

СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ НАДКОСТНИЦЫ НАРУЖНОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕДНЕЙ СТЕНКИ ВЕРХНЕЧЕЛЮСТНОЙ ПАЗУХИ ВЗРОСЛЫХ МУЖЧИН

¹Волов Н.В., ¹Григорьева Ю.В., ²Ткаченко С.С.,
¹Полетаева С.В., ³Ларина Т.В., ³Зотова Ю.В.

¹Самарский государственный медицинский университет; ²Амбулаторный центр № 1;

³Самарская городская клиническая больница № 1 имени Н.И. Пирогова, Самара, Россия, e-mail: histology@bk.ru

Для цитирования:

Волов Н.В., Григорьева Ю.В., Ткаченко С.С., Полетаева С.В., Ларина Т.В., Зотова Ю.В. Сравнительная морфология надкостницы наружной и внутренней поверхностей передней стенки верхнечелюстной пазухи взрослых мужчин. Морфологические ведомости. 2024;32(3):893. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32\(3\).893](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32(3).893)

Резюме. Надкостница – специализированная и функционально значимая часть кости, участвующая в ее регенерации. Основной объем научных изысканий приходится на изучение строения и функционирования периоста и эндоста трубчатых костей, в то время как надкостница, выстилающая полости пневматизированных костей, остается малоизученной. Клинические потребности ее изучения обусловлены возрастающими запросами современной медицины в разработке малоинвазивных и персонализированных методов лечения пациентов с патологией носа и носовых пазух. Цель исследования – сравнение морфологии периоста наружной и внутренней поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи у взрослых мужчин второго зрелого возраста. В настоящем морфологическом исследовании проанализированы кожно-надкостничные и слизисто-надкостничные фрагменты передней стенки верхнечелюстной пазухи от 40 пациентов, находившихся на лечении по поводу удаления инородных тел из верхнечелюстных пазух методом микрогайморотомии. Образцы тканей изучены методами классической световой микроскопии, иммуногистохимии с применением моноклональных антител к гладкомышечному актину, произведены морфометрия и статистическая обработка полученных данных. Установлено, что в пределах единой анатомической костной структуры, надкостница имеет ряд отличительных признаков, проявляющихся в количестве и толщине коллагеновых пучков, формирующих волокнистый слой, качественном составе пучков коллагеновых волокон. Исследование также показало, что надкостница со стороны внутренней поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи не имеет прочной связи с костным матриксом. Проведенное иммуногистохимическое исследование на выявление гладкомышечного актина позволило установить в структуре собственной пластинки слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи значительное число положительно окрашенных клеток. Известно, что активный цитоскелет, сеть промежуточных филаментов и микротрубочки участвуют в регуляции подвижности клеток, а также в их миграционных процессах. Миграция клеток является закономерностью механизмов гистогенеза и регенерации. Наличие актин-позитивных клеток в слизистой оболочке верхнечелюстной пазухи взрослого человека позволяет считать одним из механизмов ее постнатального морфогенеза их миграцию.

Ключевые слова: верхнечелюстная пазуха, периост, мукопериост, мембрана Шнайдера, гладкомышечный актин

Статья поступила в редакцию 21 октября 2024

Статья принята к публикации 11 ноября 2024

THE COMPARATIVE MORPHOLOGY OF THE ADULT MEN MAXILLARY SINUS ANTERIOR WALL OUTER AND INNER SURFACES PERIOSTEUM

¹Volov NV, ¹Grigor'eva YuV, ²Tkachenko SS, ¹Poletaeva SV, ³Larina TV, ³Zotova YuV

¹Samara State Medical University, ²Outpatient Center № 1; ³Pirogov Samara City Clinical Hospital № 1,
Samara, Russia, e-mail: histology@bk.ru

For the citation:

Volov NV, Grigor'eva YuV, Tkachenko SS, Poletaeva SV, Larina TV, Zotova YuV. The comparative morphology of the adult men maxillary sinus anterior wall outer and inner surfaces periosteum. Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter. 2024;32(3):893. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32\(3\).893](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2024.32(3).893)

Summary. The periosteum is a specialized and functionally significant part of the bone involved in its regeneration. The most part of scientific research is devoted to the study of the structure and functioning of the periosteum and endosteum of tubular bones, while the periosteum lining the cavities of pneumatized bones remains poorly understood. Clinical needs for its study are due to the increasing demands of modern medicine in the development of minimally invasive and personalized methods for treating patients with pathology of the nose and its sinuses. The aim of the study is to compare the morphology of the periosteum of the outer and inner surfaces of the anterior wall of the maxillary sinus in adult men. In this morphological study, we analyzed the skin-periosteal and mucoperiosteal fragments of the anterior wall of the maxillary sinus from 40 patients who were treated for the removal of foreign bodies from the maxillary sinuses using the their microtomy method. Tissue samples were studied using classical light microscopy, immunohistochemistry using monoclonal antibodies to smooth muscle actin, morphometry and statistical processing of the obtained data. It was found that within a single anatomical bone structure, the periosteum has a number of distinctive features manifested in the quantity and thickness of collagen bundles that form the fibrous layer, the qualitative composition of collagen fiber bundles. The study also showed that the periosteum from the side of the inner surface of the anterior wall of the maxillary sinus does not have a strong connection with the bone matrix. The immunohistochemical study to detect smooth muscle actin made it possible to establish a significant number of positively stained cells in the structure of the proper plate of the mucous membrane of the maxillary sinus. It is known that the actin cytoskeleton, the network of intermediate filaments and microtubules participate in the regulation of cell motility, as well as in their migration processes. Cell migration is a pattern of histogenesis and regeneration mechanisms. The presence of actin-positive cells in the mucous membrane of the maxillary sinus of an adult allows us to consider their migration as one of the mechanisms of its postnatal morphogenesis.

Keywords: maxillary sinus, periosteum, mucoperiosteum, Schneider's membrane, smooth muscle actin

Article received 21 October 2024

Article accepted 11 November 2024

Введение. Надкостница – специализированная функционально значимая часть кости, участвующая в ее регенерации [1-2]. Наиболее изученной является наружная надкостница или периост. Периост покрывает трубчатые кости снаружи, участвует в их питании [3] и рецепции [4], к его поверхности прикрепляются фасции, связки и сухожилия. Накопленные научные данные позволили выделить в периосте два слоя: наружный волокнистый и внутренний остеогенный [5-6]. Волокнистый (фиброзный) слой надкостницы образован плотной волокнистой соединительной тканью, содержит удлиненные фиброцитоподобные клетки. Внутренний слой надкостницы содержит кровеносные сосуды, остеогенные клетки-предшественники, фибробласты и остеобласты, залегающие в рыхлой соединительной ткани. Кроме периоста немаловажное значение имеет его аналог – эндост, который располагается внутри трубчатых костей и контактирует с гемопозитической тканью. Эндост в генетическом, морфологическом и физиологическом отношении близок периосту, но в тоже время имеет ряд отличительных особенностей. Наиболее распространено мнение, что он состоит из одного сплошного слоя уплощенных эндотелиеподобных клеток [7]. Встречается описание областей эндоста без выстилающих клеток [8] и областей с более чем одним клеточным слоем [9-10]. Считается, что его основу составляют фибробластоподобные стромальные клетки, которые подразделяются на костномозговые клетки и эндостальные остеобласты [10]. Все исследования, упомянутые выше, описывают периост и эндост длинных трубчатых костей, тогда как надкостница большинства губчатых костей все еще остается вне проявления научных интересов. Особо стоит отметить надкостницу, выстилающую полости пневматизированных костей, например, такой кости, как верхняя челюсть. Повышенный интерес к ее изучению, диктуется всевозрастающими потребностями современной медицины в разработке малоинвазивных персонализированных методов лечения пациентов с ринопатологией [11-14]. Отсутствие результатов комплексных

сравнительных морфологических исследований надкостницы пневматизированных костей как с наружной поверхности, так и со стороны воздушных полостей явилось стимулом для нашей работы.

Цель исследования: сравнительное морфологическое исследование периоста передней стенки верхнечелюстной пазухи с наружной и внутренней ее поверхностей у мужчин второго зрелого возраста.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования служили кожно-надкостничные и слизисто-надкостничные участки тканей, взятые с наружной и внутренней поверхностей передней стенки верхнечелюстной пазухи верхней челюсти у мужчин второго зрелого возраста, обратившихся за хирургической помощью в ООО Амбулаторный центр № 1 г. Самары по поводу удаления инородных тел из верхнечелюстной пазухи. На проведение исследования получено одобрение, выданное Комитетом по биоэтике при Самарском государственном медицинском университете от 15 марта 2023 г. (протокол № 261). Проводился строгий отбор участников. Пациенты со значительными воспалительными проявлениями в верхнечелюстной пазухе участие в исследовании не принимали. Выраженность проявлений воспаления оценивали с помощью конусного компьютерного томографа (рис. 1), с его помощью также оценивали локализацию инородного тела, что затем было основанием для выбора операционного доступа.

Операции выполнялись под инфильтрационной анестезией и с использованием видеоэндоскопической техники. Доступ к верхнечелюстной пазухе осуществляли через переднюю стенку верхней челюсти на уровне клыковой ямки. Для этого по переходной складке слизистой преддверия рта на уровне 4-5 верхних зубов делали разрез, отделяли жировую ткань и далее осуществляли забор надкостницы костным распатором площадью 6 мм². Этот участок строго соответствовал будущему трепанационному отверстию. В месте трепанационного отверстия также забирали фрагмент внутренней выстилки пазухи площадью 6 мм².

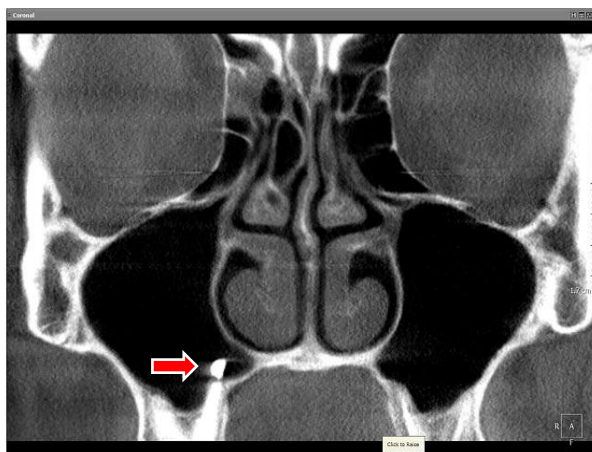


Рис. 1. Конусно-лучевая компьютерная томограмма части лицевого скелета мужчины 57 лет. Инородное тело правой верхнечелюстной пазухи без рентгенологических признаков воспаления слизистой оболочки (указано стрелкой)

Морфологическому анализу подлежали образцы, полученные в ходе операций, выполненных в период с января 2022 года по август 2024 года. Всего в исследовании приняли участие 40 человек, из которых у 10 пациентов было осуществлено взятие материала с обеих поверхностей, у 30 участников, взятие материала осуществлялось случайным образом в равном соотношении. Это позволило получить по 25 образцов с каждой поверхности (стороны) передней стенки верхнечелюстной пазухи. Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в исследовании.

Фрагменты кожно-надкостничного и надкостнично-слизистого соединений изучали методами классической световой микроскопии, иммуногистохимии и морфометрии с последующей статистической обработкой. Для гистологического исследования материал фиксировали в 10% нейтральном формалине на фосфатном буфере (pH=7,4) с последующей аппаратной проводкой (Leica ASP 300, Германия) в гистологическом процессоре замкнутого типа. Материал заливали в парафин «Histomix» фирмы BioOptica (Россия). Готовили срезы толщиной 4 мкм на роторном микротоме. Срезы помещали на предметные стекла с фабричным адгезивным покрытием (poly-L-lysin) ООО ТД JLS

Chemical (Россия) и окрашивали гематоксилином и эозином, и по Вейгерту-Ван Гизон с докраской ядер клеток гематоксилином Эрлиха. Готовые препараты просматривали под световым микроскопом Leica (Германия).

В иммуногистохимическом исследовании гладкомышечный актин (α-SMA) на гистологических срезах выявляли с помощью моноклональных антител клона 1A4 (Dako, Дания). Исследование проведено в соответствии со стандартными протоколами системы визуализации Ultra Vision ONE. Проводили тепловую демаскировку антигенных детерминант на водяной бане в течение 40 минут с использованием раствора Dako TRS (Target Retrieval Solution, 10x концентрат, Дания). При постановке пероксидазного блока применяли раствор Peroxidase-Blocking Solution, Dako REALTM (Дания). Срезы докрашивали гематоксилином и заключали в глицерин-желатиновую среду. Результаты оценивали после постановки положительного и отрицательного контролей. Руководствуясь рекомендациями Г.Г. Автандилова (1990), с помощью программы обработки и анализа изображений ImageJ v1.5, осуществляли линейный замер структур толщины периоста. Осуществляли проверку полученных данных на соответствие закону нормального распределения. Для описания выборочной совокупности данных использовали медиану, 25 и 75 перцентили и показатели минимума и максимума. Для определения статистической значимости различий между значениями показателей применяли метод Манна-Уитни.

Результаты и обсуждение. Комплексное морфологическое исследование надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи верхней челюсти с ее наружной и внутренней поверхностей, а также прилежащих к ним волокнистых соединительнотканых структур помогло установить ряд общих и отличительных признаков. Одновременно проведенное иммуногистохимическое исследование данных объектов позволило выдвинуть новые гипотезы о функциональной роли отдельных клеток слизисто-надкостничной выстилки верхнечелюстной пазухи.

Световая микроскопия надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи с ее наружной и внутренней поверхностей показала, что независимо от локализации (рис. 2-3), она состоит только из компактно упакованных коллагеновых волокон. Этот слой мы идентифицировали как фиброзный, подобный надкостнице трубчатых костей [6, 15-16]. Клеточный слой ни в одном из случаев не был идентифицирован. Отметим, что внутренний клеточный слой в составе периоста трубчатых костей преимущественно развит у детей, а с увеличением возраста человека он постепенно истончается [17]. Вероятно, подобные проявления наблюдались и у участников настоящего исследования.

Распределение показателей толщины надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи представлено в таблице 1. Проведенный тест Шапиро-Уилка показал, что во всех группах гипотеза о нормальном распределении показателей отклоняется.

Таблица 1
Показатели описательной статистики толщины надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи с наружной и внутренней поверхностей (сторон) у обследованных мужчин

Показатели описательной статистики	Надкостница (изнутри) в мкм	Надкостница (снаружи) в мкм
Объем	250	250
Матожидание	9,092	47,92
Медиана	8,171	47,45
Дисперсия	17,57	317,4
СКО	4,183	17,78
Асимметрия	0,8321	0,4819
Эксцесс	0,2467	0,5484
Минимум	2,386	12,6
Максимум	23,17	107,7
Квантиль 25 %	5,975	36,74
Квантиль 75 %	11,73	58,46

Анализ строения надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи с наружной стороны показал, что толщина этой структуры напрямую зависит от количества пучков, ее образующих. Их количество варьировало от 2 до 7, но чаще встречалось 3-4. Пучки волокон были разделены фиброцитоподобными клетками. Толщина пучков находилась в пределах минимума в 3,33 мкм, максимума в 25,62 мкм.

Изучение надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи со стороны слизистой оболочки воздушной полости позволило установить тот факт, что она представлена всего одним пучком, толщиной минимум в 2,39 мкм, максимум в 23,17 мкм.

Окрашивание срезов слизистой надкостничного фрагмента по Вейгерту помогло выявить сродство структур надкостницы к фуксин-резорцину. Полу-

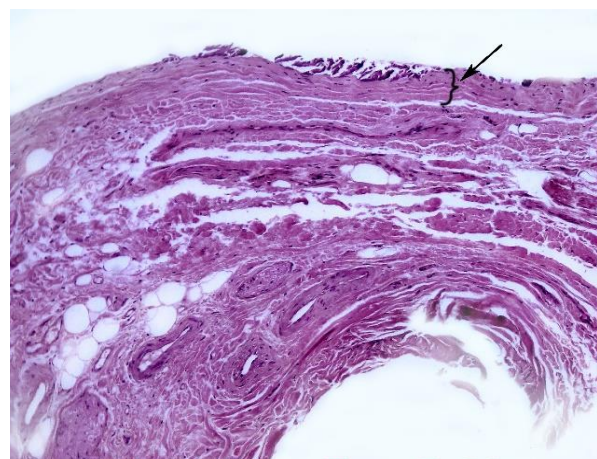


Рис. 2. Микрофото гистологического препарата участка надкостницы (стрелка) с прилежащими тканями передней поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи. Окр.: гематоксилином и эозином. Ув.: x40

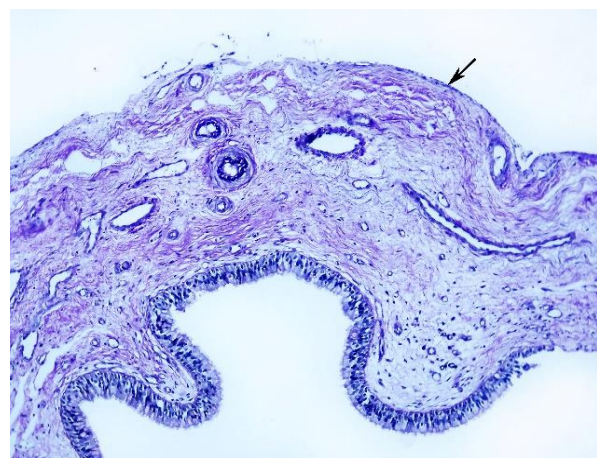


Рис. 3. Микрофото гистологического препарата участка надкостницы (стрелка) с прилежащими тканями внутренней (задней) поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи. Окраска по Вейгерту и Ван Гизон с докраской ядер гематоксилином Эрлиха. Ув.: x40

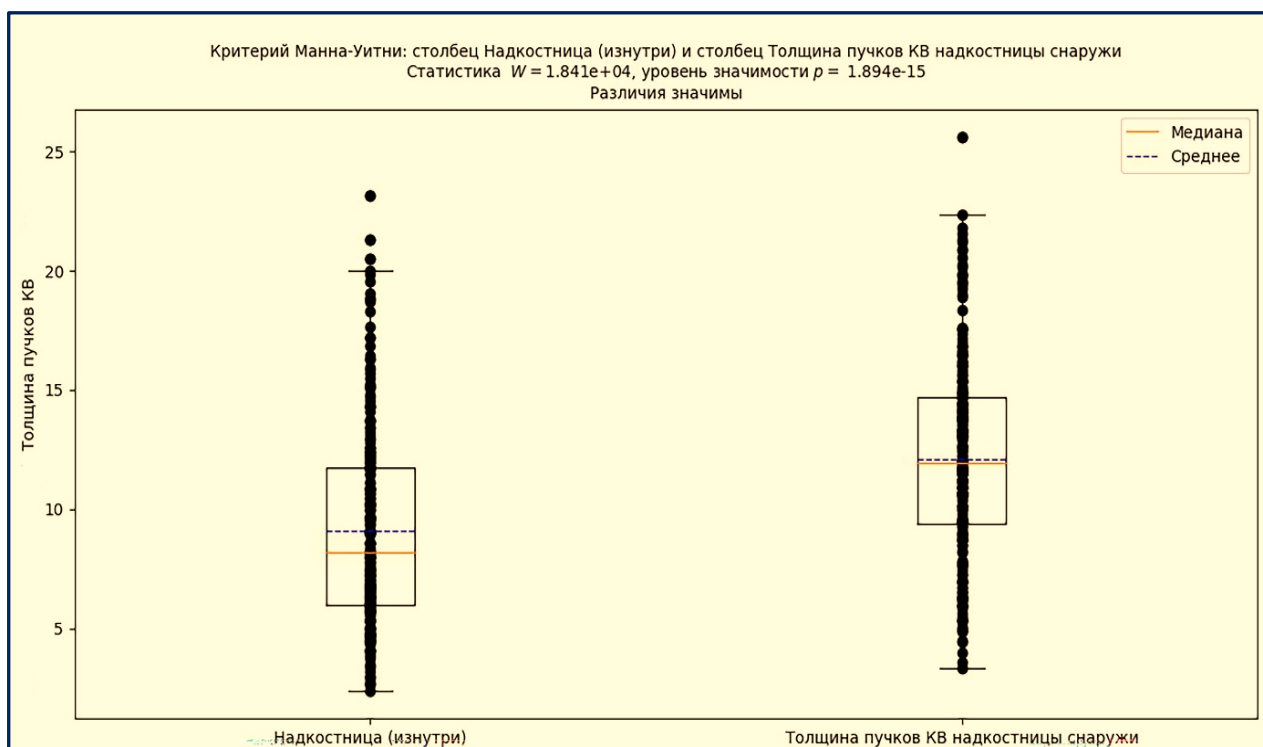


Рис. 4. Диаграмма значений показателя толщины пучков коллагеновых волокон в надкостнице передней стенки верхнечелюстной пазухи с задней (слева) и передней (справа) поверхностей (сторон) в мкм

ченный результат дает возможность предположить наличие эластических волокон в составе данного пучка периоста.

Сравнительный анализ различий значений толщины пучков коллагеновых волокон периоста снаружи и изнутри с помощью критерия Манна-Уитни показал наличие статистически значимых различий в их значениях (рис. 4). Однако имеются результаты об отсутствии статистических различий в толщине пучков надкостницы у людей при одномоментном взятии материала с обеих сторон. Стоит отметить, что надкостница внутренней поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи имела больше связей с собственной пластинкой ее слизистой оболочки. На отдельных участках в нее вплетались коллагеновые волокна собственной пластинки слизистой оболочки, которые были визуализированы на светооптическом уровне. В свою очередь с костным матриксом надкостница имела лишь рыхлую связь. Подобного факта нельзя отметить в надкостнице с передней (кожной) стороны передней стенки верхнечелюстной пазухи.

В литературе имеются данные, объясняющие факт плотной связи надкостницы с костным веществом. Он заключается в наличии в структуре надкостницы перфорирующих пучков коллагеновых волокон [18-19]. Исходя от обратного, мы смеем предположить, что такие волокна не развиты в надкостнице, граничащей со слизистой оболочкой, выстилающей воздушные полости. Отсутствие подобных связей может быть обусловлено особенностями формирования воздушных полостей не в эмбриональном периоде, а постнатальном периоде.

Общеизвестно, что клетки внутреннего слоя периоста, названные остеопрогениторами, принимают активное участие в регенерации костной ткани. Благодаря работам некоторых исследовательских групп было установлено, что эти клетки экспрессируют гладкомышечный актин [20]. Проведенное нами сравнительное иммуногистохимическое исследование надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи с обеих сторон и связанных с ними соединительнотканых структур на α -SMA, позволило установить

наличие положительно окрашенных клеток (рис. 5-6). Однако в структуре надкостницы они присутствовали в незначительном количестве. Полученные данные могут свидетельствовать о низком регенераторном потенциале надкостницы верхней челюсти, что в целом согласуется с данными литературы [21].

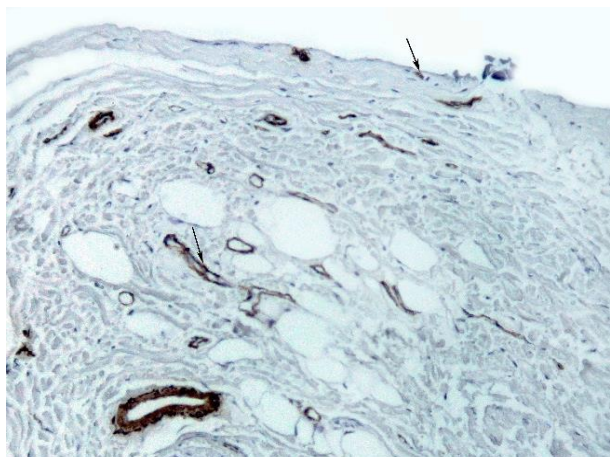


Рис. 5. Микрофото гистологического препарата участка кожно-надкостничного соединения наружной поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи. Клетки с положительной экспрессией α -SMA (стрелки). Окр.: иммуногистохимическая реакция к альфа-гладкомышечному актину. Ув.: x100

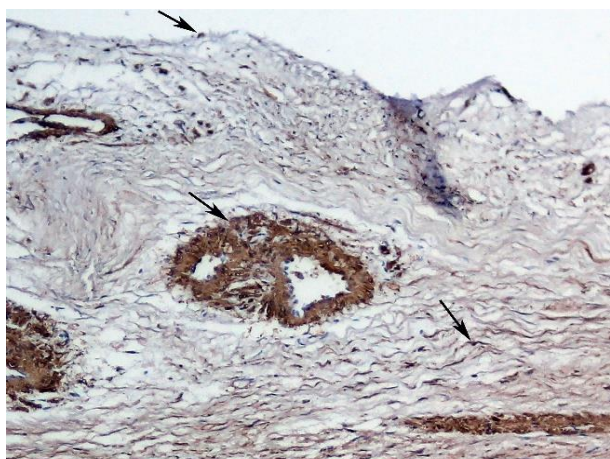


Рис 6. Микрофото гистологического препарата участка слизисто-надкостничного соединения внутренней поверхности передней стенки верхнечелюстной пазухи. Клетки с положительной экспрессией α -SMA (стрелки). Окр.: иммуногистохимическая реакция к альфа-гладкомышечному актину. Ув.: x100

Гладкомышечный актин экспрессировали клетки в составе кровеносных сосудов во всех объектах исследования. Стоит заметить, что в структуре периоста встречались лишь мелкие сосуды в небольшом количестве, а также участки, лишенные сосудов. Особенностью стало определение в собственной пластинке слизистой оболочки большого числа клеток удлинённой формы с положительной окраской цитоплазмы на α -SMA. Учитывая данные литературы [22], эти клетки мы отнесли к миофибробластоподобным.

Достоверно доказано, что актиновый цитоскелет, сеть промежуточных филаментов и микротрубочки участвуют в регуляции подвижности клеток, а также в миграционных процессах клеток. Миграция клеток является закономерностью гистогенеза и фундаментальным механизмом для развития полых органов [22]. Это позволяет сформировать нам новое представление о миграции клеток при формировании верхнечелюстной пазухи в ходе постнатального органогенеза.

Заключение. Проведенное сравнительное морфологическое исследование надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи верхней челюсти с наружной и внутренней поверхностей, а также прилежащих к ним волокнистых соединительнотканых структур, позволило выявить в их строении как ряд общих, так и ряд отличительных черт. Установлено, что у мужчин второго зрелого возраста периост передней стенки верхнечелюстной пазухи состоит из одного волокнистого слоя, подобного наружному волокнистому слою классической надкостницы трубчатой кости. Внутренний слой достоверно не визуализируется.

Иммуногистохимически в надкостнице в малом количестве определяются клетки, экспрессирующие гладкомышечный актин, что может свидетельствовать о низком регенераторном потенциале верхней челюсти как органа. На примере верхней челюсти установлено, что в пределах одной и той же костной анатомической структуры, надкостница может иметь ряд отличительных признаков. Толщина периоста с передней (наружной) стороны

передней стенки верхнечелюстной пазухи достоверно больше, чем со стороны ее внутренней поверхности. Еще одним отличительным признаком, позволяющим дифференцировать надкостницу передней (кожной) стороны от надкостницы задней стороны передней стенки верхнечелюстной пазухи, является количественный показатель пучков коллагеновых волокон. Волокнистый слой передней надкостницы сформирован из коллагеновых волокон, собранных в несколько пучков, разделенных фиброцитоподобными клетками. В надкостнице со стороны внутренней поверхности верхнечелюстной пазухи имеются только один пучок, волокна которого положительно окрашиваются по Вейгерту. Исследование надкостницы со стороны слизистой оболочки верхнечелюстной

пазухи, не позволило выявить структур, объединяющих ее с костью.

Таким образом, выполненное исследование, наглядно продемонстрировало вариативность в строении надкостницы передней стенки верхнечелюстной пазухи верхней челюсти. Кроме того, проведенное иммуногистохимическое исследование с применением моноклональных антител к гладкомышечному актину вызвало выявить в структуре собственной пластинки слизистой оболочки верхнечелюстной пазухи значительное число положительно окрашенных клеток. Последние могут играть направляющую роль в миграции эпителиального пласта при формировании воздушной полости в верхней челюсти.

Литература References

1. Augustin G, Antabak A, Davila S. The periosteum. Part 1: Anatomy, histology and molecular biology. *Injury*. 2007;38(10):1115-1130. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2007.05.017>
2. Colnot C, Zhang X, Knothe ML. Current insights on the regenerative potential of the periosteum: molecular, cellular, and endogenous engineering approaches. *J Orthop Res*. 2012;30:1869-1878
3. Simpson AH. The blood supply of the periosteum. *J Anat*. 1985;140(4):697-704
4. Jones DB, Nolte H, Scholubbers JG et al. Biochemical signal transduction of mechanical strain in osteoblast-like cells. *Biomaterials*. 1991;12(2):101-110. [https://doi.org/10.1016/0142-9612\(91\)90186-e](https://doi.org/10.1016/0142-9612(91)90186-e)
5. Blaisdell FE. The osteogenic function of periosteum. *Arch Surg*. 1925;11:933
6. Tonna EA. Electron microscopy of aging skeletal cells. III. The periosteum. *Lab Invest*. 1974;31(6):609-632
7. Burkhardt R, Bartl R, Frisch B et al. The structural relationship of bone forming and endothelial cells of the bone marrow. In book: J. Arlet, R.P. Ficat, D.S. Hungerford (eds.) *Bone Circulation*. - Williams and Wilkins: Baltimore, 1984. - pp. 2-14
8. Maniotis AJ, Folberg R, Hess A et al. Vascular channel formation by human melanoma cells in vivo and in vitro: Vasculogenic mimicry. *Am J Pathol*. 1999;55:739-752
9. Deldar A, Lewis H, Weiss L. Bone lining cells and hematopoiesis: an electron microscopic study of canine bone marrow. *Anat Rec*. 1985;213(2):187-201. <https://doi.org/10.1002/ar.1092130211>
10. Bi LX, Simons DJ, Hawkins HK et al. Comparative morphology of the marrow sac. *Anat Rec*. 2000;260(4):410-415. [https://doi.org/10.1002/1097-0185\(20001201\)260:4<410::AID-AR110>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/1097-0185(20001201)260:4<410::AID-AR110>3.0.CO;2-Z)
11. Tang Y, Wu B, Huang T et al. Collision of Commonality and Personalization: Better Understanding of the Periosteum. *Tissue Eng Part B Rev*. 2023;29(2):91-102. <https://doi.org/10.1089/ten.TEB.2022.0076>
12. Moiseeva YuP, Piskunov GZ. Razvitie personalizirovannogo podkhoda v lechenii polipoznogo rinosinusita. *Vestnik otorinolaringologii*. 2022;87(3):40-45. In Russian
13. D'yachkova EYu, Tarasenko SV, Dydykin SS. Khirurgicheskoe lechenie patsientov s khronicheskim perforatsionym gaimoritom s primeneniem razlichnykh form ksenogennoy materiala na osnove kollagena. *Meditsinskiy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2019;14(4):628-630. In Russian
14. Allen MR, Hock JM, Burr DB. Periosteum: biology, regulation, and response to osteoporosis therapies. *Bone*. 2004;35(5):1003-1012. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2004.07.014>
15. Li C, Fennessy P. The periosteum: a simple tissue with many faces, with special reference to the antler-lineage periosteum. *Biol Direct*. 2021;16(1):17. <https://doi.org/10.1186/s13062-021-00310-w>
16. Giordano V, Franco JS, Koch HA et al. Age-related changes in bone architecture. *Rev Col Bras Cir*. 2016;43(4):276-285. In English and Portuguese. <https://doi.org/10.1590/0100-69912016004010>
17. Al-Qatit A, Shore RC, Aaron JE. Structural changes in the ageing periosteum using collagen III immuno-staining and chromium labelling as indicators. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2010;10(1):112-123
18. Aaron JE. Periosteal Sharpey's fibers: a novel bone matrix regulatory system? *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2012;3:98. <https://doi.org/10.3389/fendo.2012.00098>
19. Kalajzic Z, Li H, Wang LP et al. Use of an alpha-smooth muscle actin GFP reporter to identify an osteoprogenitor population. *Bone*. 2008;43(3):501-510. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2008.04.023>
20. Matthews BG, Torreggiani E, Roeder E et al. Osteogenic potential of alpha smooth muscle actin expressing muscle resident progenitor cells. *Bone*. 2016;84:69-77. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2015.12.010>
21. Bilkey U, Tokat C, Helvacı E et al. Osteogenic capacities of tibial and cranial periosteum: a biochemical and histologic study. *J Craniofac Surg*. 2008;19(2):453-458. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e318052fe3d>
22. Gerthoffer WT. Migration of airway smooth muscle cells. *Proc Am Thorac Soc*. 2008;5(1):97-105. <https://doi.org/10.1513/pats.200704-051VS>

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

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

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Волов Николай Вячеславович, доцент, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник Самарского государственного медицинского университета, Самара, Россия; **e-mail:** volovnik@rambler.ru

Григорьева Юлия Владимировна, доцент, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры гистологии и эмбриологии Самарского государственного медицинского университета, Самара, Россия; **e-mail:** histology@bk.ru

Ткаченко Сергей Сергеевич, врач-оториноларинголог Амбулаторного центра № 1, Самара, Россия; **e-mail:** sstmail@yandex.ru

Полетаева Светлана Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и клинической патологии Самарского государственного медицинского университета, Самара, Россия; **e-mail:** s.v.poletaeva@samsmu.ru

Ларина Татьяна Викторовна, заведующая патологоанатомическим отделением, врач-патологоанатом Самарской городской клинической больницы № 1 имени Н.И. Пирогова, Самара, Россия; **e-mail:** larinatvsamara@yandex.ru

Зотова Юлия Васильевна, врач-патологоанатом Самарской городской клинической больницы № 1 имени Н.И. Пирогова, Самара, Россия; **e-mail:** yuliyaz3p@gmail.com

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nikolay V. Volov, Docent, Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher of the Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail:** volovnik@rambler.ru

Yuliya V. Grigor'eva, Docent, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Histology and Embryology Department of the Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail:** histology@bk.ru

Sergey S. Tkachenko, Otorhinolaryngologist of the Outpatient Center № 1, Samara, Russia; **e-mail:** sstmail@yandex.ru

Svetlana V. Poletaeva, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the General and Clinical Pathology Department of the Samara State Medical University, Samara, Russia; **e-mail:** s.v.poletaeva@samsmu.ru

Tat'yana V. Larina, Head of the Pathology Department, Pathologist of the Pirogov Samara City Clinical Hospital № 1, Samara, Russia; **e-mail:** larinatvsamara@yandex.ru

Yuliya V. Zotova, Pathologist of the Pirogov Samara City Clinical Hospital № 1, Samara, Russia; **e-mail:** yuliyaz3p@gmail.com