

Изучение особенностей бинаурального взаимодействия в стволовых структурах слухового пути

С. И. Чудновский, А. Н. Поляков

Бинауральное взаимодействие оценивали определением кривой разности между алгебраической суммой потенциалов, зарегистрированных при моноауральной стимуляции правого и левого уха, и потенциалами, регистрируемыми при бинауральной стимуляции. При интерауральных различиях уровней звукового давления (УЗД) щелчка и маскирующего шума амплитуда P_1N_2 на кривой разности, характеризующая бинауральное взаимодействие, определяется меньшим по амплитуде и большим по латентному периоду ответом. С изменением интерауральных различий УЗД щелчков от 0 до -40 дБ при постоянном минимальном УЗД щелчков, подаваемых в одно ухо, наблюдается укорочение латентности пиков N_1 , P_1 , N_2 кривой бинаурального взаимодействия на $220-280$ мкс.

В литературе имеются работы, в которых представлены сведения о влиянии интерауральных различий УЗД и времени стимуляции на бинауральное взаимодействие (БВ). При этом использовались методы регистрации фокальных вызванных потенциалов с помощью электродов, введенных в ядра оливы, латерального лемниска, бугры четверохолмия и т. д. [1, 2]. Изучались также ответы единичных нейронов перечисленных выше структур с помощью микроэлектродной техники [1, 11, 12, 16]. Использование указанных выше методов позволило выявить и классифицировать группы бинаурально иннервируемых нейронов в различных структурах слухового пути ствола мозга по характеристикам их ответов на контра-, ипси- и бинауральное раздражения. Однако при использовании вживляемых электродов достаточно сложно достичь симметричного отведения потенциалов соответствующих структур правого и левого слуховых путей. В силу этого не удастся оценить соотношение синхронно возбужденных и заторможенных бинаурально иннервируемых нейронов при интерауральных различиях уровня интенсивности. Кроме того, недостаточно изучены вопросы влияния одно-сторонней маскировки на характер БВ в стволовых структурах слухового пути.

Используя метод регистрации коротколатентных слуховых вызванных потенциалов (КСВП), волны которых характеризуют интегративную активность периферического и центральных отделов слухового пути [4, 14, 15], а также учитывая, что выявлено соответствие между определенной структурой и волной, удастся оценить уровень и меру БВ [5, 7—10, 13]. Указанный метод исключает оперативное вмешательство и при использовании вертекс-окципитального отведения обеспечивает симметричность условий регистрации потенциалов соответствующих структур правого и левого слуховых путей ствола мозга.

Целью данной работы явилось изучение особенностей БВ при интерауральных различиях УЗД акустических щелчков и широкополосного шума с помощью метода регистрации КСВП.

Методика

Исследования проведены на 12 морских свинках массой $450-800$ г. При отборе животных для эксперимента проверяли состояние барабанной перепонки в обоих ушах и рефлекс Прейера. Животных наркотизировали внутрибрюшинным введением 20 %-ного раствора уретана ($7,5$ мл/кг) и помещали в стереотаксическую установку.

Методика регистрации КСВП у морской свинки подробно описана ранее [3, 5]. В проведенных исследованиях использовали щелчки разрежения при УЗД, составляющем $87-47$ дБ, шагом 10 дБ и шум в полосе частот $40-12\,000$ Гц при значениях отношения сигнал/шум, составляющих $+40$, $+30$, $+20$, $+10$, 0 , -10 дБ (за отношение

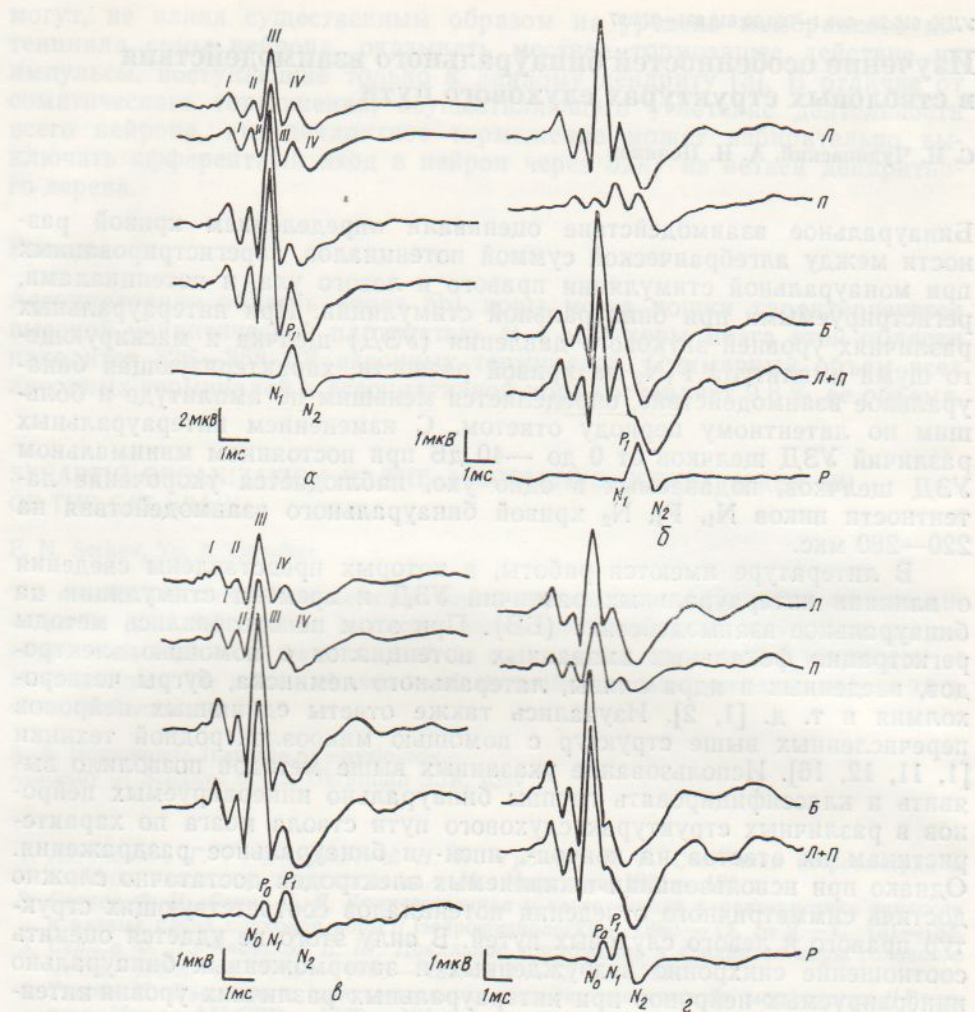


Рис. 1. Бинауральное взаимодействие, оцененное по характеристикам КСВП без (а, б) и при (в, г) маскирующем шуме:

а — УЗД щелчков, подаваемых в правое и левое ухо, составляет 87 дБ; б — УЗД щелчков, подаваемых в левое ухо, — 87, в правое — 47 дБ; в — отношение сигнал/шум для правого и левого уха составляет +20 дБ при УЗД щелчка 87 дБ; г — в правое ухо подается щелчок, составляющий 87 дБ, без шума, в левое — при отношении сигнал/шум, составляющем +20 дБ, при том же УЗД щелчка. Р — кривая бинаурального взаимодействия; Л, П — КСВП, зарегистрированные при моноауральной стимуляции левого и правого уха соответственно; Л+П — алгебраическая сумма потенциалов, зарегистрированных при моноауральных стимуляциях; Б — КСВП, зарегистрированные при бинауральной стимуляции.

сигнал/шум, равное 0 дБ, принимали такое отношение, когда УЗД шума был на 20 дБ меньше УЗД щелчка, который в этом случае составлял 87 дБ). Осуществляли регистрацию КСВП без и при интерауральных различиях УЗД щелчка и шума.

ВВ при интерауральных различиях УЗД щелчков оценивали в двух сериях опытов на одних и тех же животных. В первой серии при постоянном максимальном УЗД щелчков (87 дБ), подаваемых в одно ухо, уменьшали УЗД щелчков (от 87 до 47 дБ), подаваемых в противоположное ухо. При этом интерауральные различия УЗД составляли от 0 до +40 дБ соответственно. Во второй серии при постоянном минимальном УЗД щелчков (47 дБ), подаваемых в одно ухо, увеличивали УЗД щелчков (от 47 до 87 дБ), подаваемых в противоположное ухо, при этом интерауральные различия составляли от 0 до -40 дБ соответственно. При интерауральных различиях уровня шума УЗД щелчков, подаваемых в оба уха, составлял 87 дБ, а шум подавали только в одно ухо при отношении сигнал/шум, составляющем от +40 до -10 дБ.

Регистрацию ответов производили на экране дисплея с одновременной записью на двухкоординатном графопостроителе. Последовательно регистрировали КСВП при моноауральной стимуляции правого (П) и левого (Л) уха и при бинауральной (Б) стимуляции. На графопостроителе алгебраически суммировали КСВП, полученные при

монауральной стимуляции (Л+П), и вычитали из этой суммы КСВП, полученные при бинауральной стимуляции. Кривую БВ, представляющую собой разность $-P=(Л+П)-Б$, также фиксировали на графопостроителе.

Результаты и их обсуждение

Последовательность регистрации КСВП для выявления кривой БВ при и без интерауральных различий УЗД щелчка и шума представлена на рис. 1, а—г. Кривые бинауральной разности при интерауральных различиях УЗД щелчков характеризуются той же формой и пиками,

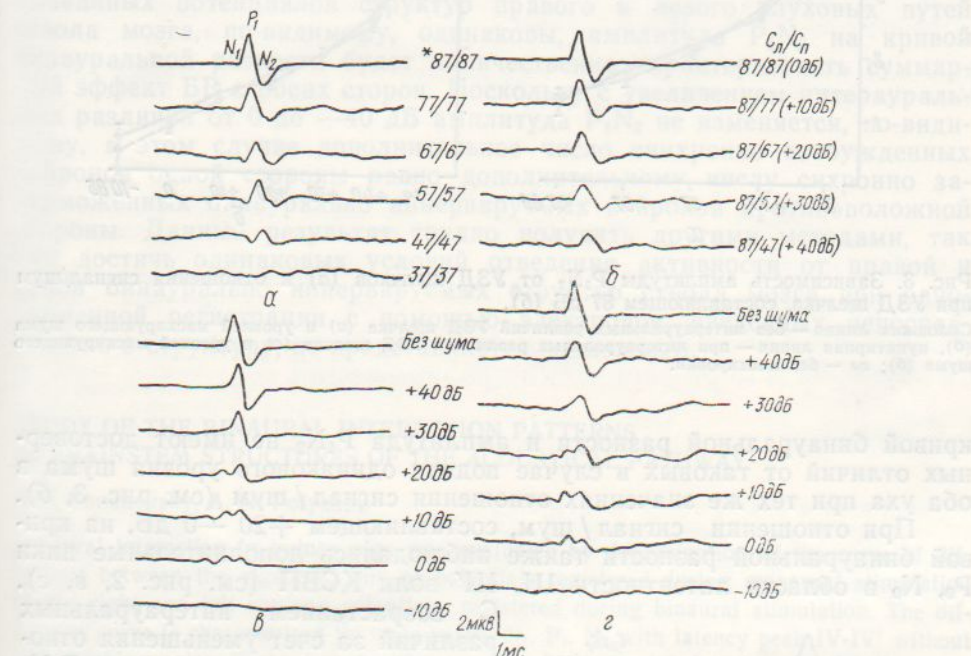


Рис. 2. Кривые бинаурального взаимодействия при различных УЗД щелчка (а, б) и отношениях сигнал/шум (в, г):

а — без интерауральных различий УЗД щелчка; б — при интерауральных различиях УЗД щелчка; в — при равных уровнях шума, подаваемых в оба уха; г — при интерауральных различиях уровня маскирующего шума (УЗД щелчка составляет 87 дБ); * — в числителе УЗД щелчка, подаваемого в левое ухо, в знаменателе — правое. $C_л/C_п$ — отношение сигналов, подаваемых в левое и правое ухо.

что и при равных УЗД щелчков, подаваемых в правое и левое ухо (рис. 2, а, б). С увеличением интерауральных различий УЗД щелчков от 0 до +40 дБ при постоянном максимальном УЗД щелчков (87 дБ), подаваемых в одно ухо, наблюдается снижение амплитуды P_1N_2 в 2,5—3 раза (рис. 3, а). Амплитуда P_1N_2 , по-видимому, не определяется интерауральными различиями УЗД щелчков, так как в случае, если меньший УЗД щелчков при интерауральных различиях равен УЗД щелчков без таковых, значения амплитуды P_1N_2 достоверно не отличались (рис. 3, а).

С увеличением интерауральных различий от 0 до -40 дБ при постоянном минимальном УЗД щелчков (47 дБ), подаваемых в одно ухо, амплитуда P_1N_2 практически не изменяется (рис. 4). Когда интерауральные различия УЗД щелчков составляют 0 дБ, латентность пиков N_1 , P_1 на кривой бинауральной разности соответствует латентности пиков III', IV волн КСВП (Л+П) соответственно. При изменении интерауральных различий до -40 дБ латентность всех пиков на кривой бинауральной разности достоверно уменьшается ($P \leq 0,05$) на 220—280 мкс (см. рис. 4). Таким образом, при интерауральных различиях от -10 до -40 дБ БВ выявляется раньше, чем пики III', IV волн КСВП, регистрируемых на меньший по интенсивности щелчок (47 дБ),

что, по-видимому, обусловлено процессами опережающего торможения бинаурально иннервируемых нейронов в указанных условиях стимуляции.

При интерауральных различиях в условиях маскировки, когда в оба уха подавали щелчок одной интенсивности, а маскирующий шум — в одно ухо при различных значениях отношения сигнал/шум, форма

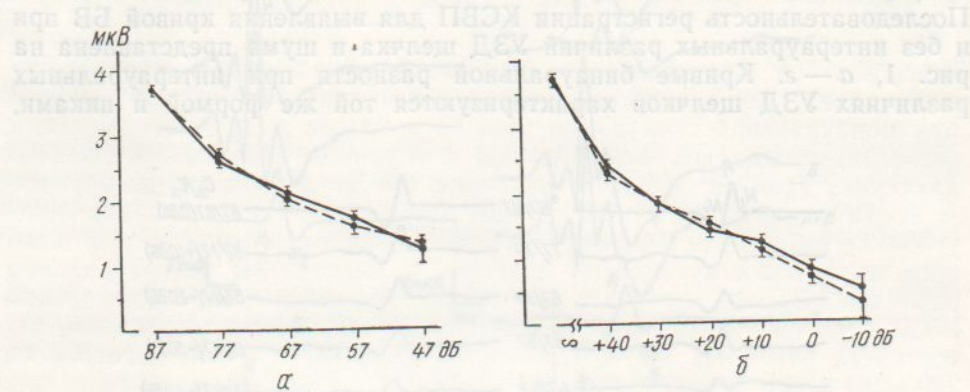


Рис. 3. Зависимость амплитуды P_1N_2 от УЗД щелчков (а) и отношения сигнал/шум при УЗД щелчка, составляющем 87 дБ (б).

Сплошная линия — без интерауральных различий УЗД щелчка (а) и уровней маскирующего шума (б), пунктирная линия — при интерауральных различиях УЗД щелчка (а) и уровней маскирующего шума (б); ∞ — без маскировки.

кривой бинауральной разности и амплитуда P_1N_2 не имеют достоверных отличий от таковых в случае подачи одинакового уровня шума в оба уха при тех же значениях отношения сигнал/шум (см. рис. 3, б).

При отношении сигнал/шум, составляющем +20 — 0 дБ, на кривой бинауральной разности также наблюдались дополнительные пики P_0 , N_0 в области латентности III, III' волн КСВП (см. рис. 2, в, г).

С возрастанием интерауральных различий за счет уменьшения отношения сигнал/шум амплитуда P_1N_2 снижается до нуля, а амплитуда P_0N_0 возрастает в 1,5 раза при от-

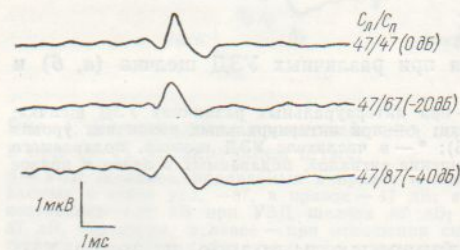


Рис. 4. Кривые бинаурального взаимодействия на интерауральных различиях УЗД щелчка.

ношении сигнал/шум, составляющем 0 дБ по сравнению со случаем, когда отношение сигнал/шум составляет +20 дБ.

Учитывая, что снижение УЗД щелчка и увеличение отношения сигнал/шум приводят к уменьшению амплитуды волн КСВП и удлинению их латентных периодов, можно сделать вывод, что амплитуда P_1N_2 при интерауральных различиях УЗД щелчка и шума определяется меньшим по амплитуде и большим по латентному периоду ответом, при этом она не зависит от разности латентных периодов и соотношения амплитуд ответов, регистрируемых при стимуляции правого и левого уха.

В литературе имеются сведения о влиянии интерауральных различий времени стимуляции на амплитуду P_1N_2 при равных УЗД щелчков, подаваемых в правое и левое ухо. С увеличением межстимульной временной задержки (ΔT) амплитуда P_1N_2 уменьшается [9]. Следовало бы ожидать, что при изменении интерауральных различий УЗД от 0 до -40 дБ также должно происходить уменьшение амплитуды P_1N_2 , так как между ответами на больший и меньший по ин-

тенсивности щелчок возникает ΔT за счет меньшего латентного периода ответа на щелчок с большим УЗД. В случае интерауральных различий —40 дБ (47/87 дБ) $\Delta T=300-350$ мкс. При этом амплитуда P_1N_2 не изменяется; таким образом, в указанных пределах ΔT не влияет на амплитуду P_1N_2 либо действие задержки компенсируется влиянием амплитуды большего ответа на БВ.

Известны модельные представления [6], согласно которым при интерауральных различиях возбуждение бинаурально иннервируемых нейронов одной стороны сопровождается торможением активности нейронов противоположной стороны. Учитывая, что при использованном нами вертекс-окципитальном способе отведения условия регистрации вызванных потенциалов структур правого и левого слуховых путей ствола мозга, по-видимому, одинаковы, амплитуда P_1N_2 на кривой бинауральной разности будет количественно характеризовать суммарный эффект БВ с обеих сторон. Поскольку с увеличением интерауральных различий от 0 до —40 дБ амплитуда P_1N_2 не изменяется, по-видимому, в этом случае дополнительное число синхронно возбужденных нейронов одной стороны равно дополнительному числу синхронно заторможенных бинаурально иннервируемых нейронов противоположной стороны. Данный результат трудно получить другими методами, так как достичь одинаковых условий отведения активности от правой и левой бинаурально иннервируемых структур ствола мозга при одновременной регистрации с помощью электродов, введенных непосредственно в структуру, не представляется возможным.

STUDY OF THE BINAURAL INTERACTION PATTERNS IN BRAINSTEM STRUCTURES OF THE ACOUSTICAL PATHWAY

S. I. Chudnovsky, A. N. Polyakov

Binaural interaction in guinea pigs was evaluated by determination of the curve of difference between the algebraic sum of potentials registered during monaural stimulation of the right and left ear and potentials, registered during binaural stimulation. The difference curve is characterized by three peaks: N_1 , P_1 , N_2 with latency peak IV-IV' without any masking noise. The curve of difference shape is not related to interaural differences. When there are interaural differences in the sound pressure level of click and noise P_1N_2 , amplitude characterizing binaural interaction is determined by response of less magnitude and larger latency.

A. I. Kolomiichenko Institute of Otolaryngology,
Ministry of Public Health of the Ukrainian SSR, Kiev

1. Альтман Я. А. Локализация движущегося источника звука.— Л.: Наука, 1983.— 176 с.
2. Радионова Е. А. Суммарный синхронизированный ответ задних холмов четверохолмия в условиях латерализации сложных звуков // Физиол. журн. СССР.— 1985.— 71, № 6.— С. 706—713.
3. Романенко А. В., Чудновский С. И., Поляков А. Н. Действие тиамина на слуховые вызванные потенциалы у морской свинки // Нейрофизиология.— 1986.— 18, № 5.— С. 654—660.
4. Хечинашвили С. Н., Кеванишвили З. Ш. Коротколатентные слуховые вызванные потенциалы человека.— Л.: Наука, 1982.— 200 с.
5. Чудновский С. И., Мороз Б. С., Поляков А. Н. Оценка бинаурального взаимодействия по характеристикам коротколатентных слуховых вызванных потенциалов у морских свинок // Нейрофизиология.— 1987.— 19, № 5.— С. 579—586.
6. Bekesy G. von, Experiments in hearing.— New York etc.— 1960.— 754 p.
7. Buchwald J. S. Generators // Bases of auditory brain-stem evoked responses / Ed. Moore E. J.— New York: Grune and Stratton, 1983.— P. 157—195.
8. Dobie R. A. Binaural interaction in auditory brainstem-evoked responses: Theoretical and methodological considerations // J. Acoust. Soc. America.— 1982.— 71, N 4.— P. 1031—1033.
9. Dobie R. A., Berlin C. J. Binaural interaction in brainstem-evoked responses // Arch. Otolaryngol.— 1979.— 105, N 7.— P. 391—398.
10. Gardi J. N., Berlin C. J. Binaural interaction componens. Their possible origins in guinea pigs auditory brainstem responses // Ibid.— 1981.— 107, N 3.— P. 164—168.