

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ЭЛАСТОГРАФИЯ ПЕРЕГОРОДКИ НОСА

Кормилина А.Р.^{1,3}, Серова Н.С.², Тухбатуллин М.Г.^{1,3}, Пасынков Д.В.^{1,4}, Гилялов М.Н.³

1 – Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Казань, Россия.

2 – ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет). Москва, Россия.

3 – ГАУЗ «Республиканская клиническая больница Минздрава Республики Татарстан». Казань, Россия.

4 – Марийский государственный университет. Йошкар-Ола, Россия.

Цель исследования. Изучить жесткость хрящевого отдела перегородки носа (ПН) в норме и при патологии.**Материалы и методы.** Выполнены ультразвуковые исследования в В-режиме и в режиме эластографии сдвиговой волной (УЭСВ) хрящевого отдела ПН у 78 пациентов в возрасте от 17 до 69 лет, на ультразвуковых сканерах Resona 7 (Mindray) и i-800 (Canon) с использованием линейных датчиков частотой 3-9 и 5-18 МГц соответственно. В контрольной группе было 30 пациентов без патологии ПН. В основной группе были 48 пациентов с перфорацией ПН.**Результаты и обсуждение.** В норме значения жесткости ПН составили ($\pm$ стандартное отклонение [SD]) $26,49 \pm 4,40$ кПа и возрастали прямо пропорционально возрасту. Значения жесткости при перфорации хрящевой части носовой перегородки были достоверно выше таковых в норме ($43,05 \pm 3,44$; $p < 0,001$).**Заключение.** ПН играет исключительную роль в формировании лица человека и определяет его индивидуальные черты. При формировании перфорации ПН жесткость хряща повышается вне зависимости от возраста. Изучение жесткости ПН имеет важное значение при патологических состояниях и хирургических вмешательствах на ПН. При УЭСВ ПН достигаются высокая чувствительность и специфичность метода.**Ключевые слова:** перегородка носа, жесткость хряща, ультразвуковая эластография сдвиговой волной.

Контактный автор: Тухбатуллин М.Г., e-mail: munir.tuhbatullin@tatar.ru

Для цитирования: Кормилина А.Р., Серова Н.С., Тухбатуллин М.Г., Пасынков Д.В., Гилялов М.Н. Ультразвуковая эластография перегородки носа. REJR 2026; 16(2):46-54. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-46-54.

Статья получена: 31.10.25

Статья принята: 01.08.26

ULTRASOUND ELASTOGRAPHY OF THE NASAL SEPTUM

Kormilina A.R.^{1,3}, Serova N.S.², Tuhbatullin M.G.^{1,3}, Pasyunkov D.V.^{1,4}, Gilyalov M.N.³

1 – Kazan State Medical Academy – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education». Kazan, Russia.

2 – Sechenov University. Moscow, Russia.

3 – Republican Clinical Hospital of Ministry Health of Tatarstan Republic. Kazan, Russia.

4 – Mari State University. Yoshkar-Ola, Russia.

Purpose. To study the stiffness of the cartilaginous part of the nasal septum (NS) in normal and pathological conditions.**Materials and methods.** Ultrasound examinations in B-mode and in shear wave elas-

tography (SWE) mode of the cartilage region of the NS were performed in 78 patients aged 17 to 69 years on Resona 7 (Mindray), i-800 (Canon) ultrasound scanners using linear transducers with a frequency of 3-9 and 5-18 MHz, respectively. The control group included 30 patients without NS pathology. The study group included 48 patients with NS perforation.

Results and discussion. Normally, the stiffness values of the NS were ($\pm$ standard deviation [SD]) 26.49 ± 4.40 kPa and increased in direct proportion to age. The stiffness values for perforation of the cartilaginous part of the nasal septum were significantly higher than those in the norm (43.05 ± 3.44 ; $p < 0.001$).

Conclusion. The NS plays an exceptional role in the formation of a person's face and determines his individual features. During the formation of NS perforation, the stiffness of the cartilage increases regardless of age. The study of the NS stiffness is of great importance in pathological conditions and surgical interventions on the NS.

Keywords: nasal septum, cartilage stiffness, ultrasound shear wave elastography.

Corresponding author: Blinov V.S, e-mail: VladSBlinov@mail.ru

For citation: Kormilina A.R., Serova N.S., Tukhbatullin M.G., Pasyukov D.V., Gilyalov M.N. Ultrasound elastography of the nasal septum. REJR 2026; 16(2):46-54. DOI: 10.21569/2222-7415-2026-16-2-46-54.

Received: 31.10.25

Accepted: 01.08.26

Перегородка носовой полости (septum nasi) представляет собой ключевую анатомическую структуру, выполняющую функцию билатерального разделения носовой полости на две симметричные половины. Эта сложная конструкция состоит из трех основных компонентов: передней хрящевой перегородки, задней костной части, образованной сошником и перпендикулярной пластинкой решетчатой кости, а также слизистой оболочки, покрывающей внутренние поверхности указанных элементов [1]. В норме толщина перегородки носа (ПН) составляет около 2 мм, что обеспечивает оптимальную функциональность дыхательной системы. Вертикальная срединная ПН, преимущественно состоящая из одного носового хряща и двух костных элементов, играет важную роль в поддержании структурной целостности и функциональной эффективности носовой полости. В передней части септальный хрящ, известный как четырехугольный хрящ, имеет характерную четырехугольную форму, что позволяет ему эффективно выполнять свои функции. В задней части этот хрящ соединяется с вогнутыми передними границами решетчатой кости и сошника, обеспечивая тем самым прочное соединение и стабильность всей структуры. На передней части перегородки носа, в зоне перехода от костного к хрящевому компоненту, располагается септальный буторок. Этот анатомический элемент представляет собой рудимен-

тарное образование, утратившее свою функциональную значимость в процессе эволюции. Носовой гребень небной кости, расположенный спереди и вступающий в контакт с носовым гребнем верхней челюсти, совместно формируют горизонтальную костную структуру. Эта структура, в свою очередь, соединяется сверху с нижним краем сошника, образуя сложный костный комплекс, играющий важную роль в анатомии и физиологии носовой полости. Большие крыловидные хрящи, являющиеся неотъемлемым компонентом хрящевого каркаса наружного носа, характеризуются наличием двух отростков: латерального и медиального. Два медиальных отростка демонстрируют слабую связь по средней линии и, в сочетании с промежуточными мягкими тканями, формируют подвижную перегородку носа у передненижнего края хрящевой структуры. Передняя видимая часть мягких тканей носовой перегородки называется колумелла, которая разделяет полость носа и включает подвижную перегородку. Хрящ носовой перегородки, относящийся к специализированному гиалиновому типу, играет ключевую роль в нормальном развитии средней части лица. Его основная функция заключается в обеспечении жесткости и упругости носовой полости, что является критически важным для поддержания оптимальной дыхательной функции [2, 3, 4, 5].

Четырехугольный хрящ, занимающий центральное положение в передней части

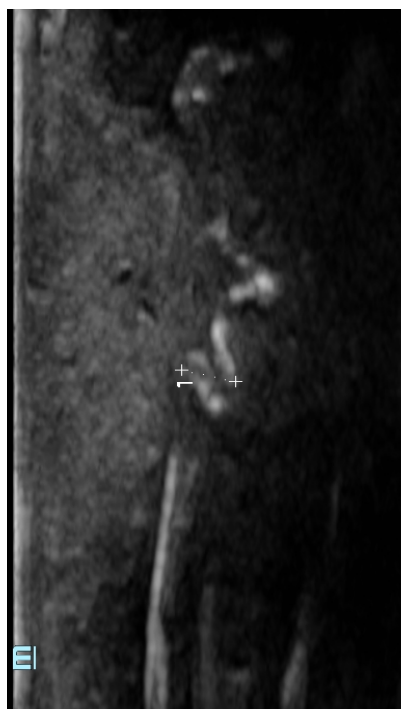


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Эхограмма перегородки носа в В-режиме, норма.

1 – костно-хрящевое сочленение перегородки носа.

Fig. 1. Echogram of the nasal septum in B-mode, norm.

1 – osteocartilaginous juncture of the nasal septum.



Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Эхограмма перегородки носа, В-режим, пациентка А., 22 лет.

Перфоративное отверстие перегородки носа размерами 15x7 мм.

Fig. 2. Echogram of the nasal septum, B-mode, patient A., 22 years old.

Perforated opening of the nasal septum sized 15x7 mm.

перегородки, также относится к гиалиновому типу хрящевой ткани. Уникальные свойства данного хряща обусловлены его специфической структурой внеклеточного матрикса, который содержит коллагеновые волокна II типа, протеогликаны и гиалурионовую кислоту. Это сочетание компонентов обеспечивает оптимальный баланс между механической прочностью и эластичностью. Протеогликаны, входящие в состав хрящевой ткани, играют важную роль в поддержании водного баланса, обладая способностью удерживать влагу в количестве, значительно превышающем их собственный вес. Данная особенность позволяет хрящу сохранять необходимую упругость и противостоять механическим нагрузкам. На жесткость ПН влияет также ее искривление [6]. Кровоснабжение хрящевой ткани осуществляется посредством надхрящницы – тонкой соединительнотканной оболочки, окружающей хрящевую структуру. Эти анатомические и физиологические особенности ПН оказывают значительное влияние на процессы регенерации при повреждениях или хирургических вмешательствах, что требует глубокого понимания и учета при клиническом подходе к лечению патологий носа и УЗИ ПН с определением жесткости хрящевого отдела при этом имеет немаловажное значение [7-9]. УЗИ в разных режимах достаточно широко применяется для исследований суставных хрящей и гортани, а также для определения жесткости костной мозоли при переломах [10-15]. УЭСВ ПН мало изучена и требует дальнейших исследований.

Материалы и методы.

Выполнены ультразвуковые исследования (УЗИ) в В-режиме и в режиме УЭСВ хрящевого отдела ПН у 78 пациентов в возрасте от 17 до 69 лет, на ультразвуковом сканере Resona 7 (Mindray), i-800 (Canon) с использованием линейных датчиков частотой 3-9 и 5-18 МГц соответственно. В контрольной группе было 30 пациентов без патологии ПН. В основной группе было 48 пациентов с перфорацией ПН. От всех исследуемых получено информированное согласие. Методика проведения УЗИ ПН заключается в следующем. Предварительно в полость носа вводили 1-2 мл стерильного ультразвукового геля для улучшения звукопроводимости. Дыхание в этом случае проводилось через рот и свободный носовой ход. Включали В-режим и выводили на экран монитора оптимальное изображение ПН в норме и при перфорации (рис. 1, 2).

После изучения ПН в серошкальном режиме включали режим УЭСВ. Датчик

устанавливали перпендикулярно поверхности ПН. Определяли жесткость ПН в разных точках у обследуемых обеих групп (до 10 контрольных объемов) и вокруг перфоративного отверстия ПН у пациентов основной группы (до 5 контрольных объемов) с выведением среднего значения (Mean). Исследования проводили только с одной стороны, так как значения жесткости ПН были идентичны с обеих сторон. Жесткость определяли количественно в кПа (рис. 3, 4).

Все статистические анализы выполняли в программном пакете SPSS 13.0. На основании ROC – анализа определяли чувствительность и специфичность метода. Изучали зависимость жесткости ПН от возраста обследуемых в норме и при перфорации ПН.

Результаты и обсуждение.

В норме значения жесткости ПН составили ($\pm$ стандартное отклонение [SD]) $26,49 \pm 4,40$ кПа и возрастали прямо пропорционально возрасту (рис. 6).

При дефекте (перфорации) носовой перегородки линейная зависимость значений жесткости от возраста в значительной степени нарушается и r^2 Пирсона составляет лишь 0,679 ($p < 0,001$), что не позволяет точного моделирования данной зависимости (рис. 7).

Однако в целом, значения жесткости при перфорации хрящевой части носовой перегородки были достоверно выше таковых в норме ($43,05 \pm 3,44$; $p < 0,001$). Это позволило определить пограничные значения для верхней границы нормального диапазона показателя. Анализ пограничных значений. При использовании в качестве пограничных значений верхней границы нормы таковых, превышавших рассчитанные нормальные для соответствующего возраста на $+2$ SD (8,8), значения чувствительности и специфичности составили 100% и 100%, соответственно (таблица 1). Полученная ROC-кривая приведена на рис. 8. Значение площади под ROC-кривой составило 1,000.

При использовании в качестве пограничных значений верхней границы нормы таковых, превышавших рассчитанные нормальные для соответствующего возраста на $+3$ SD (13,2), значения чувствительности и специфичности составили 100% и 90%, соответственно (таблица 2). Полученная ROC-кривая приведена на рис. 9. Значение площади под ROC-кривой составило 0,935.

Заключение.

ПН играет исключительную роль в формировании лица человека и определяет его индивидуальные черты. Хрящ ПН относится к гиалиновому типу хрящевых тканей

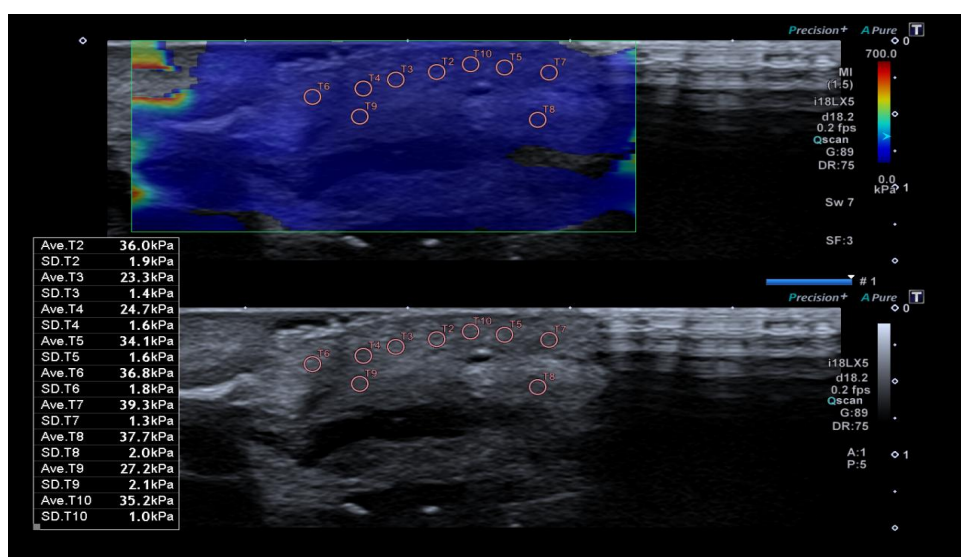


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной перегородки носа, пациент Т., 69 лет.

Показатели жесткости перегородки носа в норме. Среднее значение (Mean) = 33.0 кПа, IQR/Median = 27%.

Fig. 3. Ultrasonic Shear Wave Elastography of the nasal septum, patient T., 69 years old.

The stiffness of the nasal septum is normal. Mean = 33.0 kPa, IQR/Median = 27%.

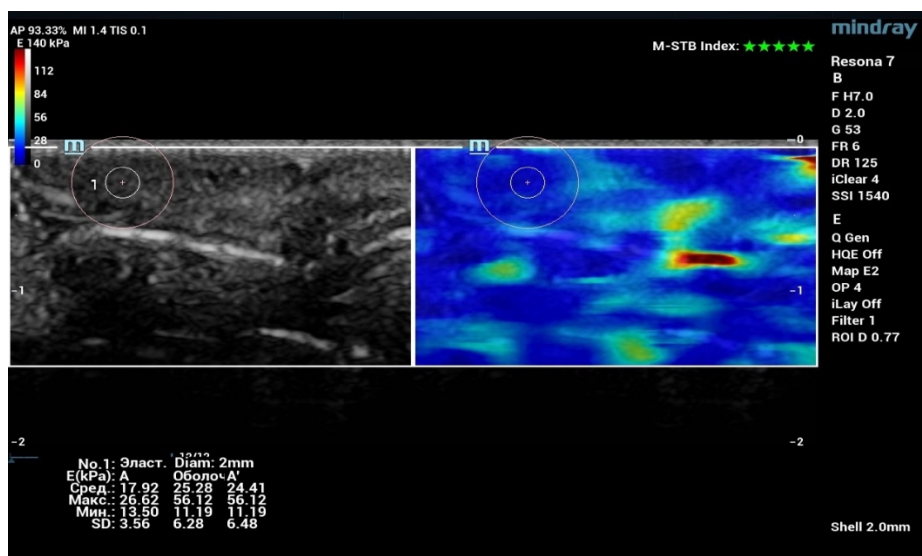


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной перегородки носа, пациентка К., 21 год.

Показатели жесткости перегородки носа в норме. Средние значения (Mean) в контрольных объемах = 17.92 и 25.28 кПа.

Fig. 4. Ultrasonic Shear Wave Elastography of the nasal septum, patient K., 21 years old.

The stiffness of the nasal septum is normal. Mean values in reference volumes = 17.92 and 25.28 kPa.

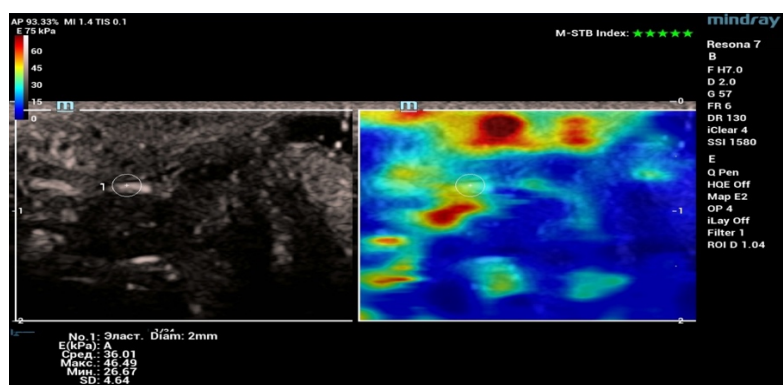


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. Ультразвуковая эластография сдвиговой волной перегородки носа по верхнему краю перфоративного отверстия, пациентка А., 22 лет.

Средняя жесткость (Mean) перегородки носа на данном участке составляет 36.01 кПа.

Fig. 5. Ultrasonic Shear Wave Elastography of the nasal septum along the upper edge of the perforated opening, patient A., 22 years old.

The average stiffness (Mean) of the nasal septum in this area is 36.01 kPa.

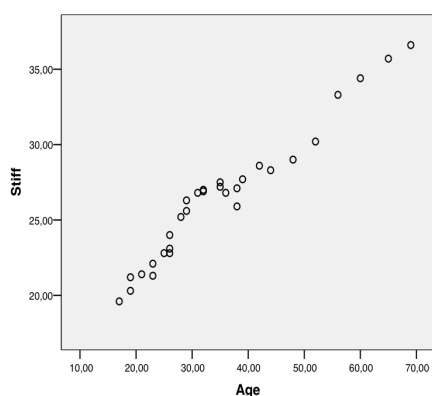


Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. Диаграмма.

Зависимость между возрастом (Age, ось абсцисс, годы) и жесткостью (Stiff, ось ординат, кПа) хрящевой части носовой перегородки в норме. r^2 Пирсона = 0,950. Данная зависимость хорошо описывается линейной моделью ($r^2=0,95$): $\text{Stiff} = 0,31 * \text{Age} + 15,516$, где: Stiff – жесткость хрящевой части новой перегородки (кПа), Age – возраст (годы).

Fig. 6. Diagram.

The relationship between age (Age, abscissa axis, years) and stiffness (Stiff, ordinate axis, kPa) of the cartilaginous part of the nasal septum is normal. r^2 Pearson = 0.950. This dependence is well described by a linear model ($r^2 = 0.95$): $\text{Stiff} = 0.31 * \text{Age} + 15.516$, where: Stiff is the stiffness of the cartilaginous part of the new septum (kPa), Age is the age (years).

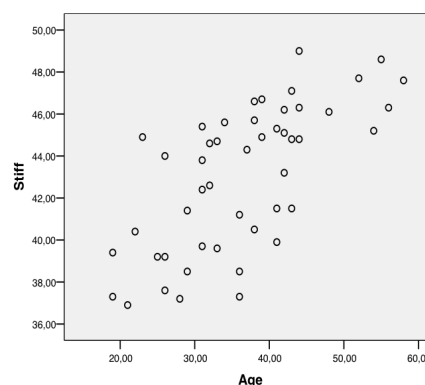


Рис. 7 (Fig. 7)

Рис. 7. Диаграмма.

Зависимость между возрастом (Age, ось абсцисс, годы) и жесткостью (Stiff, ось ординат, кПа) хрящевой части носовой перегородки при ее перфорации. r^2 Пирсона = 0,679.

Fig. 7. Diagram.

Relationship between age (Age, abscissa axis, years) and stiffness (Stiff, ordinate axis, kPa) of the cartilaginous part of the nasal septum at its perforation. r^2 Pearson = 0.679.

Таблица №1. Матрица соответствия при ROC-анализе 1.

Прогнозируемый результат	Наблюдаемый результат	
	Есть перфорация	Нет перфорации
Есть перфорация	48	0
Нет перфорации	0	30

Таблица №2. Матрица соответствия ROC-анализа 2.

Прогнозируемый результат	Наблюдаемый результат	
	Есть перфорация	Нет перфорации
Есть перфорация	48	3
Нет перфорации	0	27

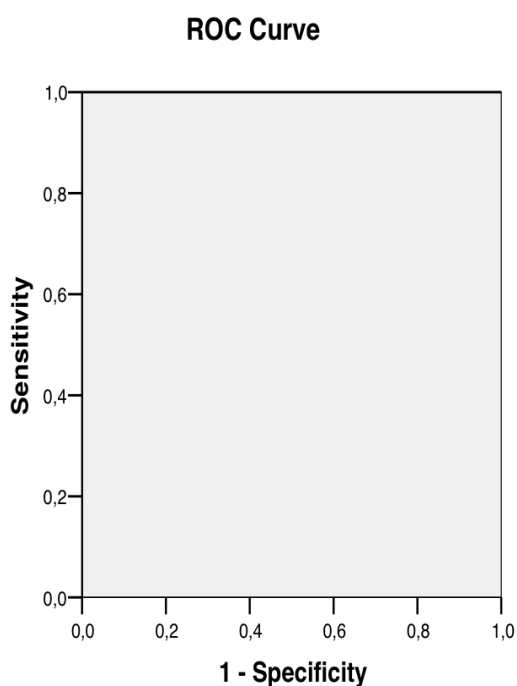


Рис. 8 (Fig. 8)

Рис. 8. ROC-кривая для пограничного значения, соответствующего двум стандартным отклонениям (AUC = 1,000).

Fig. 8. The ROC curve for the boundary value corresponding to two standard deviations (AUC = 1,000).

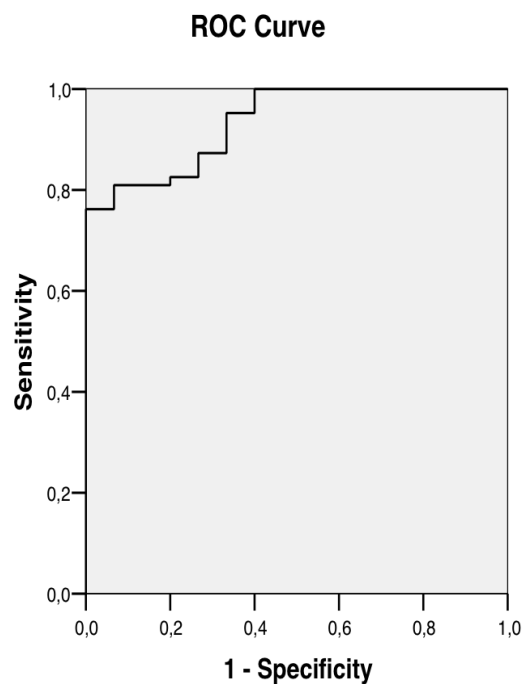


Рис. 9 (Fig. 9)

Рис. 9. ROC-кривая для пограничного значения, соответствующего трем стандартным отклонениям (AUC = 0,935)

Fig. 9. ROC curve for a boundary value corresponding to three standard deviations (AUC = 0.935).

и формирует каркас носовой полости, тем самым обеспечивая ее функциональную эффективность. Как показывают наши исследования, жесткость хрящевого отдела ПН с возрастом повышается, то есть имеется прямая зависимость между жесткостью хряща ПН и возрастом. Изменения жесткости хряща также наблюдается при патологических состояниях ПН. При формировании перфорации ПН по тем или иным причинам, жесткость хряща повышается вне зависимости от возраста. Изучение жесткости ПН играет немаловажное значение при патологических

состояниях и хирургических вмешательствах на ПН. При УЭСВ ПН достигается высокая чувствительность и специфичность метода.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Работа выполнена за счет гранта №5/2025-ПД-КГМА от 22.12.2025 г., предоставленного Академией наук Республики Татарстан образовательным организациям высшего образования. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Лунд В. Дж., Штамбергер Х., Фоккенс В. Й., Бил Т. и др. Европейский согласительный документ по анатомической терминологии полости носа и околоносовых пазух. Ринология. 2014; 50 (24): 1-34. ISSN: 0300-0729. <http://www.rhinologyjournal.com>.
2. Дайхес Н.О., Липский К.Б., Сидоренков Д.А. и др. Восстановление опороспособности носовой перегородки при вторичной ринопластике. Медицинский совет. 2015; 15: 90-91.
3. Липский К.Б., Сидоренков Д.А., Аганесов Г.А. и др. Основные методики восстановления утраченной опороспособности носовой перегородки после первичной ринопластики. Медицинский совет. 2016; 6: 60-63.
4. Решетов И.В., Липский К.Б., Сидоренков Д.А. и др. Биомеханика деформаций L-образной подпорки носовой перегородки. Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии. 2016; 3: 19-26.
5. Pimanchev P.V., Reshetov I.V., Sidorenkov D.A. et al. Biomechanics of the deformity of septal L-struts. Eurasian Journal of Biosciences. 2020; 14 (1): 219-225.
6. Baddam P., Young D., Dunsmore G., Nie C. et al. Nasal Septum Deviation as the Consequence of BMP-Controlled Changes to Cartilage Properties. Front. Cell Dev. Biol. 2021; 9 (696545): 1-19. DOI: 10.3389/fcell.2021.696545.
7. Долгов О.И., Шавгулидзе М.А., Станчева О.А., Теплова Е.О. Опыт закрытия спонтанных перфораций перегородки носа лоскутом на питающей сосудистой ножке. Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoria. 2023; 29 (3): 96-101. DOI: 10.33848/foliorl23103825-2023-29-3-96-101.
8. Русецкий Ю.Ю., Мантурова Н.Е., Елумеева А.Н., Спиранская О.А. Эндоскопическое закрытие перфораций перегородки носа: пошаговая иллюстрированная инструкция. Москва, ГЭОТАР-Медиа, 2024. 67-99 с. DOI: 10.33029/9704-8027-4-PRC-2024-1-160.

References:

1. Lund V. J., Stamberger H., Fokkens W. J., Biel T., et al. European Consensus Document on the Anatomical Terminology of the Nasal Cavity and Paranasal Sinuses. Rhinology. 2014; 50 (24): 1-34. ISSN: 0300-0729. <http://www.rhinologyjournal.com>.
2. Daikhes N.O., Lipsky K.B., Sidorenkov D.A., et al. Restora-

- 10.33029/9704-8027-4-PRC-2024-1-160.
9. Issam Eid, Clinton Humphrey, Jill Jones, Vidur Bhalla et al. Using Ultrasound to Evaluate Nasal Septal Cartilage. Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine. 2021; 23 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1089/fpsam.2020.0053>.
10. Steppacher S.D., Hanke M.S., Zurmühle C.A. et al. Ultrasonic cartilage thickness measurement is accurate, reproducible, and reliable-validation study using contrast-enhanced micro-CT. J Orthop Surg Res. 2019; 14 (67): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1099-8>.
11. Андрияненко А.О., Волков К.Ю. Эластография. Исследование состояния суставного хряща и околоуставных мягких тканей при заболеваниях ревматического характера. Известия Российской военно-медицинской академии. 2020; 39 (1S): 5-9. DOI: 10.17816/rmmar43302.
12. Yokuş A., Toprak M., Arslan Y., Toprak N., Akdeniz H., Gunduz A.M. Evaluation of distal femoral cartilage by B-mode ultrasonography and shear wave elastography in patients with knee osteoarthritis: a preliminary study. Acta Radiology. 2021; 62 (4): 510-514. DOI: 10.1177/0284185120930642.
13. Jiong Zhang, Xiaozuo Zheng, Ying Zhao. Analysis of the main indicators and risk factors of ultrasonic shear wave elastography for the diagnosis of osteoarthritis among adults. Front. Med. 2024; 11 (1366793). DOI: 10.3389/fmed.2024.1366793.
14. Субботина М.В., Пыков М.И. Ультразвуковое исследование гортани: опыт и перспективы. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2024; 2: 93-99. DOI: 10.48612/cgma/7x4b-eb2z-6mv4.
15. Кормилини А.Р., Тухбатуллин М.Г. Ультразвуковая эластография сдвиговой волны в оценке жесткости костной мозоли. REJR. 2020; 10 (2): 122-128. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-122-128.

tion of the support capacity of the nasal septum in secondary rhinoplasty. Medical Council. 2015; 15: 90-91 (in Russian).

3. Lipsky K.B., Sidorenkov D.A., Aganesov G.A., et al. Basic methods for restoring the lost support capacity of the nasal septum after primary rhinoseptoplasty. Medical Council. 2016; 6: 60-63 (in Russian).

4. Reshetov I.V., Lipsky K.B., Sidorenkov D.A., et al. Biomechanics of deformities of the L-shaped support of the nasal septum. *Annals of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery*. 2016; 3: 19-26 (in Russian).
5. Pimanchev P.V., Reshetov I.V., Sidorenkov D.A. et al. Biomechanics of the deformity of septal L-struts. *Eurasian Journal of Biosciences*. 2020; 14 (1): 219-225.
6. Baddam P., Young D., Dunsmore G., Nie C. et al. Nasal Septum Deviation as the Consequence of BMP-Controlled Changes to Cartilage Properties. *Front. Cell Dev. Biol.* 2021; 9 (696545): 1-19. DOI: 10.3389/fcell.2021.696545.
7. Dolgov O.I., Shavgulidze M.A., Stancheva O.A., Teplova E.O. Experience of closing spontaneous perforations of the nasal septum with a flap on the feeding vascular pedicle. *Folia Otorhinolaryngologiae et Pathologiae Respiratoriae*. 2023; 29(3): 96-101. DOI: 10.33848/foliorl23103825-2023-29-3-96-101.
8. Rusetsky Yu.Yu., Manturova N.E., Elumeeva A.N., Spiranskaya O.A. Endoscopic closure of perforations of the nasal septum: step-by-step illustrated instruction. Moscow, GE-OTAR-Media, 2024. 67-99 p. DOI: 10.33029/9704-8027-4-PRC-2024-1-160 (in Russian).
9. Issam Eid, Clinton Humphrey, Jill Jones, Vidur Bhalla et al. Using Ultrasound to Evaluate Nasal Septal Cartilage. *Facial Plastic Surgery & Aesthetic Medicine*. 2021; 23 (1): 1-10. <https://doi.org/10.1089/fpsam.2020.0053>.
10. Steppacher S.D., Hanke M.S., Zurmühle C.A. et al. Ultrasonic cartilage thickness measurement is accurate, reproducible, and reliable-validation study using contrast-enhanced micro-CT. *J Orthop Surg Res*. 2019; 14 (67): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1099-8>.
11. Andriyanenko A.O., Volkov K.Y. Elastography. Examination of the state of articular cartilage and periarthritic soft tissues in rheumatic diseases. *Proceedings of the Russian Military Medical Academy*. 2020; 39 (1S): 5-9. DOI: 10.17816/rmmar43302 (in Russian).
12. Yokuş A., Toprak M., Arslan Y., Toprak N., Akdeniz H., Gunduz A.M. Evaluation of distal femoral cartilage by B-mode ultrasonography and shear wave elastography in patients with knee osteoarthritis: a preliminary study. *Acta Radiology*. 2021; 62 (4): 510-514. DOI: 10.1177/0284185120930642.
13. Jiong Zhang, Xiaozuo Zheng, Ying Zhao. Analysis of the main indicators and risk factors of ultrasonic shear wave elastography for the diagnosis of osteoarthritis among adults. *Front. Med.* 2024; 11 (1366793). DOI: 10.3389/fmed.2024.1366793.
14. Subbotina M.V., Pykov M.I. Ultrasound examination of the larynx: experience and prospects. *Kremlin medicine. Clinical Bulletin*. 2024; 2: 9-99. DOI: 10.48612/cgma/7x4b-eb2z-6mv4 (in Russian).
15. Kormilina A.R., Tukhbatullin M.G. Ultrasonic shear wave elastography in the assessment of bone callus stiffness. *REJR*. 2020; 10 (2): 122-128. DOI: 10.21569/2222-7415-2020-10-2-122-128 (in Russian).