal ganglion (photo from the operating room)

Несмотря на то, что данная патология может встречаться в любом возрасте, наибольшая ее распространенность отмечается среди лиц 20–40 лет. По имеющимся данным, в 10% случаев ганглий связан с перенесенной травмой, хотя точные механизмы его развития остаются не до конца изученными [6]. Медицинское вмешательство становится необходимым, если новообразование вызывает болевые ощущения или ограничивает подвижность сустава, препятствуя нормальной жизнедеятельности. Первая линия терапии обычно включает иммобилизацию и динамическое наблюдение [7]. Если консервативные меры оказываются неэффективными, прибегают к хирургическим методам лечения, среди которых наиболее распространены пункция с аспирацией, а также открытое или артроскопическое удаление гангля. Однако, несмотря на значительное количество исследований, посвященных рецидивам после хирургического вмешательства, окончательного мнения об оптимальной тактике лечения пока не существует. Интерес научного сообщества к данной патологии остается сравнительно невысоким. Современные публикации в основном сосредоточены на анализе методов лечения, а теоретические аспекты возникновения гангля продолжают базироваться на данных, представленных более 20 лет назад. В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют детальные исследования механизма его формирования и гистологического строения, что затрудняет разработку эффективного способа устранения гангля без риска рецидива.

Цель исследования: провести анализ расположения и структурных изменений тыльных ганглиев кистевого сустава.

В ходе исследования предполагалось решить следующие задачи:

- 1) определить анатомическое соотношение тыльного гангля и его основания;
- 2) провести гистологический анализ стенки капсулы кистевого сустава в зоне формирования основания тыльного гангля.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 20 пациентов (18 женщин и 2 мужчин) в возрасте от 18 до 49 лет (средний возраст составил (39 ± 16) лет), с диагностированным тыльным гангилем кистевого сустава. Лечение осуществлялось в клинике АНО «НИИ микрохирургии» (г. Томск) в период с января 2022 г. по март 2023 г. В 14 случаях поражение было выявлено в правом кистевом суставе, в 6 – в левом. Все участники исследования имели изолированную форму заболевания, без сопутствующих дегенеративных или травматических изменений в кисти. Данное обстоятельство подтверждалось результатами клинических обследований, ультразвуковой диагностики и магнитно-резонансной томографии, проведенных на этапе предоперационной подготовки.

Оперативное вмешательство выполняли под местной инфильтрационной анестезией 1%-м раствором лидокаина. Для удаления гангля применяли открытый метод с использованием трехкратного оптического увеличения. В процессе хирургического вмешательства изучали синтопию гангля, а также производили забор фрагмента капсулы кистевого сустава в месте прикрепления ножки гангля для последующего морфологического анализа.

В качестве контрольного материала использовали 7 образцов капсулы кистевого сустава, полученных посмертно у лиц без патологий в данной области в условиях патологоанатомического бюро.

Для определения топографии ножки гангля и ее взаимоотношения с костными и суставными структурами запястья выполняли интраоперационное рентгенологическое исследование с использованием электронно-оптического преобразователя. После получения рентгеновских снимков в прямой проекции устье ножки гангля маркировали инъекционной иглой 21G, вводя ее параллельно ходу ножки до контакта с костью или связочным аппаратом. В ходе хирургического вмешательства производили удаление гангля вместе с его ножкой и прилежащим участком суставной капсулы. Полученные образцы фик-

сировали в 10%-м нейтральном буферном формалине и подвергали гистологическому исследованию с окрашиванием гематоксилином и эозином.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При предоперационном планировании нами было установлено, что все тыльные ганглии располагались в средней трети запястья по тыльной поверхности. Интраоперационно в 12 случаях ганглий находился между третьим и четвертым каналами сухожилий разгибателей кисти, в 6 случаях – строго под четвертым каналом разгибателей кисти и в двух – между четвертым и пятым каналами сухожилий разгибателей кисти. Выделить ганглий без повреждения оболочек сухожилий не в одном случае не получилось.

При выделении ганглия и его ножки большое внимание уделяли сохранению их целостности. Последующая оценка рентгенограмм, проведенных при маркировке устья ножки ганглиев, показала, что в 19 случаях (95%) ганглии исходили из тыльной части ладьевидно-полулунной связки. В одном случае (5%) ножку ганглия локализовать не представлялось возможным, поскольку последний был жестко прикреплен к капсуле сустава на большом протяжении, без четко выраженной ножки. Визуально участок капсулы, к которому прилежала ножка ганглия, не отличался от соседних. Ножка ганглия, осмотренная под трехкратным прецизионным увеличением, после отсечения не имела полости внутри, а представляла собой полуопрозрачный тяж. В капсule сустава, после отсечения ножки ганглия, при осмотре под увеличением дефектов и каналов, ведущих в полость лучезапястного сустава, выявлено не было. Ганглий рос из капсулы и не имел связи с полостью сустава.

При гистологическом исследовании удаленного участка суставной капсулы, в непосредственной близости от которой находилась ножка тыльного ганглия, было обнаружено, что внешне неизмененная капсула состоит из грубоволокнистой соединительной ткани. В ее структуре встречались участки гиалиноза, а также выраженный очаговый миксоматоз, сопровождающийся активной пролиферацией фибробластоподобных клеток и инфильтрацией мононуклеарными элементами (рис. 2).

Гистологический анализ тыльного ганглия продемонстрировал схожую морфологическую картину: его ткань была представлена грубоволокнистой соединительной структурой с зонами гиалиноза, при этом эпителиальная выстилка отсутствовала (рис. 3).

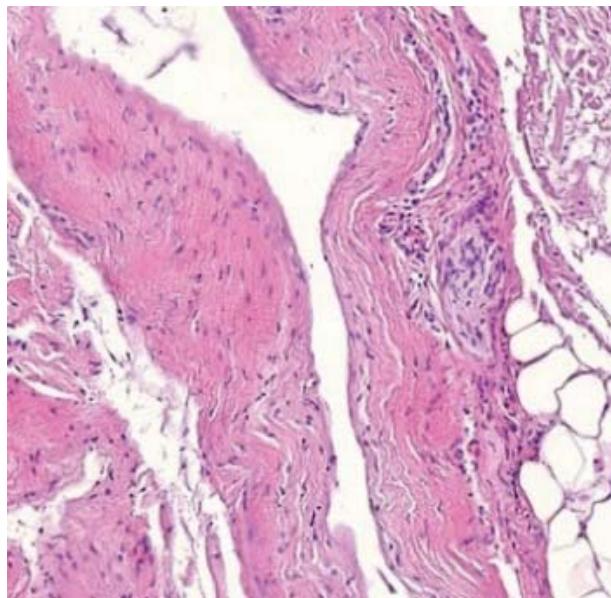


Рис. 2. Микропрепарат тыльной капсулы (операционный материал). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 100$

Fig. 2. Micropreparation of the dorsal capsule (surgical material). Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 100$



Рис. 3. Микропрепарат тыльного ганглия (операционный материал). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 40$

Fig. 3. Micropreparation of the dorsal ganglion (surgical material). Hematoxylin and eosin staining. Magn. $\times 40$

Для сопоставления была проведена гистологическая оценка тыльной капсулы кистевых суставов, полученных из патологоанатомического бюро от 7 трупов людей, не имевших при жизни патологий кисти. В отличие от образцов, взятых у пациентов с ганглием, структура капсулы в контрольной группе характеризовалась рыхлой соединительной тканью с небольшими кровеносными сосудами и жировыми включениями. Кроме того, внутренняя поверхность капсулы была покрыта слоем синовиальных клеток (рис. 4).

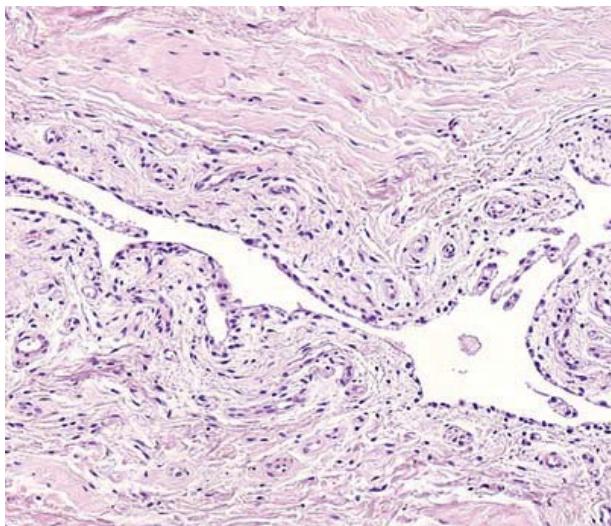


Рис. 4. Микропрепаратор тыльной капсулы (трупный материал). Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×100
Fig. 4. Micropreparation of the dorsal capsule (cadaveric material). Hematoxylin and eosin staining. Magn. ×100

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно мнению большого количества исследователей, от 60 до 70% ганглиев выявляются на тыльной стороне запястья. Они соединены с суставом посредством ножки, которая, как правило, берет начало в области ладьевидно-полулунной связки [5]. В ходе настоящего исследования было установлено, что все тыльные ганглии возникали из капсулы кистевого сустава, вблизи зоны ладьевидно-полулунного сочленения. Однако, поскольку прямой связи между ножкой ганглия и суставной полостью обнаружено не было, нельзя однозначно утверждать, что источником их формирования является именно ладьевидно-полулунная связка.

A.C. Angelides и P.F. Wallace (1976) выявили, что у 44% пациентов с тыльным ганглием и у 85% с волярной формой ганглия внутрисуставной контраст перемещался из лучезапястного сустава в кистозное образование. Они предположили, что ножка ганглия на микроскопическом уровне имеет извилистый канал, соединяющий полость кисты с суставом [5]. Исходя из этого, был предложен механизм одностороннего клапана [7]. Считается, что его формирование обусловлено наличием микроскопических жидкостных пузырьков («микрокист») в окружающих ножку тканях. Взаимодействуя с ганглием, эти микрокисты становятся частью извилистого просвета ножки, тем самым создавая клапанный механизм, препятствующий обратному току жидкости [8]. В стенке ганглиевой кисты наблюдались зоны миксоматозной дегенерации, однако выраженных дегенеративных изменений, воспалительных процессов или некротических очагов выявлено не было [9–12].

Проведенное нами исследование показало, что у пациентов с тыльным ганглием капсула кистевого сустава на микроскопическом уровне состоит из грубоволокнистой соединительной ткани с редкими зонами гиалиноза. Также отмечена выраженная очаговая миксоматозная дегенерация с пролиферацией фибробластоподобных клеток и мононуклеарной инфильтрацией. В некоторых гистологических срезах наблюдалось образование ганглиев путем слияния нескольких кистозных полостей, заполненных муцинозной жидкостью, что соответствует ранее описанным механизмам их формирования. Сходная гистологическая структура была обнаружена и при изучении волярного ганглия запястья. В исследуемых образцах капсула кистевого сустава пациентов с данной патологией также состояла из грубоволокнистой соединительной ткани с признаками гиалиноза и очагового миксоматоза, а также увеличенным количеством фибробластов. Эти данные позволяют предположить, что тыльный и волярный ганглии имеют общий патогенез и формируются в результате единого патологического процесса. Следовательно, тактика их лечения должна быть схожей.

Определение ганглия исключительно как кисты остается спорным, поскольку существующие теории не объясняют всех аспектов его формирования. Представление о нем как о простой грыже суставной капсулы не подтверждается из-за отсутствия синовиальной оболочки внутри кисты. Наше исследование также не выявило признаков воспалительного процесса ни в самой капсule, ни в окружающих тканях ганглия. Эти результаты согласуются с ранее проведенными патологоанатомическими исследованиями, в которых также не обнаружены признаки перикистозного воспаления [13–15].

В настоящее время наиболее популярной является гипотеза, согласно которой тыльный и волярный ганглии формируются под воздействием хронической или острой механической нагрузки («стресса») на сустав. Такой процесс может способствовать муциноидной дегенерации внесятавной соединительной ткани, провоцируя скопление жидкости и последующее формирование кистозных полостей. Некоторые авторы указывают, что суставной стресс может активировать секрецию муцина мезенхимальными клетками, которые были обнаружены в окружающих тканях с помощью электронной микроскопии [5], однако ни одна из существующих теорий пока не дает исчерпывающего объяснения механизма формирования ганглиев, и вопрос их патогенеза остается открытым [16–20]. Полученные нами данные подтверждают, что тыльный ганглий является локальным проявлением миксоматоза суставной капсулы.

ВЫВОДЫ

1. Формирование тыльных ганглиев происходит из суставной капсулы лучезапястного

сустава в области ладьевидно-полулунной связки.

2. Возникновение тыльного ганглия связано с локальным развитием миксоматозного процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Степанов М.Ю., Байтингер А.В., Байтингер В.Ф. Синтопия и патоморфология воллярных ганглиев // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2024. Т. 27, № 2. С. 29–35. <https://doi.org/10.52581/1814-1471/89/03>
Stepanov M.Yu., Baytinger A.V., Baytinger V.F. Syntopy and pathomorphology of the volar ganglions. *Issues of Reconstructive and Plastic Surgery*. 2024;27(2):29-35. (In Russ.). doi: 10.52581/1814-1471/89/03
2. Elahi M.A., Moore M.L., Pollock J.R., Haglin J.M., Lai C., Hinckley N.B., Renfree K. Open Excision of Dorsal Wrist Ganglion. *JBJS Essent Surg Tech*. 2023 Apr 24;13(2):e21.00043.
3. Clay N.R., Clement D.A. The treatment of dorsal wrist ganglia by radical excision. *J Hand Surg*. 1988;13(2):187-191.
4. Singhal R., Angmo N., Gupta S., Kumar V., Mehtani A. Ganglion cysts of the wrist: a prospective study of a simple outpatient management. *Acta Orthop Belg*. 2005;71:528-534.
5. Angelides A.C., Wallace P.F. The dorsal ganglion of the wrist: its pathogenesis, gross and microscopic anatomy, and surgical treatment. *J Hand Surg*. 1976;1(3):228-235.
6. Greendyke S.D., Wilson M., Shepler T.R. Anterior wrist ganglia from the scaphotrapezial joint. *J Hand Surg*. 1992;17(3):487-490.
7. Horvath A., Zsidai B., Konaporski S., Svantesson E., Hamrin Senorski E., Samuelsson K., Zeba N. Treatment of Primary Dorsal Wrist Ganglion – A Systematic Review. *J Wrist Surg*. 2022 Jul 11;12(2):177-190.
8. Tophoj K., Henriques U. Ganglion of the wrist – a structure developed from the joint. *Acta Orthop Scand*. 1971;42(3):244-250.
9. Andren L., Eiken O. Arthrographic studies of wrist ganglions. *J Bone Jt Surg Am*. 1971;53(2):299-302.
10. Psalia J.V., Mansel R.E. The surface ultrastructure of ganglia. *J Bone Jt Surg Br*. 1978;60-B(2):228-233.
11. Meena S., Gupta A. Dorsal wrist ganglion: Current review of literature. *J Clin Orthop Trauma*. 2014 Jun; 5(2): 59-64. doi: 10.1016/j.jcot.2014.01.006 Epub 2014 Jun 3. Retraction in: *J Clin Orthop Trauma*. 2020 Sep 17;11(Suppl 5):S916.
12. Konigsberg MW, Tedesco LJ, Mueller JD, Ball JR, Wu CH, Kadiyala RK, Strauch RJ, Rosenwasser MP. Recurrence Rates of Dorsal Wrist Ganglion Cysts After Arthroscopic Versus Open Surgical Excision: A Retrospective Comparison. *Hand (N Y)*. 2023 Jan;18(1):133-138.
13. Duncan K.H., Lewis R.C. Scapholunate instability following ganglion cyst excision: a case report. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;228:250-253.
14. Breidahl W.H., Adler R.S. Ultrasound-guided injection of ganglia with corticosteroids. *Skelet Radiol*. 1996;25(7):635-638.
15. Nahra M.E., Bucchieri J.S. Ganglion cysts and other tumor related conditions of the hand and wrist. *Hand Clin*. 2004;20(3):249-260.
16. Psalia J.V., Mansel R.E. The surface ultrastructure of ganglia. *J Bone Jt Surg Br*. 1978;60-B(2):228-233.
17. Paul A.S., Sochart D.H. Improving the results of ganglion aspiration by the use of hyaluronidase. *J Hand Surg*. 1997;22(2):219-221.
18. Nishikawa S., Toh S., Miura K., Arai K., Irie T. Arthroscopic diagnosis and treatment of dorsal wrist ganglion. *J Hand Surg*. 2001;26(6):547-549.
19. Jagers M., Akkerhuis P., Van Der Heijden M., Brink P.R.G. Hyaluronidase excision of ganglia: a prospective, randomized clinical trial. *J Hand Surg*. 2002;27(3):256-258.
20. Pires F.A., Santos J.B.G.D., Fernandes C.H., Nakashima L.R., Faloppa F. Sclerotherapy with 75% hypertonic glucose to treat dorsal synovial cysts of the wrist. *Acta Ortop Bras*. 2021 Mar-Apr;29(2):101-104.

Сведения об авторах

Степанов Михаил Юрьевич – врач травматолог-ортопед АНО «НИИ микрохирургии» (Россия, 634063, г. Томск, ул. Ивана Черных, д. 96).

<https://orcid.org/0009-0005-8857-6729>

e-mail: Stepanov_16.03@mail.ru

Байтингер Андрей Владимирович – канд. мед. наук, пластический хирург АНО «НИИ микрохирургии» (Россия, 634063, г. Томск, ул. Ивана Черных, д. 96).

<https://orcid.org/0009-0005-2038-8887>

e-mail: drbaitinger@gmail.com

Байтингер Владимир Фёдорович – д-р мед. наук, профессор, президент АНО «НИИ микрохирургии» (Россия, 634063, г. Томск, ул. Ивана Черных, д. 96), профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет им. В.Ф. Войно-Ясенецкого» Минздрава России (Россия, 660022, г. Красноярск, ул. Партизана Железняка, д. 1).

<https://orcid.org/0000-0002-7754-7472>

e-mail: baitinger@mail.tomsknet.ru

Information about authors

Mikhail Yu. Stepanov✉, traumatologist-orthopedist, Institute of Microsurgery (96, Ivan Chernykh st., Tomsk, 634063, Russia).

<https://orcid.org/0009-0005-8857-6729>

e-mail: Stepanov_16.03@mail.ru

Andrey V. Baytinger, Cand. Med. sci., plastic surgeon, Institute of Microsurgery (96, Ivan Chernykh st., Tomsk, 634063, Russia).

<https://orcid.org/0009-0005-2038-8887>

e-mail: drbaitinger@gmail.com

Vladimir F. Baytinger, Dr. Med. sci., Professor, President of the Institute of Microsurgery (96, Ivan Chernykh st., Tomsk, 634063, Russia); Professor, the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy, Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V.F. Voyno-Yasenetsky (1, Partizan Zheleznyak st., Krasnoyarsk, 660022, Russia).

<https://orcid.org/0000-0002-7754-7472>

e-mail: baitinger@mail.tomsknet.ru

Поступила в редакцию 24.12.2024; одобрена после рецензирования 09.06.2025; принята к публикации 23.08.2025

The article was submitted 24.12.2024; approved after reviewing 09.06.2025; accepted for publication 23.08.2025