



Дайхес Н.А.¹, Кочеров С.Н.¹ ✉, Мачалов А.С.¹⁻³, Хулугурова Л.Н.^{1,2}, Дайхес А.Н.¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии, Москва, Россия

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Перфорация барабанной перепонки: от Гиппократ до настоящего времени

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: Кочеров С.Н., Хулугурова Л.Н., Дайхес А.Н. – написание и редактирование статьи, сбор и анализ литературных данных; Дайхес Н.А., Мачалов А.С. – концепция статьи, редактирование, окончательное одобрение.

Подана: 06.12.2025

Принята: 11.03.2026

Контакты: stas3822@mail.ru

Резюме

Травматические разрывы барабанной перепонки в истории человечества встречались всегда и являются глобальной проблемой. Цель данной статьи – провести анализ особенностей строения барабанной перепонки, способов и методов лечения травматических перфораций барабанной перепонки в историческом аспекте. Несмотря на колоссальную способность барабанной перепонки к регенерации, не всегда острая перфорация самостоятельно восстанавливается. Каждый оториноларинголог при диагностике острой перфорации барабанной перепонки всегда стремился максимально быстро предпринять меры для скорейшего закрытия дефекта. Перфорация барабанной перепонки всегда считалась предпосылкой для развития хронического среднего отита и постоянного инфицирования полостей среднего уха. Со времен первых упоминаний Гиппократ о барабанной перепонке и до настоящего времени оториноларингологами накоплены знания о строении, физиологии, особенностях кровоснабжения, регенеративных возможностях барабанной перепонки. Предложены самые разнообразные методики устранения дефекта барабанной перепонки: от активных хирургических методик до простого динамического наблюдения. Несмотря на множество предложенных разными авторами алгоритмов действий при травматической перфорации барабанной перепонки, до настоящего времени эта тема остается очень острой и актуальной.

Ключевые слова: перфорация барабанной перепонки, каркас, регенерация, трансплантат, мирингопластика, хирургический клей, стволовые клетки

Daikhes N.¹, Kocherov S.¹ ✉, Machalov A.¹⁻³, Khulugurova L.^{1,2}, Daikhes A.¹

¹ National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, Moscow, Russia

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

³ Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

Perforation of the Eardrum: From Hippocrates to the Present Day

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: Kocherov S., Khulugurova L., Daikhes A. – text writing, editing, literature data collecting and analyzing; Daikhes N., Machalov A. – article concept, editing, final approval.

Submitted: 06.12.2025

Accepted: 11.03.2026

Contacts: stas3822@mail.ru

Abstract

Traumatic perforation of the eardrum has always occurred throughout human history remaining a challenging issue. The purpose of this article is to analyze the structural features of the eardrum and treatment methods for traumatic eardrum perforations in terms of the historical aspect. Despite the eardrum's remarkable capacity for regeneration, acute perforations do not always heal spontaneously. Every otolaryngologist, when diagnosing acute eardrum perforation, has always strived to take immediate measures to close the defect. The perforation of the eardrum has always been considered a prerequisite for chronic otitis media and persistent infection of the middle ear cavities. From the time of Hippocrates' first mention of the eardrum to the present day, otolaryngologists have accumulated knowledge about the structure, physiology, blood supply, and regenerative capabilities of the eardrum. A wide variety of methods have been proposed for repairing tympanic membrane defects, ranging from active surgical techniques to simple dynamic observation. Despite the numerous proposed treatment algorithms for traumatic tympanic membrane perforation by various authors, this topic remains highly relevant and urgent.

Keywords: tympanic membrane perforation, framework, regeneration, graft, myringoplasty, surgical glue, stem cells

■ ВВЕДЕНИЕ

Впервые о барабанной перепонке (БП) упоминает Гиппократ и сравнивает ее с тонкой паутиной. В последующем, как показывает анализ исторических данных, исследования анатомии уха мало продвигались вперед. Лишь в первой половине XIX века Schrapnell, F. Arnold, J. Toynbee, A. Troltsch были изучены практически все особенности строения БП. В 60-х годах XIX века А. Политцер опубликовал результаты своих многочисленных морфологических исследований БП при ее нормальном и патологических состояниях [1, 2].

Анатомически БП является границей между наружным и средним ухом. Эмбриональный зачаток располагается в области дорсального конца первой ротовой щели и начинает развиваться по окончании формирования общего зародышевого участка

Таблица 1
Размеры барабанной перепонки эмбриона (мм)
Table 1
Dimensions of the embryonic tympanic membrane (mm)

Возраст эмбриона	Размеры барабанной перепонки	
	высота	ширина
11 недель	2	1,25
14 недель	3	2
16 недель	4,5	2
20 недель	7	5,5
22 недели	8	7
24 недели	8,5	8
7 месяцев	9	8
9 месяцев	9,75	8,5

слухового прохода и евстахиевой трубы. БП развивается сначала в своей передней части, и лишь к концу образования барабанной полости формируются ее задние отделы. Размеры (ширину и высоту) БП эмбриона человека в разные периоды развития очень подробно исследовал Troltsch (табл. 1) [3].

С учетом эмбриологического развития и особенностей строения БП делится на две части: *pars tensa* и *pars flaccida seu membrana Schrapnelli*.

Pars tensa состоит из трех слоев. Кожный слой – *stratum cutaneum*, представлен несколькими слоями плоских многослойных ороговевающих эпителиальных клеток; средний фиброзный слой – *stratum proprium seu fibrosum*, делится на две пластинки: *stratum radiatum* (наружная) с радиарными волокнами, которые направляются от периферии к центру БП, и *stratum circulare* (внутренняя) с волокнами трех видов – циркулярными, параболическими и полулунными. Между волокнами образуются незащищенные участки. По данным F. Fumagalli (1947), такие зоны характерны для точек перекреста двух одинаковых волокон. Как считает N. Sculeratti (1995), на фоне острого воспаления среднего уха опасно применять спирты высоких концентраций, продувание слуховой трубы и аэровибромассаж [3–8].

Pars flaccida seu membrana Schrapnelli – вторая часть БП – состоит из двух слоев и не имеет среднего, фиброзного, слоя, поэтому она значительно тоньше и подвижнее натянутой части [3, 8, 9].

Кровоснабжение БП осуществляется со стороны наружного слухового прохода и барабанной полости. Выделяют поверхностную и внутреннюю сеть, каждая состоит из сосудов рукоятки молоточка и системы сосудов периферии, которые анастомозируют посредством многочисленных радиальных веточек и через фиброзный слой посредством мельчайших сосудов [5, 10–12].

Толщина БП в среднем около 0,1 мм, но не везде одинакова. Наибольшую толщину перепонка имеет в *pars tensa* на периферии и в *umbo*, в передних отделах около 0,1 мм, а в *pars flaccida* еще тоньше [13, 14]. В зависимости от толщины меняется количество артериальных сосудов. По данным разных авторов, размеры БП в продольном и поперечном направлении варьируют незначительно (табл. 2).

Для клинических целей и удобства обозначения имеющих патологических изменений БП искусственно делят на 4 квадранта. По данным разных авторов, площадь каждого квадранта отличается. Средняя площадь передневерхнего квадранта

Таблица 2
Размеры барабанной перепонки взрослого человека (мм)
Table 2
Dimensions of the adult human tympanic membrane (mm)

Автор	Продольный размер	Поперечный размер
Politzer	9,5–10,0	8,5–9,0
Bezold	9,2	8,5
Tillaux	11–12	10–11
Troltsch	9–10	8–9

равна 22 мм², передненижнего – 6 мм², задневерхнего – 27 мм², задненижнего – 14,5 мм² [1, 8, 15].

БП – это часть звукопроводящего аппарата, который является совершенной механической системой. По своей сути перепонка – напряженная мембрана. О величине ее напряженности можно судить по тому, что она свободно выдерживает давление атмосферы в слуховом проходе до 180–200 мм ртутного столба. При постепенном же повышении воздушного давления БП может выдерживать до двух атмосфер. Давление, необходимое для разрыва БП, в среднем составляет 97,71 кПа [1, 15, 16]. Несмотря на такое напряжение, БП может производить пассивные движения при действии тех или иных физических факторов. Причем при дыхании экскурсия БП может достигать до 1/3–1/2 мм. Особенно точно она воспроизводит колебания воздуха, вызванные звуковой вибрацией. Подвижность БП в разных местах различна, но в общем ограничена, более всего она выражена в верхнезаднем квадранте и менее всего – в передненижнем [3, 4].

Таким образом, учитывая особенности морфологического строения БП, выделяют точки, склонные к образованию перфораций: перекресты, не укрепленные волокнами фиброзного слоя, и толщину БП в разных отделах. Кровоснабжение БП представлено сложной сетью с большим количеством анастомозов. В зависимости от толщины отдела БП изменяется число и диаметр сосудов. Уменьшение площади БП приводит к снижению коэффициента трансформации звука, тем самым нарушается процесс звукопроведения.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Провести исторический анализ методов и способов лечения травматических перфораций барабанной перепонки.

■ ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Споры о том, как лучше лечить свежие ТП БП, существовали всегда, и у каждого оториноларинголога есть своя точка зрения, до настоящего времени идет поиск идеальной методики, которая позволяла бы добиться максимального результата, приближенного к нормальной анатомии [17–21].

В первые годы становления отохирургии целью врачей было в первую очередь вылечить болезнь и спасти жизнь пациента, но со временем отохирургия достигла высокого уровня развития. В настоящее время цель не только закрыть дефект БП, но и максимально восстановить утраченную слуховую функцию.

Было замечено, что у пациентов, страдающих хроническим гнойным средним отитом, в отдельные периоды гноеотечения значительно улучшается слух. Так были разработаны первые искусственные БП, для этого применяли самые разнообразные материалы и методы [22]. Но используемые методики решали поставленную задачу на непродолжительное время, поэтому проблема поиска оптимальных пластических материалов оставалась актуальной.

Многие ученые разрабатывали трансплантаты и имплантаты для восстановления дефектов БП. В 1640 г. Marcus Banzer впервые выполнил операцию по закрытию перфорации БП. Он использовал трубочку из слоновой кости, покрытую фрагментом свиного мочевого пузыря, в качестве трансплантата. В 1840 г. Yarsley предложил использовать влажную вату, Toynbee в 1852 г. использовал резиновый диск с серебряной палочкой. Таким образом, уже в то время применялся метод введения в слуховой проход протеза, который, как доказали Moritz и Zollner, остается необходимым для дифференциальной диагностики. В последующие десятилетия искусственные БП нашли широкое применение. Большинство оториноларингологов в дальнейшем использовали для закрытия перфораций такие материалы, как папиросная бумага и серебряная фольга. Затем были изобретены мембрана Nasielle и протезы из пластмассы Pohlmann [8, 22, 23].

Естественно, что предпринимались попытки добиться заживления перфораций БП простейшими методами. Blake в 1877 г. предложил закрывать перфорацию папиросной бумагой. William Wilde в 1848 году впервые использовал нитрат серебра для стимуляции закрытия перфорации БП. Впоследствии это стало одним из самых распространенных способов (Roosa, 1876; Politzer, 1887), который в дальнейшем комбинировали с прикрытием краев перфорации пленкой для облегчения рубцевания (Yooynt, 1919) [22, 23].

Инициатива закрытия перфораций БП кожными трансплантатами, по-видимому, исходит от Berthold. В 1878 г. он опубликовал два первых наблюдения, а в 1889 г. – краткую монографию, посвященную данному вопросу. В 1893 г. Berthold окончательно оформил свою позицию в руководстве по ушным болезням Schwartze. Учитывая цель данного метода – закрытие перфораций БП, Berthold назвал его мирингопластикой [23, 24]. Судя по первым двум сообщениям, пересадка кожи с передней поверхности предплечья на прижатые края небольших перфораций приводила к ее рубцеванию под трансплантатом, который через 3–4 недели отходил. Однако в 1893 г. Berthold рекомендовал свой метод только при перфорациях малых и средних размеров. К сожалению, метод не мог гарантировать 100%-й успех, пришлось искать другие материалы. После многочисленных неудачных опытов с разнообразными материалами органического и неорганического происхождения Berthold предложил использовать пленку куриного яйца. Для успеха операции с применением пленки яйца требовались те же предпосылки и подготовительные мероприятия, что и при трансплантации кожи. Недостатком являлась миграция пленки по БП к периферии, подобно инородному телу. В некоторых случаях рубец не успевал сформироваться, так как материалом для него могут служить только клетки, исходящие из краев перфорации, а из яичной пленки, не содержащей живых клеток, не может быть клеточного роста. Пленка мигрирует, и обнажается перфорация. Яичная пленка в этом процессе играет лишь роль опорной мембраны, на которую могут опираться клеточные элементы БП. Рубец, образовавшийся таким путем, обычно очень тонкий и нежный [10, 22, 24].

В 1881 г. Ely сообщил о попытках трансплантации кожи, которые им предпринимались с 1878 г. Он уже ссылается на Berthold. Из 9 своих пациентов он описал троих. Ely трансплантировал по несколько маленьких кусочков кожи, причем ему приходилось неоднократно повторять пересадку, чтобы добиться приживления кожи и стимулирования рубцевания. В 1884 г. подобные наблюдения делал Tangemann, но он изменил методику: вместо того чтобы использовать один большой кусок кожи, трансплантат был разрезан на маленькие кусочки и помещен на прежнее место, слуховой проход был заткнут кусочком ваты, пропитанным мазью из оксида ртути, для стимуляции воспалительной реакции, которая была необходима для срачивания трансплантатов с мембраной. То же самое сообщал Shirmunsky, который пользовался методом, предложенным Berthold [22, 23].

В 1895 г. В.Н. Окунев предложил делать прижигание краев перфорации трихлоруксусной кислотой. Кислота напаивается на зонд, или конец зонда с несколькими волокнами ваты смачивается жидкой кислотой. Края перфорации осторожно смазываются. Нельзя прикасаться зондом к медиальной стенке барабанной полости, чтобы не вызвать гноетечение. Трихлоруксусная кислота уничтожает эпидермис, по краю отверстия появляются грануляции и образуется рубец, постепенно закрывающий перфорацию. Прижигание повторяется через 1–2 недели до 10–12 раз. Маленькие перфорации заживают иногда после первого прижигания. Способ дает от 50 до 80–90% успеха. Пучковский А. после прижигания краев перфорации трихлоруксусной кислотой закрывал перфорацию кружочком из компрессной клеенки. Личкус М.Г. применял для этой же цели английский пластырь [22, 25].

Белоголовов Н.В. тушировал края перфорации 1%-м раствором ляписа, а затем закрывал ее кружочком пленки из куриного яйца. Пленка высушивалась над лампой, прикладывалась к БП и фиксировалась борным порошком и комочком ватки. Через 10–15 дней после снятия пленки БП оказывалась полноценной [22].

Kretschmann (1894), Reinhardt (1895), Alt (1903), Rudolf, Beales и Hynes (1907), Mosher (1911) использовали для замещения дефекта БП лоскут из кожи заушной области [22].

Некоторые авторы упоминают, что в 1944 году Schulhof and Valdez модифицировали методику Berthold, но, к сожалению, этот исторический факт не поддается проверке, поскольку эта ссылка неопубликованная [22].

Хирургические методы лечения перфораций барабанной перепонки

Аутооттрансплантаты. Lempert (1949) и Ombredanne (1949) начали применять свободные кожные трансплантаты для закрытия краевых и даже центральных перфораций БП.

О первых успешных свободных трансплантациях сообщил Wullstein в 1952 г. С 1951 г. он начал применять свободные кожные трансплантаты для закрытия краевых и даже центральных перфораций [22]. Лоскут кожи слухового прохода на ножке использовался Zollner (1954) и Frenker (1955) при перфорациях перепонки. Эта модификация применялась около двух лет и вскоре была заменена техникой свободного трансплантата. Plester (1960) популяризовал метод свободного кожного лоскута, признав этот материал идеальным для закрытия перфораций БП [24]. Кожа – трансплантат эктодермального происхождения, обладает эпителием, необходимым для образования наружной поверхности, но очень часто в месте волосистой луковичи

или сальной железы образуются микроперфорации и происходит врастание эпидермиса во внутреннюю поверхность, что приводит к холестеатоме трансплантата. Таким образом, трансплантаты из кожи в большинстве случаев не подходят для закрытия дефекта БП, так как возникают реперфорации и развиваются дегенеративные процессы [8, 10, 22, 23].

Учитывая недостатки эктодермальных трансплантатов, отохирурги с конца 1950-х годов начали прибегать к трансплантатам мезодермального происхождения, для изготовления которых использовались фасция, вена, периост и другие ткани. Из них формируется соединительнотканная основа, заменяющая средний фиброзный слой. В данном случае обе поверхности трансплантата раневые и должны покрываться за счет спонтанного роста эпителия с обеих сторон [8, 22, 25–27].

Первым трансплантатом мезодермального происхождения была фасция височной мышцы. Впервые ее использовали для мирингопластики Unterberger (1957), Ortegren (1958–59), Heermann (1961), Storrs (1961) [8, 22]. В 1956 г. Zöllner успешно впервые применил фасцию *lata*. Bocca (1958), Agazzi (1959) закрывали дефект БП при помощи надкостницы. В 1959 г. Claros-Domenech использовал надкостницу с большеберцовой кости. Жировая ткань с мочки уха применялась при маленьких перфорациях Ringenberg (1962), ее вводили в перфорацию в виде пробки. Haermann в 1962 г. впервые предложил укладывать полоски хряща параллельно друг другу (так называемая палисадная методика), а в 1963 г. использовал в качестве тканевого трансплантата подкожную ткань, которую Sale в 1969 г. предложил использовать всегда при мирингопластике. Надхрящницу козелка в мирингопластике впервые применил Goodhill (1964). Далее большинство отохирургов использовали надхрящницу и хрящ козелка, ушной раковины, вену (Shea, 1958), грануляционную ткань (Буракова З.Н. и соавт., 1969), четырехугольный хрящ перегородки носа (Salen, 1971; Overbosch H.C., 1971), широкую фасцию бедра, брюшину и многие другие мезодермальные трансплантаты [24, 28, 29]. К сожалению, и у данной группы трансплантатов имеются недостатки. Во-первых, если процесс покрывания трансплантата эпителием прекращается на каком-либо небольшом участке, то первичное приживление новой БП становится невозможным. Во-вторых, во время заживления могут образовываться разрастания грануляционной ткани, которые задерживают эпидермизацию, и впоследствии образуются реперфорации. В-третьих, если происходит недостаточно быстрое восстановление сосудистой сети и иннервации трансплантата, то возникает некроз нежизнеспособного участка. В-четвертых, если края перфорации недостаточно перекрыты трансплантатом, имеется опасность отслойки, развития атрофии и, как следствие, реперфорации [8, 22, 28].

Учитывая недостатки однослойных трансплантатов, отохирурги стали прибегать к комбинации тканей, появилась тенденция к разработке двухслойных трансплантатов. Unterberger в 1956 г. первым применил пластику двойным лоскутом: фасцию *m. rectus* или *fascia lata* покрывал цельной кожей. Kley в 1959 г. подстилал под трансплантат из цельной кожи тонкую фасцию височной мышцы. Bandtlow использовал двухслойный трансплантат из фасции височной мышцы и трансплантат по Тиршу. Willems вначале выкраивал кожный трансплантат в заушной области, подкладывал под него слизистую оболочку губы и шивал этот трансплантат. Затем через 14–20 дней, после приживления слизистой оболочки, он выполнял трансплантацию уже с целью замены БП. Wullstein испытывал трансплантаты из двух отдельных слоев,

пересаживаемых свободно и состоявших чаще всего из цельной кожи, внутренняя поверхность которой покрывалась амнионом. Он также пытался получить двухслойный трансплантат из тонкой кожи задней поверхности ушной раковины вместе с надхрящницей, но этот трансплантат оказался толстым и работа с ним была затруднительна [10, 22, 30, 31].

Многолетние клинические испытания перечисленных трансплантатов выявили ряд недостатков, в том числе значительный процент отторжения, атрофию или некроз пластического материала вследствие недостаточности кровоснабжения и его питания, что приводит к рецидиву перфорации БП и воспалительного процесса в ухе. Зачастую возникает необходимость дополнительных операций для забора пластического материала [32–34]. По этой причине отохирурги для пластики перфораций БП стали применять многослойные трансплантаты. Они, как показала практика, обеспечивают более надежное закрытие дефектов БП, однако такая неотимпанальная мембрана по своим физическим и биологическим характеристикам отличается от нормальной мембраны, что не может не отражаться на функциональном результате [8, 9, 34, 35].

Goodhill в 1964 г., чтобы избежать провисания трансплантата в барабанную полость и припаивания к промоториуму, впервые использовал хондро-перихондральный аутоотрансплантат. В последние годы большинство отохирургов стали применять истонченный хондро-перихондральный аутоотрансплантат, который формируется из козелка или ушной раковины пациента в процессе хирургического вмешательства: Hartwein J. et al. (1992); Duckert L.G. et al. (1995); Dornhoffer J.L. (1997); Eavey R.D. (1998); Neumann A. et al. (2005); Spielmann P. et al. (2006); Давыдов А.В. и соавт. (2006); Мухамедиева Г.А. и соавт. (2006); Мухамедов И.Т. и соавт. (2006); Ситников В.П. и соавт. (2006); Shin S.H. et al. (2007); Дискаленко В.В. и соавт. (2011); Ашмарин М.П. и соавт. (2011); Albirmawy O.A. (2011). С момента первого применения и по настоящее время форму хондро-перихондрального аутоотрансплантата постоянно модифицируют [8, 22, 25, 31, 34].

В свое время были предложены трансплантаты в виде щита, колеса, «двойного островка», логотипа Mercedes Benz, бабочки, коронки, пластинки и многие другие. Такой трансплантат обладает рядом преимуществ перед другими тканями: он является умеренно жестким, состоит из однородной ткани, пластичен, обладает хорошей сопротивляемостью к инфекции, достаточно хорошо васкуляризуется. Кроме того, хорошая каркасная функция дает возможность надежно укладывать трансплантат на небольшое «питающее ложе», обеспечивающее анатомическое положение неотимпанальной мембраны, что делает его оптимальным материалом для мирингопластики [8, 18, 24]. Оптимальная толщина трансплантата находится в пределах 0,2–0,3 мм, так как он имеет наибольшую амплитудно-частотную характеристику и колебательные свойства таких пластин наивысшие [31].

Аллоотрансплантаты. С 1960–70-х годов отохирурги стали активно применять аллоотрансплантаты: Overbosch H.C. (1971) – четырехугольный хрящ перегородки носа; Glasscock M.E. (1972), MacKinnon D.M. (1972) – трупную БП; Баранов В.П. (1981), Packer P. (1982), Zakzouk S. (1992) – твердую мозговую оболочку; Zakzouk S. (1992) – фасцию височной мышцы и многие другие. Использование этих трансплантатов, как описывается в литературе, осуществляется с различным успехом [23, 29, 36, 37].

Было проведено несколько экспериментов с ксеногенной фасцией (Hildmann Steinbach, 1970). Jansen (1973) использовал при тимпанопластике бычью брюшину. Zini et al. (1985) создавали искусственную перепонку из яремной вены быка, но этот метод не нашел широкого применения в отоларингологии [8, 24]. До настоящего времени широко используется амнион куриного яйца [22].

Самым главным недостатком аллогенных и ксеногенных трансплантатов является тканевая несовместимость (гистонесовместимость), невозможность совместного существования клеток и тканей, принадлежащих генетически разным особям и различающихся антигенами. При трансплантации через короткий срок после приживления происходит отторжение трансплантата, повреждаемого лимфоцитами и цитотоксичными антителами организма-хозяина. Если иммунная система реципиента повреждена специальными препаратами – иммунодепрессантами, то лимфоциты донора, содержащиеся в трансплантате, могут атаковать и повреждать ткани хозяина.

Несмотря на чужеродность аллогенных и ксеногенных трансплантатов, на современном этапе стали применять трансплантаты, обладающие неиммуногенной биометаболизацией, при этом матрикс деградирует на биологически безопасные соединения со скоростью роста новой функционирующей ткани и полностью замещается. Такие трансплантаты должны обладать оптимальными регенерирующими и фармако-физическими свойствами. Причем эффективная регенерация должна быть органоспецифической, а материал должен соответствовать колебательно-акустическим свойствам БП, выполнять роль каркаса, питательной среды для клеточных структур, механической прочностью, стимулировать пролиферацию и дифференциацию клеток. Перспективными считаются трансплантаты из коллагена, гиалуроновой кислоты, синтетических гидроколлоидов и др. [8, 33, 38, 39].

Промышленное освоение медицинских коллагеновых трансплантатов началось с 1980 г. В настоящий момент используется много биопластических аллогенных и ксеногенных трансплантатов. «Аллоплант» – трансплантат из сухожилий, склеры, слоев кожи, подкожной клетчатки, фрагментов костей, мышц людей, умерших не более 24 часов назад, трансплантаты из ультратонких аллохрящевых пластинок [31]. Своеобразным трансплантатом является культура аллофибробластов человека, которые трансплантируются на БП [12]. «Отопласт» является биополимерным комплексом гликопротеидов, выделенных по оригинальной технологии из тканей пуповины плода [33]. «Спонгостан» – рассасывающаяся желатиновая губка, изготовленная из плавкого нерастворимого в воде свиного желатина толщиной 0,5 мм [8]. «Гиаматрикс» – эластичная прозрачная пленка толщиной 0,5 мм, обладающая высокими адгезионными свойствами. «Гиаматрикс» изготавливается методом фотохимической сшивки макромолекул в гидрогеле на основе нативной, химически не модифицированной гиалуроновой кислоты [40]. «Биокोल-1» состоит из смеси синтетических и натуральных гидрофильных и гидрофобных полимеров, представляет собой пористую пленку толщиной 0,1 мм [40]. «Коллахит-ФА» – биodeградируемое покрытие на основе коллаген-хитозанового комплекса с включением антисептика фурагина калия и анестетика анилокаина. «Тахокомб» представляет собой коллагеновую пластину, покрытую с одной стороны компонентами фибринового клея, состоящего из высококонцентрированного фибриногена и тромбина. «Метуракол» – мелкопористая сухая пластина, состоящая из коллагена, полученного из гольевого спилка крупного рогатого скота, и метилурацила. «Сангвикол» – пластинка, состоящая из коллагена,

полученного из гольевого спилка крупного рогатого скота, и сангвиритрина [41, 42]. Gelfoam – пористая губка на основе желатина, изготовленного из очищенной свиной шкурки [43].

Натуральные и синтетические материалы и полимеры. Проблема создания специальных синтетических полимеров для контакта с биологическими средами возникла в конце 1950-х годов. Она была обусловлена потребностями медицины в синтетических полимерных материалах для изготовления различных эндопротезов. Начало эры полимеров связано с неорганическими полимерами. У этих имплантатов в основной цепочке отсутствуют атомы углерода.

Одним из первых полимерный имплантат применил Wullstein (1949). Это был ви-нилакриловый имплантат из палавита, а в 1952 г. он использовал паладон. Имплантаты из полиэтилена применяли Гукович (1964), Ю.Б. Преображенский (1964), Ю.А. Сушко (1965), Овсянников (1969), Shea (1965). Позже применялся полиэтилен с высокой степенью порозности – пластипор (Shea et al., 1978; Smyth et al., 1978; Harner, 1979; Brackmann, 1979). Удачным материалом для изготовления имплантатов является политетрафторэтилен – тефлон, его широко применяли И.А. Яшан (1970), Ю.Б. Преображенский (1973), Цукерберг (1973), Завадский (1975), О.К. Пяткина (1975). Широко использовались имплантаты из металлов, И.А. Овчинников (2006) использовал тонкую пластинку из золота, имплантат из магнитоэластомера – Н.С. Дмитриев (1990). Имплантат из биоинертного полиамидного материала с сетчатой структурой, заданным строением и свойствами применили А.Т. Гречко (2001), имплантат из полифосфазена – А.С. Лапченко (2001) [33].

Своеобразным имплантатом является различного вида клей. Попытки использовать клей для закрытия раны или фиксирования ткани можно проследить на протяжении многих веков. В свое время использовали смолы, пчелиный воск, натуральный каучук и другие клеящие материалы. Основным принципом мирингопластики с применением таких имплантатов является максимальное сопоставление краев поврежденной БП и закрытие оставшегося дефекта пленкой из клея. Пленка является мостом (основой), по которой, как по направляющей, пойдет регенерация эпидермиса БП [8, 40, 43].

При мирингопластике используются два вида хирургического клея: цианакрилатный и фибриновый. Клеи на основе фибрина начали применять с 1940 г., а с 1960 г. стали использовать клеи на основе цианакрилатов [24, 44].

Синтетические цианакрилатные клеи (Hystoacry, Epiglu, Liquiband, Dermabond, Indermil, Glubran, Glubran 2, МК-2, МК-6, МК-7, МК-8, МК-14И, БФ-6, «Сульфакрилат») широко использовались в 1970–80-х годах. Однако из-за возникновения тканевых повреждений и деструкций кости они в последнее время крайне редко применяются [8, 39, 45].

Фибриновые клеи бывают аутогенными и аллогенными. Фибриновый аутогенный клей, в отличие от синтетических – цианакрилатов и полиуретанов, не оказывает повреждающего действия на склеиваемые поверхности и рассасывается в сравнительно короткие сроки. Клей производится из крови пациента. Everberg первым использовал его при мирингопластике. Между 1975–1976 гг. он опубликовал результаты множества мирингопластик с применением аутогенного фибринового клея. Однако широкое распространение этого клея ограничено вследствие сложности приготовления и больших временных затрат [8, 20].

Фибриновый аллогенный клей биологически совместим. Основным его компонентом является фибриноген, получаемый из плазмы донорской крови человека (Tissucol, Tisseel, Crosseal, Beriplast). Panis et al. (1978), Panis et Rettinger (1979), J. Navratie (1982), A.F. O'Connor (1982), I. Shea (1982), A. Imai et al. (1984) широко использовали фибриновый аллогенный клей при мирингопластике. Клей показал хорошие результаты. Большим недостатком этого клея является потенциальная возможность передачи с ним гемотрансмиссивных инфекций, а также высокая стоимость. В США использование Tissucol запрещено [8, 43].

В настоящее время разработан латексный тканевой клей, который изготавливается из акрилатного латекса путем коррекции pH водным раствором гидроксида натрия со стабилизацией на уровне 7,1–7,4, а в качестве загустителя композиции используется поливиниловый спирт. В композицию также включены антисептик диоксидин и аминокaproновая кислота – гемостатический препарат с антиферментными свойствами. Клей обладает высокой адгезивностью и гидрофильностью, легко пропитывает поверхностные слои тканей и быстро полимеризуется, образуя тонкую эластичную пленку, не деформирующую окружающие ткани и не нарушающую их функциональную активность [37].

При использовании клеев в отоларингологии получены неоднозначные результаты, предотвратить осложнения, которые они вызывают, до конца не удается. В настоящее время ведутся активные исследования по созданию безопасных и недорогих клеев не только в оториноларингологии, но и в других областях медицины. Клей применяется, изучается в экспериментах на животных [8, 24, 33].

При испытании всех созданных полимерных материалов, как и при модификации уже внедренных, актуальной остается задача снижения неблагоприятного воздействия материала на ткани живого организма при длительных сроках имплантации (выделение полимером токсичных продуктов распада, неустойчивость к воздействию солей и ферментов в водной среде *in vivo*) [38, 43].

Травматический разрыв БП сопровождается повреждением всех слоев. Экспериментально установлено, что важную роль в процессе восстановления целостности БП играют факторы роста, необходимые для пролиферации, миграции и дифференцировки клеток. В течение последних 20 лет активно развиваются технологии натуральных полимеров и тканевой инженерии. Под этим термином чаще всего имеют в виду перспективные материалы, сочетающие в себе механическую прочность, биоразлагаемость и толерантность к иммунной системе. При проведении исследований отлично себя зарекомендовали такие материалы, как: фиброин шелка, хитозан (хитин), гиалуроновая кислота, коллаген, бактериальная целлюлоза, желатин, поликапролактон, альгинаты. Натуральные полимеры, как правило, входят в состав так называемых скаффолдов (матрицы для миграции клеток, состоящие из клеток, питательных веществ и субстратов). Также в последнее время активно исследуются субстраты стволовых клеток, факторы роста и стимуляции регенерации тканей. Однако на данный момент существует ряд этических и юридических сложностей в применении технологий тканевой инженерии и натуральных полимеров, и в настоящее время применение этих технологий не приводит к 100%-му восстановлению утраченных тканей БП. Данный вид направления является перспективой на будущее [14, 45–48].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Травматические повреждения БП в оториноларингологии будут встречаться всегда. За столетия развития медицины предложено большое количество самых разнообразных способов лечения. Продолжается активный поиск новых методов лечения дефектов БП, разные авторы расценивают их неоднозначно, и пока не будет единого мнения, единого алгоритма действий относительно тактики лечения, эта проблема останется актуальной.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Petrovsky B. *Great Medical Encyclopedia (GME), 3rd edition*. Available at: https://web.archive.org/web/20210301155337%20/https://бмэ.опр/index.php/БАРАБАНАЯ_ПЕРЕПОНКА (in Russian)
2. Muhamedov I., Savin S. Features of myringoplasty at total and subtotal perforations. *Russian otolaryngology*. 2014;69(2):117–122. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-miringoplastiki-pri-totalnyh-i-subtotalnyh-defektah-barabannoy-pereponki> (in Russian)
3. Kompaneets S. *Diseases of the ear, throat, and nose*. Moscow: 2025:441 p. (in Russian)
4. Garov E., Sidorina N., Zelenkova V. et al. Analysis of the effectiveness of tympanoplasty in the patients presenting with chronic otitis media complicated by perforation. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2014;6:8–11. doi: 10.17116/otorino201468-11 (in Russian)
5. Kireev P., Dvoryanchikov V., Isachenko V. Comparative assessment of the use of certain cartilaginous auto- and allografts in plastic surgery of total and subtotal defects of the membrane tympani. In: *Materials of the VIII St. Petersburg International forum of Otorhinolaryngology of Russia*. 2019:127–128. Available at: <https://viii-forum-spb2019.ent-congress.ru/materials.html> (in Russian)
6. Choi S.H., Song H.Y., Song C.I. Fibrinogen-Based Collagen Fleece Graft Myringoplasty for Traumatic Tympanic Membrane Perforation. *Journal of Audiology & Otology*. 2016;20(3):139–145. doi: 10.7874/jao.2016.20.3.139
7. Tachibana T., Kariya S., Orita Y. et al. Spontaneous closure of traumatic tympanic membrane perforation following long-term observation. *Acta Otolaryngol*. 2019;139(6):487–491. doi: 10.1080/00016489.2019.1592225
8. Tos M. *Manual of Middle Ear Surgery*. Tomsk: Siberian State Medical University. 2004;1:89–243. (in Russian)
9. Davydov A. *New technologies for conservative and minimally invasive surgical treatment of hearing loss*. Moscow. 2009:260 p. Available at: <https://www.dissercat.com/content/novye-tehnologii-konservativnogo-i-maloinvazivnogo-khirurgicheskogo-lecheniya-tugoukhosti?ysclid=mksg95lr8s867019822> (in Russian)
10. Sopko O., Bervinova A., Samoshkina M., Kolesnikova O. The effect of the size and site of tympanic membrane perforation and graft material type on the outcomes of type 1 tympanoplasty. *RMJ. Medical Review*. 2019;9(II):56–59. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41376010> (in Russian)
11. Golev V. Vascular network of the tympanic membrane and mucous membrane of the tympanic cavity of the human fetus. *The Bulletin of Otolaryngology*. 1967;3:26–29. (in Russian)
12. Nikolaevskaya V. Blood vessels of the tympanic membrane in humans. *The Bulletin of Otolaryngology*. 1967;3:23–26. (in Russian)
13. Triana R.J., Prazma J., Carrasco V.N. et al. Analysis of blood flow in the tympanic membrane: the use of intravital fluorescence microscopy. *The American journal of otology*. 1990;11(4):266–71.
14. Baum O., Zolotova A., Kasyanenko E. et al. New possibilities for activating eardrum regeneration. *Medical Council*. 2025;18:178–186. Available at: <https://doi.org/10.21518/ms2025-450>
15. Kobrak G. *The Middle Ear*. Moscow. 1963:455 p. (in Russian)
16. Daikhes N., Machalov A., Daikhes A. et al. Auditory dysfunction associated with mine-explosive injuries and its acoustic correction. *Russian Otorhinolaryngology*. 2025;24(1):72–9. doi: 10.18692/1810-4800-2025-1-72-79 (in Russian)
17. Atlashkin D., Vishnyakov V., Edzhe M. et al. Recovery time of the tympanic membrane after laser myringotomy in patients with acute and subacute secretory otitis media. In: *Materials of the XX Congress of Otorhinolaryngologists of Russia: abstract of reports*. 2021:142–143. Available at: <https://xx-congress-msk.ent-congress.ru/materiali.html> (in Russian)
18. Isachenko V., Dvoryanchikov V., Ilyasov D., et al. On the issue of effective engraftment of tissues in the plastic of the tympanic membrane. *Medical Council*. 2022;20:22–29. Available at: <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-20-22-29> (in Russian)
19. Horov O., Plavsky D. Long-term results of eardrum restoration in patients with extensive defect. *Otorhinolaryngological readings. Materials of the regional scientific and practical conference*. 2021:58–60. (in Russian)
20. Bishnoi T., Marlapudi S.K., Sahu P.K. Factors Influencing the outcome of spontaneous healing of traumatic tympanic membrane perforation: A Clinical Prospective observational study. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2023;75(3):1774–1781. doi: 10.1007/s12070-023-03722-4
21. Garov E., Diab H., Karneeva O. et al. *Clinical guidelines: "Chronic otitis media"*. Ministry of Health of the Russian Federation. 2024. Available at: https://cr.minzdrav.gov.ru/schema/698_2 (in Russian)
22. Wulstein H.L. *Hearing-Improving Operations*. Moscow. 1972:423 p. (in Russian)
23. Farr M.R., De R., Irving R.M. Cautery of the tympanic membrane: the lesser-known history of myringoplasty. *Otology & Neurotology*. 2012;33(2):270–6. doi: 10.1097/MAO.0b013e318241b719
24. Freitas M.R., Oliveira T.C. The role of different types of grafts in tympanoplasty. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. 2014;80(4):275–6. doi: 10.1016/j.bjorl.2014.05.018
25. Daikhes N., Machalov A., Daikhes A. et al. *Certificate of state registration of the database No. 2024622473 Russian Federation. Expanding database of audiological parameters of hearing status in veterans of the special military operation: filed 30.05.2024: published 05.06.2024*. Applicant: National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of FMBA. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67982061&ysclid=mktnxfpw5w868205195> (in Russian)
26. Salnikov K., Machalov A., Sysoev P. et al. Materials suitability for surgery for chronic suppurative otitis media. *Russian Otorhinolaryngology*. 2024;23(130):63–75. doi: 10.18692/1810-4800-2024-3-63-75 (in Russian)

27. Albazee E, Abu-Zaid A, Alshammari B. et al. Efficacy of gelfoam middle ear packing in type-1 tympanoplasty: systematic review and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023;280:3503–3514. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00405-023-07975-1>
28. Diskalenko V, Kurmashova L. How to raise efficacy of myringoplasty in extensive defects. *Bulletin of Otolaryngology*. 2008;4:54–56. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11567322&ysclid=mkto7yc3qt591491029> (in Russian)
29. Ghanad I., Polanik M.D., Trakimas D.R. et al. A Systematic Review of Nonaotologous Graft Materials Used in Human Tympanoplasty. *Laryngoscope*. 2021;131(2):392–400. doi: 10.1002/lary.28914
30. Diab Kh.M.A., Korkyakov V., Kaibov A. et al. Cochlear implantation in otosclerosis with degree IV hearing loss and deafness. *Russian Otorhinolaryngology*. 2019;18(5):74–81. doi: 10.18692/1810-4800-2019-5-74-81 (in Russian)
31. Khorov O., Plavskii D., Ryzhenkova T. et al. Type I tympanoplasty: how I do it. *Otorhinolaryngology Eastern Europe*. 2023;13(3):325–37. doi: 10.34883/PI.2023.13.3.027 (in Russian)
32. Kryukov A., Garov E., Sidorina N. et al. Methods and effectiveness of surgical treatment of patients with chronic purulent otitis media. In: *Materials of the VII St. Petersburg International forum of Otorhinolaryngology of Russia*. 2018:142–143. Available at: <http://www.vii-forum-spb2018.ent-congress.ru/the-materials-of-the-forum.html> (in Russian)
33. Pavlush D., Gilifanov E., Klemeshova T. Analysis of the materials used for miringoplasty. *Russian Otorhinolaryngology*. 2015;3(76):103–106. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23735304&ysclid=mktoou7ytm133355474> (in Russian)
34. Karunaratne D., Violaris N. Myringoplasty Outcomes From a 5-Year Single Surgeon's Experience and Important Surgical Technical Aspects. *Journal of Audiology and Otolology*. 2021;25(4):224–229. doi: 10.7874/jao.2021.00311
35. Machalov A. *Functional state of the middle and inner ear in patients with sensorineural hearing loss after cochlear implantation: abstract of dissertation for the degree of Candidate of Medical Sciences*. Moscow. 2015:139 p. Available at: <https://www.dissercat.com/content/funktsionalnoe-sostoyaniye-srednego-i-vnutrennego-ukha-u-bolnykh-neirosensornoi-tugoukhostyu> (in Russian)
36. Daikhes N., Kocherov S., Machalov A. et al. Myringoplasty in the early post-traumatic period. *Medical Council*. 2025;18:100–106. Available at: <https://doi.org/10.21518/ms2025-459> (in Russian)
37. Ejeh-Braimah O., Baselt B., Rössli C. Retrospective long-term analysis of tympanoplasty in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2025;196:112474. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2025.112474>
38. Schneider G. Tissue adhesives in otorhinolaryngology. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*. 2009;8:Doc 01. Epub 2011 Mar 10. Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3199812/>
39. Daikhes N., Averbukh V., Mareev V. et al. Patent N2837017 C1 Russian Federation, IPC A61B 1/227, A61B 5/38. Method for assessing the functional state of middle ear structures in patients with chronic rhinosinuitis: appl. 26.12.2023; publ. 25.03.2025; applicant Federal State Budgetary Institution "National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medical and Biological Agency". Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=80530006&ysclid=mktpc6l3r2987691675> (in Russian)
40. Ivanova N., Dolgov V., Shevlyuk N. et al. Morfological and functional results of myringoplastics with nanostructured bioplastic material in cases of acute post-traumatic defects of the tympanic membrane in athletes. *Exercise therapy and Sports Medicine*. 2016;6(138):19–23. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27474997&ysclid=mktpo1fafu486728145> (in Russian)
41. Makwana P., Vadiya S.I., Khetani S. et al. Use of Collagen Sheets as Graft Material for Myringoplasty. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2022;74(Suppl 3):4314–4318. doi: 10.1007/s12070-021-02977-z
42. Kurmashova L., Sopko O., Bolozneva E. Morphological results myringoplasty in acute traumatic perforations of the eardrum. *Russian otolaryngology*. 2014;1(68):126–127. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21338604> (in Russian)
43. Lou Z.C., He J.G. A randomised controlled trial comparing spontaneous healing, gelfoam patching and edge-approximation plus gelfoam patching in traumatic tympanic membrane perforation with inverted or everted edges. *Clin Otolaryngol*. 2011;36(3):221–6. doi: 10.1111/j.1749-4486.2011.02319.x
44. Wang D., Ren T., Wang W. The outcomes of endoscopic myringoplasty: packing with gelatin sponge versus packing with nothing. *Acta Otolaryngologica*. 2020;140(4):292–296. Available at: <https://doi.org/10.1080/00016489.2020.1714075>
45. Daikhes N., Machalov A., Balakina A. et al. Audiological features of the management of patients who underwent surgical interventions on the structures of the middle ear during the use of the cochlear implantation system. *Russian Otorhinolaryngology*. 2022;21(4119):103–112. doi: <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-103-112> (in Russian)
46. Hussain Z., Pei R. Necessities, opportunities, and challenges for tympanic membrane perforation scaffolding-based bioengineering. *Biomed Mater*. 2021;16(3):032004. doi: 10.1088/1748-605X/abc5d
47. Aleemardani M., Bagher Z., Farhadi M. et al. Can Tissue Engineering Bring Hope to the Development of Human Tympanic Membrane? *Tissue Eng Part B Rev*. 2021;27(6):572–589. doi: 10.1089/ten.TEB.2020.0176
48. Shaikenov R.O., Serbun P.G., Zhang J. et al. Natural Polymers, Their Modifications and Composites with Synthetic Polymers for Tympanic Membrane Regeneration. *J Funct Biomater*. 2025;16(10):384. doi: 10.3390/jfb16100384