

возрастал на 9% у эталонного штамм *Staphylococcus aureus* и на 5% у клинических штаммов этого вида; на 6% у эталонного штамм *Escherichia coli* и на 8% у клинических штаммов; на 5% у эталонного штамм *Pseudomonas aeruginosa* и на 13% у клинических штаммов.

При облучении ЭМИ на частоте молекулярного кислорода в течение 45 мин активность каталазы также увеличивалась по сравнению с контролем и достигала максимального значения у всех штаммов. Возраста на 21% у эталонного штамма *S. aureus* и на 29% у клинических штаммов; на 32% - у эталонного штамм *E. coli* и на 27% у клинических штаммов; на 17% у эталонного штамма *P. aeruginosa* и на 33% у клинических штаммов. Полученные данные статистически достоверны.

Далее, при облучении в течение 60 мин уровень каталазы начинал падать: он несколько меньше показателей при 45-минутной экспозиции, но превышает контрольные значения на 12% и 15% у *S. aureus*, на 12% у *E. coli* и на 11% и 13% у *P. aeruginosa*.

При облучении в течение 10 мин изменение активности каталазы было незначительным и является достоверным только для клинических штаммов синегнойной палочки (табл. 1).

При облучении бактериальных взвесей стафилококка, кишечной и синегнойной палочек ЭМИ МСПИ атмосферного кислорода приводит к повышению каталазной активности. Данный процесс, изученный при различном времени экспозиции - от 10 до 60 мин, развивается постепенно и достигает максимума к 45 мин.

Более длительная экспозиция приводит к торможению активности и каталазы. Полученная динамика характерна для всех трех изученных видов бактерий, хотя они и различаются между собой по уровню исходной активности (наибольшая отмечается у стафилококка, наименьшая у псевдомонад).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Башаринов А.Е., Тучков Л.Г., Поляков В.М. и др. Измерение радиотепловых и плазменных излучений в СВЧ-диапазоне. – М.: Советское радио, 1968. – 146 с.
2. Бецкий О.В., Креницкий А.П., Майбородин А.В. и др. Молекулярные НITRAN-спектры газов-метаболитов в терагерцевом и ИК-диапазонах частот и их применение в биомедицинских технологиях // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2007. – № 8-9. – С. 27–43.
3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. – М.: Радио и связь, 1991. – 182 с.
4. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. и др. Метод определения активности каталазы // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
5. Креницкий А.П., Майбородин А.В., Бецкий О.В. и др. Квазиоптический КВЧ генераторный комплекс моделирования детерминированных шумов для биофизических исследований // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 2. – С. 5–11.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
7. Лебедева А.Ю. Итоги и перспективные применения миллиметровых волн в кардиологии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 1. – С. 21–24.
8. Майбородин А.В., Креницкий А.П., Тупикин В.Д. и др. Панорамно-спектрометрический комплекс для исследования тонких структур молекулярных спектров физических и биологических сред // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2001. – № 8. – С. 35–47.
9. Пронина Е.А., Шуб Г.М., Креницкий А.П. и др. Стимуляция роста прокариотических клеток под действием электромагнитного излучения на частоте молекулярного спектра поглощения молекулярного кислорода // Доклады Академии наук. – 2004. – Т. 397, № 6. – С. 835–837.
10. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Бецкий О.В., Гуляев Ю.В. Миллиметровые волны и фотосинтезирующие организмы. – М.: Радиотехника, 2003. – 176 с.
11. Grundler W., Kaiser F., Keilmann F. Mechanisms of electromagnetic interaction with cellular systems // Naturwissenschaften. – 1992. – Vol. 79. – P. 551–559.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВНУТРИСЕНСОРНЫХ И СЕНСОРНО-ЭФФЕКТОРНЫХ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ АМПЛИТУДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ БИМАНУАЛЬНОЙ КООРДИНАЦИИ

© *Ткаченко П.В., Бобынцев И.И.*

**Кафедра нормальной физиологии  
Курского государственного медицинского университета, Курск**

E-mail: [main@kgmu.kursknet.ru](mailto:main@kgmu.kursknet.ru)

---

На основе анализа суммарной многосторонней скоррелированности выявлены закономерности взаимодействия характеристик активности элементов зрительной сенсорной системы с показателями уровня двигательной координации. Описанные устойчивые взаимоотношения характеризуют сонастройку заинтересованных структур, направленную на эффективную реализацию зрительно-моторной координации. Установленные особенности зависят от пола испытуемых и латерализации поступления зрительной сенсорной информации.

**Ключевые слова:** зрительная сенсорная система, вызванные потенциалы, бимануальная координация, корреляция.

## FEATURES OF INTRASENSOR AND SENSOR-EFFECTOR CORRELATION OF AMPLITUDE CHARACTERISTICS OF VISUAL INDUCED POTENTIALS AND THE PARAMETERS OF BI-MANUAL COORDINATION

*Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I.*

**Normal Physiology Department of the Kursk State Medical University, Kursk**

The features of interaction between the activity of elements of visual sensory system and parameters of the level of motor coordination have been found on basis of summatory multifactorial correlation. Stable interrelationships determine co-adjustment of the involved structures, directed to the effective realization of the visual-motor coordination. The features depend on examinee's sex and lateralization of incoming visual sensory information.

**Keywords:** visual sensory system, induced potentials, bi-manual coordination, correlation.

---

Живой организм представляет собой сложную саморегулирующуюся систему. Благодаря функционированию множества каналов прямой и обратной связи его структуры объединены в интегральное целое. Поэтому любая часть организма испытывает непрерывное влияние из множества источников и сама служит источником влияний на разные биологические структуры. Следствием многостороннего постоянного взаимодействия биологических структур является согласование уровней их функциональной активности. Значит, об общем уровне состояния организма можно судить по количественным характеристикам многосторонних взаимосвязей функций разных модальностей [5].

А.В. Завьяловым и соавторами было установлено, что сенсорные, моторные и вегетативные функции скоррелированы друг с другом по главным параметрам. Обнаруженная

корреляция может иметь прямую, обратную и криволинейную формы и разную степень выраженности. Эта корреляция отличается относительным постоянством и выявляется при сопоставлении функций в группе. Вместе с тем соотношение функций имеет индивидуальный характер. Корреляция сравниваемых показателей, выявляемая при их сопоставлении, указывает на то, что уровни функционального состояния различных сенсорных систем сопряжены по своим количественным характеристикам. Для решения вопроса о физиологическом значении сопряженности необходимо выяснить, как сказывается уровень активности изучаемых структур на характере их рефлекторной реакции. Сопряженность является феноменом относительно постоянной и устойчивой взаимной связанности уровней функционального состояния различных структур. В свою очередь, сопряжен-

ность является следствием многочисленных нервных влияний, получаемых структурами при осуществлении в организме отношений субординации, соподчинения, согласования, сонастройки, и текущего многостороннего взаимодействия структур [3, 4, 5].

Все вышесказанное справедливо для изучения закономерностей построения и механизмов функционирования зрительно-моторной системы, организованной по иерархическому принципу и характеризующейся сложными взаимосвязями центра и эффекторного аппарата, в том числе и по средствам обратной афферентации [1, 7].

Цель работы – выявить закономерности устойчивых корреляционных взаимоотношений значений амплитудных характеристик зрительных вызванных потенциалов, обуславливающих зрительно-моторные взаимоотношения, в зависимости от латерализации нанесения стимула и пола испытуемых.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие испытуемые-добровольцы в возрасте от 18 до 20 лет. 38 мужчин и 36 женщин.

Методику регистрации зрительных вызванных потенциалов на вспышку (ЗВПВ) осуществляли на нейромиоанализаторе НМА-4-01 "Нейромиан" ("Медиком МТД", Россия) с соответствующим программным обеспечением. Регистрацию ЗВПВ осуществляли в отведениях О1 и О2 однополярными электродами, которые накладывали по международной схеме "10-20%". Референтные электроды фиксировали на мочках ушей ипсилатерально. В виде стимула применяли вспышку светодиодной матрицы, вставленной в специальные очки. Стимуляцию производили монокулярно при закрытых глазах испытуемого. Частота стимуляции составила 0,3 Гц с нулевой задержкой длительностью 4 мс субмаксимальной интенсивности. Использовали фильтры низкой (1 Гц) и высокой (100 Гц) частоты, при этом производили режекцию артефакта по амплитуде в диапазоне 50-100 мкВ. Эпоха анализа составляла 500 мс при количестве усреднений 100. Регистрируемые вызванные потенциалы включали в себя ранние (N1, P1, N2, P2) и поздние (N3, P3, N4)

компоненты, оцениваемые по латентности и амплитуде [2, 6].

Уровень бимануальной координации произвольной двигательной активности оценивали методом суппортметрии [9].

При статистической обработке определяли прямолинейную ( $r$ ) и криволинейную ( $\eta$ ) зависимость между значениями амплитудно-временных характеристик ЗВПВ и рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней корреляции ( $\Sigma r + \eta$ ) [5, 8].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Амплитудная характеристика компонентов ЗВПВ отражает уровень активности элементов зрительной системы в аспекте регистрируемой корковой активности в ответ на приходящую импульсацию из различных подкорковых структур. У испытуемых мужского пола (табл. 1) при анализе внутрисистемной скоррелированности значений амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведении О1 (слева) при нанесении светового стимула на левый глаз, установлено, что наибольшей скоррелированностью обладают компоненты P2 и N4, достоверно различаясь по уровню взаимосвязей с другими. В отведении О2 (справа) эти же компоненты занимают первые ранги по уровню суммарной многосторонней скоррелированности. При стимуляции справа картина внутрисистемной скоррелированности амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведении О1, выглядит несколько иначе, поскольку первое ранговое место занимает компонент P3. Однако уровни многосторонней скоррелированности следующих за ним компонентов P2, N3, N4 и N1 статистически значимо друг от друга не отличаются. Среди компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в О2, первые ранги занимают компоненты P2, N3, N4 и P1.

Как видно из представленных данных, наибольшей суммарной многосторонней скоррелированностью обладает компонент P2 (P100), который является наиболее дифференцируемой частью регистрируемой кривой и большинством исследователей рассматривается как основной компонент ЗВПВ [2].

Обращает на себя внимание, что независимо от стороны нанесения стимула и рассматри-

Таблица 1

## Внутрисистемная скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ у мужчин

Стимуляция слева							
Отведение О1							
Компонент	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4
$\Sigma r+\eta$	1,095	0,975	1,156	2,133	1,731	1,583	2,072
Ранг	6	7	5	1	3	4	2
Отведение О2							
$\Sigma r+\eta$	1,649	1,838	1,113	2,363	1,623	1,611	2,455
Ранг	4	3	7	2	5	6	1
Стимуляция справа							
Отведение О1							
$\Sigma r+\eta$	2,102	1,373	1,418	2,477	2,456	2,574	2,198
Ранг	5	7	6	2	3	1	4
Отведение О2							
$\Sigma r+\eta$	1,597	2,024	0,63	3,366	2,639	1,673	2,381
Ранг	6	4	7	1	2	5	3

Таблица 2

## Внутрисистемная скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ у женщин

Стимуляция слева							
Отведение О1							
Компонент	N1	P1	N2	P2	N3	P3	N4
$\Sigma r+\eta$	0,971	1,191	2,573	0,881	1,803	1,782	1,619
Ранг	6	5	1	7	2	3	4
Отведение О2							
$\Sigma r+\eta$	2,577	2,645	1,615	3,081	1,785	1,088	2,317
Ранг	3	2	6	1	5	7	4
Стимуляция справа							
Отведение О1							
$\Sigma r+\eta$	0,831	1,66	0,907	0,452	1,208	1,262	2,118
Ранг	6	2	5	7	4	3	1
Отведение О2							
$\Sigma r+\eta$	3,015	1,384	0,972	1,35	2,148	0,942	2,915
Ранг	1	4	6	5	3	7	2

ваемого отведения первые ранги по уровню скоррелированности занимают поздние компоненты ЗВПВ (N3, P3 и N4). Это свидетельствует о выраженной активности корковых концов зрительной сенсорной системы, вызванной афферентной импульсацией неспецифических систем лимбико-ретикулярного комплекса. Следует отметить и еще одну особенность, при стимуляции правого, ведущего глаза наблюдаются более тесные в количественном и качественном отношении

взаимосвязи между компонентами вызванных потенциалов. Так суммарная скоррелированность всех компонентов в О1 составила 7,301, а в О2 – 7,155. В то время как при нанесении стимула слева 5,371 и 6,326 в О1 и О2 соответственно. Кроме того, независимо от стороны сенсорной стимуляции корреляционные взаимосвязи в отведении О1 характеризуются наличием только прямолинейных положительных взаимосвязей значений компонентов. В то же время среди взаимосвязей между

компонентами ЗВПВ, зарегистрированными в О2, присутствуют и криволинейные связи. Так, в криволинейных взаимоотношениях с другими компонентами ЗВПВ находятся ранние компоненты N1 и P1.

При анализе внутрисистемной многосторонней скоррелированности амплитуд компонентов ЗВПВ у женщин выявлена более дифференцированная картина, чем у испытуемых мужского пола (табл. 2).

При стимуляции левого глаза в отведении О1 наибольшей суммарной скоррелированностью обладает компонент N2, следующие три ранга занимают поздние компоненты, достоверно не различаясь между собой по уровню взаимосвязи. В отведении О2 первое ранговое место занимает компонент P2, далее следуют ранние компоненты P1 и N1 и поздний компонент N4, достоверно не различаясь по уровню скоррелированности с предыдущими. При стимуляции справа наблюдается наибольшая скоррелированность компонента N4 следующее ранговое место занимает компонент P1 за которым следуют поздние компоненты P3 и N3, зарегистрированные в О1, статистически не различаясь с предыдущим. В отведении О2 наблюдается полярное распределение рангов между ранними и поздними компонентами. Первое место по уровню

скоррелированности занимает компонент N1, за которым следует N4, достоверно не различаясь между собой. Независимо от стороны стимуляции взаимоотношения компонентов зрительной сенсорной системы (компонентов ЗВПВ) слева (О1) характеризуются менее тесными связями по сравнению с правой стороной (О2). Так, сумма  $r+\eta$  компонентов ЗВПВ при стимуляции слева в О1 составила 5,41, а при стимуляции справа в том же отведении – 4,219. В то же время в отведении О2 при стимуляции слева  $\Sigma r+\eta = 7,554$ , а справа – 6,363. В группе испытуемых женского пола выявлена и еще одна особенность в картине корреляции компонентов ЗВПВ, а именно наличие обратно направленной линейной корреляции между N1 и N2 в отведении О1 как при стимуляции слева, так и справа. Кроме того, в отличие от мужчин, криволинейные связи присутствуют во всех рассматриваемых системах.

Анализ суммарной многосторонней скоррелированности амплитудных характеристик зрительных вызванных потенциалов на вспышку света с показателями уровня сложностоординированных целенаправленных бимануальных движений выявил следующее.

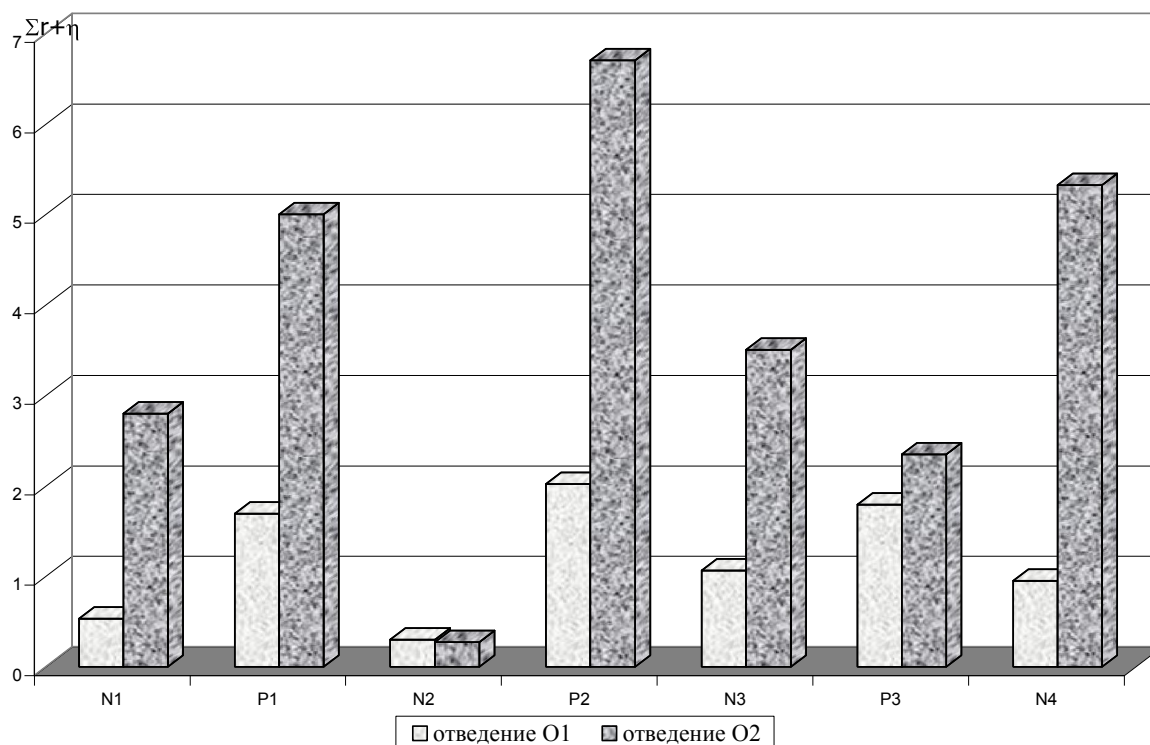


Рис. 1. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведениях O1 и O2 при стимуляции слева, с показателями суппортметрии у мужчин.

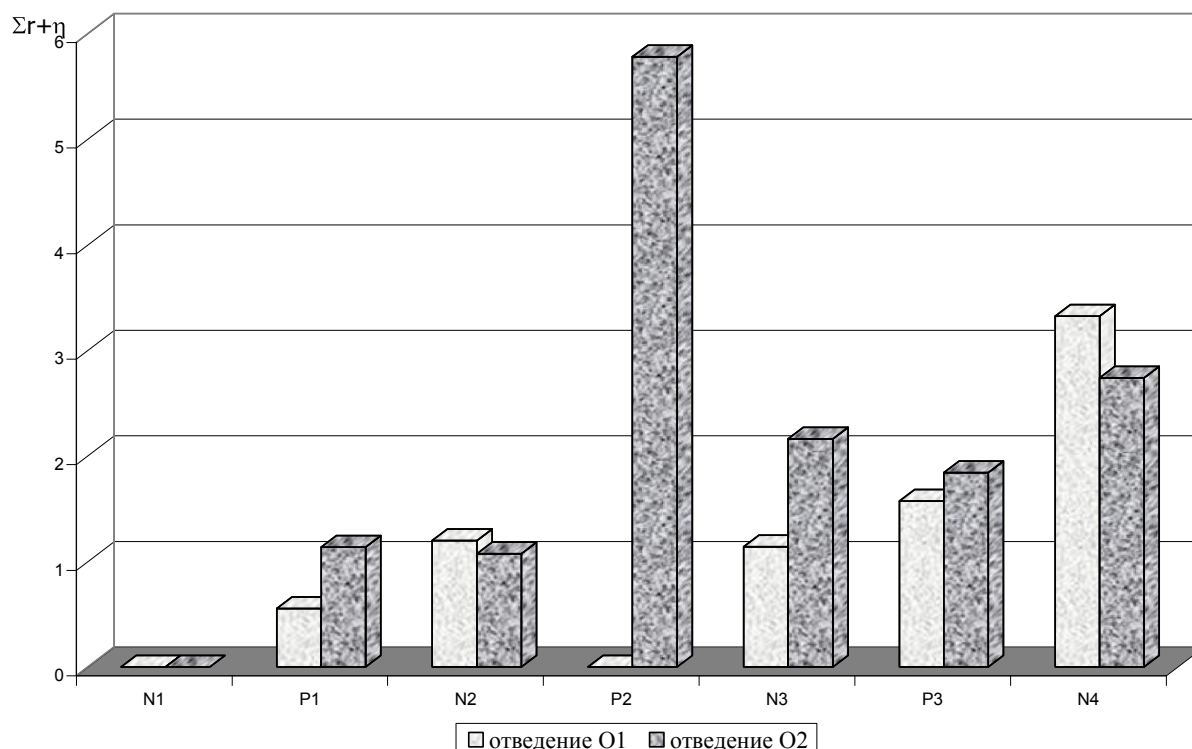


Рис. 2. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведениях O1 и O2 при стимуляции справа, с показателями суппортметрии у мужчин.

Скоррелированность амплитудных компонентов ЗВПВ и показателей суппортметрии у мужчин показала, что в отведениях O1 и O2 при стимуляции слева первый ранг занимает амплитуда компонента P2, а последний - компонента N2 (рис. 1).

Амплитуды компонентов ЗВПВ, зарегистрированные при стимуляции правого глаза в O1 и O2 по уровню многосторонней скоррелированности с характеристиками двигательной активности (рис. 2), скоррелированы следующим образом. В O1 первое место занимает N4, а в O2 - P2. Последние места в обоих отведениях занимает амплитуда компонента N1. Четко прослеживается закономерность, проявляющаяся в том, что среди амплитуд компонентов, зарегистрированных справа (в O2), при нанесении стимула как слева, так и справа наибольшей теснотой взаимосвязи обладает наиболее дифференцируемый P2 и компонент послеразряда N4, а N2 также находится в конце ряда вместе с N1, который не коррелирует с характеристиками суппортметрии. Интересным является факт,

что компоненты P2 и N2, зарегистрированные в отведении O1 (слева), практически меняются местами по сравнению с картиной ранжирования при левосторонней стимуляции.

У женщин выявлена несколько иная картина корреляционных взаимоотношений амплитуд компонентов ЗВПВ и характеристик координации движений (рис. 3). Так, среди амплитуд, зарегистрированных в O1, при стимуляции слева наибольшей многосторонней суммарной скоррелированностью обладает N3, статистически значимо различаясь по уровню с последующими, а наименьшей скоррелированностью - P1, в той же системе у мужчин занимавший третье ранговое место.

Интересная картина наблюдается в O2 с показателями суппортметрии коррелируют амплитуды только трех ранних компонентов зрительного ответа, а остальные не взаимосвязаны с показателями двигательной активности (рис. 3).

Скоррелированность характеристик зрительной системы, зарегистрированных при стимуляции правого глаза, и показателей

суппортметрии выглядит следующим образом (рис. 4). Обращает на себя внимание, что, как и при стимуляции слева в О1, в начале

ранжированного ряда находятся амплитуды компонентов N1 и N2, а в конце ряда N4. Что

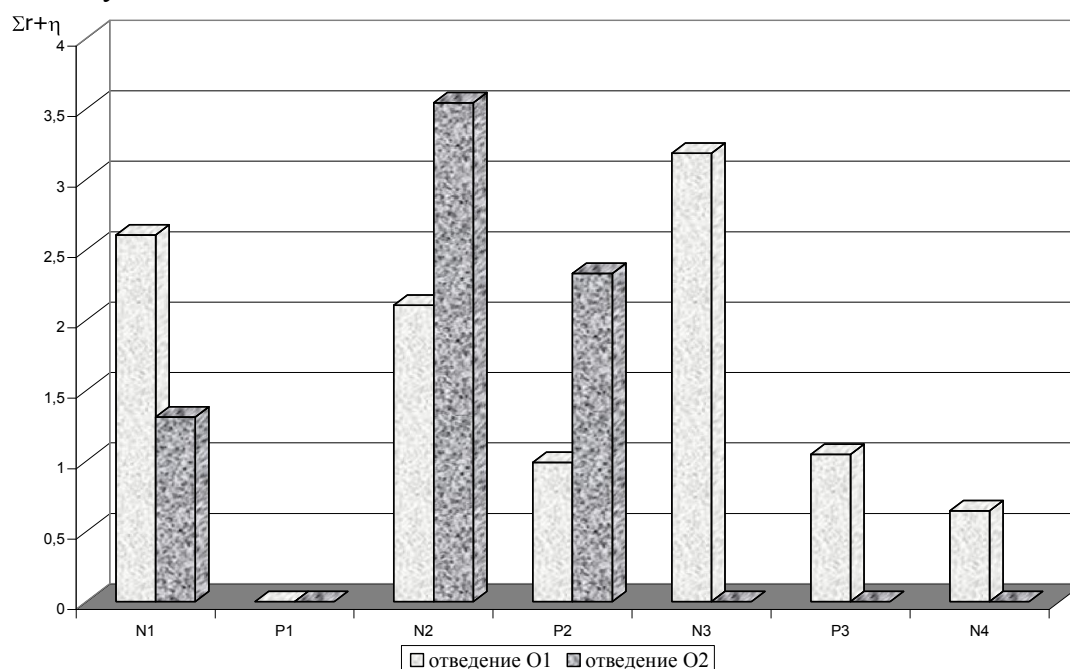


Рис. 3. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведениях О1 и О2 при стимуляции слева, с показателями суппортметрии у женщин.

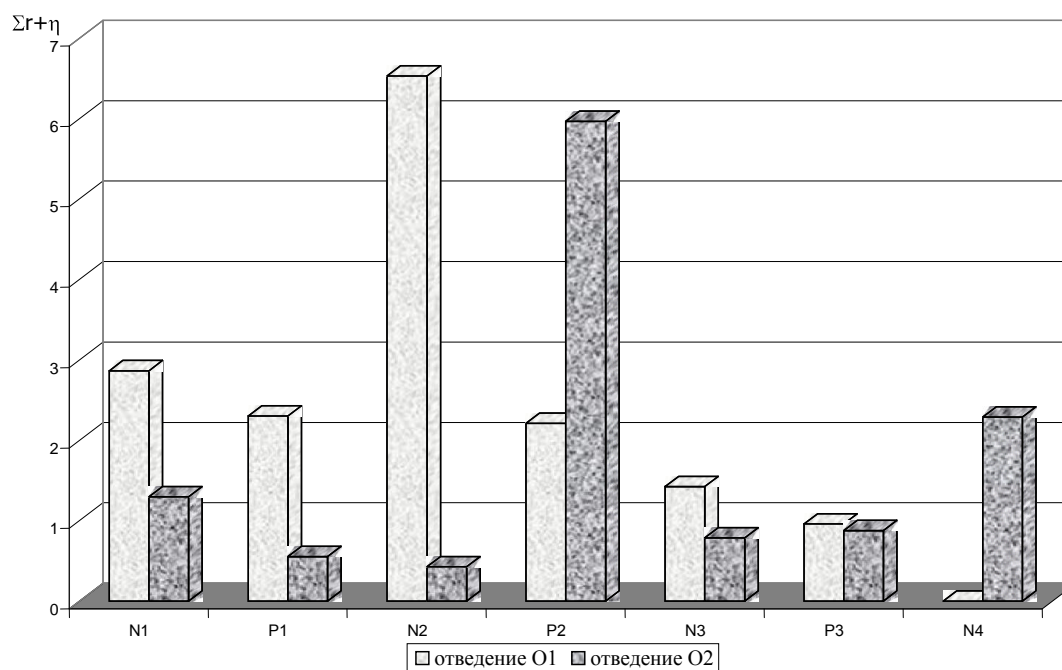


Рис. 4. Суммарная многосторонняя скоррелированность амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных в отведениях О1 и О2 при стимуляции справа, с показателями суппортметрии у женщин.

касается О2, прослеживается четкая закономерность, наблюдаемая и в группе мужчин. Так, первые ранги занимают P2 и N 4, а последний - амплитуда компонента N2.

Таким образом, проведенный нами анализ показал, что независимо от латерализации сенсорного восприятия наиболее дифференцированный характер взаимосвязей с показателями

телями произвольной двигательной активности обнаруживает активность элементов системы правого полушария головного мозга, в частности наиболее дифференцируемый компонент ЗВПВ Р2 и компонент N4.

Физиологическая интерпретация этих элементов позволяет говорить о том, что произвольные сложнокоординированные движения рук обеспечиваются в большей степени активностью быстропроводящих волокон зрительного тракта с большим количеством промежуточных переключений и сенсорных воронок. Это свидетельствует о том, что импульсация, вероятно, проходит через неспецифические и ассоциативные ядра таламуса, а также ядра стриарного комплекса. В то же время компонент N4 характеризует возможные генерации связей со специфическими реле, где наряду с неспецифическими ядрами характеризует механизмы организации ритмической активности этих структур [2, 6]. В отличие от особенностей корреляционных взаимоотношений латентностей сумма всех достоверных коэффициентов корреляции и корреляционных отношений между значениями амплитуд компонентов ЗВПВ и характеристиками суппортметрии больше в группе мужчин и составляет 56,829, тогда как у женщин 46,678. В то же время сохраняется закономерность доминирования активности зрительной коры правого полушария при выполнении двигательных задач у мужчин.  $\Sigma$   $\gamma + \eta$  левых отделов (O1) равна 16,147, а правых (O2) составляет 40,682, а у женщин левого полушария  $\Sigma$   $\gamma + \eta$  = 26,794 и 20,084 слева и справа соответственно.

Таким образом, проведенный корреляционный анализ позволил выявить особенности относительно устойчивой корреляции показателей активности элементов зрительной сенсорной системы в зависимости от латерализации стимуляционного воздействия и пола испытуемых. Так, у мужчин сопряженность элементов центральных структур зрительного анализатора характеризуется высоким уровнем взаимосвязи амплитуды наиболее дифференцируемого компонента Р2 независимо от стороны стимуляции и анализируемого отведения. Это, вероятно, свидетельствует о высокой функциональной активности неспецифических и ассоциативных таламических ядер, а также ядер стриарного комплекса [2,

6]. Кроме того, стимуляция правого сенсорного входа обуславливает более тесные в количественном и качественном отношении взаимосвязи между рассматриваемыми характеристиками. У женщин сопряженность элементов при стимуляции левого сенсорного входа схожа с таковой у мужчин. Однако картина корреляционных взаимоотношений амплитуд компонентов ЗВПВ, зарегистрированных при стимуляции правого глаза, свидетельствует о преобладании активности специфических таламических зрительных реле. Так же как и у мужчин, наиболее тесные взаимосвязи характерны для структур правого полушария. В то же время они характеризуются большей криволинейностью, что, вероятно, свидетельствует о большей выраженности индивидуальных различий, что выявлялось нами и ранее [10].

Анализ межсистемной корреляции амплитуд компонентов ЗВПВ и показателей суппортметрии позволил установить, что у мужчин внутрисистемная сопряженность обуславливает и уровень координации сложных произвольных целенаправленных движений рук [9]. Это явление можно определить как сонастройку которая характеризует согласование уровней активности биологических структур, которое является выражением готовности к определенной сложной деятельности [5]. У женщин сонастройка выражена в меньшей степени. Это согласуется с выявленным нами ранее фактом, что уровень координации бимануальных движений у мужчин, значительно выше, чем у женщин [9]. Кроме того, установлено, что уровень межсистемной скоррелированность выше у мужчин, по сравнению с женщинами, за счет взаимосвязей с показателями активности структур правого полушария, в то время как у женщин доминируют взаимосвязи со структурами левого полушария.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безруких М.М., Хрянин А.В. Особенности пространственной организации мозга у праворуких и леворуких детей 6-7 лет при выполнении зрительно-пространственных заданий разного уровня сложности // Физиология человека. – 2003. – Т. 29, № 3. – С. 33–39.