

Методы предоперационной оценки функции слуховой трубы у пациентов с хроническим туботимпанальным гнойным средним отитом

К.В. Еремеева✉, ORCID: 0000-0001-7071-2415, e-mail: eremeeva_ks@mail.ru

Е.Г. Варосян, ORCID: 0000-0002-8647-1975, e-mail: egine.varosyan@mail.ru

А.О. Соболевская, ORCID: 0000-0002-8647-1975, e-mail: oneus8@gmail.com

А.А. Луничева, ORCID: 0000-0002-2047-1710, e-mail: annlunicheva@gmail.com

В.П. Соболев, ORCID: 0000-0002-7372-3299, e-mail: sobolev1972@mail.ru

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

Резюме

Введение. Слуховая труба представляет собой сложную структуру, труднодоступную для визуализации и проведения манипуляций в связи со своим расположением и анатомическими особенностями. Ее нормальная функция является необходимым условием для поддержания адекватной аэрации и физиологического давления в барабанной полости. Нарушение этих физиологических механизмов приводит к развитию хронических заболеваний среднего уха, требующих хирургического лечения, и к последующей потере слуха. Связь между функцией слуховой трубы и результатами тимпаноластики у пациентов с хроническим туботимпанальным гнойным средним отитом подтверждена многими исследованиями и не вызывает сомнения, однако на данный момент отсутствует «золотой стандарт» диагностики тубарной дисфункции.

Цель. Целью данного обзора является проведение анализа методов исследования функции слуховой трубы в качестве предоперационной подготовки для слухоулучшающих операций, а именно тимпаноластики.

Материалы и методы. Был проведен систематический обзор литературы с анализом данных научных исследований, посвященных определению области применения актуальных методов исследования тубарной функции и степени корреляции результатов описанных тестов и исхода тимпаноластики.

Результаты. Несмотря на большое количество исследований, вопрос приоритетного и универсального способа предоперационной оценки функции евстахиевой трубы остается открытым. Каждое из приведенных в данном обзоре исследований имеет свои достоинства и недостатки, связанные с трудоемкостью проведения или ограничением применения. Эндоскопическое исследование является наиболее информативным для оценки анатомического состояния слуховой трубы и носоглотки. Для оценки физиологической функции более точными, универсальными и легко проводимыми исследованиями оказалась группа манометрических тестов, а именно тубоманометрия и ETF-тест.

Выводы. Работа слуховой трубы имеет важное прогностическое значение для проведения слухоулучшающих операций и определения тактики лечения. Выявление «золотого стандарта» диагностики поможет улучшить качество и повысить эффективность хирургического лечения, в связи с чем необходимо дальнейшее исследование этой области.

Ключевые слова: слуховая труба, дисфункция слуховой трубы, предоперационная оценка, перфорация, тимпаноластика, сонотубометрия, VAS, тубоманометрия, ETF-тест, инфляционно-дефляционный тест

Для цитирования: Еремеева К.В., Варосян Е.Г., Соболевская А.О., Луничева А.А., Соболев В.П. Методы предоперационной оценки функции слуховой трубы у пациентов с хроническим туботимпанальным гнойным средним отитом. *Медицинский совет*. 2020;(6):140–147. doi: 10.21518/2079-701X-2020-6-140-147.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Methods of preoperative assessment of function of the auditory tube in patients with chronic tubotympanal purulent otitis media

Kseniya V. Ereemeeva✉, ORCID: 0000-0001-7071-2415, e-mail: eremeeva_ks@mail.ru

Engin G. Varosyan, ORCID: 0000-0002-8647-1975, e-mail: egine.varosyan@mail.ru

Anastasia O. Sobolevskaya, ORCID: 0000-0002-8647-1975, e-mail: oneus8@gmail.com

Anna A. Lunicheva, ORCID: 0000-0002-2047-1710, e-mail: annlunicheva@gmail.com

Vasily P. Sobolev, ORCID: 0000-0002-7372-3299, e-mail: sobolev1972@mail.ru

First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia

Abstract

Introduction. The purpose of the study was learning diagnostic tools of Eustachian tube pathology and define the highly specific prognostic test. The Eustachian tube is a specific structure that is difficult to visualize and manipulate due to its location and anatomical features. Maintaining adequate aeration and physiological pressure in the tympanic cavity is extremely important for middle ear function.

The preoperative assessment of the auditory tube function is still important. A lot of studies demonstrate majority methods of evaluation tube function. However, there is no gold standard for diagnosing tubular dysfunction.

Goal of research. The purpose of this review is to analyze methods for studying the function of the auditory tube as a preoperative preparation for hearing-enhancing operations, namely tympanoplasty.

Materials and methods. We analyzed the database related to modern methods of evaluation Eustachian tube function and tympanoplasty outcomes.

Results. Despite a large number of studies, the question of a priority and universal method for the preoperative assessment of the function of the Eustachian tube remains open. Each of the studies presented in this review has its own advantages and disadvantages associated with the complexity of the implementation or limitation of application. Endoscopic examination is the most informative for assessing the anatomical state of the auditory tube and nasopharynx. To assess the physiological function, a group of manometric tests, namely tubomanometry and the ETF-test, turned out to be more accurate, universal, and easily conducted.

Conclusion. The work of the auditory tube is of great prognostic value for conducting auditory-improving operations and determining treatment tactics. Identification of the "gold standard" of diagnosis will help improve the quality and increase the effectiveness of surgical treatment, and therefore, further research in this area is necessary.

Keywords: auditory tube, auditory tube dysfunction, preoperative assessment, perforation, tympanoplasty, sonotubometry, VAS, tubomanometry, ETF test, inflation-deflation test

For citation: Eremeeva K.V., Varosyan E.G., Sobolevskaya A.O., Lunicheva A.A., Sobolev V.P. Methods of preoperative assessment of function of the auditory tube in patients with chronic tubotympanal purulent otitis media. *Meditsinskiy sovet = Medical Council.* 2020;(6):140–147. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2020-6-140-147.

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

ВВЕДЕНИЕ

Слуховая труба играет важную роль в поддержании аэрации среднего уха, обеспечении адекватной звукопередачи, удалении секрета из среднего уха [1]. При закрытой слуховой трубе происходит непрерывное понижение давления в полости среднего уха на 50 мм H₂O. Небольшое отрицательное давление в норме нейтрализуется открытием слуховой трубы во время глотания, приблизительно 1 раз в минуту во время бодрствования и раз в 5 минут во время сна [2]. Ее дисфункция приводит к постепенному нарастанию низкого давления в барабанной полости, что провоцирует повреждение сосудов, разрыв капилляров, транссудацию в полость среднего уха и, как итог, развитие среднего отита. В свою очередь, наличие разреженного воздуха и персистирующее воспаление в барабанной полости способствуют обструкции слуховой трубы, формируя порочный круг. Кроме того, отрицательное давление приводит к образованию ретракционного кармана барабанной перепонки, холестеатомы и последующей кондуктивной тугоухости [3–4].

Таким образом, тубарная дисфункция приводит к развитию таких состояний, как средний отит, тубоотит, экссудативный средний отит, хронический гнойный средний отит с холестеатомой и без и адгезивный отит [5].

Оценка функции слуховой трубы является неотъемлемой частью обследования пациента с патологией уха, в т. ч. и на дооперационном этапе, как один из наиболее важных прогностических факторов при проведении слухоулучшающих операций [6]. Так, результаты после тимпаноластики при нормальной функции СТ (слуховой трубы) были намного лучше в отличие от пациентов с дисфункцией слуховой трубы [7, 8]. В исследовании Такахаша пациентам в предоперационном периоде проводилось исследование слуховой трубы при помощи инфляционно-дефляционного теста [9]. При наличии дисфункции СТ отмечалось длительное послеоперационное восстановление, появление спонтанных перфораций перепонки или раз-

витие хронического экссудативного отита. После успешной тимпаноластики восстановление адекватной аэрации полости среднего уха за счет нормальной функции СТ приводит к лучшей подвижности перепонки, демонстрируя тимпанограмму типа А, что говорит о том, что объем среднего уха превышает 0,5–2,0 см³, и аэрация через ЕТ (евстахиеву трубу) не нарушается [10, 11]. Таким образом, работу СТ можно рассматривать в качестве предиктора постоперационных результатов, таких как быстрое восстановление после вмешательства, улучшение слуха, на который стоит ориентироваться при выборе оптимального оперативного метода на дооперационном этапе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании были использованы статьи зарубежных авторов, а также несколько учебных пособий. Был проведен поиск по ключевым словам и цитатам. В исследование были включены как обзорные статьи, так и статьи с авторскими исследованиями, которые были проведены не ранее 1975 г. Из обзора были исключены исследования, проводимые на животных, и исследования, включающие пациентов с онкологией.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В настоящее время для первичной оценки функций слуховой трубы используют отоскопию, пробы Вальсальвы и Тойнби, а также тимпанографию. Данные методы помогают заподозрить дисфункцию слуховой трубы, но не позволяют оценить ее степень и установить причины, что требует проведения более точных исследований.

Клиническое обследование больных начинают с проведения отоскопии. Это исследование необходимо для определения целостности барабанной перепонки, а также для обнаружения наиболее заметных признаков, указывающих на дисфункцию слуховой трубы, – выпот

или ретракция барабанной перепонки. Однако отсутствие этих признаков не исключает патологию. К тому же при отоскопическом исследовании пациента просят провести пробы Вальсальвы и Тойнби. Данные пробы позволяют визуализировать движения барабанной перепонки в ответ на изменения давления в носоглотке [12]. Данный метод оценки тоже не лишен недостатков. По данным исследования Y. Finkelstein, до трети здоровых людей не пройдут этот тест с ложноотрицательным результатом. Кроме того, применение пробы Вальсальвы неинформативно у больных с перфорацией барабанной перепонки, а результаты обеих проб очень вариабельны среди различных пациентов, что не дает возможности стандартизировать их результаты [13]. Наиболее информативным и точным тестом, в силу своей объективности, среди перечисленных выше является тимпанометрия. Суть исследования заключается в косвенной оценке функции слуховой трубы путем исследования давления в полости среднего уха и отражении полученных данных в виде графика. При недостаточной функции тимпанограмма будет представлена В- или С-типами по классификации Jerger [4]. Недостатком данного метода является обязательное условие в виде интактной барабанной перепонки [12]. Вместе с тем данный метод не отражает динамику работы слуховой трубы, а лишь позволяет оценить давление в полости среднего уха в данный момент времени. Таким образом, рутинная диагностика на данный момент не обладает достаточной информативностью для достоверного прогнозирования исхода слухоулучшающей операции, а значит, требуются дополнительные диагностические исследования. Для выявления пациентов с дисфункцией слуховой трубы также разработан специальный опросник, позволяющий выявлять пациентов с дисфункцией слуховой трубы, – Eustachian Tube Dysfunction Questionnaire-7 (ETDQ-7). Он состоит из семи вопросов, касающихся симптомов дисфункции слуховой трубы, ответ на каждый из которых пациент оценивает по шкале от 1 до 7, где 7 – это значительное проявление. Опросник включает следующие симптомы, которые, возможно, беспокоят пациента за прошедший месяц: ощущение давления в ушах, боль в ушах, ощущение попадания воды в ухо, отиты во время простуды или обострение синусита, треск в ушах, звон в ушах и глухотность звуков. При сумме баллов больше 14 говорят о возможной дисфункции слуховой трубы [14]. По данным исследования Teixeira, ETDQ-7 показал высокую корреляцию диагноза дисфункции, подтвержденного при помощи объективных исследований, с симптомами, указанными в опроснике. В данном исследовании были задействованы группы пациентов, имеющих жалобы, говорящие о нарушении функции слуховой трубы, и не имеющих их. Исследуемые были разделены на две группы: по принципу наличия отягощенного отологического анамнеза и жалоб – основная группа и отсутствия таковых – контрольная группа. Все исследуемые прошли опрос и объективные аудиологические исследования (отоскопия, тимпанограмма). Опросник показал 100%-ную специфичность для распределения пациентов по груп-

пам, однако чувствительность для пациентов с интактной барабанной перепонкой была низкой. При сопоставлении результатов опроса с объективными методами также наблюдалось снижение уровня корреляции у пациентов с неповрежденной перепонкой. Исходя из этого можно сделать вывод, что оценки одних только симптомов недостаточно, чтобы предположить нарушение функции слуховой трубы [15].

Для подробной оценки функции слуховой трубы, а также ее анатомии требуется проведение более сложных инструментальных исследований, таких как эндоскопия, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ), а также тестов, в основе которых лежит регистрация градиента искусственно созданного изменения давления или изменения амплитуды звуковой волны: сонотубометрия, инфляционно-дефляционный тест, тубоманометрия, тубоимпеданс и ETF-тест (Eustachian Tube Function). Следует отметить, что при определении функционального состояния слуховой трубы необходимо различать активное ее открытие за счет паратубарных мышц и пассивное – за счет большой разницы давлений [16].

Эндоскопическое исследование слуховой трубы является перспективной областью в диагностике тубарной дисфункции. Это исследование позволяет оценить как анатомию, так и ее функционально состояние, а также выявить тип патологии, ее специфические процессы и установить причину дисфункции, в т. ч. мышечные нарушения, приводящие к неспособности слуховой трубы к расширению [17]. Для оценки проходимости слуховой трубы используется гибкий фиброскоп диаметром 0,8 мм, а для оценки ее глоточного устья – гибкий эндоскоп диаметром 2,5 мм. Данное исследование позволяет проследить проходимость слуховой трубы на всем ее протяжении, вплоть до полости среднего уха [18]. Одной из разновидностей эндоскопического исследования слуховой трубы является видеоназофарингоскопия. По данным Bhushman-2013, данное исследование показало большую информативность в плане предоперационной диагностики. Исследование проводится трансназально с использованием ригидного эндоскопа, с помощью которого ведется запись с ее последующей обработкой. Видео анализируется в замедленном режиме по системе визуальных аналоговых баллов VAS (Visual Analog Scale). Запись ведется в покое, во время проведения проб Тойнби и Вальсальвы. На видео фиксируются естественные физиологические движения хрящей устья слуховой трубы и патологические явления, такие как отек, блокада глоточного устья паратубарными тканями и др., которые оцениваются по шкале от 0 до 8. При VAS ≤ 5 говорят о дисфункции евстахиевой трубы [4]. Недостатком эндоскопического исследования является в первую очередь болезненность, обязательное проведение анестезии, необходимость в дорогостоящем оборудовании и возможные осложнения при неправильной технике проведения, что требует достаточной квалификации специалиста, выполняющего манипуляцию.

Рентгенологические методы исследования, такие как КТ и МРТ, позволяют визуализировать анатомические структуры слуховой трубы, оценить ее проходимость, взаимоотношение с прилегающими к слуховой трубе анатомическими структурами, наиболее важной из которых является внутренняя сонная артерия. Полученные данные, в свою очередь, являются значимым дополнением к предоперационной оценке проходимости слуховой трубы и определению рисков проведения операции [19]. Это направление является перспективным, но малоизученным в современной диагностике дисфункции слуховой трубы. Однако имеются данные о ее успешном применении с целью стратификации пациентов для прогнозирования хирургических исходов. Shim в своем исследовании от 2010 г. при помощи компьютерной системы «Region of Interest» использовал КТ для оценки состояния слуховой трубы у пациентов, которым была показана операция по поводу ХГСО (хронического гнойного среднего отита). В ходе исследования рассчитали максимальную площадь поперечного сечения аэрированного просвета слуховой трубы у пациентов до операции и сравнили с результатами исследования у здоровых людей. Было выявлено, что просвет у пациентов, готовившихся к операции на ухе по поводу ХГСО, был значительно меньше, чем у здоровых лиц, а также было установлено, что исход операции коррелировал со степенью сужения [20]. Недостатком данного исследования является зависимость от наличия рентгенологического оборудования и специального программного обеспечения, а также лучевая нагрузка на пациента. При помощи МРТ-исследования возможно выявить патологию мягких тканей носоглотки и слуховой трубы, при онкологических заболеваниях, после оперативного вмешательства в полости носа и носоглотке, что позволяет установить причину нарушения проходимости слуховой трубы и разработать тактику лечения. Наряду с этим, Lükens в своем исследовании подтвердил, что при помощи МРТ-исследования можно оценить и функциональное состояние слуховой трубы, а именно ее открытие, что является важным элементом для предоперационного планирования. МРТ проводилась 16 пациентам с подтвержденной дисфункцией слуховой трубы при тимпанометрии и на основании клинических симптомов, таких как аутофония и др. Во время исследования удалось четко визуализировать все отделы слуховой трубы, хрящевые пластинки и *m. levator veil palatini*, а также жировую подушку Остмана. Открытие трубы фиксировалось во время проведения пробы Вальсальвы. В результате исследования была установлена 100%-ная взаимосвязь между диагнозом, установленным исходя из МРТ-сканирования, и диагнозом, установленным клинически и при помощи тимпанограммы [21]. К рентгенологическим методам также можно отнести сцинтиграфию слуховой трубы. Данный метод основан на введении радиоактивного изотопа в просвет евстахиевой трубы и дальнейшей регистрации производимого данным изотопом излучения, фиксированного в виде изображения. Преимуществом данного метода является его универсальность – есть возможность применять и при перфорированной бара-

банной перепонке. Существует несколько вариантов проведения этого теста – с использованием изотопов газообразных и жидких веществ. В клинической практике наибольшее распространение приобрел последний [19]. С помощью данного исследования возможно оценить анатомическую конфигурацию слуховой трубы и ее проходимость, а также функциональное состояние. Стоит отметить, что сцинтиграфия является методом, с помощью которого можно оценить мукоцилиарный клиренс. Так, в своем исследовании Paludetti оценивал не только проходимость слуховой трубы, но и изменение процента радиоактивности, передаваемого в носоглотку, что отражало процесс дренирования [22]. В классическом исследовании, проведенном Celen, был использован технеций 99m-микро-агрегированный альбумин (Tc99m-MAA) у пациентов с выпотом и пациентов с травматической перфорацией барабанной перепонки, которые представляли контрольную группу. Tc99m-MAA был введен через перфорацию в барабанную полость, после чего было сделано 60 изображений с 15-секундным интервалом. Контрольная группа имела 100%-ное прохождение изотопа в полость носоглотки, в то время как исследуемая группа – лишь 16% [23]. Несмотря на высокую информативность, данный тест не приобрел популярности в клинической диагностике в связи со сложностью проведения и необходимостью в специальном оборудовании.

Другой группой исследований являются тесты, основанные на искусственном понижении или повышении давления в области носоглотки или наружного слухового прохода. Преимуществом данных методов является в первую очередь неинвазивность, а также скорость и простота выполнения.

Отдельным исследованием является сонотубометрия, при проведении которой оценивается изменение амплитуды звуковой волны, а не давления. Данное исследование проводится на специальном оборудовании с использованием звука. Телефон помещается в ноздрю пациента, а микрофон – в наружный слуховой проход. Для проведения теста используется непрерывный звуковой сигнал с частотой в диапазоне 6–8 кГц. Пациента просят зевнуть, сделать пустой глоток и пробу Вальсальвы, во время которых происходит открытие/закрытие слуховой трубы и микрофон регистрирует прохождение звуковой волны. Это выражается в увеличении минимальной амплитуды звукового сигнала, регистрируемого в наружном слуховом проходе, на 1–5 дБ [12, 24, 25]. Данная методика требует тесной работы с пациентом, т. к. во время проведения теста он должен сидеть неподвижно с закрытым ртом во избежание создания помех. Вместе с тем для исследования требуется дополнительное, изолированное от внешних звуков помещение [24]. Данная методика была оценена в рамках исследования предоперационной диагностики у пациентов, которым проводилась мирингопластика. Так, в своем исследовании Jonathan исследовал прогностическую ценность сонотубометрии для успешной мирингопластики. Тест проводился до и после операции у 25 пациентов. В ходе исследования не было обнаружено

связи между успешностью мирингопластики и результатом оценки функции слуховой трубы при помощи сонотубометрии [26]. В другом исследовании сонотубометрия проводилась в качестве предоперационной оценки у пациентов с предстоящей тимпанопластикой. 70% исследуемых имели удовлетворительную функцию слуховой трубы по результатам сонотубометрии и хороший хирургический результат после 4 лет наблюдения. Остальные 30% исследуемых имели отрицательный результат сонотубометрии, и наблюдалось образование ретракционных карманов после проведенной операции [27].

Таким образом, сонотубометрия требует более тщательного изучения как метод предоперационной диагностики в связи с противоречивыми результатами исследований.

Одним из манометрических исследований является инфляционно-дефляционный тест, или тест компрессии-декомпрессии. Данное исследование — это классический диагностический тест в оториноларингологии. Он позволяет оценить как активное, за счет тубарных мышц, так и пассивное открытие евстахиевой трубы, к тому же его проведение возможно у пациентов с перфорацией барабанной перепонки. Методика заключается в следующем: в наружном слуховом проходе располагается датчик, измеряющий давление, затем оно нагнетается, до тех пор, пока евстахиева труба пассивно не откроется, или до отметки 300 мм рт. ст. Это проявляется в резком снижении давления в наружном слуховом проходе и регистрируется как давление открытия. После пациент делает пять пустых глотков с интервалом в 10 с между ними. Таким образом, оценивается активная трубная функция, измеряется остаточное давление, если такое имеется. После этого переходят к дефляционной части исследования — давление в наружном слуховом проходе разрезается до отметки -200 мм рт. ст. И пациента снова просят несколько раз совершить пустой глоток. После этого остаточное давление записывают. Функция слуховой трубы считается достаточной, если в результате проведения обеих частей исследования остаточное давление отсутствует [12, 28]. По мнению Луковского, выравнивание отрицательного давления является характеристикой вентиляционной функции слуховой трубы, а положительного — отражает ее дренажную функцию [29]. Несмотря на простоту выполнения и свою универсальность, данный тест имеет ряд ограничений применения. При наличии «сухой» перфорации чувствительность теста в качестве предоперационной оценки перед тимпанопластикой с мастоидэктомией у пациентов с ХГСО в исследовании Kurien составила 97%, а у пациентов с отореей — 72%. Таким образом, инфляционно-дефляционный тест ограничен в применении у пациентов с отореей в связи со значительным снижением уровня достоверности результатов [28].

Относительно новым исследованием функции слуховой трубы является тубоманометрия (ТММ). При проведении данного исследования можно стандартизировать уровень давления, подаваемого в носоглотку, и получить влияние как активного, так и пассивного давления открытия слуховой трубы.

Принцип ТММ заключается в нагнетании регулируемого давления в носоглотку через назальный аппликатор. В момент глотания открывается слуховая труба (хрящевая часть), а ушной зонд, находящийся в наружном слуховом проходе (НСП), фиксирует изменения давления. Когда во время глотания труба открыта, воздух поступает непосредственно в среднее ухо и передает колебания давления через перепонку на зонд. Эти колебания отображаются на специальном устройстве [11]. Диаграмма отображает изменения давления (мбар) во времени (с), где значение R отражает отношение разностей между началом колебаний перепонки и нагнетанием давления в носоглотку и максимумом давления в носоглотке по сравнению с начальным [30]. При этом $R < 1$ говорит о нормальной функции трубы, т.к. нарастание давления в НСП происходит до достижения максимума в носоглотке. Если же после него $R > 1$, то можно говорить о дисфункции СТ. Если давление в наружном слуховом проходе начинает расти параллельно с давлением в носоглотке, тогда R равен 0, предполагаем наличие зияющей слуховой трубы. Иногда возможны незначительные дополнительные колебания давления после нагнетания давления в носоглотку. Таким образом, по определению значение R не может быть отрицательным. Как правило, ТММ производят на значениях давления в 30, 40 и 50 мбар [31]. Когда интраназальное давление переходит порог в 10 мбар, происходит усиление нагнетания давления до заданного уровня. Тубоманометрия является легким и быстрым (около 5 мин) методом, который можно проводить как на интактной, так и на перфорированной перепонке. Однако ТММ не регистрирует движения перепонки при наличии выпота в барабанной полости и/или значительно низкого давления. В результате получается неопределенное значение R, что предполагает дисфункцию трубы, несмотря на ее возможное отсутствие [11].

М. Джюнейт провел исследование, в котором производилась оценка чувствительности и специфичности тубоманометрии [32]. Суть работы заключалась в сравнении изменений давления в полости среднего уха посредством тимпанометрии до и после проведения ТММ у здоровых людей. Изменения давления в барабанной полости при этом использовали для верификации успешного открытия трубы, считая изменения в 5–10 мбар действительной дилатацией. Во избежание многократных измерений одного и того же уха в исследовании были анализированы результаты, полученные при 30 мбар. Всякий раз при изменении давления в среднем ухе за счет открытия трубы пациент делал несколько глотательных движений для выравнивания давления и приведения перепонки в исходное положение для проведения последующих измерений. Уровни давления открытия трубы, измеренные посредством ТММ и тимпанометрии, сравнивали, используя уравнение хи-квадрат и значение $p < 0,05$ как статистически значимое отклонение. Анализ результатов показал, что значение R обладает высокой чувствительностью (91%), но низкой специфичностью (41%) с высокой долей ложноположительных результатов (использовался критерий $>0,5$ мбар 43% и $R > 1$ 41% при оценке слуховой трубы путем измерения разницы давлений до/после ТММ).

По данным D. Esteve, ТММ выступает полуобъективным методом оценки функции слуховой трубы и не служит золотым стандартом диагностики [33]. Ранее в своих исследованиях на 58 здоровых ушах и 56 – с хроническим средним отитом он описал незначительный внутриклассовый коэффициент корреляции R-параметра. Интересно, что он предположил, что при разнице между начальным давлением в носоглотке и давлением в наружном слуховом проходе более 0,9 мбар можно думать о наличии ретракционного кармана перепонки. По своему принципу тубоманометрия выступает многообещающим тестом. Однако на данный момент нет какой-либо интерпретации того, насколько важно для функции СТ распределение значений R до/после достижения максимума давления в носоглотке [33]. Также не обсуждаются ни в монографии, ни в руководстве по тубоманометрии параметры кривой давления (например, время нарастания, усиление давления) в отношении диагностики и/или управления дисфункцией СТ. Некоторые из этих выходных мер могут быть потенциально полезными, поэтому необходимы дальнейшие опыты, исследующие их интерпретацию [32].

Некоторые авторы сообщают об ошибках дифференцировки пассивного открытия трубы при высоком давлении в носоглотке от активного за счет работы мышцы, напрягающей небную занавеску [34, 35]. Кроме того, нет доказательств, что результаты теста в условиях высокого давления в носоглотке репрезентативны исходной функции трубы при обычном глотании. Необходимы исследования, которые бы проводились в более физиологичных условиях, определяли разницу между пассивным и активным давлением открытия. Подобные исследования проводились для определения нормы давления, частоты и продолжительности активного открытия СТ при помощи камеры гипо-/гипербарического давления у группы здоровых лиц. Эти исследования позволяют представить типичные градиенты кривой давления в норме, а следовательно, в перспективе возможно их использование для выявления патологии [36, 37].

М.Е. Smith предложил использовать новую методику оценки функции СТ при более низком давлении, результаты которой сопоставимы с ТММ, – тубоимпеданс (ТИ) [16]. Суть метода заключается в том, что происходит запись изменений давления в наружном слуховом проходе при проведении ТММ во время глотания непрерывно. Испытание нового теста проводили на здоровых ушах, сравнивая с полученными цифрами при ТММ. В результате тубоимпеданса было выявлено больше открытий трубы, чем при ТММ (после проведения двух последовательных тестов). Предположительно, это связано с тем, что тубоимпеданс при более низком давлении позволяет зафиксировать незначительные колебания жесткости перепонки, не вызывающие ее движений непосредственно, при этом изменений давления в НСП не происходит. При давлении в 20 мбар зафиксировано открытие СТ в 86%. На уровне же в 30 мбар ТИ фиксирует 100%-ное открытие СТ. В отличие от 50 мбар такие цифры давлений более комфортны для пожилых людей и детей. Но несмотря

на простоту и более физиологичные условия проведения, тубоимпеданс невозможно выполнить при перфорированной перепонке.

Еще одним методом предоперационной оценки функции слуховой трубы, основанным на искусственном создании градиента давления, является ETF-тест. Данное исследование позволяет оценить физиологическое состояние СТ во время проведения импедансной аудиометрии. Тест имеет две разновидности, основанные на разных принципах проведения диагностики, – ETF1, ETF2, в связи с чем его возможно использовать как у пациентов с интактной барабанной перепонкой, так и у пациентов, имеющих перфорацию. Состояние барабанной перепонки будет влиять на выбор методики проведения теста. В случае когда барабанная перепонка остается интактной, применяется ETF1-исследование, при наличии перфорации – ETF2 [38].

В основе ETF1-теста лежит опыт Уилльямса. Суть метода заключается в проведении тимпанометрии в покое, что отражается в пике P1, во время пробы Тойнби – пик P2 и пробы Вальсальвы – P3. ETF-тест считается положительным или функция слуховой трубы нормальной, если разница между пиком P1 и P2 более 10 даПа и разница между Pmax и Pmin не более 15 даПа [39]. Для проведения ETF2-исследования используется модифицированный инфляционно-дефляционный тест. В наружный слуховой проход помещается зонд, который регистрирует изменение давления. Импедансный аудиометр создает давление ± 300 даПа. Пациент совершает пустой глоток с зажатым носом и закрытым ртом три-четыре раза в интервале от 40 до 160 с. После каждого глотка регистрируется давление в момент открытия (O1, O2, O3) и давление в момент закрытия (C1, C2, C3) слуховой трубы. В норме после каждого глотка положительное или отрицательное давление в среднем ухе должно быть частично нейтрализовано и в конце исследования достигать 0 даПа. В таком случае говорят о положительном ETF-тесте, т. е. о нормальной функции слуховой трубы. Если после проведения 5 глотков сохраняется остаточное давление, это свидетельствует о недостаточной функции СТ. В случае если при проведении пробы Тойнби вообще не удается нейтрализовать созданное в наружном слуховом проходе давление, то говорят о высокой степени нарушения функции слуховой трубы [38, 40].

Ценность данного метода для прогнозирования морфологического и функционального результата тимпанопластики, по данным литературы, изучена недостаточно.

Так, Seung Hуо Choi в своем исследовании в качестве предоперационной диагностики у пациентов с перфорацией барабанной перепонки применял модифицированный инфляционно-дефляционный тест (ETF2) [40]. В исследовании были задействованы 137 пациентов, которым была проведена тимпанопластика I типа. У всех пациентов был ХГСО, не связанный с холестеатомой. Пациенты были разделены на 4 группы по степени дисфункции слуховой трубы, исходя из результатов ETF-теста. Во всех группах произошло значительное улучшение слуха, оцениваемое по уменьшению костно-воздуш-

ного интервала (КВИ). Худший результат наблюдался у пациентов с отрицательным результатом теста, что говорит о наличии корреляции между результатом тестирования и исходом проводимого хирургического лечения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Поиск методов, позволяющих оценить состоятельность слуховой трубы, актуален со времен открытия ее функциональной значимости и до сих пор [41]. Несмотря на разнообразие и большой выбор методик и исследований слуховой трубы, специалисты так и не пришли к единому стандарту диагностики. Возможно, это связано с анатомическими особенностями слуховой трубы, которая имеет смешанный тканевой состав, что затрудняет создание универсального радиологического исследования, или с особенностями ее топографического расположения, которое затрудняет эндоскопический доступ и несет высокий риск осложнений. Кроме того, последствия дисфункции слуховой трубы со стороны среднего уха настолько разнятся, что невозможно применение одного и того же метода диагностики у двух различных пациентов, а следовательно, невозможно и стандартизировать результаты. Некоторые авторы в своих работах приходят к выводу, что «золотым стандартом» может являться не одно исследование, а комбинация различных, в т. ч. по методике проведения. Однако такая практика является более затратной, длительной и недостаточно изученной, что не позволяет определить ее как наиболее применимую [4, 15, 19]. Многие тесты, приведенные в данном обзоре, имеют хороший диагностический потенциал, но их применение ограничено необходимостью использовать специальное оборудование, в связи с чем исследования их прогностической ценности не проводились. Проблема поиска методов диагностики работы

слуховой трубы требует дальнейшего, более тщательного изучения, однако уже сейчас можно выделить наиболее перспективные в своей универсальности и информативности методики, такие как эндоскопическая и лучевая способы диагностики, ТММ и ETF-тест.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа слуховой трубы имеет важное прогностическое значение перед проведением слухоулучшающих операций, таких как тимпанопластика. Определение дисфункции слуховой трубы на дооперационном этапе позволит разработать оптимальную тактику лечения и правильно сориентировать пациента. Существует множество методик, определяющих состояние слуховой трубы. Одни из них позволяют оценить анатомически проходимость слуховой трубы: КТ, МРТ слуховой трубы, сцинтиграфия, эндоскопические исследования; в других анализируется именно функциональная составляющая, вентиляционная: тимпанометрия, сонотубометрия, инфляционно-дефляционный тест, тубоманометрия и ETF-тест. Многие из этих методик являются трудоемкими, требующими специального оборудования, имеют ряд ограничений, не позволяющих использовать их при наличии перфорации барабанной перепонки, выделений из уха. Обследование при подготовке к слухоулучшающим операциям, а именно тимпанопластике, должно быть максимально доступным и простым в исполнении. На наш взгляд, этим требованиям отвечают тубоманометрия и ETF-тест. Однако недостаточная освещенность в литературе, в особенности ETF-теста, требует дальнейшего исследования данной методики.



Поступила / Received 12.02.2020

Поступила после рецензирования / Revised 03.03.2020

Принята в печать / Accepted 10.03.2020

Список литературы / References

- House W.F. The Function of the Eustachian Tube. *AMA Arch Otolaryngol.* 1960;71(3):405–407. doi: 10.1001/archotol.1960.03770030047010.
- Pearlman H.B. The eustachian tube: abnormal potency and normal physiological state. *Arch Otolaryngol.* 1939;30(2):212–238. doi: 10.1001/archotol.1939.00650060232004.
- Zhang J., Zhong Z., Xiao S. et al. Tubomanometry value as an associated factor for medication outcomes in adult acute otitis media with effusion. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology.* 2018;275(1):53–57. doi: 10.1007/s00405-017-4772-8.
- Chauhan B., Chauhan K. A Comparative Study of Eustachian Tube Functions in Normal and Diseased Ears with Tympanometry and Videonasopharyngoscopy. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2013;65(3):468–476. doi: 10.1007/s12070-011-0312-9.
- Llewellyn A., Norman G., Harden M. et al. Interventions for adult Eustachian tube dysfunction: a systematic review. *Health Technol Assess.* 2014;18(46):1–180, v-vi. doi: https://doi.org/10.3310/hta18460.
- Lin A.C., Messner A.H. Pediatric tympanoplasty: Factors affecting success. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2008;16(1):64–68. doi: 10.1097/MO0.0b013e3282f43430.
- Bellucci R.J. Selection of cases and classification of tympanoplasty. *Otolaryngologic Clinics of North America.* 1989;22(5):911–926. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2694069.
- Vartiainen E., Nuutinen J. Success and pitfalls in myringoplasty: Follow-up study of 404 cases. *Am J Otol.* 1993;14(3):301–315. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8372930.
- Takahashi H., Sato H., Nakamura H., Naito Y., Umeki H. Correlation between middle-ear pressure-regulation functions and outcome of type-I tympanoplasty. *Auris Nasus Larynx.* 2007;34(2):173–176. doi: 10.1016/j.anl.2006.09.007.
- Uzun C. Cartilage Palisade Tympanoplasty, Diving and eustachian tube function. *Otol Neurotol.* 2003;24(2):350. doi: 10.1097/00129492-200303000-00039.
- Schröder S., Lehmann M., Korbacher D., Sauzet O., Sudhoff H., Ebmeyer J. Evaluation of tubomanometry as a routine diagnostic tool for chronic obstructive Eustachian tube dysfunction. *Clin Otolaryngol.* 2015;40(6):691–697. doi: 10.1111/coa.12451.
- Smith M.E., Tysome J.R. Tests of Eustachian Tube Function: A Review. *Clin Otolaryngol.* 2015;40(4):300–311. doi: 10.1111/coa.12428.
- Finkelstein Y., Talmi Y.P., Zohar Y., Laurian N. Study of Toynbee phenomenon by combined intranasopharyngeal and tympanometric measurements. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 1988;97(2 Pt 1):199–206. doi: 10.1177/000348948809700220.
- McCoul E.D., Anand V.K., Christos P.J. Validating the clinical assessment of eustachian tube dysfunction: The Eustachian Tube Dysfunction Questionnaire (ETDQ-7). *Laryngoscope.* 2012;122(5):1137–1141. doi: 10.1002/lary.23223.
- Teixeira M.S., Swarts J.D., Alper C.M. Accuracy of the ETDQ-7 for Identifying Persons with Eustachian Tube Dysfunction. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018;158(1):83–89. doi: 10.1177/0194599817731729.
- Smith M.E., Zou C.C., Blythe A.J.C., Tysome J.R. Tuboimpedance: A New Test of Eustachian Tube Function. *Otolaryngol – Head Neck Surg (United States).* 2017;156(4):717–721. doi: 10.1177/0194599816686546.
- Poe D.S., Abou-Halawa A., Abdel-Razek O. Analysis of the dysfunctional eustachian tube by videoendoscopy. *Otol Neurotol.* 2001;22(5):590–595. doi: 10.1097/00129492-200109000-00005.
- Di Martino E., Walther L.E., Westhofen M. Endoscopic Examination of the Eustachian Tube: A Step-by-Step Approach. *Otology & Neurology.* 2005;26(6):1112–1117. doi: 10.1097/01.mao.0000176175.71894.98.
- Smith E., Scoffings D.J., Tysome J.R. Imaging of the Eustachian tube and its function: a systematic review. *Neuroradiology.* 2016;58(6):543–556. doi: 10.1007/s00234-016-1663-4.
- Shim H.J., Choi A.Y., Yoon S.W., Kwon K.H., Yeo S.G. The Value of Measuring Eustachian Tube Aeration on Temporal Bone CT in Patients with Chronic

- Otitis media. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2010;3(2):59–64. doi: 10.3342/ceo.2010.3.2.59.
21. Lükens A., Dimartino E., Günther R.W., Krombach G.A. Department of Diagnostic Radiology. *Eur Radiol*;22(3):533–538. doi: 10.1007/s00330-011-2303-3.
 22. Paludetti G., Di Nardo W., Galli J., De Rossi G., Almadori G. Functional study of the eustachian tube with sequential scintigraphy. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec*. 1992;54(2):76–79. doi: 10.1159/000276266.
 23. Celen Z., Kanlykama M., Bayazit A.Y., Mumbuc B.S., Zincirkeser S., Ozbay E. Scintigraphic evaluation of the eustachian tube functions. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)*. 1999;120(2):123–125. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10444987>.
 24. Virtanen H. Sonotubometry: An acoustical method for objective measurement of auditory tubal opening. *Acta Otolaryngol*. 1978;86(1–2):93–103. doi: 10.3109/00016487809124724.
 25. Borangiu A., Popescu C.R., Purcarea V.L. Sonotubometry, a useful tool for the evaluation of the Eustachian tube ventilatory function. *J Med Life*. 2014;7(4):604–610. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4316148/?report=classic>.
 26. Jonathan D.A. The predictive value of eustachian tube function (measured with sonotubometry) in the successful outcome of myringoplasty. *Clin Otolaryngol*. 1990;15:431–434. doi: 10.1111/j.1365-2273.1990.tb00496.x.
 27. Palva T., Marttila T., Jauhainen T. Comparison of pure tones and noise stimuli in sonotubometry. *Acta Otolaryngol*. 1987;103(5–6):212–216. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21449644>.
 28. Kurien R., Chrisolyte S., Rupa V. Inflation – deflation test as a predictor of aditus patency in patients with chronic suppurative otitis media. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009;61(3):169–172. doi: 10.1007/s12070-009-0060-2.
 29. Бобошко М.Ю., Лопотко А.И. Слуховая труба. СПб.: СпецЛит; 2003. С. 166. Boboshko M., Lopotko A. *Tuba Auditiva Eustachii*. St. Petersburg: SpecLit; 2003. P. 166. (In Russ.)
 30. Ruan K., Li J., Tan S., Liu L., Tang A. Comparison of sonotubometry, impedance, tubo-tympano-aerography, and tubomanometry to test eustachian tube function. *Am J Otolaryngol*. 2020;41(2):102384. doi: 10.1016/j.amjoto.2019.102384.
 31. Liu P., Su K., Zhu B., Wu Y., Shi H., Yin S. Detection of eustachian tube openings by tubomanometry in adult otitis media with effusion. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016;273(10):3109–3115. doi: 10.1007/s00405-016-3938-0.
 32. Alper C.M., Teixeira M.S., Kim J.H., Swarts J.D. Diagnostic accuracy of tubomanometry R value in detecting the Eustachian tube pressure equalizing function. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*. 2017;274(4):1865–1872. doi: 10.1007/s00405-016-4430-6.
 33. Esteve D. Tubomanometry and Pathology. In: Ars B. (ed.). *Fibrocartilaginous Eustachian Tube - Middle Ear Cleft*. The Hague, The Netherlands: Kugler Publications; 2003, pp. 159–175.
 34. Alper C.M., Swarts J.D., Singla A., Banks J., Doyle W.J. Relationship between the electromyographic activity of the paratubal muscles and eustachian tube opening assessed by sonotubometry and videodendoscopy. *Arch Otolaryngol – Head Neck Surg*. 2012;138(8):741–746. doi: 10.1001/archoto.2012.1293.
 35. Alper C.M., Teixeira M.S., Swarts J.D., Doyle W.J. Quantitative description of eustachian tube movements during swallowing as visualized by transnasal videodendoscopy. *JAMA Otolaryngol – Head Neck Surg*. 2015;141(2):160–168. doi: 10.1001/jamaoto.2014.3002.
 36. Mikolajczak S., Meyer M.F., Hahn M., Korthäuer C. et al. Characterizing the active opening of the eustachian tube in a hypobaric/hyperbaric pressure chamber. *Otol Neurotol*. 2015;36(1):70–75. doi: 10.1097/MAO.0000000000000575.
 37. Bylander A., Tjernström O., Ivarsson A. Pressure opening and closing functions of the eustachian tube in children and adults with normal ears. *Acta Otolaryngol*. 1983;95(1–2):55–62. doi: 10.3109/00016488309130915.
 38. Biswas A. Eustachian tube function test: A new dimension in the management of CSOM. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*. 1999; 51(2):14–22. doi: 10.1007/BF02997984.
 39. Akyıldız M.Y., Özmen Ö.A., Demir U.L. et al. Should nasal function be considered prior to tympanoplasty? *J Int Adv Otol*. 2018;14(1):53–57. doi: 10.5152/iao.2017.3624.
 40. Choi S.H., Han J.H., Chung J.W. Pre-operative evaluation of Eustachian tube function using a modified pressure equilibration test is predictive of good postoperative hearing and middle ear aeration in type 1 tympanoplasty patients. *Clin Exp Otorhinolaryngol*. 2009;2(2):61–65. doi: 10.3342/ceo.2009.2.2.61.
 41. Feldmann H. The Eustachian tube and its role in the history of otology. Images from the history of otorhinolaryngology, presented by instruments from the collection of the Ingolstadt German History Museum. *Laryngorhinootologie*. 1996;75(12):783–792. doi: 10.1055/s-2007-997676.

Информация об авторах:

Еремеева Ксения Владимировна, к.м.н., доцент кафедры болезней уха, горла и носа, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; e-mail: eremeeva_ks@mail.ru

Варосян Егине Гарегиновна, к.м.н., ассистент кафедры болезней уха, горла и носа, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119435, Россия, Москва, ул. Большая Пироговская, д. 6, стр. 1; e-mail: egine.varosyan@mail.ru

Соболевская Анастасия Олеговна, студентка, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; e-mail: oneus8@gmail.com

Луничева Анна Александровна, студентка, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; e-mail: annlunicheva@gmail.com

Соболев Василий Петрович, к.м.н., доцент кафедры болезней уха, горла и носа, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет); 119991, Россия, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2; e-mail: sobolev1972@mail.ru

Information about the authors:

Kseniya V. Eremeeva, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Ear, Throat and Nose Diseases, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; e-mail: eremeeva_ks@mail.ru

Egine G. Varosyan, Cand. of Sci. (Med.), Assistant of the Department of Ear, Throat and Nose Diseases, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 6, Bldg. 1, B. Pirogovskaya St., Moscow, 119991, Russia; e-mail: egine.varosyan@mail.ru

Anastasia O. Sobolevskaya, student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; e-mail: oneus8@gmail.com

Anna A. Lunicheva, student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; e-mail: annlunicheva@gmail.com

Vasily P. Sobolev, Cand. of Sci. (Med.), Associate Professor of the Department of Ear, Throat and Nose Diseases, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University); 8, Bldg. 2, Trubetskaya St., Moscow, 119991, Russia; e-mail: sobolev1972@mail.ru