



Наука и образование в современном мире. Сборник научных трудов, выпуск 2(9): по материалам IX международной научно-практической конференции, Москва, 29 февраля 2016 г.

**Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.Н.,
Владимирова Т.Ю., Минаева Т.И.**

КОМПЬЮТЕРНАЯ БИОЛОГИЯ ВНУТРЕННЕГО УХА: ОРГАН КОРТИ.

1. ДЕФИНИЦИЯ СТРУКТУРЫ КАК ЭФФЕКТИВНОЙ ЧАСТИ УЛИТКОВОГО ПРОТОКА

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

DOI:10.18411/2016-02-18-22

Реферат

Цель: Дефиниция органа Корти как составляющую часть улиткового протока.

Объекты: Пациенты при аудиометрическом обследовании.

Методы: Аудиометрические обследования пациентов, биоматематическое (компьютерное) моделирование.

Результаты: По установленному распределению координат слуховых рецепторов и аудиометрически установленным верхней и нижней пороговым частотам воспринимаемого звука орган Корти определен как составляющая часть улиткового протока.

Ключевые слова: акустическая модель слуха по Овчинникову; орган Корти, распределение слуховых рецепторов по частотам.

ВВЕДЕНИЕ

Орган слуха является чрезвычайно сложно структурой, предназначенной для преобразования энергии звуковых волн от внешних источников в энергию

ощущений. Теория слуха по Н.Helmholtz [1], классические эксперименты по слуховым явлениям [2, 3], их теоретическое обоснование с выдвиганием экспериментально-статистических положений [4, 5] и последующим анализом стали основой акустической модели слуха [6, 7].

Модель опирается на реальные биофизические процессы во внутреннем ухе, она получила солидное научное обоснование, представленное как полумодель в патенте [8], статьях [9, 10], и как полная модель – в работе [11] и монографии [12]. Более того, она не только соответствует наблюдаемым результатам [13], но и позволяет прогнозировать многие слуховые эффекты [14].

Улитка уха человека является чрезвычайно сложным органом, предназначенным для преобразования энергии звуковых волн от внешних источников в энергию слуховых ощущений. Механизм генерации нервных импульсов, способствующих слуховым ощущениям, запускается органом Корти. В статье рассматривается взаимоотношение органа Корти с другими структурами кохлеарного протока.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Более полутора тысячелетий ученых удовлетворял способ объяснения восприятия человеком звуков его органом слуха, представленный в поэме Т. Лукреция "О природе вещей": звуки слышатся только потому, что "в уши проникнув", они "нам чувство затронут", поскольку являясь материальными ("телесными") субстанциями и обладая реальными (объективными) характеристиками, они производят индивидуальные (субъективные) ощущения. Находясь под приятным впечатлением от поэмы, ученых, тем не менее, интересовал вопрос как о свойствах звука, приводящих к слуховым ощущениям, так и о природе самих ощущений.

Предыстория вопроса

Начиная с XVI века, в эпоху Возрождения, в медицинскую науку внедряется клинический опыт и непосредственный эксперимент [14]. К 1561 г. Габриель Фаллопий, выдающийся итальянский врач и анатом из Падуи, ученик

А. Везалия, обнаружил два отдела внутреннего уха, дав им названия, сохранившиеся до настоящего времени: "улитка" и "лабиринт". Представив детальное описание слуховых косточек и самой улитки, барабанной полости, круглого и овального лабиринтных окон, он впервые попытался выяснить механику их движения. В 1564 г. итальянский анатом Бартоломео Евстахий из Рима описал мышцу, натягивающую барабанную перепонку и повторно открыл забытую к этому времени полую трубку, соединяющую глотку с полостью среднего уха, названную впоследствии его именем, – евстахиевой трубой. В 1565 г. итальянский анатом из Болоньи Констанцо Варолиус детально описал стапедиальный мускул. Экспериментальное достаточно детальное установление основных структур уха позволило сделать новую попытку обоснования предполагаемых принципов работы уха: ее пытался представить в 1566 г. голландский анатом и военный врач-хирург Волхер Кой тер в книге "Слуховой инструмент". Здесь содержались данные о передаче колебаний воздуха через наружный слуховой проход, барабанную перепонку и цепь слуховых косточек к улитке и лабиринту. К 1672 г. относятся работы британского анатома, физиолога и фармаколога Томаса Виллиса, который показал, что органом, чувствующим (воспринимающим) звуки, является перепончатая спиральная пластинка улитки с расположенными на ней нитевидными окончаниями слухового нерва. Он выдвинул и представил свою гипотезу механизма звукопроводения: барабанная перепонка приводится в колебательное движение звуками, ее вибрация передается во внутреннее ухо к слуховому нерву. Чуть позже, в 1683 г., в одной из своих работ французский анатом Жозеф Гишар Дюверней приводит детальное описание анатомических особенностей строения среднего уха и костного лабиринта, не располагая ни микроскопом, ни способами исследования биологических тканей. Итальянский профессор из Болоньи, анатом и хирург Антонио Вальсальва в начале XVIII в. высказал предположение, что структура внутреннего уха должна содержать не твердую пластинку, а мягкую мембрану, соединенную со слуховым нервом.

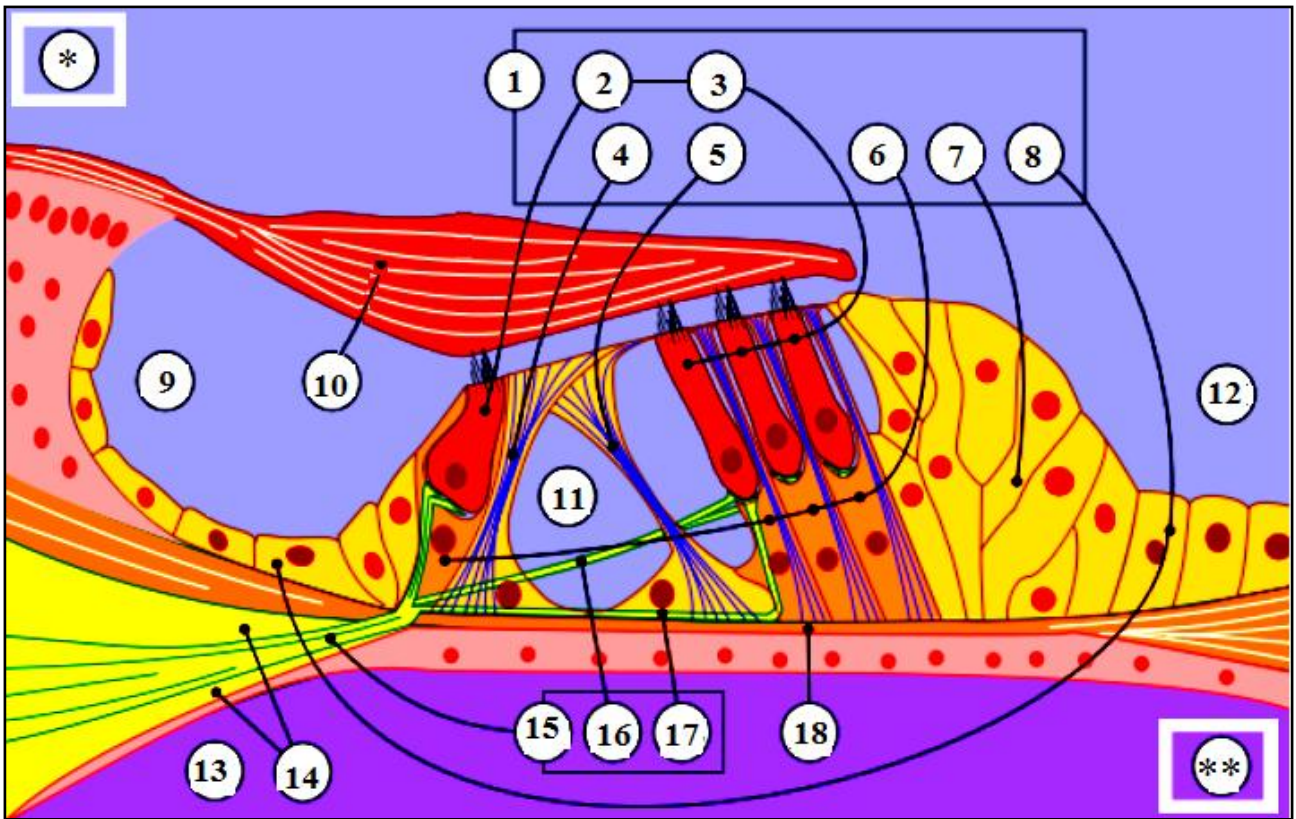


Рис. 1. Кортиев орган в поперечном срезе улиткового протока по современным представлениям (URL: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fd/Organ_of_Corti_multilingual.svg?download): * – эндолимфа; 1 – клетки кортиева органа: 2 и 3 – внутренние и внешние волосковые, 4 и 5 – внутренние и внешние столбовые, 6 – фаланговые, 7 – пограничные, 8 – поддерживающие; 9 – внутренняя спиральная борозда; 10 – текториальная мембрана; 11 – кортиев туннель; 12 – улитковый канал; 13 – барабанная лестница; 14 – спиральный лимб; 15 – волокна слухового нерва: 16 – афферентное, 17 – эфферентное; 18 – базилярная мембрана; ** – перилимфа.

В 1760 г. Доменико Котуньо, профессор анатомии из Неаполя, показал, что лабиринт и улитка заполнены не воздухом, а жидкостью. Дальнейший прогресс в разработке слуховой теории определялся открытиями в области анатомии рецепторов, чему способствовало появление микроскопа и развитие способов окраски и фиксации препаратов анатомических структур. Российский

немец из Латвии профессор анатомии Императорского Юрьевского университета Эрнст Рейснер в 1851 г. открыл мембрану, которая делила вестибулярное пространство улитки на две части – вестибулярную лестницу и кохлеарный проток, отделяя пери- от эндолимфы.

Им было обнаружено также, что кохлеарный проток с жидкостью полностью изолирован от вестибулярной и тимпанальной лестницы и представляет собой самостоятельную замкнутую систему. В это же время итальянский гистолог Маркус Альфонсо Дж.Г. Корти из Сардинии опубликовал оригинальную работу по изучению морфо- и гистологии "Исследования органа слуха млекопитающих". В ней он описал "столбы Корти", покровную мембрану, расположенную на базилярной мембране сложную структуру с находящимися на ней рецепторными клетками. Он показал, что эта структура с чувствительными волосковыми клетками является звуковоспринимающей в слуховом органе. Впоследствии она получила название органа Корти (кортиева органа; в настоящее время – спирального органа).

В середине и конце XIX в. были внесены новые уточнения в тонкие детали строения структур внутреннего уха. Шведский анатом Андреас Ретциус, немецкий врач и анатом Ганс Хельд, немецкий эмбриолог и физиолог Виктор Хензен, немецкий анатом и патолог Фридрих Хенли, немецкие анатомы Фридрих Клаудиус и Отто Дейтерс расширили знания о структуре внутреннего уха, кортиева органа и рецепторных клеток, их расположении и иннервации. Волосковые клетки были окончательно идентифицированы как рецепторные.

Дефиниция органа Корти как функциональной части улиткового протока

Главной структурой внутреннего уха является слепо заканчивающийся кохлеарный (улитковый) проток, работающий как частотно-амплитудный преобразователь звуковой энергии. Он ограничен от вестибулярной лестницы мембраной окна преддверия, а от барабанной лестницы – базилярной мембраной. Внутри протока находится система текториальной и сетчатой

мембран, разделяющая его содержимое на две части: эндо- и кортилимфатический протоки.

Внутрилабиринтные жидкости имеют разный химический состав, поэтому в области геликотремы должна существовать некоторая структура, не позволяющая жидкостям смешиваться. Ее наличие пока экспериментально не установлено, хотя теоретические представления о ней уже существуют.

На базилярной мембране находятся рецепторы – внутренние и внешние волосковые клетки, конкретная функциональная роль которых также еще не разграничена. Координатное распределение рецепторов вдоль длинника улиткового протока теоретически нами ранее было определено. При этом оказалось, что:

(1) невосприимчивость уха к звукам ВЧ устанавливается длиной улиткового протока;

(2) невосприимчивость к звукам НЧ – наличием апикальной связки мембран протока, которой поглощена часть приапикальных рецепторов, из-за чего улитковый проток становится неработающим участком по ширине апикальной связки мембран протока.

Функциональной длиной улиткового протока и его структур остается та его часть, на которой располагаются рецепторы, способные к преобразованию звуковой энергии в сигналы, приводящие к слуховым ощущениям. Именно эта часть улиткового протока совпадает с расположенным на ней органом Корти.

ВЫВОДЫ

Мы показали, что с биофизической точки зрения орган Корти – это составляющая и основная структура улиткового протока, по локации и длине совпадающая с улитковым протоком и его функциональной длиной.

Литература

1. Helmholtz H. Die Lehre den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig: F. Vieweg und Sohn; 1863.

2. von Békésy G. Experiments in Hearing. NY – Toronto – London: McGraw-Hill Book Co.; 1960.

3. Koenig W. A new frequency scale for acoustic measurements / W. Koenig // Bell Laboratory Record, 1949.

4. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Математическое обеспечение проблем биоакустики и психофизики слуха. 1. Дифференциальные уравнения в обосновании распределения слуховых рецепторов по частотам. // Сб.: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 112-118.

5. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Математическое обеспечение проблем биоакустики и психофизики слуха. 2. Дифференциальные уравнения в обосновании возрастных изменений слуха. // Сб.: Образование и наука: современное состояние и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 118-124.

6. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Вычислительная биология внутреннего уха: апикальная связка мембран улиткового протока – от гипотезы к обсуждению. // Сб.: [Наука и образование](#): проблемы и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 117-121.

7. Овчинников Е.Л., Адыширин-Заде К.А., Александрова Н.А., Владимирова Т.Ю. Вычислительная биология внутреннего уха: расчет линейных параметров улиткового протока. // Сб.: [Наука и образование](#): проблемы и перспективы развития. Тамбов, 2014. С. 121-125.

8. Овчинников Е.Л., Ерёмина Н.В. Способ выявления биофизических процессов, реализующих механизм и биофизическую (волновую) модель слуха человека. // Патент RU № 2146878 С1 РФ от 27.03.2000 по заявке № 97111773 от 08.07.1997.

9. Овчинников Е.Л. Акустоволновая модель слуха: биофизическая концепция. Клинические приложения. // Росс. оториноларингол.– 2002. – № 3(3). – С. 71 – 76.

10. Ovchinnikov EL. Acoustic-wave hearing model, initial stage: the sound transduction in the inner ear. / E.L. Ovchinnikov, V.V. Ivanov, Yu.V. Ovchinnikova

// European Science and Technology: 3rd International scientific conference, Munich, Germany, 2012, p. 524-535.

11. Ovchinnikov E.L. Acoustic-Wave Hearing Model, The Initial Stage-C: Hydroacoustics of the Inner Ear (Sound Field Formation in the Cochlea) // J. Appl. Bioinform. Comput. Biol., 2014, 3:2 , p. 1 of 6. <http://dx.doi.org/10.4172/2329-9533.1000112>.

12. Овчинников Е.Л. Акустическая волновая модель слуха. Монография . / Е.Л. Овчинников // Изд. ScienceCentre, 2016, 128 с.

13. Альтман А.Я. Руководство по аудиологии / А.Я. Альтман, Г.А. Таварткиладзе // М.: ДМК Пресс, 2006.

14. Физиология человека. Т. 2. / Ред. Р.Ф.Шмидт, Г.Тевс // М: Мир, 1985.

15. Гончаров Н.И. Иллюстрированный словарь эпонимов в морфологии. / Н.И. Гончаров, под ред. И.А.Петровой // Волгоград: Издатель, 2009, 504 с.: ил.

Ovchinnikov E.L., Adyshirin-Zade K.A., Aleksandrova N.N., Vladimirova T.Yu., Minaeva T.I.

COMPUTER INNER EAR BIOLOGY: CORTI 'S ORGAN.

1. THE STRUCTURE DEFINITION AS EFFECTIVE PARTS

OF THE COCHLEAR DUCT

The Samara state medical university, Samara, Rossi

The abstract

The purpose: Corti 's organ definition as making part of the cochlear duct.

Methods: Audiometric inspections of patients, biomathematical (computer) modeling.

Results: On the established distribution of co-ordinates of acoustical receptors and аудиометрически to the established top and bottom threshold frequencies of a perceived sound Corti 's organ is defined as a making part улиткового a channel.

Keywords: Ovchinnikov 's acoustic-wave hearing model; Corti 's organ, distribution of acoustical receptors on frequencies. i: 10.18411/sc2016-02-04-06.