

УДК 612.821.8

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

**Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.**

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

Методом корреляционного анализа исследованы взаимоотношения характеристик асимметрии амплитуд компонентов зрительных и слуховых вызванных потенциалов у испытуемых мужского и женского пола. Выявлены особенности координации активности структур центральной нервной системы, относящихся к зрительному и слуховому анализаторам при формировании межсенсорной асимметрии. Методом информационного анализа установлены закономерности концентрации и распределения информации и ее сохранности в билатеральных структурах центральной нервной системы при реализации разномодального взаимодействия. Выявленные закономерности, вероятно, обуславливаются латерализацией поступления стимулов, физиологическим значением сенсорной системы, а также полом испытуемых.

**Ключевые слова:** вызванные потенциалы, асимметрия, корреляция

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

**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, relationships of asymmetry amplitude characteristics of components of visual and acoustic induced potentials were explored. The specialties of the coordination of the activity of the central nervous system structures, relative to the visual and acoustic analyzer during the forming of the intersensorial asymmetry were founded. With the help of the method of informational analyses the regularities of concentration, informational division and its safety in the bilateral structures of the central nervous system during the realization of the different modal relationship were founded. Founded regulations, perhaps, depend on the lateralization of the stimulus enter, the physiological significance of the sensory system and also the gender of the subjects.

**Keywords:** evoked potentials, asymmetry, correlation

Известно, что латерализация поступления сенсорной информации способствует асимметрии в активации центральных структур, относящихся к тому или иному анализатору [6, 7]. Современные взгляды на происхождение компонентов, вызванных потенциалов позволили сформировать системные представления о функционировании ЦНС и в, частности, сенсорных систем [4]. При этом в литературе имеются лишь единичные данные о взаимодействии сенсорных систем на уровне проводникового отдела [10], а асимметрия при межсенсорной координации остается практически не изученным вопросом.

**Цель исследования:** выявить особенности корреляционных взаимоотношений характеристик асимметрии зрительных и слуховых вызванных потенциалов в зависимости от латерализации поступления стимулов и пола испытуемых и оценить их межсенсорную интеграцию.

**Материалы 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 нейромиоанализаторе НМА-4-01 «Нейромиан» («Медиком МТД», Россия). ЗВПВ регистрировали в отведениях О1 и О2 по международной системе «10–20%» однополярными электродами по стандартной методике. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя ранние (N1, P1, N2, P2) и поздние (N3, P3, N4) компоненты, в которых оценивали разности амплитуд компонентов, зарегистрированных в разных отведениях. АСВП регистрировали в отведениях С3 и С4 однополярными электродами. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя семь (I–VII) позитивных пиков, разность амплитуд которых подвергали оценке [1, 3].

При статистической обработке вычисляли коэффициенты прямолинейной корреляции ( $r$ ) и корреляционные отношения ( $\eta$ ), характеризующие криволинейные взаимосвязи между значениями асимметрии компонентов ЗВПВ и АСВП. Достоверность корреляционных отношений определяли по критерию криволинейности [5]. Для оценки значимости рассматриваемой характеристики рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней скоррелированности  $\Sigma r + \eta$  без учета знака. В рамках информационного анализа рассчитывали относительную энтропию (ОЭ) и коэффициент избыточности (КИ) рассматриваемых показателей [2].

### Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что у мужчин при сравнении различий асимметрии амплитуд компонентов ЗВПВ выявлено единственное преобладание значения N1, полученного при левосторонней стимуляции ( $p < 0,05$ ). Среди характеристик асимметрии АСВП статистически значимо различались разности амплитуд компонентов I ( $p < 0,01$ ), II ( $p < 0,05$ ), VI ( $0,05$ ) у мужчин и I ( $p < 0,05$ ) у женщин. При этом во всех случаях большие значения асимметрии были получены при поступлении слухового стимула слева.

Межгрупповое сравнение разностей амплитуд ЗВПВ в группах мужчин и женщин показало преобладание асимметрии у испытуемых женщин: компонентом P1 ( $p < 0,05$ ), N2 ( $p < 0,001$ ) и P3 ( $p < 0,001$ ) при левосторонней стимуляции и N1 ( $p < 0,001$ ), N2 ( $p < 0,001$ ), N3 ( $p < 0,05$ ), P3 ( $p < 0,001$ ), N4 ( $p < 0,05$ ) при стимуляции справа. Аналогичная картина у испытуемых женского пола наблюдалась и в отношении асимметрии АСВП. При этом достоверно отличались разности I ( $p < 0,001$ ), II ( $p < 0,05$ ), III ( $p < 0,05$ ) компонентов при левосторонней стимуляции и I ( $p < 0,001$ ), III ( $p < 0,001$ ), V ( $p < 0,05$ ) и VI ( $p < 0,001$ ) при стимуляции правого уха. Отмеченное преобладание амплитудных значений ЗВПВ и АСВП у женщин согласуется с данными литературы [3] и в нашей работе проявляется в отношении их асимметрии.

Корреляционное сопоставление рассматриваемых показателей асимметрии амплитуд компонентов вызванных потенциалов у мужчин (табл. 1) показало, что в корреляционной системе Зл-Сл/Сл-Зл среди характеристик ЗВПВ наиболее скоррелированной является асимметрия компонента P3, которая прямолинейно обратнаправлено взаимосвязана с асимметрией компонентов I и II и криволинейно с V. Асимметрия амплитуды пятого компонента АСВП, занимающая первый ранг по уровню многосторонней скоррелированности в своей подсистеме, кроме описанной выше криволинейной связи, обладает еще двумя положительными прямолинейными с N2 и N3. Данная криволинейная связь характеризует взаимовлияние характеристик с высокой степенью криволинейности.

Наиболее скоррелированными в системе Зл-Сп/Сп-Зл являются асимметрии амплитуд компонентов N1 и II при наличии только криволинейных связей, характеризующих динамику активации элементов слуховой сенсорной системы относительно зрительной.

Первый ранг по уровню суммарной многосторонней скоррелированности среди характеристик асимметрии компонентов зрительных ВП системе Зп-Сл/Сл-Зп занимает компонент P1, характеризующийся положительной прямолинейной корреляцией с рассматриваемой характеристикой компонента III и криволинейной с VII. При этом асимметрия третьего компонента АСВП в своей подсистеме является наиболее взаимосвязанной.

В системе, сформированной показателями асимметрии при правосторонней стимуляции зрительного и слухового сенсорных входов, наиболее скоррелированными являются характеристики амплитуд компонентов P3 и VII при преобладании положительных криволинейных связей.

При анализе суммарной многосторонней скоррелированности рассматриваемых систем установлено, что наиболее взаимосвязанными являются ипси- ипсилатеральные системы Зл – Сл/Сл – Зл ( $\Sigma r + \eta = 6,049$ ) и Зп – Сп/Сп – Зп ( $\Sigma r + \eta = 4,972$ ). Уровень скоррелированности Зл – Сп/Сп – Зл составил – 1,783, а Зп – Сл/Сл – Зп – 2,558.

Полученные результаты позволяют полагать, что при обоюдной ипсилатеральной стимуляции (и слева, и справа) в развитии асимметрии важное значение имеет активация элементов проводникового отдела зрительной сенсорной системы на уровне неспецифических систем лимбико-ретикулярного комплекса, а со стороны слуховой системы – на уровне нижних бугров четверохолмия, билатерального верхнего оливарного комплекса и таламо-кортикальной проекции. Наличие отрицательных прямолинейных связей в левосторонней системе можно объяснить следствием подавляющего влияния зрительной системы на билатеральную активацию проксимальных структур проводникового отдела слухового анализатора. Вероятно, это свидетельствует о конкурентных взаимоотношениях при формировании билатеральной активности на уровне ретикулярной формации ствола мозга [6, 7], тогда как на уровне таламуса и таламо-кортикальной проекции наблюдается облегчение взаимной билатеральной активации.

Характеристики информационной составляющей рассматриваемых процессов (табл. 2) позволяют предположить значение ритмогенных механизмов в специфических и неспецифических ядрах таламуса (N4 стимуляция слева) и неспецифических систем лимбико-ретикулярного комплекса (P3 стимуляция справа) в формировании активности симметричных структур [3, 6]. При этом наибольшая избыточность, т.е. надеж-

ность сохранения информации, наблюдается на уровне специфических таламических реле (P1, N1). Со стороны слуховой сенсорной системы очевидна концентрация информации на уровне верхнего билатерального оливарного комплекса (III), где, вероятно, и происходит формирование асимметрии. Надежность обработанной афферентации обеспечивается на уровне таламо-кортикальной проекции (VII). Данные информа-

ционного анализа во многом подтверждают результаты корреляционного анализа. Кроме того, наибольшая концентрация информации наблюдается при формировании асимметрии в слуховой сенсорной системе при относительно небольшой надежности ее хранения и ярко выраженной асимметрии влияния латерализации стимула [8], что может свидетельствовать о субдоминантности слухового анализатора и левого сенсорного входа.

**Таблица 1**

Суммарная многосторонняя скоррелированность ( $\Sigma r + \eta$ ) разностей амплитуд 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>									
N1	1,177	1,783	0	0	I	0,731	0	0	0,321
P1	0,333	0	1,025	0,690	II	0,958	0,683	0,600	0,662
N2	0,543	0	0,365	0	III	0,573	0	0,980	1,257
P2	0,549	0	0	1,190	IV	1,479	0,525	0	0,920
N3	0,836	0	0	0,535	V	2,308	0	0	0,535
P3	2,038	0	0,558	1,424	VI	0	0	0,365	0
N4	0,573	0	0,600	1,133	VII	0	0,575	0,613	1,277
<i>Женщины</i>									
N1	0	0	0	0,574	I	0	0	0,619	0
P1	0,707	0	0,584	0,912	II	1,544	0	1,452	0,574
N2	0	0	1,141	0	III	0	0,628	0,465	0,566
P2	0,785	0,368	0,411	0,582	IV	0	0	0,331	0
N3	0	0,417	1,277	0,391	V	0	0,712	0	1,577
P3	1,090	1,540	0	0	VI	0,707	0	1,839	0
N4	0	0,628	1,293	0,604	VII	0,331	1,613	0	0,346

**Примечания:** З – характеристики зрительных потенциалов, С – характеристики слуховых потенциалов, л – стимуляция слева, п – стимуляция справа; выделены значения суммарной многосторонней скоррелированности асимметрии компонентов ВП, занимающие первые три ранга.

У женщин в асимметрии активации элементов зрительной и слуховой сенсорных систем, вызванной левосторонней стимуляцией, в подсистеме Зл-Сл наиболее скоррелированным является значение разницы компонента P3 за счет отрицательной прямолинейной связи с асимметрией компонента VII и криволинейной – с асимметрией компонента II. Последний занимает первое место по уровню суммарной многосторонней скоррелированности в своей подсистеме (Сл-Зл) за счет еще одной криволинейной связи с асимметрией компонента P2. Данные связи характеризуются высокой степенью криволинейности и отражают динамику асимметрии активации структур слуховой системы относительно зрительной.

В системе, сформировавшейся при нанесении зрительного стимула слева, а слухового справа, как и в предыдущем случае, наиболее скоррелированной является разница амплитуды компонента P3 за счет по-

ложительной прямолинейной связи с асимметрией компонента V и криволинейной со значением асимметрии амплитуды компонента VII. Эта же характеристика наиболее скоррелирована в своей подсистеме и обнаруживает наряду с криволинейной и положительную прямолинейную связь с асимметрией компонента N3. Криволинейная связь является двухсторонней и отражает взаимовлияние при формировании активации.

В корреляционной системе Зп-Сл/Сл-Зп наиболее взаимосвязанным является значение асимметрии компонента N4 за счет криволинейных связей с асимметрией амплитуд компонентов I и VI, отражающих криволинейную динамику активации элементов зрительной сенсорной системы относительно слуховой. Упомянутая характеристика амплитуды шестого компонента АСВП в своей подсистеме занимает первый ранг по уровню суммарной многосторонней скоррелированности за счет исключительно

криволинейных связей. Наряду с этим имеются корреляционные отношения с асимметриями амплитуд компонентов P1 и N2, отражающие аналогичный процесс. Асимметрия компонента N3, занимающая второй ранг и находящаяся на одном статистическом уровне скоррелированности с N4, положительно прямолинейно взаимосвязана со значениями различий амплитуд II и III компонентов и отрицательно с характеристикой IV.

Наиболее тесно взаимосвязанной в системе Зп-Сп/Сп-Зп является асимметрия амплитуды компонента P1 за счет прямолинейных положительных корреляций со значениями III и VII характеристик АСВП. В обратной подсистеме первый ранг суммарной скоррелированности занимает асимметрия амплитуды компонента V и выявлены криволинейные связи с характеристиками P2 и N4 и положительная прямолинейная с N3.

Суммарная многосторонняя скоррелированность ( $\Sigma r + \eta$ ) рассматриваемых систем имеет следующие значения: для первой – 2,582, второй – 2,953, третьей – 4,706 и четвертой 3,063.

Описанные корреляционные взаимоотношения у женщин свидетельствуют о том, что при левосторонней латерализации стимула в обеих подсистемах выраженное взаимодействие в формировании асимметрии активации элементов зрительного и слухового анализатора происходит на уровне

неспецифических систем лимбико-ретикулярного комплекса и кохлеарных ядер. При этом зрительная и слуховая асимметричная активация, вероятно, находятся в антагонистических отношениях. Со стороны слухового анализатора важна таламо-кортикальная проекция с эффектом взаимного облегчения иррадиации, что, очевидно, связано с поступлением стимулов через разные входы [6, 7]. При контрстиме сенсорных каналов картина в целом аналогична описанной для предыдущей системы. Кроме того, при этом проявляются криволинейные взаимоотношения на уровне медиального колленчатого тела, что, очевидно, отражает специфичность данной структуры для слухового анализатора. В правосторонней ипсилатеральной системе в роли основного коллектора формирования асимметрии активации выступают верхние и нижние бугры четверохолмия как специфические сенсорные структуры. В то же время остается несомненным значение структур ретикулярной формации ствола мозга. Вероятно, это обусловлено обратной координирующей афферентацией из вышележащих структур центральной нервной системы. Следовательно, выявленные нами уровни многосторонней скоррелированности свидетельствуют как о сложной координации активирующих влияний при поступлении стимулов через разные входы в зрительную и слуховую системы, так и о доминантном значении правых сенсорных каналов.

Таблица 2

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

ЗВПВ	Стимуляция слева		Стимуляция справа		АСВП	Стимуляция слева		Стимуляция справа	
	ОЭ	КИ	ОЭ	КИ		ОЭ	КИ	ОЭ	КИ
N1	0,592	40,791	0,385	61,497	I	0,774	22,537	0,639	36,083
P1	0,475	52,488	0,670	32,962	II	0,639	36,052	0,668	33,163
N2	0,681	31,878	0,545	45,481	III	0,847	15,291	0,793	20,636
P2	0,777	22,219	0,723	27,669	IV	0,755	24,463	0,586	41,314
N3	0,331	66,849	0,662	33,757	V	0,660	33,900	0,755	24,463
P3	0,681	31,891	0,843	15,689	VI	0,728	27,103	0,563	43,637
N4	0,879	12,063	0,538	46,170	VII	0,652	34,791	0,560	43,978
$\Sigma$	4,416	258,179	4,366	263,225	$\Sigma$	5,055	194,137	4,564	243,274

Примечание: выделены максимальные и минимальные значения относительной энтропии и коэффициентов избыточности.

Информационный анализ (табл. 3) показал, что у женщин в зрительной сенсорной системе независимо от стороны латерализации стимула информация концентрируется на уровне неспецифических таламических ядер, ассоциативных ядер и ядер стриарного комплекса. Стимуляция правого, доминантного входа затрагивает и специфические

таламические реле. В слуховой сенсорной системе, как и у мужчин, наблюдается большее количество информации, чем в зрительной. При этом важное значение имеет латерализация стимула и распространение потенциала действия по слуховому нерву. Кроме того, активация на уровне латеральной петли может влиять на возбуждение

симметричных структур, а при стимуляции справа – на уровне медиального коленчатого тела [1, 8, 9].

Таким образом, в результате проведенного исследования установлены закономерности межсенсорной координации элементов зрительной и слуховой сенсорных

систем при формировании асимметрии активности центральных структур, характеризующихся особенностями концентрации и сохранения информации. На выявленные взаимоотношения оказывают влияние латерализация поступления стимула, значение сенсорной системы и пол испытуемых.

**Таблица 3**

Значения относительной энтропии и коэффициентов избыточности разностей амплитуд 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
N1	0,662	33,701	0,851	14,803	I	0,878	12,104	0,802	19,795
P1	0,472	52,767	0,634	36,503	II	0,578	42,160	0,595	40,473
N2	0,668	33,197	0,858	14,116	III	0,672	32,740	0,774	22,578
P2	0,719	28,084	0,735	26,459	IV	0,853	14,674	0,811	18,878
N3	0,332	66,783	0,534	46,532	V	0,777	22,215	0,675	32,456
P3	0,617	38,231	0,732	26,702	VI	0,706	29,364	0,855	14,491
N4	0,689	31,058	0,531	46,881	VII	0,601	39,812	0,657	34,273
Σ	4,159	283,821	4,875	211,996	Σ	5,065	193,069	5,169	182,944

Примечание: см. табл. 2.

**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-эффекторных корреляционных взаимоотношений амплитудных характеристик зрительных вызванных потенциалов с показателями бимануальной координации // Человек и его здоровье. – 2009. – № 2. – С. 31–38.
7. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Внутрисенсорные и сенсорно-эффекторные корреляты амплитуд компонентов акустических стволовых вызванных потенциалов с характеристиками координации движений рук // Человек и его здоровье. – 2010. – № 2. – С. 21–28.
8. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Особенности переработки информации в сенсорных системах и ее значение

в бимануальной координации. Сообщение I. Информационный анализ амплитуд компонентов зрительных вызванных потенциалов на вспышку света // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17, № 3. – С. 176–178.

9. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Особенности переработки информации в сенсорных системах и ее значение в бимануальной координации. Сообщение II. Информационный анализ амплитуд компонентов акустических стволовых вызванных потенциалов // Вестник новых медицинских технологий. – 2010. – Т. 17, № 4. – С. 7–9.

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» Министерства образования и науки РФ, г. Курск.

Лукиянов В.В., д.м.н., 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.