

УДК 612.858.84:092

Э. А. Бакай, С. П. Чайка

О ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РОЛИ КОСТНОГО ПУЗЫРЯ УЛИТКИ У КОШЕК

При реконструктивных операциях в среднем ухе часто приходится нарушать целостность или геометрию барабанной полости. При этом, вероятно, создается возможность для непосредственного воздействия акустических волн на овальное и круглое окно, что может привести к потере слуха и разборчивости речи. Кроме того, неизвестно, к каким последствиям приводит осуществляемое во время реконструктивных операций изменение геометрии барабанной полости [1].

Помощь в решении поставленных вопросов могут оказать электрофизиологические методы оценки сохранности нормального звуковосприятия при реконструктивных операциях. Нами предложен и применен метод отведения, регистрации и анализа биоэлектрической активности улитки от наружной стенки костного пузыря [7]. Этот способ, так же как и методы регистрации поверхностными электродами с вертекса [8] или с кожи наружного слухового прохода [4] позволяет с помощью усредняющей техники, либо, применяя специальный малошумящий предусилитель [2], регистрировать микрофонные и нервные компоненты биоэлектрических ответов улитки. Изменение акустического сигнала при прохождении через звукопроводящую систему с нарушенной целостностью или геометрией, в первую очередь, отражается в микрофонном компоненте биоэлектрического сигнала [5,6,9,10]. Эти ответы и отводились от наружной поверхности буллы и от ее слизистой оболочки без нарушения целостности костного пузыря и при его повреждении (частичном или значительном).

Методика исследований

Опыты проведены на 15 кошках обоего пола, весом от 3,5 до 4,4 кг. Животных наркотизировали внутрибрюшинным введением этиминала натрия (40 мг/кг) и помещали в специальном станке в звукоизолированной и экранированной камере с

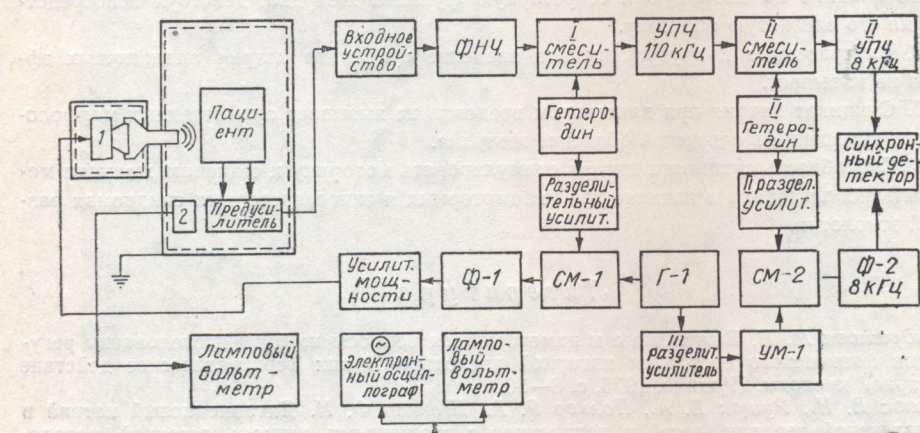


Рис. 1. Блок-схема установки для проведения эксперимента.

1 — специальный электродинамический громкоговоритель в экранированном корпусе, совмещенный со звуководом; 2 — измерительный микрофон; ФНЧ — фильтр нижних частот, УПЧ — усилитель промежуточных частот. Ф-1 — блок фильтров первый, Ф-2 — блок фильтров второй, СМ-1 — смеситель первый, СМ-2 — смеситель второй, Г-1 — генератор первый, УМ-1 — усилитель мощности.

коэффициентом затухания внешних акустических сигналов 40 дБ на частоте 1 кГц. Оперативный подход к костному пузырю осуществляли позадиушным разрезом [3]. Для нарушения целостности буллы в ее костной стенке стамеской Воячека проделывали отверстие. Его расширяли до необходимых размеров с помощью костных щип-

цов. При полном разрушении буллы регистрацию биоэлектрической активности осуществляли при расположении электрода на костной поверхности рамы круглого окна улитки. В качестве звуковых раздражителей применяли чистые тоны в диапазоне частот от 200 Гц до 10 кГц, интенсивностью от 70 до 100 дБ.

Для отведения электрических реакций применяли игольчатые электроды из нержавеющей стали диаметром 0,25 мм. Поверхность электрода, кроме концевой части, покрывали изолирующим материалом. Один из электродов помещали на надкостницу буллы, а другой — вкалывали в шейные мышцы. Электроды подключали к малошумящему предусилителю биопотенциалов [2], выход которого присоединяли к анализатору спектра частот. Анализатор спектра, вместе со специально разработанной к нему приставкой, служил одновременно генератором звука и системой синхронной и когерентной подачи звуковых раздражителей. Генерирование звуковых раздражителей и отведение электрических ответов улитки были также жестко синхронизированы. Схема экспериментальной установки показана на рис.1.

Уровень звукового давления контролировали шумомером фирмы Брюль и Кьер. Для устранения акустических помех звукоизлучатель динамика был вынесен из камеры, и звуковые раздражители через специальный звуковод подавали прямо в ухо животному.

Результаты исследований и их обсуждение

Была изучена возможность регистрации биоэлектрических ответов улитки с поверхности костной стенки буллы. Установлено, что при расположении электрода на наружной поверхности буллы в верхней ее трети величины регистрируемых микрофонных ответов улитки варьировали (от 0,3 до 0,5 мкВ) в зависимости от частоты подаваемого звукового раздражителя. При отведении электрических реакций от середины буллы величины их колебались от 0,5 до 0,2 мкВ, а при регистрации от нижней трети буллы эти ответы составляли 0,2—0,1 мкВ (во всех случаях данные статистически достоверны, $p \leq 0,01$).

Значительно более высокими, до 50 мкВ, были потенциалы при отведении их от внутренней стенки в средней части буллы. Результаты измерения таких потенциалов улитки в этих условиях отведения в ответ на звуковые сигналы различной частоты и интенсивностью 90 дБ представлены ниже.

Частота звука в Гц	200	400	600	800	1000	1200	1600
Амплитуда «МП» в мкВ	3	14	14	13	19	39	50
Частота звука в Гц	2000	2500	3000	4000	6000	8000	
Амплитуда «МП» в мкВ	30	8	4	35	4	4	

Таким образом, «микрофонные потенциалы», регистрируемые от слизистой оболочки, во много раз выше зарегистрированных от наружной костной поверхности буллы. Учитывая это, а также принимая во внимание, что при регистрации кохлеограммы при расположении электродов в слизистой оболочке буллы соотношение сигнал/шум достигает минимальных значений, в качестве оптимальной зоны отведения биотоков улитки у кошек можно рекомендовать слизистую оболочку буллы в средней ее трети.

Изменение амплитуды электрических ответов улитки от внутренней стенки в верхней ее трети в условиях ее целостности, в зависимости от частоты звукового раздражителя (для трех градаций интенсивности стимулирующего сигнала) показано на рис. 2, 1—3, из которого видно, что с приростом интенсивности звуковых раздражителей от 70 до 90 дБ происходит увеличение амплитуды биопотенциалов улитки. Максимальные величины таких ответов наблюдаются на частотах 400 Гц, 4 кГц. Разность значений амплитуд микрофонных биопотенциалов улитки, вызванных звуками в диапазоне интенсивностей 80—70, 90—80 и 100—90 дБ, отра-

жает функцию прироста амплитуд ответов улитки в ответ на увеличение интенсивности звуков на каждые 10 дБ. Эта функция изображена на рис. 3.

Из анализа представленных графиков следует, что равномерный прирост интенсивности звуковых раздражителей в частотном диапазоне от 0,2 до 10 кГц с шагом 10 дБ приводит к неравномерному увеличению, а в некоторых случаях даже к уменьшению величин микрофонного эффекта улитки, особенно выраженному при действии интенсивных низкочастотных звуковых раздражителей в диапазоне от 0,3 до 2 кГц.

Для выяснения функциональной значимости костного пузыря были проведены серии экспериментов с его частичным разрушением или полным удалением и запол-

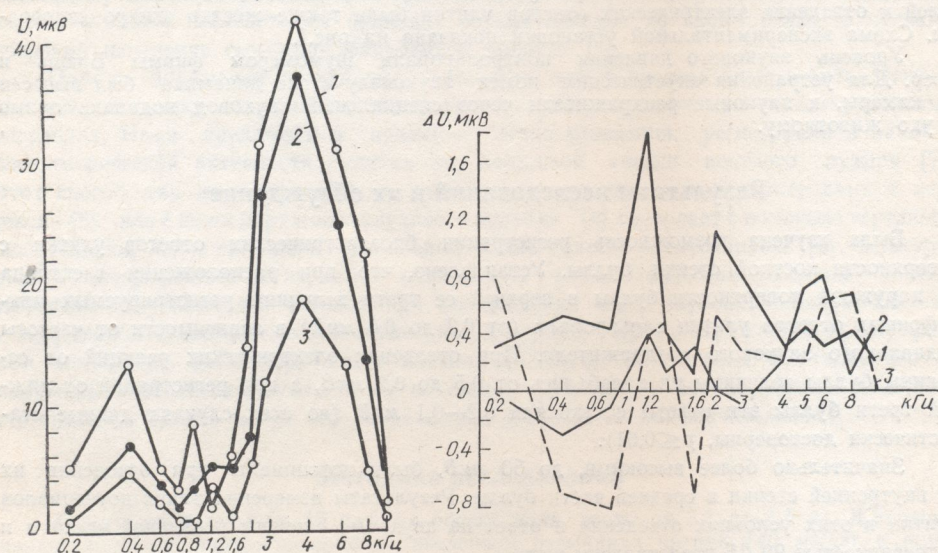


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики электрических ответов улитки, зарегистрированные с наружной стенки костного пузыря в условиях его целостности, при различных интенсивностях стимулирующего сигнала.

1 — 90 дБ; 2 — 80 дБ; 3 — 70 дБ.

Рис. 3. Функции прироста значений амплитуд микрофонных эффектов улитки, зарегистрированных в ответ на увеличение интенсивности звукового раздражителя на 10 дБ.

1 — $\Delta U = (80-70)$ дБ; 2 — $\Delta U = (100-90)$ дБ; 3 — $\Delta U = (90-80)$ дБ.

нением его полости жидкостями различной плотности. При частичном повреждении целостности буллы значительно меняется амплитудно-частотная зависимость величин биоэлектрической активности улитки (рис. 4, а). Амплитуды «микрофонных потенциалов» резко угнетаются и почти не меняются от 200 Гц до 3 кГц. На область частот от 3 до 6 кГц приходятся максимальные ответы, регистрируемые от костной стенки. В более высокочастотном диапазоне (до 10 кГц) вновь обнаруживается значительное снижение амплитуд биоэлектрических сигналов. Амплитудно-частотная зависимость «микрофонных потенциалов» улитки при полном удалении буллы существенно меняется (рис. 4, б).

При заполнении полости костного пузыря физиологическим раствором наблюдается снижение амплитуд «микрофонных потенциалов» улитки во всем диапазоне исследуемых частот (0,2—10 кГц). В случае использования ланолина, это снижение носит еще более выраженный характер. В области частот от 3 до 8 кГц значение амплитуд наблюдаемых биоэлектрических ответов в 3—4 раза меньше регистрируемых в том случае, если полость буллы не была заполнена каким-либо веществом.

Анализируя полученные результаты, можно предположить, что функциональная роль буллы, в основном, сводится к созданию условий для резонанса звуков в области 2—6 кГц. Повреждение буллы, возможно, приводит к созданию условий интер-

ференции звуковых колебаний в среднем ухе, что должно сказываться на уровне разборчивости речи при том же пороге слуха, т. е. поглощению энергии акустических колебаний указанных частот. Это необходимо, поскольку при проникновении таких колебаний в полость среднего уха они могут вызвать нежелательные помехи. По-видимому, наибольшая помехоустойчивость требуется именно в полосе частот 2—6 кГц.

Судя по нашим данным, костный пузырь выполняет функцию селективного выделения биологически значимых звуковых сигналов в диапазоне от 0,2 до 10 кГц. При частичных нарушениях целостности буллы в большей степени страдают избирательные свойства в области низких частот 0,2—3 кГц. При существенных повреждениях костного пузыря или заполнении его полости раз-

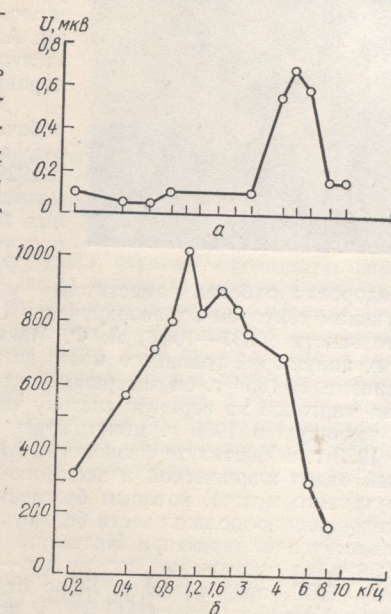


Рис. 4. Изменение амплитудно-частотных характеристик биоэлектрической активности улитки, зарегистрированных от стенки костного пузыря, в зависимости от степени его повреждения. а — частичное повреждение костного пузыря, б — полное разрушение костного пузыря.

личными веществами (физиологический раствор, ланолин) значительно ухудшаются его селективные свойства в высоко- и низкочастотном диапазоне.

Л и т е р а т у р а

1. Андрийчук А. И. Состояние микрофонных потенциалов улитки при пломбировке буллы кошки.— Ж. ушных, носовых и горловых болезней, 1974, № 2, с. 91.
2. Перваченко В. С., Садовский В. В., Бакай Э. А. Малошумящие высокочувствительные предусилители биопотенциалов улитки и слухового нерва.— Ж. ушных, носовых и горловых болезней, 1972, № 6, с. 104—105.
3. Ямпольский Л. Н. Оперативные доступы к среднему и внутреннему уху в целях эксперимента.— В кн.: Сб. трудов Ленинградского научно-практического института болезней уха, горла, носа и речи. Л., 1933, № 1, с. 112—120.
4. Coats A. C., Dickey I. R. Nonsurgical recording of human auditory nerve action potentials and cochlear microphonics.— Ann. Otol., Rhinol. and Laryngol., 1970, 79, N 4, p. 844—852.
5. Barret T. W. Information processing in the cochlear.— Acustica, 1975, 33, p. 102—115.
6. Bekesy G. V. Cross localization of the place of origin of the cochlear microphonics.— JASA, 1952, 24, N 4, p. 399—409.
7. Kraak W., Hofmann G. Nachweis der physiologischen Beanspruchung und der Schädigung des Meer schweinchengehors nach Larmeinwirkung mittels Electrocochleographie.— Arch. Oto-Rhino-Laryngol., 1977, 215, N 3,—4, S. 301—310.
8. Sokmer H., Pratt H. Recording of the cochlear microphonic potential with surface electrodes.— Electroencephalogr. and Clin. Neurophysiol., 1976, 40, N 3, p. 253—260.
9. Ruben R. I., Bordley I. E., Lieberman A. T. Cochlear potentials in man.— Laryngoscope, 1961, 71, N 10, p. 1141—1164.
10. Ward P. H., Honrubia V. The effects of local anesthetics on the cochlear of the guinea pigs.— Laryngoscope, 1969, 79, N 9, p. 1605—1617.

Киевский институт отоларингологии

Поступила в редакцию
18.VI 1978 г.