

УДК 612.858.4.5:612.813.3—092.9

БІОЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОХЛЕАРНОГО АПАРАТА І СЛУХОВОГО НЕРВА НОРМАЛЬНИХ КІШОК

Е. А. Бакай

Лабораторія фізіології та патології ЛОР Київського інституту отоларингології

Останнім часом у ряді країн здійснено спроби використання електрофізіологічних методів для об'єктивної оцінки функціонального стану різних відділів звукового аналізатора [1, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18].

Ми вивчали можливі відхилення мікрофонної відповіді завитки і потенціалу дії акустичного нерва кішок.

Дослідження у гострих експериментах проведені на 35 здорових двомісячних та 90 кішок середнього віку обох статей.

Кішок наркотизували введенням у черевну порожнину етаміналу натрію з розрахунку 40—60 мг/кг та фіксували у станку.

Оперативним підходом по [3] в модифікації [5] оголяли *bulła ossea* вискової кістки. Зразу ж після цього голову тварини розміщали так, щоб кругле вікно було доступне для оперативного втручання. Після цього тварині під контролем операційного мікроскопа підводили електрод до задньо-латеральної ділянки ніші круглого вікна і фіксували за допомогою ціакринового клею. Електродом служив багатожилий срібний дротик, вкритий тефлоновою ізоляцією діаметром 0,12 мм. Кінець дробтика згинали у вигляді петлі, щоб не пошкодити мембрану круглого вікна.

Після операції кішку у фіксаторі розміщали в звукоізоляційній і електроекранованій камері.

Відведення потенціалів було монополярним. Як індіферентний електрод застосовувалася звичайна голка від шприца діаметром 0,2 мм, яку вводили у м'язи шиї. Відвідні електроди після ретельного екранування підключали до підсилювача біопотенціалів УБП-01 через прямий вихід, без катодного повторювача. З виходу підсилювача сигнал подавали на осцилоскоп типу С1-4, з його екрана проводилось фотографування.

З цією метою ми запропонували систему синхронного фотографування, яка складається з зовнішньої електронної схеми синхронізації, вмонтованої в електронний автоматичний імпульсний ключ, та системи внутрішнього запуску ЕНО-1. Це дало змогу здійснювати фотографування з екрана в потрібний момент часу і в заданій фазі сигналу, а також неодноразове повторювання сигналу, робити його строго періодичним і доступним для візуального контролю.

Як звуковий подразник використовували чисті тони частотою від 200 до 8000 гц і білий шум. Чисті тони подавались від генератора звуку ЗГ-11 через електронний автоматичний імпульсний ключ на підсилювач потужності УМ-50а і від нього через ЛАТР на електродинамічний гучномовець 4ГД-28. Весь шлях проходження електричного імпульсу старанно екранувався.

Джерелом білого шуму був спеціальний генератор електронного автоматичного ключа. Щоб одержати потенціал дії слухового нерва застосовувались звукові подразники тривалістю 0,2 мсек. Внаслідок того, що частина електронного ключа не синхронізована з частотою задаючого генератора, при такій малій тривалості імпульсу відрізки синусоїди на виході динаміки починаються в різні фазові моменти. Це утруднює їх реєстрацію і проведення точних вимірювань. Враховуючи все це, ми замінили звуковий генератор на джерело постійної напруги, що дає змогу реєструвати потенціали дії акустичного нерва в одній фазі, однакової форми, а також легко їх вимірювати і фотографувати.

Інтенсивність звукових подразників становила 90 дб над рівнем 2—4 бара.

Для подачі звукових подразників експериментальним тваринам по кістковому звукопроведенню (через кості черепа) застосовувався спеціально екранований пермалоем кістковий телефон.

Частотні характеристики в тихотях були перевірені і прокалі

Для врахування технічних різних частотах і нерівномірні розроблена система контролю вольметра ТР-1101 і електрон

Електричний імпульс, який ром, а випромінюваний електр шумометром, подавався на осп страції біопотенціалів і контр знаходився на тій же відстані

Беручи до уваги, що вел тенціалів дії акустичного нерва брани круглого вікна знаходи десяти тваринах.

У гострому досліді спеці фонних потенціалів завитки в промониторіума.

Було встановлено, що го вікна амплітуда мікр зменшується (див. рисун

Амплітуда мікрофон тичного нерва не переб впливаючого сигналу. І практично без порога, мікрофонної відповіді л стає під впливом звуку і тью до 30—40 дб [20]. І збільшенні інтенсивності 80 дб зростання амплітуди експоненціального хар наступному підвищенні і сті звуку збільшення ам спостерігається [19].

Залежність величини амплітуди відповіди завитки від величини від краю мембрани круглого вікна. 5 — відстань від мембрани круглого вікна до електроду, 6 — амплітуда мікрофонної потенціалу

При дії на завитку амплітуди відповіді від і ляє зробити припущення питанця, як саме накла, впливає на зворотні еле, допомогою модифікованог мікроскопа електрод був кався мембрани круглог табл. 1. Для порівняння [6], який вкладав на мем їх вага мало впливала і ціал мікрофонної відпові дорівнює 0,850 мв, а за в вносить погрішність на 0

УДК 612.858.4.5:612.813.3—092.9

КОХЛЕАРНОГО АПАРАТА ПЕРИФЕРИЧНИХ КІШОК

Інституту отоларингології

спроби використання елек-
тричної функціонального стану
7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16,

микрофонної відповіді завитки і

на 35 здорових двомісячних та
поширенню етімогену натрію з розра-

оголяли *bulla ossea* вискової кіст-
ки так, щоб кругле вікно було до-
держано під контролем операційного
вої діяльності ніші круглого вікна і
дом служив багатожильний срібний
(12 м.м. Кінець дротику згинали у
вікна.

звукоізоляційній і електроекрано-

і індиферентний електрод застосо-
вався, яку вводили у м'язи шні. Від-
ключали до підсилювача біопотенці-
алів. З виходу підсилювача
ради проводилось фотографування.
якого фотографування, яка скла-
ла, вмонтованої в електронний авто-
матичний запуску ЕНО-1. Це дало змогу
визначити час і в заданій фазі сигна-
лу робота його строго періодичним і

тої частотою від 200 до 8000 гц
звуку ЗГ-11 через електронний
апарат УМ-50а і від нього через
весь шлях проходження електрич-

апарат електронного автоматичного
застосовувались звукові подразни-
чів електронного ключа не синхроні-
зації тривалості імпульсу відрізки
фазові моменти. Це утруднює їх
визначити все це, ми замінили звуковий
у реєструвати потенціал дії акус-
тичного легко їх вимірювати і фото-

0 дб над рівнем 2-4 бара.
гальним тваринам по кістковому
спеціально екранований пермалоєм

Частотні характеристики звуковипромінювання та інтенсивність тонів при різних час-
тотах були перевірені і прокалібровані.

Для врахування технічних огріхів апаратури (резонансу звуковипромінювачів на
різних частотах і нерівномірності частотних характеристик іншого походження) була
розроблена система контролю, яка складається із мікрофона «МД-200», лампового
вольтметра ТР-1101 і електронного осцилографа ЕНО-1.

Електричний імпульс, який подавався від ЗГ-11, вимірювався ламповим вольтмет-
ром, а випромінюваний електродинамічним гучномовцем звуковий сигнал вимірювався
шумометром, подавався на осцилограф ЕНО-1 для вимірювання. Осцилографи для реє-
страції біопотенціалів і контролю звукового імпульсу були однотипними; мікрофон
знаходився на тій же відстані, що й вухо експериментальної тварини.

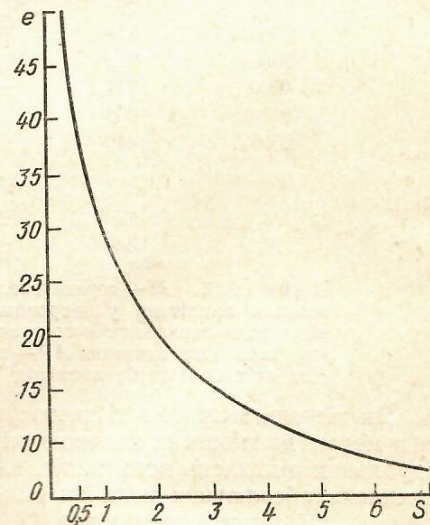
Беручи до уваги, що величина амплітуд мікрофонних потенціалів завитки і по-
тенціалів дії акустичного нерва залежить від того, на якій відстані щодо центра мем-
брани круглого вікна знаходиться електрод, ми провели спеціальні дослідження на
десяти тваринах.

У гострому досліді спеціальним тонким електродом записували амплітуди мікро-
фонних потенціалів завитки в центрі мембрани круглого вікна, на периферії, з ніші і
промонітору.

Було встановлено, що на кожний міліметр віддалення від овально-
го вікна амплітуда мікрофонного потенціалу завитки експоненціально
зменшується (див. рисунок).

Амплітуда мікрофонних потенціалів завитки і потенціалів дії акус-
тичного нерва не перебуває у лінійній залежності від інтенсивності
впливаючого сигналу. Виникаючи
практично без порога, амплітуда
микрофонної відповіді лінійно зро-
стає під впливом звуку інтенсивніс-
тю до 30—40 дб [20]. Потім при
збільшенні інтенсивності до 70—
80 дб зростання амплітуди набуває
експоненціального характеру, при
наступному підвищенні інтенсивно-
сті звуку збільшення амплітуди не
спостерігається [19].

Залежність величини амплітуди мікрофоно-
вої відповіді завитки від величини відда-
лення від краю мембрани круглого вікна.
S — відстань від мембрани круглого вікна до
відповідного електрода в мм, e — величина ам-
плітуди мікрофонних потенціалів завитки в мм.



При дії на завитку звуків різної частоти залежність величини
амплітуди відповіді від інтенсивності змінюється дуже мало, що дозво-
ляє зробити припущення про її універсальний характер. Щоб з'ясувати
питання, як саме накладання електрода на мембрану круглого вікна
впливає на зворотні електричні відповіді завитки, шести кішкам з до-
помогою модифікованого стереотаксичного приладу і операційного
мікроскопа електрод був підведений так, щоб він лише легенько тор-
кався мембрани круглого вікна. Одержані результати наведені у
табл. 1. Для порівняння у даному випадку можна взяти дані Бекеші
[6], який вкладав на мембрану круглого вікна коливні електроди, тому
їх вага мало впливала на мембрану. За його даними, середній потен-
ціал мікрофонної відповіді завитки при застосуванні таких електродів
дорівнює 0,850 мв, а за нашими даними — 0,839 мв, отже сам електрод
вносить погрешність на 0,011 мв.

В нормі у кішок величини мікрофонних потенціалів коливаються від 440 до 880 мкв, залежно від частоти застосованого звукового подразника (табл. 1).

Величини зубця N_1 потенціалу дії восьмого нерва варіювали від 880 до 1034 мкв, а зубця N_2 — від 440 до 506 мкв (табл. 1).

Таблиця 1
Відхилення величин CM і AP від їх середньоарифметичних значень у нормальних кішок

Частота звуку в герцах	Звукопровідність по повітрю		Звукопровідність по кістці	
	M (мкв)	ΔM	M (мкв)	ΔM
CM				
200	704	± 88	528	± 88
400	814	± 66	660	± 66
600	836	± 44	814	± 66
800	858	± 44	836	± 44
1000	880	± 44	836	± 44
1200	836	± 66	770	± 44
1600	792	± 66	748	± 44
2000	792	± 44	792	± 44
2500	814	± 66	748	± 66
3000	792	± 88	704	± 44
4000	748	± 66	308	± 66
6000	506	± 110	264	± 88
8000	440	± 132	220	± 88
AP				
N_1	880	± 22	964	± 33
N_2	440	± 33	440	± 33

Примітка. M — середньоарифметичне значення абсолютних величин амплітуди у мікрівольтах. ΔM — величина відхилення від середньоарифметичного значення амплітуди. CM — мікрофонний потенціал завитки. AP — потенціал дії акустичного нерва. Для всіх показників амплітуд $p < 0,001$.

Як відомо, можливості застосування будь-якого методу дослідження з метою діагностики значною мірою залежить від вираженості індивідуальних відхилень показників, які реєструються у нормі; особливості відхилень абсолютних величин мікрофонних потенціалів завитки і потенціалу дії акустичного нерва (AP) від середньоарифметичних показників відповідних показників наведені у табл. 1.

Слід відзначити, що у 79 з 90 обслідуваних тварин відхилення амплітуд мікрофонної відповіді завитки, які проводились по повітрю в діапазоні частот 200—4000 гц, не перевищували 22—44 мкв (1—2 мм), а в діапазоні 4000—8000 гц — 88 мкв (4 мм).

ΔM величин амплітуд зубців N_1 і N_2 слухового нерва у цих тварин не перевищувало 22—44 мкв.

Лише у 11 кішок ΔM мікрофонних потенціалів завитки, що викликалились звуками частотою 200 і 6000—8000 гц, становили 132—176 мкв (6—8 мм).

Отже, у 87,80% кількості тварин показники CM і AP восьмого нерва були стабільні і досить однорідні.

В процесі дослідження відведення потенціалів проводили як прикладанням відповідного електрода до задньо-латеральної ділянки ніші

круглого вікна, так і з криновим клеєм.

Результати вимірювання восьмого нерва наведені у

Величини CM і AP активного елемента круглого вікна відповідно

Частота звуку в герцах	Елек	Зву	п
200			
400			
600			
800			
1000			
1200			
1600			
2000			
2500			
3000			
4000			
6000			
8000			

N_1
 N_2

У таких випадках, особливо віддалених від нерва значно зменшилась активності завитки і потенціалу віддалення відповідного елемента на рисунку.

В результаті проведення важкої кількості тварин слухового нерва, індукованих звуками в діапазоні частот 200—8000 гц, манні стандартних умов.

Тільки у 12,2% обслідуваних тварин від середньоарифметичних величин CM і AP слухового нерва.

Для того щоб з'ясувати вплив електричної активності на індивідуальні особливості місцевими або загальною електричною активністю.

Результати дослідження

них потенціалів коливаються застосованого звукового по-

сьмого нерва варіювали від 506 мкв (табл. 1).

Таблиця 1
Середньоарифметичних
кішок

Звукопровідність по кістці	
<i>M</i> (мкв)	ΔM

508	±88
660	±66
814	±66
836	±44
836	±44
770	±44
748	±44
792	±44
748	±66
704	±44
308	±66
264	±88
220	±88
964	±33
440	±33

— значення абсолютних
— величина відхилення
цігуля. *CM* — мікрофон-
ді акустичного нерва.

удь-якого методу досліджен-
ежить від вираженості інди-
руються у нормі; особливості
іх потенціалів завитки і по-
ередньоарифметичних показ-
бл. 1.

уваних тварин відхилення
і проводились по повітрю в
вали 22—44 мкв (1—2 мм),
(м).

ухового нерва у цих тварин
енціалів завитки, що викли-
гц, становили 132—176 мкв

казники *CM* і *AP* восьмого

енціалів проводили як при-
ю-латеральної ділянки ніші

круглого вікна, так і з допомогою електрода, закріпленого тут же ціа-
криновим клеєм.

Результати вимірювання таким способом величин *CM* і *AP* вось-
мого нерва наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Величини *CM* і *AP* нормальних кішок, виміряні прикладанням
активного електрода до задньо-латеральної ділянки ніші
круглого вікна і з допомогою електрода, закріпленого до
відповідної ділянки ціакриновим клеєм

Частота звуку в герцах	Електрод закріплений шляхом прикладання		Електрод закріплений ціакриновим клеєм	
	Звукопровід- ність по повітрю	Звукопровід- ність по кістці	Звукопровід- ність по повітрю	Звукопровід- ність по кістці
	<i>M</i> (мкв)	<i>M</i> (мкв)	<i>M</i> (мкв)	<i>M</i> (мкв)
<i>CM</i>				
200	704	528	704	528
400	814	660	858	660
600	836	814	858	814
800	858	836	880	836
1000	880	836	880	836
1200	836	770	858	770
1600	792	748	836	748
2000	792	792	792	792
2500	814	748	792	748
3000	792	704	792	704
4000	748	308	770	308
6000	506	264	528	264
8000	462	220	418	220
<i>AP</i>				
<i>N</i> ₁	880	869	891	869
<i>N</i> ₂	440	440	451	440

У таких випадках, коли відведення потенціалу проводили з інших,
особливо віддалених від круглого вікна точок, величини *CM* і *AP* вось-
мого нерва значно зменшуються. Градієнт змін величин електричної
активності завитки і потенціалу дії акустичного нерва залежно від
віддалення відвідного електрода від мембрани круглого вікна наведені
на рисунку.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що у пере-
важної кількості тварин величини потенціалів *CM* завитки і слухового
нерва, індукованих звуковими сигналами однакової інтенсивності в
діапазоні частот 200—8000 гц, були практично ідентичними при дотри-
манні стандартних умов відведення потенціалів.

Тільки у 12,2% обслідуваних тварин спостерігались виразні відхи-
лення від середньоарифметичного значення величин потенціалів *CM*
і *AP* слухового нерва.

Для того щоб з'ясувати питання про те, чи зв'язані ці відхилення
електричної активності завитки і восьмої пари черепно-мозкових нервів
з індивідуальними особливостями реактивності кішок, чи з перенесе-
ними місцевими або загальними захворюваннями, ми дослідили біо-
електричну активність 35 здорових котенят, віком один місяць.

Результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Відхилення величини *СМ* і *АР* від їх середньоарифметичних значень у нормальних котенят

Частота звуку в герцах	Звукопровідність по повітря		Звукопровідність по кістці	
	<i>М</i> (мкв)	ΔM	<i>М</i> (мкв)	ΔM
<i>СМ</i>				
200	770	± 44	572	± 66
400	880	± 44	704	± 44
600	924	± 22	880	± 22
800	946	± 22	858	± 22
1000	924	± 22	858	± 22
1200	880	± 22	814	± 44
1600	836	± 22	792	± 22
2000	836	± 22	836	± 22
2500	836	± 22	792	± 44
3000	814	± 44	748	± 44
4000	792	± 44	352	± 44
6000	594	± 44	286	± 66
8000	528	± 66	264	± 66
<i>АР</i>				
N_1	924	± 22	902	± 22
N_2	462	± 33	451	± 22

Як видно з таблиці, у нормі у котенят величини мікрофонних потенціалів коливаються від 528 до 946 мкв, залежно від частоти застосованого подразника.

Величина N_1 потенціалу дії восьмого нерва у котенят була на 76 мкв більше, ніж у дорослих кішок.

Слід відзначити, що *СМ* і *АР* восьмого нерва, індуковані звуковими подразниками, проведеними по повітря і по кістках черепа, практично у всіх 35 котенят були майже однаковими.

Це наводить на думку про те, що ті відхилення у показниках електричної активності периферичного відділу звукового аналізатора, які відзначаються у дорослих кішок, пов'язані з якимись перенесеними захворюваннями.

Незважаючи на окремі відхилення від середньоарифметичних показників стабільність і однорідність електрофізіологічних показників діяльності завитки і слухового нерва нормальних дорослих тварин дозволяє використати їх як критерій інтактності цих утворень.

Аналіз змін потенціалів завитки і акустичного нерва можна застосувати при діагностиці різних варіантів патології периферичного відділу звукового аналізатора.

Література

1. Гершуни Г. В., Андреев А. М., Арапова А. А.— ДАН СССР, Нов. серия, 1937, 16, 8, 437.
2. Неменова Ю. М., Крючкова Г. М., Любина А. Я., Полесс М. Э.— Практикум по технике лабораторных работ. М., «Медицина», 1968.
3. Тимофеев Н. В.— Биотоки внутреннего уха и VIII нерва. Автореф. дисс., М., 1940.
4. Ундрин В. Ф.— ЖУНГБ, 1939, 6, 393.
5. Ямпольский Л. Н.— В сб.: Труды Ленингр. НИИ по болезням уха, горла, носа и речи. 1933, 1, 112.

6. Bekesy G.— Experiments
7. Froom B., Nylen C.
8. Galambos R.— Physiol. J.
9. Lempert J., Wever E.
10. Perlman H., Case T.
11. Ronis B.— The Laryngosc.
12. Ruben P., Bordley J.
13. Ruben R., Bordley J.
14. Ruben R., Walker A.
15. Tasaki I.— J. Neurophysiol.
16. Yoshie N., Ohashi F.
17. Yoshie N.— The Laryngosc.
18. Yoshie N., Yamaura.
19. Lawrence M. et al.— J.
20. Wever E.— Physiol. Revs.

BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE COCHLEA AND AUDITORY NERVE

Laboratory of Physiology

On the basis of the data on the bioelectric activity of the peripheral

It was established that the auditory nerve activated by frequencies of 200—8000 Hz were identical.

The results obtained may be of interest in the study of the pathologic changes of the peripheral

Таблиця 3

середньоарифметичних
котенят

Звукопровідність по кістці

М (ккс)	ΔМ
572	±66
704	±44
880	±22
858	±22
858	±22
814	±44
792	±22
836	±22
792	±44
748	±44
852	±44
286	±66
264	±66
902	±22
451	±22

і величини мікрофонних по-
залежно від частоти засто-

нерва у котенят була на

нерва, індуковані звуковими
о кістках черепа, практично

ті відхилення у показниках
ділу звукового аналізатора,
ані з якими перенесеними

середньоарифметичних по-
трофізіологічних показників
льних дорослих тварин до-
сті цих утворень.
тичного нерва можна засто-
ології периферичного відді-

а А. А.—ДАН СССР, Нов. се-

нна А. Я., Полесс М. Э.—
«Медицина», 1968.

VIII нерва. Автореф. дисс., М.,

НИИ по болезням уха, горла,

6. Bekesy G.—Experiments in Hearing., N. Y., 1960.
7. Froom B., Nylen C., Zotterman Y.—Acta Otol., 1935, 22, 477.
8. Galambos R.—Physiol. Rev., 1954, 34, 3, 497.
9. Lempert J., Wever E., Lawrence M.—Arch. Otol., 1947, 45, 61.
10. Perlman H., Case T.—Arch. Otol., 1941, 37, 710.
11. Ronis B.—The Laryngoscop, 1966, 219.
12. Ruben P., Bordley J. et al.—Ann. Otol. Rhinol. Laryngol., 1960, 69, 459.
13. Ruben R., Bordley J., Lieberman A.—The Laryngoscop, 1961, 71, 10, 1141.
14. Ruben R., Walker A.—The Laryngoscop, 1963, 73, 11, 1456.
15. Tasaki I.—J. Neurophysiol., 1954, 17, 2, 97.
16. Yoshie N., Ohashi F., Suruki T.—The Laryngoscop, 1967, 77, 1, 76.
17. Yoshie N.—The Laryngoscop, 1968, 78, 2, 198.
18. Yoshie N., YaMaura K.—Acta Otol., 1969, Suppl., 252, 37.
19. Lawrence M. et al.—J. Acoust. Soc. America, 1962, 34, 1, 102.
20. Wever E.—Physiol. Revs., 1966, 46, 1, 102.

Надійшла до редакції
4.X 1971 р.

BIOELECTRIC ACTIVITY OF THE COCHLEAR APPARATUS AND AUDITORY NERVE IN THE NORMAL CATS

E. A. Bakay

Laboratory of Physiology and Pathology, Institute of Otolaryngology, Kiev

Summary

On the basis of the data of experimental researches in 125 cats the author studied bioelectric activity of the peripheral section of the auditory analysors.

It was established that the cochlear potentials and the action potentials of the auditory nerve activated by the sound-evoked stimulation over the frequency range 200—8 000 Hz were identical.

The results obtained may be used with the aim of the diagnostic of the various pathologic changes of the peripheral section of the auditory analysors.