УДК 376.42+612.7/.8+616.8+159.9
https://doi.org/10.56871/RBR.2025.22.97.001

ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ЛИЦ С РАЗНЫМИ ПОЛЮСАМИ КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ

© Надежда Игоревна Белоусова, Павел Владимирович Ткаченко, Елена Владимировна Петрова

Курский государственный медицинский университет. 305041, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 3, Российская Федерация

Контактная информация: Надежда Игоревна Белоусова — к.м.н., доцент кафедры нормальной физиологии, заведующий лабораторией НИИ физиологии. E-mail: sokolowa.nadia@yandex.ru https://orcid.org/0000-0001-5299-6100 SPIN: 3306-1212

Для цитирования: Белоусова Н.И., Ткаченко П.В., Петрова Е.В. Особенности корреляционных взаимоотношений временных характеристик зрительных вызванных потенциалов у лиц с разными полюсами когнитивного стиля. Российские биомедицинские исследования. 2025;10(3):7–15. https://doi.org/10.56871/RBR.2025.22.97.001

Поступила: 26.05.2025 **Одобрена: 22.07.2025** **Принята к печати: 16.09.2025**

Резюме. ***Введение.*** Ранее отмечено, что на особенности распространения зрительной информации и активацию ряда структур влияют возраст, функциональное состояние, проявления когнитивных стилей, типологический комплекс нервной системы и половая принадлежность. Не вызывает сомнений, что эффективное функционирование зрительной сенсорной системы и закономерности переработки информации на различных уровнях будут в значительной степени определять оптимальную реализацию произвольной двигательной деятельности в зависимости от половой принадлежности. ***Цель исследования.*** Выявить особенности внутрисистемных корреляционных взаимоотношений латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн у испытуемых мужского и женского пола, относящихся к разным полюсам когнитивного стиля полезависимость-поленезависимость, и закономерности реализации бимануальных двигательных программ. ***Материалы и методы.*** У испытуемых мужского и женского пола определялся тип когнитивного стиля. Уровень бимануальной произвольной двигательной активности оценивался методом суппортметрии. Особенности функционального состояния зрительной сенсорной системы определялись посредством регистрации зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн, оценивались латентности соответствующих компонентов. Сенсорно-эффекторные взаимоотношения определялись методом полного корреляционного анализа с расчетом суммы коэффициентов корреляции и корреляционных взаимоотношений. ***Результаты.*** Установлено, что уровень и особенности суммарной многосторонней скоррелированности латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн с характеристиками бимануальной координации определяется латерализацией поступления сенсорного стимула, полом и принадлежностью к тому или иному полюсу когнитивного стиля полезависимость-поленезависимость. У мужчин эффективное выполнение двигательных заданий определяется распространением зрительной информации и зрительным контролем на уровне скоростно-временных показателей реализации бимануальной координации, особенно у лиц, характеризующихся поленезависимостью. У женщин выявлена иная стратегия зрительного сенсорного обеспечения произвольных сложнокоординированных бимануальных движений, основанная на коррекции распространения возбуждения при возникновении дефекта при реализации трека, т.е. при возмущении системы. ***Выводы.*** Установленные закономерности сенсорно-эффекторных взаимоотношений отражают различные стратегии реализации двигательных программ у мужчин и женщин с учетом полюса когнитивного стиля, определяемые особенностями распространения зрительной информации в структурах центральной нервной системы.

Ключевые слова: зрительно-моторная координация, произвольные бимануальные движения, зрительные вызванные потенциалы, когнитивный стиль полезависимость-поленезависимость

https://doi.org/10.56871/RBR.2025.22.97.001

PECULIARITIES OF CORRELATION RELATIONS OF TEMPORAL CHARACTERISTICS OF VISUAL EVOKED POTENTIALS IN PERSONS WITH DIFFERENT POLES OF COGNITIVE STYLE

© Nadezhda I. Belousova, Pavel V. Tkachenko, Elena V. Petrova

Kursk State Medical University. 3 Karl Marx str., Kursk 305041 Russian Federation

Contact information: Nadezhda I. Belousova — Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal Physiology, Head of the Laboratory of Motor Activity of the Research Institute of Physiology. E-mail: sokolowa.nadia@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-5299-6100 SPIN: 3306-1212

For citation: Belousova NI, Tkachenko PV, Petrova EV. Peculiarities of correlation relations of temporal characteristics of visual evoked potentials in persons with different poles of cognitive style. Russian Biomedical Research. 2025;10(3):7–15. DOI: https://doi.org/10.56871/RBR.2025.22.97.001

Received: 26.05.2025 **Revised: 22.07.2025** **Accepted: 16.09.2025**

Abstract. ***Introduction.*** It was previously noted that the features of the dissemination of visual information and the activation of a number of structures are influenced by age, functional status, manifestations of cognitive styles, the typological complex of the nervous system and gender. There is no doubt that the effective functioning of the visual sensory system and the patterns of information processing at various levels will largely determine the optimal implementation of voluntary motor activity, depending on gender. ***The purpose of the study.*** To identify the features of the intra-system correlation relationship of latencies of the components of visual evoked potentials to the chess pattern in male and female subjects belonging to different poles of the cognitive style of utility-field dependence, and patterns of implementation of bimanual motor programs. ***Materials and methods.*** The type of cognitive style was determined in the male and female subjects. The level of bimanual voluntary motor activity was assessed by the method of supportmetry. The features of the functional state of the visual sensory system were determined by registering visual evoked potentials in a chess pattern, and the latencies of the corresponding components were evaluated. Sensory-effector relationships were determined by the method of complete correlation analysis with the calculation of the sum of correlation coefficients and correlation relationships. ***Results.*** It has been established that the level and features of the total multilateral correlation of latencies of the components of visual evoked potentials on a chess pattern with the characteristics of bimanual coordination are determined by the lateralization of sensory stimulus input, gender, and belonging to one or another pole of the cognitive style of use-non-dependence. In men, the effective performance of motor tasks is determined by the dissemination of visual information and visual control at the level of speed-time indicators of the implementation of bimanual coordination, especially in people characterized by gender independence. In women, a different strategy of visual sensory support for arbitrary complexly coordinated bimanual movements was revealed, based on the correction of the spread of arousal during the occurrence of a defect in the implementation of the track, i.e., when the system is disturbed. ***Conclusions.*** The established patterns of sensory-effector relationships reflect different strategies for the implementation of motor programs in men and women, taking into account the pole of cognitive style, determined by the peculiarities of the dissemination of visual information in the structures of the central nervous system.

Keywords: hand-eye coordination, voluntary bimanual movements, visual evoked potentials, cognitive style of utility-polenezavisimost

ВВЕДЕНИЕ

Проблема проявлений различий функционирования организма и способов их диагностики сегодня носит междисциплинарный характер и объединяет физиологию, психологию, педагогику и другие дисциплины. Важным является установление закономерностей функционирования центральной нервной системы с учетом пола, зрелости механизмов высшей нервной деятельности [1–4]. Безусловно, максимально информативным методом определения особенностей функционирования центральных структур зрительной сенсорной системы является метод зрительных вызванных потенциалов на вспышку света и на обращаемый шахматный паттерн [1, 5–7].

В ряде исследований показано, что у лиц женского пола временны́е характеристики зрительных вызванных потенциалов меньше, чем у мужчин, а амплитуды, наоборот, характеризуются бóльшими значениями. Отмечено, что на особенности распространения зрительной информации и активацию ряда структур будут влиять пол, возраст, функциональное состояние, проявления когнитивных стилей и типологический комплекс нервной системы [1, 2, 5].

Не вызывает сомнений, что эффективное функционирование зрительной сенсорной системы и закономерности переработки информации на различных уровнях будут в значительной степени определять оптимальную реализацию произвольной двигательной деятельности с ее половыми особенностями [3, 8–12]. Характерно, что у мужчин информационная архитектоника имеет более сложную структуру по сравнению с женщинами и показывает бóльшую устойчивость, что, очевидно, и обусловливает бóльшую эффективность произвольной бимануальной координации [7, 13]. В ряде исследований отмечается, что от особенностей распространения возбуждения в зрительной сенсорной системе будет зависеть и реализация когнитивных процессов, таких как внимание, устойчивость к монотонии, восприятие, память [14, 15]. Когнитивные особенности, связанные со зрительным восприятием, в свою очередь, способны определять уровень произвольной двигательной активности [16, 17]. В настоящее время описано более 15 различных когнитивных стилей, не объединенных в общую систему. Наш интерес вызывает феномен полезависимости-поленезависимости, определяющий особенности целостного или детального внимания при восприятии различных объектов [17–20].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования — выявить особенности внутрисистемных корреляционных взаимоотношений латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн у испытуемых мужского и женского пола, относящихся к разным полюсам когнитивного стиля полезависимость-поленезависимость, и закономерности реализации бимануальных двигательных программ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании на основе информированного согласия приняли участие 95 испытуемых мужского и женского пола (41 мужчина и 54 женщины). Особенности распространения информации в зрительной системе оценивали посредством регистрации зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн (ЗВПШП) в отведении Oz-Fz с использованием нейромиоанализатора НМА-4-01 «Нейромиан» (г. Таганрог, Россия) с соответствующим программным обеспечением по стандартной методике [1, 5]. При анализе оценивали латентности компонентов N75, P100, N145, P200, а также их различия в зависимости от латерализации поступления стимула. Уровень бимануальной координации оценивали методом суппортметрии [4, 16] с использованием авторского программного обеспечения[1]. При реализации шести двигательных треков фиксировали общее время выполнения задания (ОВ), время на контуре трека (ВНК), время вне контура при сбое (ВВК) и количество ошибок-сбоев (КО), на их основе рассчитывали скорость выполнения задания (СК), скорость реакции при исправлении ошибки (СР) и интегральный показатель координации (ИПК) как характеристику эффективности реализации двигательной программы. Принадлежность испытуемых к когнитивному стилю определяли с применением авторской программы для ЭВМ[2]. Индекс полезависимость-поленезависимость рассчитывали по стандартной формуле. При индексе, равном 2,5 или более, испытуемого относили к поленезависимому типу, а менее 2,5 — к полезависимому. При статистической обработке, используя критерий Колмогорова–Смирнова, все первичные данные были проверены на нормальность распределения и равенство генеральных дисперсий. Полный корреляционный анализ с расчетом прямолинейной корреляции, корреляционных взаимоотношений и критерия криволинейности производился посредством программы Excel 2019 и STATISTICA (версия 13.0). Достоверность различий оценивалась по стандартной формуле с использованием t-критерия Стьюдента. Для оценки значимости корреляционных взаимосвязей характеристик рассчитывали коэффициент суммарной многосторонней корреляции как $\sum r+\eta$ [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ

У полезависимых мужчин система корреляционных связей временных характеристик зрительных вызванных потенциалов

[1] Свидетельство 2020615226 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ. Информационная система для обработки результатов эксперимента «Суппорт 2.0». П.В. Ткаченко, Н.И. Соколова, Е.В. Петрова, С.В. Криволапов; правообладатель ФГБОУ ВО КГМУ (RU). № 2020615226; заявл. 03.04.2020; опубл. 19.05.2020.

[2] Свидетельство 2017615838 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ. Информационная система сбора и обработки результатов эксперимента на выявление поленезависимости-полезависимости «Тест Готшильда 1.0». В.В. Шванов, П.В. Ткаченко, Н.И. Соколова, С.В. Криволапов; правообладатель ФГБОУ ВО КГМУ (RU). № 2017615838; заявл. 27.03.2017; опубл. 25.05.2017.

на шахматный паттерн, зарегистрированных при правосторонней стимуляции, с показателями бимануальной координации суммарно взаимосвязана на уровне ∑r+η — 28,41. Здесь скоррелированность показателей первого задания составляет значение 4,11, второго — 6,61, третьего — 3,71, четвертого — 9,45, пятого — 3,56 и шестого — 0,97.

Рассмотрение внутренней структуры корреляционных связей показало, что в данной системе превалируют криволинейные связи между рассматриваемыми показателями. Следует отметить, что среди характеристик выполнения четвертого наиболее скоррелированного задания тесно взаимосвязаны с латентностями N75 и P100 временные показатели реализации трека (ОВ, ВНК и ВВК), а также расчетные (СК и ИПК), что обусловливает первые ранги по уровню взаимосвязей латентности указанных компонентов. Система, сформированная с участием латентностей, полученных при стимуляции левого глаза, суммарно скоррелирована с показателями координации всех шести заданий на уровне ∑r+η — 44,98. В данной системе взаимоотношений характеристик показатели первого задания со значениями латентностей взаимосвязаны на уровне 5,38, второго — 7,35, третьего — 9,05, четвертого — 9,48, пятого — 6,71 и шестого — 7,01. Здесь следует отметить более тесные взаимоотношения по сравнению с предыдущей. Здесь также доминируют криволинейные связи, имеющие и двусторонний характер, т.е. наблюдается динамика как первого признака по второму, так и второго по первому. В рассматриваемой матрице наибольший уровень взаимоотношений смещается в область латентностей компонентов P100 и N145 за счет корреляции с показателями выполнения третьего и четвертого заданий для бимануальной координации, чей общий уровень суммарных взаимоотношений находится на одном статистически не отличающемся уровне (табл. 1). Следует отметить, что, как и в предыдущей системе, коррелляционные взаимоотношения принадлежат временным характеристикам прохождения третьего и четвертого треков. Однако сопоставления P100-ИПК и N145-ИПК приобретают выраженный прямолинейный характер.

У испытуемых мужского пола поленезависимого типа в системе корреляционных связей латентностей, вызванных поступлением сенсорного стимула через правый вход, сумма коэффициентов корреляции и корреляционных взаимоотношений с показателями координации составила значение ∑r+η — 54,64. В данной системе показатели первого суппортметрического задания суммарно взаимосвязаны на уровне 12,42, второго — 12,75, третьего — 10,61, четвертого — 5,3, пятого — 3,09 и шестого ∑r+η — 10,41. При рассмотрении внутренней корреляционной структуры следует отметить значительное повышение общего суммарного уровня корреляционных взаимоотношений за счет увеличения как количества преимущественно криволинейных корреляционных связей, так и их значимости. Здесь структуру и тесноту обусловливают характеристики выполнения первого и второго заданий, выраженно взаимосвязанные с латентностями компонентов

Таблица 1

Суммарная многосторонняя скоррелированность латентностей характеристик зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн с показателями бимануальной координации у мужчин

Table 1

The total multilateral correlation of the latencies of the characteristics of visual evoked potentials on a chess pattern with the indicators of bimanual coordination in men

Полезависимые / Field dependent				
Стимуляция справа / Stimulation on the right				
Показатель / Indicator	N75	P100	N145	P200
∑r+η	12,44	7,47	2,56	5,94
Ранг / Rank	I	II	IV	III
Стимуляция слева / Stimulation on the left				
∑r+η	5,9	10,89	18,67	9,52
Ранг / Rank	IV	II	I	III
Поленезависимые / Field independent				
Стимуляция справа / Stimulation on the right				
∑r+η	12,29	16,69	14,91	10,75
Ранг / Rank	III	I	II	IV
Стимуляция слева / Stimulation on the left				
∑r+η	15,32	10,39	15,08	9,81
Ранг / Rank	I	III	II	IV

Таблица 2

Суммарная многосторонняя скоррелированность латентностей характеристик зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн с показателями бимануальной координации у женщин

Table 2

The total multilateral correlation of the latencies of the characteristics of visual evoked potentials on a chess pattern with the indicators of bimanual coordination in women

Полезависимые / Field dependent				
Стимуляция справа / Stimulation on the right				
Показатель / Indicator	N75	P100	N145	P200
∑r+η	23,26	14,21	9,12	10,07
Ранг / Rank	I	II	IV	III
Стимуляция слева / Stimulation on the left				
∑r+η	15,9	8,65	6,36	18,4
Ранг / Rank	II	III	IV	I
Поленезависимые / Field independent				
Стимуляция справа / Stimulation on the right				
∑r+η	8,2	20,14	14,82	18,0
Ранг Rank	IV	I	III	II
Стимуляция слева / Stimulation on the left				
∑r+η	6,09	14,66	14,23	17,2
Ранг / Rank	IV	II	III	I

ЗВПШП P100 и N145. Интересным является факт наличия прямолинейных обратно направленных связей в сопоставлении характеристик дефекта выполнения задания ВВК и КО первого и второго треков с латентностями компонентов P100 и N145. В системе взаимосвязей, определяемой контратеральным поступлением сигнала, общий уровень взаимоотношений составил ∑r+η 50,6. Характеристики первого задания с латентностями ЗВПШП коррелируют в сумме 16,39, второго — 12,69, третьего — 8,31, четвертого — 5,27, пятого — 2,11 и шестого — 5,83. Внутренняя структура корреляционных связей также описывается преимущественными криволинейными взаимоотношениями. Как и в предыдущей системе, наибольшую тесноту связей показывают характеристики реализации первых двух треков, коррелирующие с латентностями всех компонентов ЗВПШП, среди которых первые ранги занимают N75 и N145, находящиеся на статистически одинаковом уровне взаимоотношений. Следует отметить наличие прямолинейных положительных связей в сопоставлениях ОВ и ВНК с N75 и N145 в системах обоих заданий и прямолинейных обратно направленных в парах ИПК- N75.

У женщин, характеризующихся полезависимостью, суммарный уровень взаимоотношений латентностей рассматриваемых вызванных потенциалов, полученных при стимуляции правого глаза, с характеристиками координации находится на уровне ∑r+η — 56,66 (табл. 2). Здесь показатели первого задания скоррелированы с латентностями на уровне 6,87, второго — 7,98, третьего — 13,26, четвертого — 7,3, пятого — 7,55, шестого — 12,7. Внутреннюю структуру многосторонних связей в рассматриваемой системе отражают исключительно криволинейные связи практически всех характеристик суппортметрии с латентностями компонентов зрительных вызванных потенциалов. В то же время следует отметить наиболее выраженные двусторонние корреляционные связи латентности раннего компонента N75 с показателями ОВ, ВВК, КО, СР и ИПК, зарегистрированными при реализации третьего и шестого заданий. В системе взаимоотношений, вызванной контралатеральной стимуляцией, рассматриваемые характеристики скоррелированы на уровне ∑r+η — 49,31. Уровень взаимоотношений показателей первого задания в данной корреляционной системе составляет 11,06, второго — 5,99, третьего — 6,9, четвертого — 7,27, пятого — 12,18, и шестого — 5,91. В данной системе наблюдаются общие закономерности, аналогичные предыдущей. Вместе с тем выявлены двусторонние криволинейные связи латентности компонента P200 с характеристиками дефекта реализации трека ВВК и КО. Здесь общую суммарную скоррелированность формируют взаимоотношения показателей выполнения первого и пятого двигательных треков.

У испытуемых женского пола противоположного поленезависимого полюса когнитивного стиля временные характеристики вызванных потенциалов, зарегистрированные при поступлении сенсорного стимула справа, коррелируют

с показателями координации шести двигательных заданий в ∑r+η — 61,16. Среди них показатели первого задания взаимосвязаны в сумме 10,89, второго — 12,92, третьего — 11,72, четвертого — 10,15, пятого — 4,93 и шестого — 10,56. Внутренняя структура корреляционных взаимоотношений в рассматриваемой системе характеризуется выраженной криволинейностью, как и в предыдущих случаях. Однако следует отметить, что выраженные взаимоотношения характеризуют показатели бимануальной координации практически всех заданий суппортметрии (кроме пятого), коррелирующие с латентностями компонентов вызванных потенциалов, среди которых выраженные связи обнаруживают P100 и P200. Кроме того, следует отметить немногочисленные, но важные прямолинейные обратно направленные взаимоотношения в сопоставлениях указанных показателей с характеристиками КО, СР и ИПК. В системе сопоставлений, обусловленных контралатеральным поступлением зрительного стимула, сумма всех коэффициентов корреляции и корреляционных отношений равняется значению ∑r+η — 52,18. Рассмотрение суммарной многосторонней скоррелированности показателей суппортметрии по заданиям в указанной системе взаимосвязей показало, что характеристики первого задания коррелируют на уровне 12,12, второго — 9,15, третьего — 5,01, четвертого — 7,28, пятого — 4,9 и шестого — 11,26. Здесь так же, как и в предыдущей системе, первые ранги по уровню взаимоотношений показывают латентности компонентов P100, N145 и P200, последняя достоверно наиболее тесно скоррелирована. Криволинейные связи, в том числе и двусторонние, наблюдаются с характеристиками реализации первых двух и последнего шестого заданий. Отмечаются и немногочисленные прямолинейные отрицательные взаимоотношения с характеристиками ОВ, ВНК, КО, СР и ИПК.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты, очевидно, свидетельствуют о том, что уровень многосторонней суммарной скоррелированности различных латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн с показателями двигательной активности указывает на важность и сложность процессов, протекающих в тех или иных структурах центральной нервной системы, относящихся к зрительному анализатору и участвующих в обеспечении произвольной бимануальной координации [8, 9, 14–16]. Кроме того, показано, что принадлежность к тому или иному полюсу когнитивного стиля полезависимость-поленезависимость определяет особенности и эффективность распространения сенсорной информации в критических структурах нервной системы [15, 16]. Следует отметить и уровни многосторонних взаимоотношений показателей произвольной двигательной активности рук в зависимости от вида предлагаемого для выполнения трека и рассматриваемой группы испытуемых мужского или женского пола с разными когнитивными стилями [4, 8].

Так, у испытуемых мужского пола, относящихся к поленезависимому стилю, в системе связей наибольшим уровнем взаимоотношений обладает латентность компонента N75. Физиологическая интерпретация происхождения данного компонента позволяет предположить, что в данной системе существенным является распространение возбуждения, возникающего при стимуляции желтого пятна и вызывающая ответ ближнего поля (17 по Бродману) [5]. Со стороны суппортметрии наибольший уровень взаимоотношений показывает трек, составленный из угловых и полукружных элементов, что и отражает сложность бимануальной координации. Следует отметить, что доминирование в структуре корреляционных взаимоотношений криволинейных связей преимущественно с временными показателями суппортметрии и ИПК свидетельствует о сонастройке процесса координации под контролем зрения, направленного на достижение полезного результата. Аналогичные закономерности, описанные нами ранее, прослеживаются и в настоящем исследовании [4, 8, 13, 14].

Поступление сенсорного стимула через левый сенсорный вход усиливает суммарную многостороннюю скоррелированность в системе за счет увеличения уровня взаимоотношений латентностей компонентов P100 и особенно N145, что свидетельствует о расширении топографии центральных структур в обеспечении произвольной активности с включением наряду с полем 17и поля 18 по Бродману, а также с учетом вовлечения структур по средней линии. В данном случае речь может идти о процессах контралатерального распространения информации с эффективным ее дублированием. Кроме того, следует отметить, что высокий уровень взаимоотношений показывают характеристики как четвертого, так и третьего заданий, состоящих из полукружных элементов, очевидно, наиболее сложных для выполнения. В этой системе, как и в предыдущей, сонастройка связана с коррекцией временных и скоростных показателей координации. Установленные прямолинейные связи в парах P100-ИПК и N145-ИПК, очевидно, свидетельствуют о повышении общего уровня бимануальной координации с усилением эффективного дублирования информации. Выявленные в нашем исследовании особенности у мужчин полезависимого полюса свидетельствуют о латерализации функций в полушариях и выраженных индивидуальных различиях организации, в том числе и зрительной сенсорной системы.

У поленезависимых мужчин в системе взаимоотношений латентностей, вызванных стимуляцией справа, выраженное значение в обеспечении произвольных бимануальных движений рук имеет вовлечение в процесс, наряду со стриарной корой, широкого спектра структур центральной нервной системы. Следует отметить, что наибольшим уровнем скоррелированности обладают показатели выполнения первого тренировочного задания и второго самого сложного задания, по данным наших предыдущих исследований [4, 8, 14]. Обращает на себя внимание резкое возрастание суммарной многосторонней скоррелированности в рассматриваемых системах у испытуемых поленезависимого стиля, что, очевидно, сви-

детельствует о перестройке системы, связанной с отвязкой восприятия от внешних ориентиров. Выполнение последующих заданий с достижением полезного приспособительного результата, вероятно, осуществляется на основе эффективного научения при реализации тех или иных элементов трека. Существенными являются обнаруженные связи в сопоставлениях характеристик дефекта выполнения задания ВВК и КО первого и второго треков с наиболее взаимосвязанными латентностями компонентов P100 и N145, свидетельствующие о роли скорости распространения информации в безошибочном выполнении бимануальных действий.

При стимуляции слева у поленезависимых мужчин на фоне высокого уровня суммарных взаимоотношений в процессе сенсорно-эффекторной координации выраженно включается и конвекситальная область, выходящая на поверхность зрительной коры. Так же, как и в предыдущей системе, присутствует закономерность высокого уровня межсистемных взаимоотношений характеристик первых двух двигательных треков. На фоне большого количества криволинейных связей, свидетельствующих о сонастройке систем, имеются и положительные взаимоотношения временны́х характеристик выполнения заданий и ИПК с наиболее скоррелированными латентностями, что подтверждает наличие сформированной стратегии бимануальной координации, основанной на контроле и эффективной реализации скоростно-временны́х характеристик.

У женщин поленезависимого стиля при стимуляции правого глаза, как и у мужчин, критическим уровнем распространения возбуждения является поле 17 по Бродману. Данный ответ является первым из четко визуализируемых на кривой, возникающим при стимуляции фовии (желтого пятна). Установленные связи латентности данного компонента формирует и более высокий уровень суммарных взаимоотношений в системе по сравнению с мужчинами аналогичной полезависимой группы. В то же время наибольший уровень взаимоотношений характерен для показателей координации третьего бимануального задания, состоящего из полукружных элементов, традиционно сложных для реализации, и шестого, имеющего полукружные и угловые элементы. Исключительно криволинейные связи свидетельствуют о настройке и сонастройке деятельности сенсорно-эффекторных элементов системы, направленных на эффективное выполнение заданий. Обращает на себя внимание наличие выраженных связей в сопоставлениях латентности компонента N75 с характеристиками дефекта реализации трека, что может свидетельствовать об иной, в отличие от мужчин, стратегии сенсорно-эффекторных взаимоотношений, связанной с необходимостью возмущения системы при совершении ошибки. Поступление сенсорного стимула слева включает в процесс сенсорного обеспечения двигательной активности у полезависимых женщин наряду с латентностью компонента N75 и латентность P200. Это свидетельствует о включении лобно-центральной области и выраженным участием неспецифических систем таламуса и стволовых структур мозга в отличие от мужчин [1, 5, 21, 22]. Наибольшая скоррелированность характеристик дефекта выполнения первого и пятого заданий (ВВК и КО) с латентностью компонента P200 подтверждает наличие специфических механизмов сенсорно-эффекторных взаимоотношений.

У женщин поленезависимого когнитивного стиля при стимуляции правого глаза, как и у мужчин, зрительно-моторная координация осуществляется на уровне подкорковых базальных ядер переднего мозга, являющихся одним из критических компонентов двигательной системы. Кроме того, выраженное значение имеют неспецифические системы мозга и ретикулярная формация ствола. Характерно, что принадлежность к поленезависимому стилю у женщин определяет практически одинаковую скоррелированость всех заданий суппортметрии, что в отличие от мужчин свидетельствует о нестабильном уровне научения при освоении двигательных навыков. На фоне доминирующих криволинейных связей описанных компонентов выявлены и прямолинейные отрицательные связи, свидетельствующие о сенсорно-эффекторной координации на основе возникновения и исправления ошибки, что и формирует интегральный, более низкий уровень бимануальной координации по сравнению с мужчинами.

Система, сформированная с участием латентностей, зарегистрированных при стимуляции левого глаза у поленезависимых женщин, характеризуется наибольшим уровнем корреляционных взаимоотношений латентностей P100, N145 и P200, что свидетельствует об участии, как и в предыдущем случае, широкого спектра структур в процессе зрительно-моторной координации. Кроме того, здесь относительно выраженное значение приобретают и ассоциативные области коры (поля 18 и 19 по Бродману) [5, 7, 22]. Выявленные криволинейные и прямолинейные связи латентностей соответствующих компонентов с показателями координации наиболее скоррелированных заданий характеризуют соответствующую стратегию зрительно-моторных взаимоотношений.

ВЫВОДЫ

Таким образом, уровень и особенности суммарной многосторонней скоррелированности латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на шахматный паттерн с характеристиками бимануальной координации определяется латерализацией поступления сенсорного стимула, полом и принадлежностью к тому или иному полюсу когнитивного стиля полезависимость-поленезаисимость. Установленные закономерности сенсорно-эффекторных взаимоотношений свидетельствуют о том, что у испытуемых полезависимого типа при правосторонней стимуляции важное значение имеет геометрическая структура выполняемого задания, при этом у женщин суммарный уровень взаимоотношений значительно выше, чем у мужчин, с выраженным значением распространения возбуждения к первичной зрительной коре. У мужчин поступление стимула через левый сенсорный вход вызывает расширение заинтересованных структур центральной нервной системы с включением в процесс сенсорного обеспечения

стриарной и ассоциативной коры. У испытуемых поленезависимого типа происходит закономерное усиление сенсорно-эффекторных взаимоотношений на уровне реализации первых двух заданий с последующей реализацией треков на основе научения. У женщин наблюдается включение в процесс зрительно-моторной координации распространения возбуждения в структурах лимбико-ретикулярного комплекса и неспецифических ядрах таламуса. Внутренняя структура корреляционных связей свидетельствует о том, что у мужчин эффективное выполнение двигательных заданий определяется распространением зрительной информации и зрительным контролем на уровне скоростно-временных показателей реализации бимануальной координации, особенно у лиц, характеризующихся поленезависимостью. У женщин выявлена иная стратегия зрительного сенсорного обеспечения произвольных сложнокоординированных бимануальных движений, основанная на коррекции распространения возбуждения при возникновении дефекта при реализации трека, т.е. при возмущении системы.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. This study was not supported by any external sources of funding.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. М.: МЕДпресс-информ; 2004.
2. Козлова П.И., Джос Ю.С. Характеристики зрительных когнитивных вызванных потенциалов у школьников 13–18 лет в зависимости от пола. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. 2014;1:64–71.
3. Yu Q., Tang Y., Li J., Lu Q., Wang H., Sui D., Zhou L., Wang Y., Heil M. Sex differences of event-related potential effects during three-dimensional mental rotation. Neuroreport. 2009;20(1):43–47. DOI: 10.1097/WNR.0b013e32831c50f4.
4. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Соотношение моторных и сенсорных функций человека. Курск; 2016.
5. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. М.: МЕДпресс-информ; 2003.
6. Кошелев Д.И., Галаутдинов М.Ф., Вахмянина А.А. Опыт применения зрительных вызванных потенциалов на вспышку в оценке функций зрительной системы. Вестник Оренбургского государственного университета. 2014;12:181–187.
7. Bressler S.L., Tang W., Sylvester C.M., Shulman G.L., Corbetta M. Top-down control of human visual cortex by frontal and parietal cortex in anticipatory visual spatial attention. J Neurosci. 2008;28(40):10056–10061. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1776-08.2008.
8. Ткаченко П.В. Корреляционные взаимоотношения межполушарной асимметрии амплитудно-временных характеристик компонентов зрительных вызванных потенциалов и показателей уровня бимануальной координации движений. Вестник новых медицинских технологий. 2008;3:180–182.
9. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Особенности переработки информации в сенсорных системах и ее значение в бимануальной координации. Сообщение I. Информационный анализ латентностей компонентов зрительных вызванных потенциалов на вспышку света. Вестник новых медицинских технологий. 2010;3:176–178.
10. Jackson C.P.T., Miall R.C., Balslev D. Spatially valid proprioceptive cues improve the detection of a visual stimulus. Exp Brain Res. 2010;1:31–40. DOI: 10.1007/s00221-010-2330-3.
11. Agam Y., Galperin H., Gold B.J., Sekuler R. Learning to imitate novel motion sequences. J Vis. 2007;7(5):1.1-17. DOI: 10.1167/7.5.1.
12. Shevelev I.A., Kamenkovich V.M., Sharaev G.A. The role of lines and corners of geometric figures in recognition performance. Acta Neurobiol Exp (Wars). 2003;63(4):361–368. DOI: 10.55782/ane-2003-1475.
13. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Анализ взаимодействия элементов зрительно-моторной координации с позиций информационного подхода. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2011;(1):133–138.
14. Ткаченко П.В., Бобынцев И.И. Особенности сенсорного обеспечения монотонной психомоторной деятельности, требующей зрительного внимания. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012;153(4):405–409. DOI: 10.1007/s10517-012-1730-8.
15. Белоусова Н.И., Ткаченко П.В. Особенности распространения информации в зрительной сенсорной системе в зависимости от процессов зрительного восприятия. Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2021;15(1):21–27. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-1-3.
16. Соколова Н.И., Ткаченко П.В., Петрова Е.В. Особенности двигательной активности и корреляционных взаимоотношений характеристик бимануальной координации у лиц с разными типами когнитивного стиля полезависимости-поленезависимости. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2017;(1):107–114. DOI: 10.21626/vestnik/2017-1/19.
17. Schendan H.E. Role of a lateralized parietal basal ganglia circuit in hierarchical pattern perception: evidence from Parkinson's disease. Behav Neurosci. 2009;123(1):125–136. DOI: 10.1037/a0013734.

18. Davis N.J. The dynamics of reciprocal aiming with a steering wheel. Exp Brain Res. 2008;188(1):141–146. DOI: 10.1007/s00221-008-1379-8.
19. Frederick S. Cognitive reflection and decision making. Journal of Economic Perspectives. 2005;19(4):25–42. DOI: 10.1257/089533005775196732.
20. Pezdek K. What research paradigms have cognitive psychologists used to study “False memory”, and what are the implications of these choices? Conscious Cogn. 2007;16(1):2–17. DOI: 10.1016/j.concog.2005.06.006.
21. Rousselet G.A., Husk J.S., Bennett P.J., Sekuler A.B. Time course and robustness of ERP object and face differences. J Vis. 2008;8(12): 3.1–18. DOI: 10.1167/8.12.3.
22. Roeber U., Widmann A., Trujillo-Barreto N.J., Herrmann C.S., O’Shea R.P., Schröger E. Early correlates of visual awareness in the human brain: Time and place from event-related brain potentials. J Vis. 2008;8(3):21.1–12. DOI: 10.1167/8.3.21.

REFERENCES

1. Zenkov L.R., Ronkin M.A. Functional diagnostics of nervous diseases. M.: MEDpress-inform; 2004. (In Russian).
2. Kozlova P.I., Jos Yu.S. Characteristics of visual cognitive evoked potentials in schoolchildren aged 13–18 years depending on gender. Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural sciences. 2014;1:64–71. (In Russian).
3. Yu Q., Tang Y., Li J., Lu Q., Wang H., Sui D., Zhou L., Wang Y., Heil M. Sex differences of event-related potential effects during three-dimensional mental rotation. Neuroreport. 2009;20(1):43–47. DOI: 10.1097/WNR.0b013e32831c50f4.
4. Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I. The relationship between human motor and sensory functions. Kursk; 2016. (In Russian).
5. Gnezditsky V.V. Evoked potentials of the brain in clinical practice. Moscow: MEDpress-inform; 2003. (In Russian).
6. Koshelev D.I., Galautdinov M.F., Vakhmyanina A.A. Experience of using visual evoked potentials to a flash in assessing the functions of the visual system. Vestnik Orenburg State University. 2014;12:181–187. (In Russian).
7. Bressler S.L., Tang W., Sylvester C.M., Shulman G.L., Corbetta M. Top-down control of human visual cortex by frontal and parietal cortex in anticipatory visual spatial attention. J Neurosci. 2008;28(40):10056–10061. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1776-08.2008.
8. Tkachenko P.V. Correlation relationships of interhemispheric asymmetry of amplitude-temporal characteristics of components of visual evoked potentials and indicators of the level of bimanual coordination of movements. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy. 2008;XV(3):180–182. (In Russian).
9. Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I. Features of information processing in sensory systems and its importance in bimanual coordination. Report I. Information analysis of latencies of components of visual evoked potentials to a flash of light. Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy. 2010;XVII(3):176–178. (In Russian).
10. Jackson C.P.T., Miall R.C., Balslev D. Spatially valid proprioceptive cues improve the detection of a visual stimulus. Exp Brain Res. 2010;1:31–40. DOI: 10.1007/s00221-010-2330-3.
11. Agam Y., Galperin H., Gold B.J., Sekuler R. Learning to imitate novel motion sequences. J Vis. 2007;7(5):1.1-17. DOI: 10.1167/7.5.1.
12. Shevelev I.A., Kamenkovich V.M., Sharaev G.A. The role of lines and corners of geometric figures in recognition performance. Acta Neurobiol Exp (Wars). 2003;63(4):361–368. DOI: 10.55782/ane-2003-1475.
13. Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I. Analysis of the interaction of elements of visual-motor coordination from the standpoint of the information approach. System Analysis and Management in Biomedical Systems. 2011;(1):133–138. (In Russian).
14. Tkachenko P.V., Bobyntsev I.I. Features of sensory support of monotonous psychomotor activity requiring visual attention. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2012;153(4):405–409. DOI: 10.1007/s10517-012-1730-8. (In Russian).
15. Belousova N.I., Tkachenko P.V. Features of information dissemination in the visual sensory system depending on the processes of visual perception. Journal of New Medical Technologies. eEdition. 2021;15(1):21–27. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-1-1-3. (In Russian).
16. Sokolova N.I., Tkachenko P.V., Petrova E.V. Peculiarities of levels of motion activity and correlation relationships of characteristics of bimanual coordination in persons with different types of cognitive style of field dependence-field independence. Kursk scientific and practical bulletin “Human and Their Health”. 2017;(1):107–114. DOI: 10.21626/vestnik/2017-1/19. (In Russian).
17. Schendan H.E. Role of a lateralized parietal basal ganglia circuit in hierarchical pattern perception: evidence from Parkinson’s disease. Behav Neurosci. 2009;123(1):125–136. DOI: 10.1037/a0013734.
18. Davis N.J. The dynamics of reciprocal aiming with a steering wheel. Exp Brain Res. 2008;188(1):141–146. DOI: 10.1007/s00221-008-1379-8.
19. Frederick S. Cognitive reflection and decision making. Journal of Economic Perspectives. 2005;19(4):25–42. DOI: 10.1257/089533005775196732.
20. Pezdek K. What research paradigms have cognitive psychologists used to study “False memory”, and what are the implications of these choices? Conscious Cogn. 2007;16(1):2–17. DOI: 10.1016/j.concog.2005.06.006.
21. Rousselet G.A., Husk J.S., Bennett P.J., Sekuler A.B. Time course and robustness of ERP object and face differences. J Vis. 2008;8(12): 3.1–18. DOI: 10.1167/8.12.3.
22. Roeber U., Widmann A., Trujillo-Barreto N.J., Herrmann C.S., O’Shea R.P., Schröger E. Early correlates of visual awareness in the human brain: Time and place from event-related brain potentials. J Vis. 2008;8(3):21.1–12. DOI: 10.1167/8.3.21.