МЕДИЦИНСКАЯ НАУКА АРМЕНИИ

УДК 612.821

1-2/1997

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗЫ ЗВУКОВОГО ЩЕЛЧКА НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРОТКОЛАТЕНТНЫХ СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В НОРМЕ У ЧЕЛОВЕКА

А.С.Хачунц, Л.Г.Ваганян, Р.А.Багдасарян, Н.Э.Татевосян, Э.Г.Костанян, И.Г.Татевосян

> /Институт физиологии им. Л.А. Орбели НАН РА/ 375028 Ереван, ул. бр. Орбели, 22

# Ключевые слова: слуховой вызванный потенциал, полярность звукового щелчка, спектр мощности

В исследованиях, посвященных изучению коротколатентных слуховых вызванных потенциалов (КСВП) показано, что амплитудно-временные параметры слухового вызванного потенциала подвержены достаточно закономерным сдвигам при изменении полярности акустических шелчков [1,2.8,9]. Изменения морфологии КСВП, связанные с инверсией полярности щелчка, особенно четки в отношении параметров II и IV компонентов, хотя приводятся данные об изменениях латентных периодов пиков других компонентов, межпикового интервала I-V, а также соотношение амплитул первого и пятого компонентов (I/V). Вместе с тем в трактовке указанных фактов до настоящего времени не имеется единого мнения. Одним из устоявшихся подходов является утверждение о том, что выявленная разница в морфологии КСВП связана не с наличием фазочувствительных элементов слухового анализатора, а с эффективностью определенной части щелчка (положительного полупериода раздражающего сигнала) и соответственно с разновременной активацией (на один полупериод) рецепторных клеток внутреннего уха. Следует подчеркнуть, что в имеющихся работах нет систематического описания эффектов инверсии полярности звукового стимула на амплитудновременные показатели КСВП. Кроме того, отсутствуют данные относительно характеристик спектров мошностей при изменении фазы звукового стимула.

Цель настоящей работы состоит в изучении влияния изменений полярности звукового стимула на морфологию КСВП методом спектрального анализа. Эксперименты проводили на 14 испытуемых с нормальным слухом в возрасте 18-45 лет (средний возраст 24 г.). Все основные процедуры исследования КСВП: аналоговая фильтрация, усиление биопотенциалов, предъявление стимулов, усреднение ВП, измерение параметров ответа и распечатка результатов – проводились с помощью нейрофизиологической системы "Nomad-3400" фирмы Tracor Northern (США). Акустическим стимулом служили широкополосные щелчки с начальной фазой разряжения, сжатия и альтерации длительностью 0,1 мсек, подаваемыми монаурально с частотой 11,1 Гц. Фазу щелчка меняли путем изменения полярности генерирующего его электрического импульса.

Маскировку неисследуемого уха осуществляли подачей белого шума интенсивностью на 40 дб ниже уровня щелчков. Субъективные пороги слуха на щелчки составили 14 дб с вариацией в пределах 12–15 дб. Затем для каждого испытуемого устанавливали уровень стимуляции на 60 дб выше его субъективного порога.

После соответствующей обработки кожи импеданс электродов составлял 700-1100 Ом с межэлектродной разностью 200-300 Ом. КСВП отводили одновременно по двум каналам с использованием следующих коммутаций: СZ-M2 – правое вертексно-мастоидальное и СZ-M1 – левое вертексно-мастоидальное отведения. Заземляющий электрод устанавливали в области центрального лобного отведения. Позиции всех электродов – по международной системе "10-20". Биопотенциалы усиливались в 1×10<sup>-5</sup> раз при полосе пропускания усилителя 150-3000 Гц. Усредняли 2000 одиночных реализаций. Эпоха анализа составляла 10 мсек, частота дискретизации – 50000 Гц на канал (500 точек) с интервалом 20 мсек.

В качестве основных параметров использовали пиковые латентные периоды волн КСВП, межниковые интервалы I–III, I–V, а также величину отношений амплитуд I волны и комплекса IV–V.

Для повышения надежности полученных результатов КСВП усредняли дважды и обрабатывали соответственно критериям повторяемости данных, в качестве которых служило различие в пиковом латентном периоде (ЛП) в двух сериях усреднений не более 60 *мксек*. ЛП измеряли от начала стимула до пика, а амплитуды — от положительного пика до последующего отрицательного.

После регистрации КСВП информация записывалась на гибкие дискеты и переносилась на IBM совместимый персональный компьютер для дальнейшей спектральной обработки кривых.

В работе использовался алгоритм спектрального анализа, разработанный в лаборатории нейрокибернетики Института физиологии, позволяющий рассчитывать интеграл Фурье. Прямое преобразование Фурье при использовании указанного алгоритма дает более точные результаты для процессов затухающего характера, регистрируемых в ответ на кратковременное синхронное мощное воздействие. Этим требованиям полностью отвечают КСВП.

После сокращения избыточности данных и сглаживания артефакта стимула проводилось прямое преобразование Фурье для получения спектральных кривых КСВП. Затем по поведению реальной и мнимой составляющих и годографа выделялись основные частотные компоненты спектральных кривых, а в дальнейшем оценивались частотно-мощностные параметры этих компонентов. Полученные результаты обрабатывались методом вариационной статистики.

### Результаты и обсуждение

При анализе амплитудно-временных характеристик КСВП в ответ на звуковые щелчки с начальной фазой разряжения, сжатия и альтерации выявлены закономерные изменения в морфологии КСВП, согласующиеся с таковыми в литературе [2,4,6-9]. Нами показано, что различия между КСВП, возникающими в ответ на щелчки разряжения и сжатия, в основном касались I и II компонентов. Последние четко выявлялись при стимуляции щелчками разряжения и имели меньшую амплитуду или не идентифицировались в случае предъявления щелчков сжатия. КСВП, записываемые при стимуляции щелчками альтерации, показывали сходство с КСВП, отводимыми при стимуляции щелчками разряжения и сжатия (рис. 1).



Рис. 1. КСВП, зарегистрированные в ответ на изменение фазы стимула, приложенного к левому уху

CZ/M1 — ипсилатеральное, CZ/M2 — контралатеральное вертексно-мастоидальное отведения. Р, А, С — здесь, на рис. 2 и в таблицах — звуковые щелчки разряжения, альтерации и сжатия соответственно. Калибровка — 0.5 мкВ. Эпоха анализа — 12 мсек.

Компоненты II и IV, будучи хорошо выраженными при стимуляции щелчками разряжения (Р), при предъявлении щелчка сжатия (С) вовсе не регистрировались. Амплитуда волн III и V повышалась при переходе от щелчков Р к С. В случае раздражения щелчками альтерации (А) эти компоненты имели сравнительно меньшую амплитуду.

В табл. 1 приведены нормальные параметры КСВП при применении щелчков с разной начальной фазой. При переходе от щелчков Р к С амплитуда V компонента и соотношение амплитуд V к I значительно повышались. В случае щелчков А получали примерно средние значения этих величин.

Таблица 1

щелчков	Ипсилатералы	ное отведение	Контралатеральное отведение		
	V + VA	V/I	V +VA	V/I	
Cp.	0.38	1.95	0.32	2.86	
Cp.	0.12	2.59	0.35	2.49	
STD	0.10	1.20	0.12	0.70	
Cp. STD	0.52 0.14	3.34 2.85	0.42 0.14	2.91 0.85	
	ср. STD Cp. STD Cp. STD Cp. STD STD	а щелчков Ипсилатералы V + VA Cp. 0.38 STD 0.12 Cp. 0.47 STD 0.10 Cp. 0.52 STD 0.14	а щелчков Ипсилатеральное отведение   V + VA V / I   Cp. 0.38 1.95   STD 0.12 1.42   Cp. 0.47 2.59   STD 0.10 1.20   Cp. 0.52 3.34   STD 0.14 2.85	Ищелчков Ипсилатеральное отведение Контралатеральное отведение   V + VA V / I V + VA   Cp. 0.38 1.95 0.32   STD 0.12 1.42 0.11   Cp. 0.47 2.59 0.35   STD 0.10 1.20 0.12   Cp. 0.52 3.34 0.42   STD 0.14 2.85 0.14	

#### Амплитудные параметры КСВП при изменении фазы стимула

Латентные периоды компонентов КСВП и межпиковых интервалов при тех же условиях стимуляции показаны в табл. 2. При ипсилатеральном отведении все компоненты, за исключением IV и VI, имели более короткие ЛП при стимуляции щелчками Р. ЛП IV и V пиков были примерно одинаковы. В отношении межпиковых интервалов наблюдалась тенденция к более меньшим значениям при подаче С-щелчков. На контралатеральной стороне наблюдались те же различия во временных и амплитудных параметрах, однако они были менее выраженными.

В результате анализа кривых мощностей в частотной области выявлены три основных компонента КСВП – низкочастотный (НЧ), среднечастотный (СЧ), высокочастотный (ВЧ) и соответствующие им полосы частот. Исходя из того, что инверсия полярности звукового щелчка приводила к весьма специфическим изменениям морфологии КСВП, для оценки информативной ценности каждого из выделенных частотных компонентов было бы целесообразно сравнить параметры кривых спектральных мощностей КСВП, полученных в условиях предъявления разнофазных звуковых стимулов.

Таблица 2

-		10 × 100		Weller State of the State of th							V		and the	6-1 A 200
Tan in	14.3.3	A. Said		4.9.7	E Cont	Ипсилат	еральное о	отведение						Se 10 2
Фаза	щелчков	I	IA	п	ш	IV	v	VA	VI	I-III	I-V	III-V	IA-III	IA-V
P	Cp.	1.7	2.23	2.79	3.72	4.86	5.62	6.24	7.23	2.02	3.93	1.91	1.48	3.39
	STD	0.10	0.14	0.15	0.23	0.30	0.26	0.31	0.38	0.23	0.27	0.12	0.17	0.20
A	Cp.	1.72	2.26	2.79	3.73	4.84	5.63	6.27	7.28	2.01	3.91	1.90	1.47	3.37
10	STD	0.07	0.17	0.13	0.26	0.33	0.33	0.33	0.35	0.25	0.31	0.15	0.22	0.28
С	Cp.	1.78	2.32	2.96	3.77	4.85	5.59	6.19	7.84	1.98	3.80	1.82	1.45	3.27
-	STD	0.08	0.13	0.15	0.29	0.43	0.39	0.28	0.48	0.28	0.38	0.18	0.23	0.34
		A P		-5. 2.	14-6	Контрала	теральное	отведение		34 S	2 212	4.7.2	E-E-E	14.13
P	Cp.	1.71	2.25	2.84	3.69	4.79	5.70	6.30	7.21	1.98	3.99	2.00	1.44	3.44
	STD	0.12	0.14	0.18	0.25	0.30	0.30	0.38	0.40	0.28	0.31	0.22	0.25	0.23
A	Cp.	1.72	2.32	2.88	3.72	4.81	5.71	6.31	7.31	2.00	3.99	1.99	1.41	3.39
	STD	0.07	0.17	0.20	0.26	0.25	0.36	0.38	0.39	0.23	0.33	0.16	0.22	0.29
С	Cp. 1.80 2.34 2.98	2.98	3.66	4.90	5.62	6.34	7.37	1.86	3.82	1.96	1.32	3.28		
- Juni	STD	0.09	0.18	0.21	0.33	0.36	0.41	0.36	0.38	0.34	0.40	0.31	0.26	0.32

Латентные периоды шиков и межниковых интервалов КСВП при изменении фазы стимула

поделения и на подел

42



Рис. 2 Кривые спектральных мощностей КСВП при изменении фазы звукового щелчка

По оси абсцисс — частота (Г4), по оси ординат — мощность (10<sup>-5</sup> мкВ^2\*с). Метки соответствуют : ось ординат 15Г4 и последовательно 150 и 1500 Г4. НЧ, СЧ, ВЧ — низко-, средне- и высокочастотные компоненты соответственно. Шкала по оси логарифмическая.

Таблица 3

			Ипсила	теральное от	гведение	i Lisner of	LET ALS	CALIFUL.
Фаза щелчков		НЧ комп.		СЧ комп.		ВЧ к	ВЧ/СЧ	
	hidge	частота Гц	•мощн. ×10 <sup>-5</sup>	частота Гц	мощн. ×10 <sup>-5</sup>	частота Гц	мощн. ×10 <sup>-5</sup>	%
P	Cp. STD	127.1 49.2	31.4 10.8	535.8 43.9	36.3 13.2	951.8 126.4	26.5 9.7	72.9
С	Cp. STD	143.3 45.6	38.2 8.8	528.3 36.4	37.9 12.5	1000.1 107.4	15.9 3.6	42.2
A	Cp. STD	119.6 48.2	33.6 12.6	521.5 37.9	35.7 7.7	954.9 127.5	19,9 6.3	55.9
1 Actor	din finitizi	a <u>manufap</u>	Контрал	атеральное о	тведение	ALC: NOT	Thomas	u usam
P	Cp. STD	165.3 56.8	31.3 10.7	532.5 119.9	29.8 16.3	1029.0 166.1	19.4 5.9	65.2
с	Cp. STD	140.1 66.8	38.3 14.4	498.7 45.7	34.4 13.8	1016.4 137.0	13.6 7.1	39.5
A	Cp. STD	131.9 62.8	37.5 10.4	506.7 75.5	29.7 13.3	1013.1 105.3 .	14.7 5.4	49.3

Пиковые параметры частотных компонент КСВП по кривым спектров мощности

43

Как видно из рис. 2 и табл. 3, существенных изменений спектральных КСВП (в смысле изменений частотных параметров) в условиях инверсии полярности щелчка не наблюдалось. Однако при анализе соотношения мощностей частотных компонентов кривых, полученных последовательно в условиях щелчков разряжения, сжатия и альтерации, выявлено билатеральное перераспределение в виде снижения пиковой мощности ВЧ и ее нарастания в СЧ. При Р-шелчках соотношение ВЧ/СЧ составляло 72,9% для ипсилатерального и 65,2% - для контралатерального отведений. В условиях стимулящии С-щелчками эти соотношения составили соответственно 42,2 и 39,5%. При предъявлении А-щелчков указанные соотношения имели промежуточные значения (55,9 и 49,3 % соответственно). Если принять справелливым отсутствие фазово-чувствительных элементов в слуховом анализаторе, то при спектральном анализе следовало бы ожидать не простое перераспределение мошностей основных частотных компонент, а более грубые слвиги в морфологии спектральных кривых, охватывающих также частотные параметры.

Таким образом, наряду с имеющимися в литературе данными, анализ кривых спектральных мощностей КСВП также опровергает распространенное мнение авторов [5,7] относительно активирующей роли исключительно одного полупериода (положительного) звукового щелчка. Фактически в слуховом анализаторе представлены две популяции фазово-чувствительных генераторных элементов, чем и определяются характерные изменения амплитудно-временных и частотно-мощностных параметров КСВП.

Поступила 30.06.96

#### ՄԱՐԴՈՒ ՄՈՏ ԼՍՈՂԱԿԱՆ ԳՐԳՌԻ (ԿՏԿՏՈՅ) ՓՈՒԼԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ԱՉԴԵՅՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՐՃ ԳԱՂՏՆԻ ՇՐՉԱՆՈՎ ԼՍՈՂԱԿԱՆ ՀՐԱՀՐՎԱԾ ՊՈՏԵՆՅԻԱԼՆԵՐԻ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՎՐԱ ՆՈՐՄԱՅՈՒՄ

# Ա.Ս.Խաչունց, Լ.Գ.Վահանյան, Ռ.Ա.Բաղդասարյան, Ն.Է. Թադեւոսյան, Է.Գ.Կոստանյան, Ի.Գ.Թադեւոսյան

Մարդկանց մոտ նորմայում միակողմանի գրգոման պայմաններում ուսումնասիրվել է ձայնային գրգոի (կտկտոց) փոփոխության ազդեզությունը կարճ գաղտնի շրջանով լսողական հրահրված պոտենցիալների սպեկտրալ բնութագրերի վրա։ Յույց է տրված նշված պոտենցիալների ամպիտուդ-ժամանակային պարամետրերի փոփոխությունը գրգոի բեւեռայնության փոփոխման (նոսրացում, սերմում եւ այտերացիա) պայմաններում։ Պոտենցիայների կորերի սպեկտրալ վերլուծությունը բացահայտել է երեք հիմնական բաղադրհյների ցածը, միջին եւ բարձր հաճախականության եւ դրանց համապատասխանող հզորության գոտիների առկայությունը գրգոի բեւեռայնության փոփոխման պայմաններում։ Կորերի հաճախականության բաղադրիչների հարաբերակցության վերլուծությունը բացահայտել է բարձր հաճախականության կորերի գագաթնային հզորության իջեցում եւ միջին հաճախականության կորերի համապատասխան մեծության աճ։ Ենթարովում է, որ կարճ գաղտնի շրջանով լսողական հրահրված պոտենցիալների ամպլիտուդ-ժամանակային եւ հաճախականություն-հզորություն բողադրիչների փոփոխությունները պայմանավորված են լսողական վերյուծական համակարգում փույազգագողական գեներատորային էլեմենտների առնվազն երկու պոպուլյացիաների առկայությամը։

### THE INFLUENCE OF ACOUSTIC CLICK POLARITY CHANGES ON THE HUMAN BRAINSTEM AUDITORY EVOKED POTENTIALS IN NORMAL HEARING

# A.S.Khachunts, L.G.Vahanian, R.A.Baghdassarian, N.E.Tatevossian, E.G.Kostanian, I.G.Tatevossian

It has been studied the influence of acoustic click polarity changes on spectral characteristicts of brainstem auditory evoked potentials (BAEP) to monaural stimulation in man. Amplitude-timing changes are detected during rarefication (R-click), condensation (C-click) and alteration (A-click) stimuli. The spectral analysis of BAEP curves has revealed existence of 3 main frequency components: low, middle, high and corresponding frequency bands. A decrease in peak-power of high-frequency component and increase in middle-frequency component peak power to the R-click, C-click and A-click are recorded as well.

The existence of two phase-sensory generatory elements in the auditory system can be suggested, which determines the characteristic changes of amplitude-timing and spectral frequency-power parameters of BAEP.

# ЛИТЕРАТУРА

- 1. Оглезнев К.Я., Шестриков С.А., Шубин Е.Б. Вызванные потенциалы ствола мозга и периферических нервов. Новосибирск, 1987.
- 2. Хечинашвили С.Н., Кеванишвили З.Ш. Слуховые вызванные потенциалы человека. Тбилиси, 1985.
- Daniel M. Schwartz, Michel D. Morris, John D. Spydell et al. Influence of click polarity on the brainstem auditory evoked response (BAER) revisited. EEG and Clin. Neurophysiol., 1990, 77, 6, p. 445.
- 4. Ornitz E.M., Walter D.O. The effect of sound pressure waveform on human brainstem auditory evoked responses. Brain Res., 1975, 95, p. 490.
- Peake W.T., Kiang N.Y-S. Cochlear responses to condensation and rarefication clicks. Biophys. J., 1962, 2, p. 23.
- Rosenhamer H.J., Lindstrom B., Lundborg T. On the use of click-evoked electric brainstem responses in audiological diagnosis. I. The variability of the normal response. Scand. Audiol., 1978, 7, p.193.
- Stockard J.E., Stockard J.J., Westmoreland B.F., Corfits J.L. Brainstem auditory evoked responses. Normal variation as a function of stimulus and subject characteristics. Arch. Neurol., 1979, 36, p. 823.
- Stockard J.J., Stockard J.E., Sharbrough F.W. Nonpathological factors influencing brainstem auditory evoked potentials. Part.I. Amer. J. EEG Technol., 1978, 18, p. 177.
- Stockard J.J., Stockard J.E., Sharbrough F.W. Nonpathological factors influencing brainstem auditory evoked potentials. Part II. Amer. J. EEG Technol., 1978, 18, p.186.

Parieve Toolanteen made thinks