

УДК 612.821.8

**ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АСИММЕТРИИ
КОМПОНЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ И СЛУХОВЫХ ВЫЗВАННЫХ
ПОТЕНЦИАЛОВ: КОРРЕЛЯТЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ.
СООБЩЕНИЕ I. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ РАЗНОСТЕЙ ЛАТЕНТНОСТЕЙ**

Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.

*ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет» Минздравоуразвития России,
Курск, e-mail: bobig@mail.ru*

У испытуемых мужского и женского пола методом корреляционного анализа исследованы взаимоотношения характеристик асимметрии компонентов зрительных вызванных потенциалов на вспышку света и акустических стволовых вызванных потенциалов. Установлено, что асимметрия распространения афферентной информации и межсенсорные взаимодействия при формировании асимметрии афферентации различного биологического качества определяются латерализацией поступления стимула. Взаимодействие разномодальной импульсации осуществляется на уровне различных билатеральных структур центральной нервной системы, имеющих особенности концентрации и скорости распространения сенсорной информации, выражающиеся в значениях относительной энтропии и коэффициентах избыточности. Выявленные закономерности корреляционных взаимоотношений имеют четкие половые различия.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, асимметрия, корреляция

**ASSYMMETRY CHARACTERISTICS INTERACTIONS
OF COMPONENTS OF VISUAL AND ACOUSTIC EVOKED POTENTIALS:
CORRELATES AND INFORMATION ANALYSIS.
REPORT I. INTERACTIONS OF DIFFERENCES OF LATENCES**

Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.

Kursk state medical university, Kursk, e-mail: bobig@mail.ru

With the help of the method of correlation analysis, in the subjects of the male and female gender, the relationships of the asymmetry characteristics of components of visual induced potentials in response to the flashing light and the acoustic brainstem induced potentials were explored. It was established, that asymmetry of the afferent information expansion and the intersensorial relationships during the forming of afferentation asymmetry of different biological quality, depend upon the lateralization of stimulus entrance. The relationship of the different modal impulsation is realized on the level of different bilateral structures of the central nervous system, which have their specificities of concentration and the speed of the sensorial information expansion, that are realized in the meanings of the relative entropy and redundancy factors. The regularities of the correlation relationships that were found have the distinct gender differences.

Keywords: evoked potentials, asymmetry, correlation

Исследования вызванных потенциалов в качестве функционального индикатора афферентных процессов, протекающих в сенсорных системах, во многом способствовали формированию фундаментальных представлений о функциональной организации мозга на суммарном системном уровне [10]. Особый интерес при этом представляет изучение процессов сенсорной интеграции и особенно механизмов разномодального, межсенсорного взаимодействия [4]. В предыдущих исследованиях нами было показано, что эффективность афферентного взаимодействия и билатеральной иррадиации может обуславливать и уровень эффекторных проявлений [6–9]. Однако процессы формирования сенсорной асимметрии и, в частности, билатеральное взаимодействие разномодальных сенсорных систем, остается малоизученным вопросом.

Целью настоящей работы явилось исследование взаимоотношений характеристик асимметрии зрительных и слуховых вызванных потенциалов с исполь-

зованием системного и информационного подходов.

Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 74 человека (38 мужчин и 36 женщин) в возрасте от 18 до 20 лет.

Зрительные вызванные потенциалы на вспышку света (ЗВПВ) и акустические стволовые вызванные потенциалы (АСВП) регистрировали на нейромониторизаторе НМА-4-01 «Нейромиан» («Медиком МТД», Россия). ЗВПВ регистрировали в отведениях О1 и О2 международной системы «10–20%» по стандартной методике. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя ранние (P0, N1, P1, N2, P2) и поздние (N3, P3, N4) компоненты, оценивались разности их латентностей (О1–О2) при стимуляции слева и справа. АСВП регистрировали по общепринятой методике в отведениях С3 и С4 однополярными электродами, которые накладывали по международной системе «10–20%». Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя семь (I–VII) позитивных пиков и оценивались по разности латентностей их компонентов (С3–С4) при стимуляции слева и справа [1, 3].

При статистической обработке вычисляли коэффициенты прямолинейной корреляции (r) и корреляционные отношения (η), характеризующие криволи-

нейные взаимосвязи между значениями асимметрии компонентов ЗВПВ и АСВП. Достоверность корреляционных отношений определялась по критерию криволинейности [5]. Для оценки значимости вклада, рассматриваемой характеристики, рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней скоррелированности как $\Sigma r + \eta$ без учета знака [2]. В рамках информационного анализа рассчитывали относительную энтропию (ОЭ) и коэффициенты избыточности рассматриваемых показателей [2].

Результаты исследования и их обсуждение

В нашей работе средние значения разностей латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП при нанесении стимулов слева и справа соответствовали значениям, приведенным в литературе [1, 3].

В результате анализа рассматриваемых характеристик ЗВПВ выявлено только преобладание асимметрии латентности компонента P0 ($p < 0,001$) при правосторонней латерализации стимула в группе женщин. Среди значений асимметрии латентностей АСВП достоверно выше I ($p < 0,01$) и II ($p < 0,001$) у мужчин при левосторонней стимуляции и VII ($p < 0,01$) у женщин при нанесении стимула справа, что свидетельствует о значении латерализации поступления стимула и распространении возбуждения в начальной части проводникового отдела сенсорных систем. Кроме того, у женщин правосторонняя стимуляция вызывает выраженную асимметрию на уровне таламо-кортикальной иррадиации.

Межгрупповое сравнение значений асимметрии латентностей выявило достоверные различия компонентов ЗВПВ при правосторонней стимуляции P0 и N1 ($p < 0,05$) с преобладанием асимметрии у женщин. Среди слуховых вызванных потенциалов статистически значимо отличаются асимметрии компонентов I, II, III, IV ($p < 0,05$) и VI ($p < 0,001$) при стимуляции слева с большей асимметрией у мужчин. Однако при правосторонней стимуляции у женщин была больше асимметрия компонентов I ($p < 0,05$), II и VII ($p < 0,001$).

В результате полного корреляционного анализа сложились следующие корреляционные системы: Зл-Сл/Сл-Зл (1) – сопоставление характеристик асимметрии ЗВПВ (З) и АСВП (С), полученные при стимуляции левых (л) сенсорных входов; Зл-Сп/Сп-Зл (2) – сопоставление характеристик асимметрии зрительных ВП при левосторонней стимуляции и слуховых ВП при правосторонней (п) стимуляции; Зп-Сл/Сл-Зп (3) и Зп-Сп/Сп-Зп (4) по аналогии с предыдущими системами.

В группе мужчин (табл. 1) в первой корреляционной системе среди показателей

ЗВПВ наиболее скоррелированным является значение асимметрии компонента N4, среди показателей АСВП – асимметрия компонента VI. Внутренняя структура корреляционных связей характеристики N4 включает в себя как прямолинейные положительные связи (I, III), так и криволинейные (VI, VI). Асимметрия латентности шестого компонента АСВП коррелирует исключительно криволинейно с асимметриями латентностей ранних компонентов P0, N1 и поздних P3, N4. Характер связей при этом свидетельствует о криволинейной динамике асимметрии распространения зрительной информации относительно распространения слуховой.

Максимальный уровень скоррелированности в системе Зл-Сп/Сп-Зл принадлежит асимметрии латентности P0 и латентности компонента IV. При этом асимметрия распространения информации в начальной части зрительного тракта (P0) прямолинейно коррелирует с асимметрией шестого компонента слуховых ВП и криволинейно – с I и VII. Асимметрия латентности VI положительно прямолинейно взаимосвязана с асимметрией латентностей P0, N1 и криволинейно – с P1 и N2.

В корреляционной системе Зп-Сл/Сл-Зп наибольший уровень взаимосвязи с характеристиками асимметрии АСВП имеет значение компонента N1. Среди характеристик слуховых ВП с показателями зрительной системы наиболее скоррелирована асимметрия латентности компонента III, в котором характеристика N1 прямолинейно положительно коррелирует с асимметрией латентности III и криволинейно – с IV и V. Асимметрия латентности компонента III прямолинейно коррелирует с асимметриями латентностей ЗВПВ N1, P1, N2 и криволинейно – с P0 и N4.

Наиболее скоррелированной в системе Зп-Сп/Сп-Зп является асимметрия латентностей N2 и VI, в которой характеристика асимметрии распространения зрительной информации исключительно криволинейно коррелирует с показателями АСВП. Асимметрия компонента VI положительно прямолинейно взаимосвязана с асимметрией латентности N4 и криволинейно – с N1, P1, N2 и P3.

Суммарный уровень многосторонней скоррелированности ($\Sigma r + \eta$) во всех системах находится на одном уровне в пределах 4,432–4,853 за исключением системы Зп-Сл/Сл-Зп, где сумма составила – 9,527.

Выявленные у мужчин показывают роль латерализации поступления стимула в формировании асимметрии распространения сенсорной информации и во взаимодей-

ствии зрительной и слуховой сенсорных систем на разных уровнях. Очевидно, что взаимодействие дублирующей зрительной информации с асимметрией распространения слуховой происходит на уровнях таламуса, лимбико-ретикулярного и стриарного комплексов [3, 6]. Известно, что для слуховой сенсорной системы ключевое значение в асимметричном взаимодействии имеет медиальное коленчатое тело и билатеральный оливарный комплекс [3, 7, 8]. Данные факты указывают на большое разнообразие

структур, участвующих в иррадиации зрительной информации и значении данной сенсорной системы. Наличие исключительно положительных прямолинейных связей свидетельствует об эффекте взаимного облегчения распространения импульсации при ее билатеральной иррадиации. В то же время наличие и характер криволинейных взаимоотношений показывает сложность взаимодействия асимметрии разномодальных систем и их взаимной сонстройки при дублировании информации.

Таблица 1

Суммарная многосторонняя скоррелированность ($\Sigma r + \eta$) разностей латентностей компонентов АСВП и ЗВПВ при стимуляции слева и справа

ЗВПВ	Зл-Сл	Зл-Сп	Зп-Сл	Зп-Сп	АСВП	Сл-Зл	Сп-Зл	Сл-Зп	Сп-Зп
<i>Мужчины</i>									
P0	0,531	1,549	0,913	0	I	1,254	1,248	1,528	0
N1	1,113	0,405	1,762	1,075	II	0,314	0	1,659	0
P1	0	1,217	1,225	0,632	III	0,331	0	2,290	0,549
N2	0,314	0,578	0,376	1,731	IV	0,609	0,549	1,164	0,521
P2	0	0	1,200	0	V	0	0	1,638	0
N3	0,544	0,527	1,011	0	VI	2,345	1,967	1,248	2,764
P3	0,970	0	1,544	0,673	VII	0	1,061	0	0,598
N4	1,838	0,549	1,478	0,321					
<i>Женщины</i>									
P0	0,571	0,583	0,840	0	I	0,336	3,272	1,450	0
N1	0	0	0,956	0	II	0,944	0,363	1,561	0
P1	0	1,342	0,600	0	III	0	0	0,840	0
N2	0	1,152	0	0	IV	1,176	0	0	0
P2	1,207	0,561	0,556	0	V	0,820	0	0	0
N3	1,498	0	0,530	0	VI	0	0	0	0
P3	0	0	0	0,393	VII	0,582	0,585	0	0,393
N4	0,582	0,582	0,365	0					

Примечание. Выделены первые три ранга по уровню многосторонней суммарной скоррелированности.

Результаты информационного анализа значений асимметрии латентностей компонентов вызванных потенциалов у испытуемых мужского пола (табл. 2) показали одинаковую суммарную (Σ) концентрацию информации и ее избыточность независимо от стороны поступления сенсорного стимула. При этом в зрительной сенсорной системе при левосторонней стимуляции асимметрия распространения возбуждения с максимальной концентрацией информации наблюдается в верхних буграх четверохолмия, а также в неспецифических и ассоциативных таламических реле и ядрах стриарного комплекса (P1, N2). Выявленная же асимметрия латентностей поздних компонентов P3 и N4, отражающая информационные процессы в лимбико-ретикулярном комплексе и таламусе, свидетельствует о повышении надежности

формирования асимметрии как при лево-, так и при правосторонней стимуляции.

В слуховой сенсорной системе при любой латерализации стимула надежность формирования асимметрии локализуется на уровне нижних бугров четверохолмия, о чем свидетельствует высокая избыточность разности латентностей компонента V. На выходе системы (VI и VII) наблюдается концентрация информации с возрастанием скорости ее билатеральной иррадиации в медиальном коленчатом теле и на уровне таламо-кортикальной проекции.

У женщин картина скоррелированности разностей латентностей зрительных и слуховых ВП имела ряд существенных отличий (см. табл. 1). Так, в первой корреляционной системе Зл-Сл/Сл-Зл наиболее взаимосвязанными являются значения зрительной асимметрии P2 и N3. Эти характеристики пре-

имущественно прямолинейно положительно взаимосвязаны с асимметрией компонентов АСВП. Таким образом, P2 коррелирует с I, II, V, а N3 с II, и V. Среди значений асимметрии

распространения возбуждения в слуховой сенсорной системе наиболее скоррелированная характеристика компонента IV коррелирует исключительно криволинейно.

Таблица 2

Значения относительной энтропии и коэффициентов избыточности разностей латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП при стимуляции слева и справа у мужчин

ЗВПВ	Стимуляция слева		Стимуляция справа		АПСВ	Стимуляция слева		Стимуляция справа	
	ОЭ	КИ	ОЭ	КИ		ОЭ	КИ	ОЭ	КИ
P0	0,633	36,672	0,599	40,093	I	0,791	20,898	0,600	39,934
N1	0,628	37,138	0,607	39,223	II	0,892	10,712	0,893	10,622
P1	0,640	35,900	0,501	49,805	III	0,624	37,544	0,590	40,967
N2	0,636	36,301	0,636	36,379	IV	0,476	52,360	0,617	38,212
P2	0,631	36,839	0,613	38,639	V	0,271	72,856	0,485	51,430
N3	0,624	37,547	0,706	29,308	VI	0,895	10,453	0,879	12,050
P3	0,433	56,693	0,516	48,309	VII	0,904	9,544	0,874	12,552
N4	0,466	53,389	0,457	54,259	Σ	4,853	214,367	4,938	205,767
Σ	4,691	330,479	4,635	336,015					

Примечание. Выделены максимальные и минимальные значения относительной энтропии (ОЭ) и коэффициентов избыточности (КИ).

Во второй системе Зл-Сп/Сп-Зл уровень взаимосвязи формируется преимущественно криволинейными отношениями и имеется единственная положительная прямолинейная связь в сопоставлении N2-II. Необходимо отметить взаимоотношения характеристики асимметрии компонента I слуховых ВП, коррелирующей со значениями разности латентностей P0, P1, N2, P2 и N4 зрительных ВП. Отличительной их чертой является высокая степень криволинейности и проявление динамики асимметрии распространения зрительной информации относительно слуховой.

В третьей системе Зп-Сл/Сл-Зп значения асимметрии компонентов ЗВПВ P0 и N1 занимают два первых ранга по уровню скоррелированности. При этом прямолинейные связи выявлены в сопоставлениях N1-I и N4-II. Наиболее скоррелированная из рассматриваемых характеристик АСВП II кроме описанной положительной связи характеризуется и криволинейными отношениями с N1 и P1.

В четвертой системе Зп-Сп/Сп-Зп обнаружена единственная прямолинейная положительная корреляция в паре P3-VII.

Следует отметить, что у женщин уровень скоррелированности был значительно ниже, чем у мужчин: $\Sigma r + \eta$ первой системы равен 3,858, второй – 4,220, третьей – 3,851 и четвертой – 0,393.

Установленные корреляционные взаимоотношения свидетельствуют о роли в формировании разномодальной сенсорной асимметрии распространения импульсов в неспецифических и ассоциативных таламических

ядрах, ядрах стриарного комплекса и неспецифических лимбико-ретикулярных структурах [1, 3]. Наиболее наглядно их значение проявилось при левосторонней латерализации поступления стимула в обеих сенсорных системах. В слуховой сенсорной системе, очевидно, взаимодействие формирования разномодальной асимметрии распространения импульсации происходит либо на стволовом уровне, либо на уровне таламо-кортикальной иррадиации и в данном случае вероятно преимущественная роль ретикулярной формации. Характер прямолинейных отношений, как и у мужчин, свидетельствует о взаимном облегчении билатерального дублирования сенсорной информации на всех уровнях.

Информационный анализ значений разностей латентностей ЗВПВ и АСВП у женщин (табл. 3) показал, что в зрительной сенсорной системе наблюдается наибольшая концентрация информации, особенно при стимуляции справа, что указывает на значение доминантного входа и эффективности билатеральной иррадиации на уровне специфических таламических реле. В то же время асимметрия при левосторонней стимуляции характеризуется концентрацией возбуждения при его распространении в неспецифических структурах центральной нервной системы. В слуховой сенсорной системе левосторонняя стимуляция способствует концентрации информации на уровне слухового нерва, а латерализация справа – на уровне кохлеарных ядер, что представляется логичным в соответствии с организацией проводящих путей и согласуется с описанной выше корреляционной картиной.

Таблица 3

Значения относительной энтропии и коэффициентов избыточности разностей латентностей компонентов ЗВПВ и АСВП при стимуляции слева и справа у женщин

ЗВПВ	Стимуляция слева		Стимуляция справа		АСВП	Стимуляция слева		Стимуляция справа	
	ОЭ	КИ	ОЭ	КИ		ОЭ	КИ	ОЭ	КИ
P0	0,586	41,358	0,711	28,895	I	0,902	9,737	0,875	12,436
N1	0,607	39,273	0,808	19,165	II	0,826	17,349	0,920	7,972
P1	0,534	46,548	0,743	25,649	III	0,497	50,233	0,416	58,352
N2	0,523	47,697	0,701	29,877	IV	0,616	38,376	0,263	73,632
P2	0,716	28,368	0,733	26,664	V	0,427	57,291	0,318	68,183
N3	0,619	38,042	0,690	30,938	VI	0,689	31,024	0,708	29,182
P3	0,716	28,375	0,668	33,131	VII	0,729	27,019	0,825	17,435
N4	0,558	44,126	0,519	48,042	Σ	4,686	231,029	4,352	267,192
Σ	4,859	313,787	5,573	242,361					

Примечание: см. табл. 2.

Таким образом, полученные результаты показали, что асимметрия распространения сенсорной информации зависит от латерализации поступления стимула. Проведенный корреляционный анализ позволил выявить структуры ЦНС, участвующие в распространении и билатеральной иррадиации зрительной и слуховой сенсорной информации и реализующие взаимоотношения разномодальной импульсации. С помощью информационного анализа установлены особенности концентрации, скорости и сохранности распространения информации. Также показано, что все рассмотренные процессы имеют половые различия при более тесном межсенсорном взаимодействии характеристик асимметрии у мужчин.

Список литературы

1. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 246 с.
2. Завьялов А.В. Соотношение функций организма. – М.: Медицина, 1990. – 159 с.
3. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: рук-во для врачей. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 578 с.
4. Медведев В.И. Теоретические и прикладные проблемы физиологии труда: ее задачи и перспективы // Физиол. человека. – 1981. – Т. 7, № 3. – С. 391–399.
5. Плохинский Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 230 с.

6. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Закономерности внутрисенсорных и сенсорно-эффторных корреляционных взаимоотношений временных характеристик зрительных вызванных потенциалов с показателями бимануальной координации // Человек и его здоровье. – 2009. – № 1. – С. 21–29.

7. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Закономерности устойчивых внутрисенсорных и сенсорно-эффторных корреляционных взаимоотношений латентностей акустических стволовых вызванных потенциалов с показателями произвольных целенаправленных движений рук // Человек и его здоровье. – 2009. – № 4. – С. 30–38.

8. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Особенности передачи и обработки слуховой сенсорной информации на стволовом уровне и ее участие в обеспечении бимануальной координации // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – Т. 9, № 3. – С. 560–564.

9. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. К вопросу о слуховом сенсорном обеспечении сложных произвольных целенаправленных бимануальных движений // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2010. – Т. 96, № 11. – С. 1107–1113.

10. Хасабов Г.А. Вызванные ответы: пространственно-физиологические характеристики и проблема их функциональной оценки // Успехи физиол. наук. – 1996. – Т. 27, № 1. – С. 61–79.

Рецензенты:

Иванов В.А., д.м.н., профессор, зав. кафедрой медицины и логопедии ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет» Минобрнауки РФ, г. Курск;

Лукиянов В.В., д.м.н., доцент, профессор кафедры коррекционной психологии и педагогики ФГБОУ ВПО «Курский государственный университет» Министерства образования и науки РФ, г. Курск.

Работа поступила в редакцию 05.12.2011.