

## ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАНИЙ РАЗНОЙ СЛОЖНОСТИ

*Работа выполнена по государственному заданию № 01201261196.*

У 39 практически здоровых добровольцев (21 мужчина и 18 женщин) в возрасте от 18 до 30 лет определяли уровень вербального и невербального интеллекта, а также исследовали связанные с событиями потенциалы мозга (ССП) при решении когнитивных задач по восприятию времени разной сложности. Было установлено, что показатели успешности выполнения заданий по восприятию времени, а также амплитуда компонентов ССП у мужчин и женщин по-разному связаны с уровнем интеллекта. У мужчин с высоким уровнем интеллекта наблюдаются меньшие амплитуды негативных компонентов ССП в процессе выполнения задания, и они лучше выполняют задачи по восприятию времени. Женщины менее точно выполняют задачи на восприятие времени. Взаимосвязи амплитуд выделенных компонентов ССП от уровня интеллекта у женщин зависит от структуры интеллекта.

**Ключевые слова:** связанные с событиями потенциалы мозга; интеллект; индивидуальные особенности; восприятие времени.

**Введение.** Решение любой когнитивной задачи в условиях ограниченного времени – вождение автомобиля, деятельность человека-оператора и т.д. – требует точного распределения движений во времени. Поэтому процесс восприятия и воспроизведения интервалов времени может быть использован в качестве модели решения когнитивных задач в условиях необходимости точно контролировать свои действия во времени.

Анализ литературы [1, 2] и результаты наших исследований [3–5] показали, что точность выполнения задач на время существенно зависит от индивидуальных особенностей человека, в том числе от уровня интеллекта [5]. Известно, что на успешность решения подобных задач влияют и половые различия [5–9]. Немногочисленные работы, посвященные влиянию фактора пола на восприятие времени, в целом свидетельствуют об учащении хода «внутренних часов» у женщин по сравнению с мужчинами. Так, исследованиями В.А. Москвина и В.В. Поповича [1] показано, что женщины более склонны переоценивать и недоотмеривать объективно-заданные интервалы времени. Мужчины, напротив, более склонны недооценивать и переотмеривать длительности. В работах Э.Б. Арушаняна с соавт. [6] отмечается большая величина индивидуальной минуты у мужчин по сравнению с женщинами.

В обзорной статье Блока, Хэнкока и Закай [2] проанализированы результаты 87 исследований, посвященных восприятию времени, с участием 4 794 женщин и 4 688 мужчин. Авторы сделали вывод о наличии небольших, но статистически значимых различий в восприятии времени у мужчин и женщин. Во-первых, женщины склонны субъективно оценивать интервал как более длительный (приблизительно на 10%), по сравнению с объективным интервалом, тогда как для мужчин эти различия не существенны. Во-вторых, вариабельность оценки интервалов на 15% больше у женщин по сравнению с мужчинами.

Существуют также данные о связи интеллектуальных способностей с полом, при этом различия имеются не по показателям общего интеллекта, а по различному его составляющим [8–11]. Известно, что у мужчин выше невербальные и математические способности, у женщин – вербальные [8–10]. Показана большая латерализация речевых функций у мужчин по сравнению с

женщинами, кроме того, от пола зависит используемая стратегия запоминания слов. Так, у женщин это правополушарная стратегия образного опосредования, в то время как мужчины при запоминании вербального материала используют ресурсы левого полушария [8–10]. Есть также данные, свидетельствующие о гендерных различиях восприятия пространственных характеристик объектов [12], запоминания и узнавания лиц [13] и более ранних процессов автоматической обработки информации [14, 15].

Имеются единичные работы, в которых целенаправленно изучались половые различия связанных с событиями потенциалов в различных экспериментальных парадигмах [16, 4, 12–15]. Литературные данные о гендерных различиях ССП противоречивы. Значительная часть работ посвящена исследованию ранних, автоматических процессов обработки информации, в частности компоненту «негативности рассогласования» (НР). Так, в работе S. Ikezawa с соавт., посвященной исследованию половых различий НР в задаче дихотического прослушивания слов, амплитуда негативности рассогласования (НР) на фонетическое изменение слова была больше у женщин по сравнению с мужчинами, особенно в правом полушарии [14]. В то же время половые различия НР на изменение высоты «чистого» тона не были обнаружены [14]. Противоположные данные получены К. Kasai с соавт.: не обнаружено половых различий НР ни на фонетическое изменение, ни на изменение «чистого» тона [11]. В работе [15] также не было обнаружено связанных с полом различий амплитуды НР на девиацию тонов по частоте на участке 80–180 мс от начала стимула, однако на более поздних этапах обработки информации (180–340 мс) ССП у мужчин были более негативны, чем у женщин. Автор интерпретирует этот факт как половой диморфизм адаптивных изменений ССП, отражающих восприятие новых стимулов.

Работы, в которых с помощью ССП анализируются гендерные различия когнитивных процессов, единичны. В недавних исследованиях А.В. Славуцкой (2009) в ССП при опознании зрительных образов наиболее четкие и статистически значимые половые различия были обнаружены для позитивной волны P1, т.е. для ранних этапов переработки информации о зрительном стимуле

[16]. Показано, что у женщин амплитуда волны P1 выше, чем у мужчин, как на целые, так и на разгруппированные изображения. Для амплитуды более поздних волн N1 и P3 получены менее отчетливые связанные с полом различия, чем для волны P1. Сходно с P1, они проявлялись в более высокой амплитуде у женщин по сравнению с мужчинами. Исследования F. Guillem и M. Mograss [13] свидетельствуют о наличии гендерных различий ССП при распознавании лиц, связанных с большей выраженностью изменений поздних компонентов N400 и P600 во фронтально-центральных областях у женщин при распознавании новых и ранее предъявленных лиц.

Проведенных исследований явно недостаточно, чтобы с уверенностью судить о влиянии фактора пола на когнитивные процессы. Поэтому целью работы стало изучение половых различий электрофизиологических коррелят, в частности связанных с событиями потенциалов мозга при выполнении когнитивных заданий разной сложности.

**Материалы и методики исследования.** В исследовании принимали участие практически здоровые испытуемые-добровольцы: 39 испытуемых (21 мужчина и 18 женщин) в возрасте от 18 до 30 лет, студенты томских вузов. Все испытуемые дали письменное информированное согласие на участие в эксперименте.

Для 21 (9 женщин и 12 мужчин) из 39 человек первой частью эксперимента являлось психологическое тестирование, включающее тесты Г. Айзенка для определения коэффициента интеллекта. При этом отдельно определялся уровень невербального (графический тест, O-IQ) и вербального (математический – M-IQ и лингвистический – L-IQ тесты) интеллекта.

В ходе второй части эксперимента у всех испытуемых регистрировали электрофизиологические показатели, предварительно оценив состояние испытуемых (измерение АД, ЧСС, опрос о самочувствии). ЭЭГ регистрировалась монополярно в следующих отведениях: Cz, Fz, Pz, F3, F4, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2 по международной системе 10–20%. Земляной электрод устанавливался на запястье левой руки, объединенный референтный – на мочки ушей. Запись ЭЭГ производилась на энцефалографе-анализаторе ЭЭГА 21/26 «Энцефалан 131–03», модификация 09 (фирмы НКПФ «Медиком МТД», Россия). Частота дискретизации составляла 250 Гц, полоса пропускания – 0,16–70 Гц, режекторный фильтр – 50 Гц.

Для исключения артефактов, связанных с движением глаз, регистрировали электроокулограмму (ЭОГ). ЭЭГ регистрировалась в состоянии спокойного бодрствования (закрытые и открытые глаза) в начале и в конце эксперимента и при выполнении когнитивных заданий разной сложности:

1. Сложное задание «отмеривание и воспроизведение интервалов времени». Испытуемому предъявлялись в центре экрана квадраты четырех разных цветов, время экспозиции для синих квадратов – 1000 и 400 мс, для остальных – 400 мс. Испытуемый получал инструкцию отмеривать интервал времени, равный 1 с двойным нажатием на клавишу «пробел» в случае, если предъявляемые квадраты были красного цвета, воспроизводить интервал, соответствующий времени экспозиции квадрата на экране, если они были синего цвета, на остальные (белые и зеленые) испытуемый должен был делать двойное нажатие на клавишу «пробел». Всего предъявлялось 150 стимулов по 30 стимулов каждого цвета в случайном порядке с условием: между стимулами красного цвета должно быть не меньше трех стимулов других цветов с межстимульным интервалом 1 000 мс.

2. Простое задание «выбор цвета». Испытуемому предъявлялись в центре экрана квадраты четырех разных цветов, время экспозиции для синих квадратов – 1 000 и 400 мс, для остальных – 400 мс. Испытуемый получал инструкцию нажимать на клавишу «пробел», если квадрат был белым, остальные цвета (красный, синий, зеленый) игнорировать. Всего предъявлялось 150 стимулов по 30 стимулов каждого цвета в случайном порядке с межстимульным интервалом 1 000 мс.

В обеих сериях выделяли связанные с событиями потенциалы мозга (ССП). При обработке использовали лишённые артефактов участки ЭЭГ, которые выделялись визуально. На основе предстимульного фрагмента длительностью 100 мс определяли базовую линию, по отношению к которой измеряли амплитуду соответствующих компонентов ССП.

Для выделения ССП использовали программу «ERP», разработанную в лаборатории физиологии высшей нервной деятельности НИИ биологии и биофизики ТГУ. После усреднения ССП фильтровали с целью удаления высокочастотных составляющих (окно Хэмминга, полоса пропускания до 30 Гц). Эпоха анализа для зрительных стимулов составила 800 мс; для первого нажатия на клавишу «пробел» при отмеривании, воспроизведении, двойном нажатии – 1 000 мс (500 мс до и 500 мс после нажатия на клавишу). По результатам теста определяли ССП, зарегистрированные в ответ на предъявление зрительных стимулов разного типа, и ССП, зарегистрированные в ответ на первое нажатие клавиши «пробел» при отмеривании, воспроизведении интервалов времени.

Математическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ для статистического анализа «Statsoft STATISTICA for Windows 6.0.» и приложения «Eeglab 4.5» для «Matlab 6.5». Для статистической обработки использовали дисперсионный, корреляционный анализ и непараметрические критерии. Различия между связанными с событиями потенциалами на разные типы стимулов оценивали с помощью непараметрического критерия Вилкоксона поточечно для каждого отведения. Индивидуальные амплитуды компонента выделяли автоматически как максимальное негативное или позитивное значение в выбранном временном окне.

**Результаты исследования и обсуждение.** Гендерные различия эффективности выполнения задания. В целом женщины хуже мужчин справлялись с заданием: они показали большее время реакции при воспроизведении интервалов ( $p < 0,05$ , критерий Колмагорова–Смирнова), большую длительность и дисперсию воспроизводимых интервалов ( $p < 0,05$ , критерий Колмагорова–Смирнова) (табл. 1). По результатам всех трех тестов IQ статистически значимых различий между мужчинами и женщинами не отмечено.

Половые различия эффективности выполнения задания

Показатель	Задание	Мужчины	Женщины
Латентный период моторного ответа, мс	Отмеривание 1 с	488,04±24,65	552,72±31,82
	Воспроизведение 1 с	550,11±26,03	673,50±49,89
	Воспроизведение 0,4 с	542,75±25,74*	604,62±33,78*
	Простое двойное нажатие	392,19±27,54	383,17±43,92
Интервал между нажатиями, мс	Выбор цвета	119,12±26,49	133,75±23,74
	Отмеривание 1 с	996,01±47,08	1008,43±101,81
	Воспроизведение 1 с	1318,22±60,08	1653,59±179,71
	Воспроизведение 0,4 с	642,60±45,46*	940,69±125,48*
Дисперсия, мс <sup>2</sup>	Простое двойное нажатие	247,48±32,25*	416,95±52,08*
	Отмеривание 1 с	115534,65±29338,07	331126,72±184650,16
	Воспроизведение 1 с	455525,45±125906,62	1966151,10±1408757,55
	Воспроизведение 0,4 с	124054,92±60077,77	348275,90±196598,02
	Простое двойное нажатие	210620,60±145792,22	326532,96±123350,57

Примечание. Отмечены статистически значимые различия между мужчинами и женщинами по эффективности: \*  $p < 0,05$ , критерий Колмогорова-Смирнова.

Не наблюдается также статистически значимых корреляций между показателями интеллекта и успешностью выполнения задания для общей выборки. Однако анализ тех же корреляционных связей отдельно для мужчин и женщин показывает, что уровень интеллекта связан с разными показателями успешности выполнения задания у мужчин и женщин. Так, у мужчин обнаружены отрицательные корреляции между уровнем образного IQ (O-IQ) и временем реакции при выполнении задания ( $r = -0,61-0,67$ ,  $p < 0,05$ ), а также отрицательная корреляция вербального интеллекта (по результатам математического теста) с воспроизведением интервала 1 с (т.е. более точным воспроизведением, ближе к реальному интервалу времени,  $r = -0,85$ ,  $p < 0,01$ ). У женщин, напротив, наблюдаются положительные корреляции уровня O-IQ с воспроизведением интервала 1 с (менее точное воспроизведение,  $r = 0,67$ ,  $p < 0,05$ ), а также положительные корреляции O-IQ, L-IQ, M-IQ с дисперсией воспроизводимых и отмериваемых интервалов ( $r = 0,67-0,80$ ,  $p < 0,05-0,01$ ). Таким образом, женщины с более высоким интеллектом менее успешно справлялись с заданием, воспроизводили и отмеривали интервалы, которые сильнее отличались от реальных, и менее стабильно.

**Различия ССП при выполнении простого и сложного когнитивного задания.** При сравнении ССП на стимулы – квадраты красного цвета, требующие отмеривания секундного интервала, и ССП на такой же стимул при выполнении легкого задания получили следующие результаты (рис. 1). Статистически значимые различия с латентным периодом (ЛП) от 100 до 200 мс выявлены в отведениях: F3 (160–215 мс), Fz (140–220 мс), F4 (160–195 мс), T3 (180–215 мс), T5 (140–155 мс), Pz (140–285 мс), причем во фронтальных и центральных отведениях отмечены негативные различия, а в Pz и T5 – позитивные. На участке 400 мс выявлены статистически значимые негативные различия в отведениях O2 (380–425 мс) и T5 (385–395 мс). Более поздние статистически значимые различия с латентным периодом 500–600 мс и максимальной амплитудой около 2 мкВ наблюдались во всех фронтальных, центральных, затылочных и височных отведениях: F3 (520–585 мс), Fz (580 мс), T3 (525–625 мс), C3 (505–595 мс) и P3 (520–595 мс). В отведениях T6 и O2 наблюдались также поздние негативные статистически значимые различия с ЛП 680–700 мс для ССП на стимул, требующий отмеривания, по сравнению с контролем.

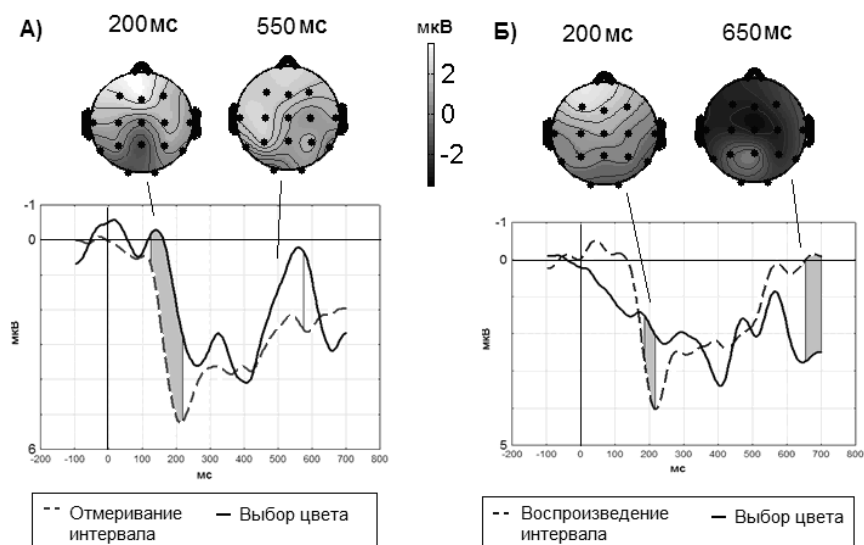


Рис. 1. Среднегрупповые ССП (N = 39) на предъявление стимулов квадратов красного (А) и синего (Б) цвета в отведении Fz. Серым цветом отмечены статистически значимые результаты ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона)

При сравнении ССП на стимулы – квадраты синего цвета, задающие интервал для воспроизведения интервалов при выполнении сложного задания, и такие же стимулы при выборе цвета получены следующие результаты. Ранние негативные различия с максимальной амплитудой около 1 мкВ и латентным периодом от 0 до 200 мс после предъявления зрительного стимула выявлены практически во всех отведениях: F4 (85–105 мс), C3 (80–135 мс), Cz (80–125 мс), C4 (95–100 мс), T4 (170–175 мс), T5 (80–145 мс), P3 (100–130 мс), Pz (80–140 мс), P4 (100–115 мс), T6 (80–

135 мс), O1 (120–145, 155 мс) и O2 (5–35, 45, 65–115 мс). На участке около 200 мс (180–230 мс) выявлены позитивные волновые различия в F3 (180–235 мс), Fz (200–230 мс), F4 (200–215 мс) и Cz (200–215 мс). Также выявлены более поздние негативные различия с максимальной амплитудой 3 мкВ на участке от 400 до 700 мс от начала стимула в отведениях F3 (635 мс), Fz (660–700 мс), T3 (620–700 мс), C3 (630–645 мс), Cz (620–700 мс), C4 (460–500, 640–700 мс), T4 (675–700 мс), T5 (635 мс), P4 (660–700 мс) и O1 (445–450 и 460–480 мс).

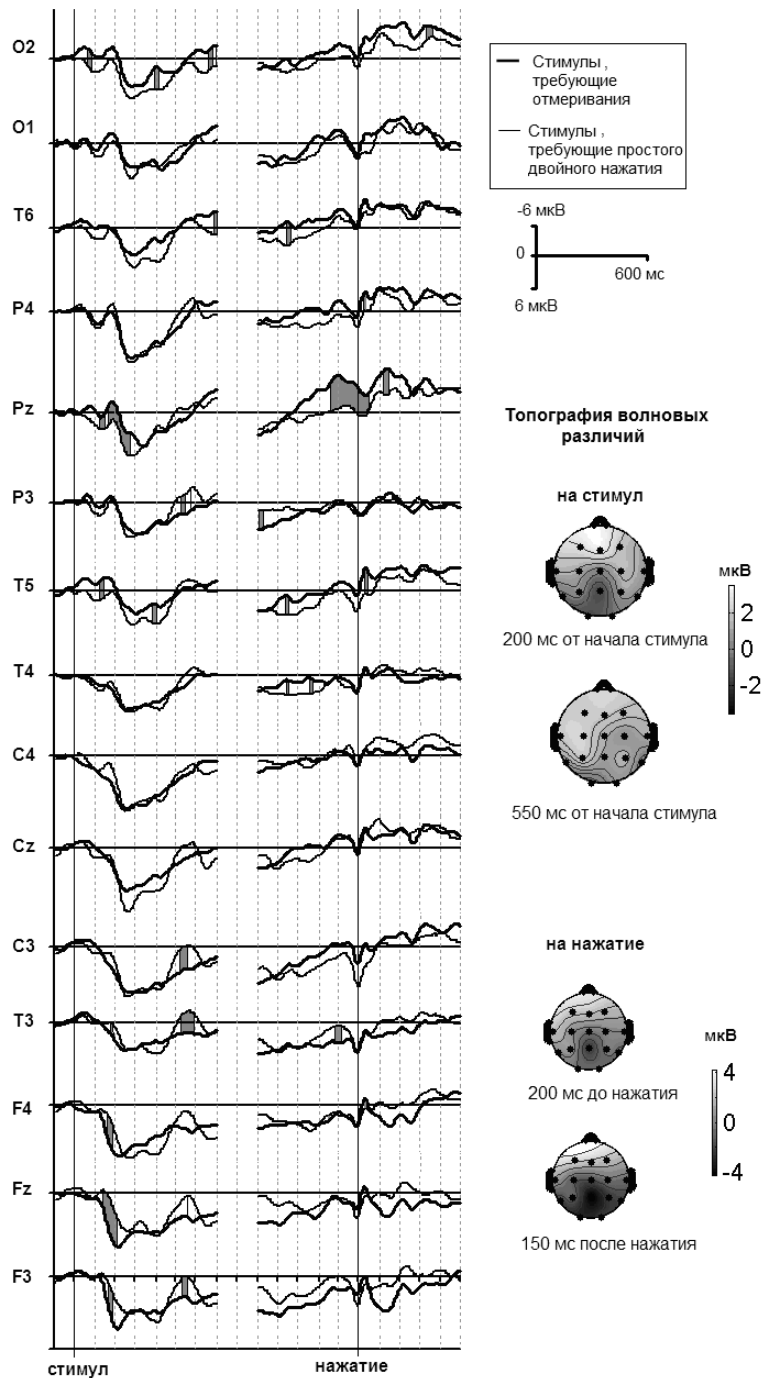


Рис. 2. Среднегрупповые ССП (N = 39) на предъявление стимулов – квадратов красного цвета и первое нажатие при предъявлении квадратов красного цвета в серии отмеривание – воспроизведение. Здесь и далее жирной линией обозначены ССП в серии отмеривание – воспроизведение, тонкой – при выполнении контрольного задания. Серым цветом отмечены статистически значимые результаты ( $p < 0,05$ , критерий Вилкоксона)

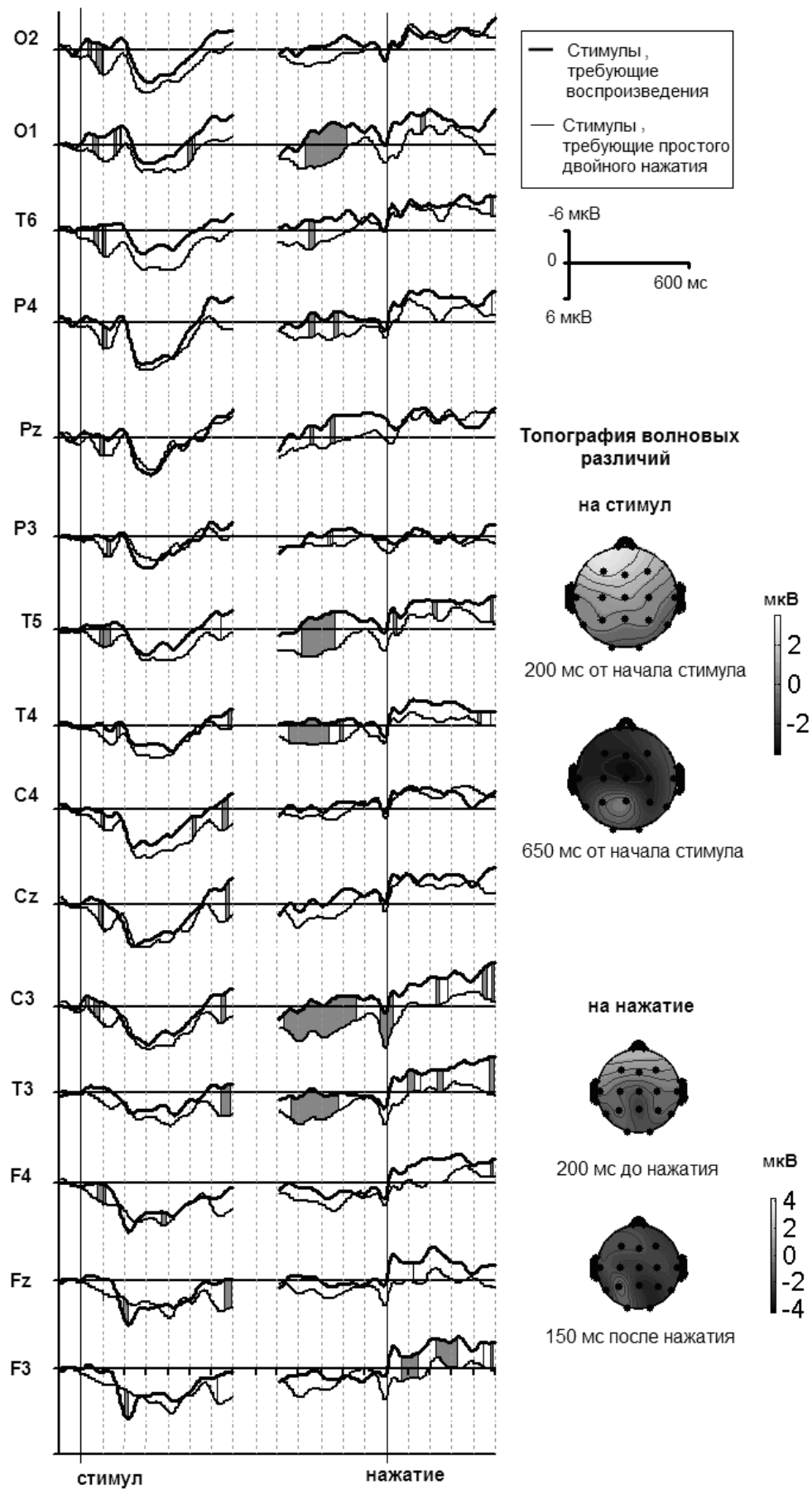


Рис. 3. Среднегрупповые ССП (N = 39) на предъявление стимулов – квадратов синего цвета и первое нажатие при предъявлении квадратов синего цвета в серии отмеривание – воспроизведение

**Различия ССП при выполнении сложного (отмеривание, воспроизведение интервалов) и легкого конкурирующих заданий.** Проведен анализ ССП на разные типы стимулов в серии «отмеривание и воспроизведение интервалов времени», требующих выполнения разных заданий (см. рис. 2, 3). Сравнение ССП на первое нажатие при отмеривании интервалов времени (предъявление красного квадрата) и при выполнении наиболее легкого конкурирующего задания – двойного нажатия на клавишу (предъявление квадратов всех цветов, за исключением красного и синего) (см. рис. 2) показало статистически значимые волновые различия ССП на участке за 360–100 мс до нажатия (в отведениях F4 (295–175 мс), T3 (105–70 мс), T4 (285–235, 195–170 мс), T5 (375 мс), T6 (360–240 мс) и P3 (125–115 мс)). Причем волновые различия между ССП на отмеривание и выполнение легкого задания позитивны в отведениях F4, T3, P3 и негативны в T4, T5, T6. Начиная со 140 мс до первого нажатия на клавишу и до 400 мс после него выявлены только негативные волновые различия в отведениях Pz (за 140 мс от нажатия и до 85–160 мс после него), F4 (15–35 мс после нажатия), C3 (за 40–15 мс до нажатия и 90–105 мс после него), T5 (20–55 после нажатия), T6 (0–45 мс после нажатия), O2 (за 20 мс до нажатия и 25 и 350–410 мс после него), P4 (10–30 мс после него).

Проанализированы также ССП на первое нажатие в процессе воспроизведения интервалов времени (предъявление синего квадрата) и при выполнении легкого конкурирующего задания – двойного нажатия на клавишу (предъявление квадратов всех цветов, за исключением красного и синего). Выявлены негативные волновые различия с максимальной амплитудой 3 мкВ с 450 мс до

первого нажатия и вплоть до моторного ответа практически во всех отведениях: в T3 (430–235 мс), T4 (455–270 мс), Cz (405–400 мс), C3 (435–125 мс), T5 (390–115 мс), T6 (365–295 мс), Pz (340–295 мс), P3 (200 мс, 185 мс, 175 мс), P4 (340–310 мс) и O1 (370–150 мс), а также негативные различия после нажатия на клавишу «пробел» в отведениях F3, Fz, F4, C3, T4, T5, T6, P4, O1, O2 с максимальной амплитудой 2,5 мкВ (см. рис. 3).

Поскольку негативные компоненты N500–0 до нажатия на клавишу и N0–500 после нажатия оказались наиболее специфическими для выполнения когнитивных заданий отмеривания и воспроизведения интервалов времени, они были выделены как максимальная негативность на указанных участках и проанализированы с точки зрения половых различий и взаимосвязи с уровнем интеллекта.

**Половые различия компонентов ССП и их связь с уровнем интеллекта.** По результатам дисперсионного анализа половые различия негативных компонентов, возникающих непосредственно перед нажатием (N500–0) при выполнении сложного когнитивного задания и в промежутке между нажатиями (N0–500), не выявлены.

Наиболее интересные результаты получены при анализе корреляционных связей амплитуды этих компонентов с уровнем интеллекта у мужчин и женщин (табл. 2).

Как следует из табл. 2, наиболее сильные корреляционные связи уровня интеллекта с амплитудой обоих компонентов при отмеривании, воспроизведении интервалов времени и выполнении простого двойного нажатия наблюдаются у женщин. При этом корреляционные связи M-IQ с амплитудой компонентов положительные, а с L-IQ и O-IQ – отрицательные.

Таблица 2

**Статистически значимые корреляционные связи амплитуды компонентов N500–0 и N0–500 при отмеривании и воспроизведении интервалов с уровнем интеллекта у мужчин и женщин**

Задание	Компоненты	Мужчины			Женщины		
		O-IQ	L-IQ	M-IQ	O-IQ	L-IQ	M-IQ
Отмеривание	N500–0	–0,69–0,83 F4, C3, Pz	–0,61 F4	–	–0,81–0,90 F3, Cz, T6	–0,74–0,90 F3, Cz, T6	+0,76 F4
	N0–500	–0,64 C3	–	–	–0,71–0,90 F3, F4, C3, C4, Cz, T5, T6, P3	–0,74–0,90 F3, F4, C3, C4, Cz, T5, T6, P3	–
Воспроизведение	N500–0	–	–	–0,61–0,62 T3, Pz	–0,72–0,90 F3, Fz, C3, C4, Cz, P3	–0,74–0,90 F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3	+0,72 O1
	N0–500	–	–	–	–0,74–0,85 F3, T3	–0,74–0,85 F3, T3	–
Двойное нажатие	N500–0	–0,69–0,71 F3, T3, Pz, P4	+0,62+ 0,71 T3, T5	–	–	–	–
	N0–500	–0,78 Fz +0,62 T6	–	–	–0,80–0,86 F3, Cz, P4	–0,74–0,79 F3, Cz, P4	+0,69 T6

Сравнение ССП на стимулы одного цвета в случае, когда требуется выполнить задачу на время (сложное когнитивное задание), и в случае, когда требуется только различение цветов (простое когнитивное задание), позволяет отделить модально специфические компоненты и компоненты, связанные с выбором цвета, от компонентов, отражающих когнитивные процессы, связанные с обработкой временной информации. Позитивно-негативные волновые различия ССП на стимул около 200 мс от начала стимула, вероятно, относятся к выбору моторной программы, которая связана с анализом цвета. На этом участке сходные различия

наблюдаются как при отмеривании, так и при воспроизведении интервалов времени. Более поздние компоненты на участке 500–700 мс отличаются по своей полярности для отмеривания и воспроизведения, что может быть связано как с формированием моторной программы, так и с обращением к памяти.

**Обсуждение результатов.** В серии «отмеривание и воспроизведение», где от испытуемого требовалось отмерить, воспроизвести и выполнить простое моторное задание – двойное нажатие на клавишу «пробел», предполагали выделить наиболее специфические к выполняемой когнитивной задаче компоненты ССП, свя-

занные с обращением к кратковременной (воспроизведение интервала на стимулы синего цвета) и долговременной (отмеривание интервала на стимулы красного цвета) памяти. При сравнении ССП на первое нажатие при отмеривании и воспроизведении по сравнению с более простым заданием (простое двойное нажатие), выделяются разные компоненты (N500–0 и N0–500). При воспроизведении выделяется негативный компонент с широким пространственным распределением и максимумом во фронтально-центральных областях. При отмеривании выделяется позитивный компонент во фронтальных отведениях и негативный – в теменно-затылочных. Таким образом, были получены разнонаправленные изменения ССП для обращения к долговременной (отмеривание интервала) и кратковременной (воспроизведение интервала) памяти.

Половых различий по этим компонентам не выявлено, хотя эффективность выполнения задания была разной у мужчин и женщин: мужчины лучше и быстрее, чем женщины, справлялись с заданием. Обнаруженные различия, вероятно, отражают лучшую способность мужчин ориентироваться в ситуации в условиях ограниченного времени. Некоторые литературные данные также свидетельствуют о более точной оценке времени у мужчин по сравнению с женщинами. Так, в работе [2] сделан вывод о более точных субъективных оценках интервалов времени и меньшей вариабельности оценок у мужчин по сравнению с женщинами. В то же время абсолютные значения амплитуд когнитивных компонентов ССП не отражают выявленные гендерные различия в успешности выполнения задания.

Несколько неожиданными оказались обнаруженные нами разнонаправленные корреляционные связи успешности выполнения задания с интеллектом у мужчин и женщин. У мужчин высокий уровень интеллекта сочетается с более успешным выполнением задания, у женщин высокий интеллект сочетается с менее успешным выполнением задания. У мужчин и женщин с высоким уровнем интеллекта по результатам образного и лингвистического тестов наблюдаются менее негативные амплитуды компонентов N500–0 и N0–500. Высокий уровень интеллекта по результатам математического теста сочетается с низкими значениями амплитуд N500–0 у мужчин и высокими значениями амплитуд N500–0 у женщин.

Прежде всего, обращают на себя внимание корреляционные связи разного знака между M-IQ и амплитудой N500–0 при воспроизведении у мужчин и женщин. Воспроизведение интервалов было наиболее сложной из

предложенных когнитивных задач, о чем свидетельствует наибольшее время реакции при выполнении этого задания. Мужчины с высоким M-IQ показали меньшие амплитуды N500–0 и большую точность выполнения задания, женщины с высокими L-IQ и O-IQ – низкие амплитуды N500–0 и меньшую точность, женщины с высоким M-IQ – более высокие амплитуды N500–0 и меньшую точность.

Вероятно, для мужчин с высоким интеллектом предложенная когнитивная задача была проще, и полученная корреляция отражает меньшую субъективную сложность задания и меньший уровень активации этой группы лиц. У женщин ситуация сложнее. Результаты свидетельствуют о том, что женщинам с высоким IQ сложнее сосредоточиться, поскольку они показывают меньшую точность выполнения задания как по сравнению с мужчинами, так и по сравнению с женщинами с более низким IQ. Однако положительная корреляция амплитуд компонентов ССП с высоким уровнем M-IQ может отражать больший уровень активации, попытку сосредоточиться для женщин с высокими показателями именно математического теста.

Вероятно, обнаруженные закономерности отражают лучшую способность мужчин ориентироваться в условиях ограниченного времени, в более широком смысле – в критической ситуации.

## Заключение

Выявлены половые различия при выполнении когнитивных заданий разной сложности в условиях ограниченного времени. Мужчины лучше и быстрее, чем женщины, справляются с подобными задачами. Взаимосвязь успешности выполнения задания с уровнем интеллекта у мужчин и женщин различна. Мужчины с высоким интеллектом успешнее справляются с заданием, женщины с высоким интеллектом – менее успешно.

Негативные компоненты ССП, появляющиеся непосредственно перед моторным выполнением задания (N0–500) и в процессе его выполнения (N500–0), наиболее специфичны к задачам, связанным с обработкой временной информации. Амплитуда этих компонентов у мужчин и женщин по-разному связана с уровнем и особенностями интеллекта. Высокий уровень интеллекта у мужчин сочетается с низкими амплитудами компонентов N0–500 и N500–0. У женщин высокий уровень образного и лингвистического интеллекта сочетается с низкими, а высокий уровень математического интеллекта – с более высокими амплитудами компонентов N0–500 и N500–0.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин В.А., Попович В.В. Нейропсихологические аспекты исследования временной перцепции у здоровых лиц // I Международная конференция памяти А.Р. Лурия : сб. докладов / под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной. М. : Изд-во РПО, 1998. С. 160–166.
2. Block R.A., Hancock P.A., Zakay D. Sex differences in duration judgments: A meta-analytic review // *Memory and Cognition*. 2000. Vol. 28, № 8. P. 1333–1346.
3. Бушов Ю.В., Ходанович М.Ю., Иванов А.С., Рябова Г.А. ЭЭГ-корреляты точности воспроизведения временных интервалов // *Физиология человека*. 2003. Т. 29, № 4. С. 189–191.
4. Ходанович М.Ю. Анализ связанных с событиями потенциалов мозга при восприятии окосекундных интервалов времени человеком : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2000.
5. Ходанович М.Ю. Связанные с событиями потенциалы мозга при отмеривании интервалов времени человеком. II. Индивидуальные и половые различия // *Вестн. Том. гос. ун-та*. 2007. № 297. С. 217–222.
6. Арушанян Э.Б., Мастягина О.А., Мастягин С.С., Попова А.П. Половые различия в субъективном восприятии времени и чувствительности людей к противотревожным средствам // *Физиология человека*. 2005. Т. 31, № 6. С. 126–130.
7. Espinosa-Fernandez L., Miro E., Cano M., Buela-Casal G. Age-related changes and gender differences in time estimation // *Acta Psychologica*. 2003. Vol. 112, № 3. P. 221–232.

8. Вольф Н.В. Половые различия при запоминании дихотически предъявляемых слов // Журнал высшей нервной деятельности. 1994. Т. 44, № 1. С. 18–23.
9. Вольф Н.В. Половые различия функциональной организации процессов полушарной обработки речевой информации. Ростов н/Д : ЦВВР, 2000. 240 с.
10. Вольф Н.В., Разумникова О.М. Половые различия полушарных пространственно-временных паттернов ЭЭГ при воспроизведении вербальной информации // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 3. С. 27–34.
11. Kasai K., Nakagome K., Iwanami A., Fukuda M., Itoh K., Koshida I., Kato N. No effect of gender on tonal and phonetic mismatch negativity in normal adults assessed by a high-resolution EEG recording // Cogn. Brain Res. 2002. Vol. 13. P. 305–312.
12. 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. Vol. 20. P. 43–47.
13. Guillem F., Mograss M. Gender differences in memory processing: Evidence from event-related potentials to faces // Brain and Cognition. 2005. Vol. 57. P. 84–92.
14. Ikezawa S., Nakagome K., Mimura M., Shinoda J., Itoh K., Homma I., Kamijima K. Gender differences in lateralization of mismatch negativity in dichotic listening tasks // Int. J. Psychophysiol. 2008. Vol. 68. P. 41–50.
15. Nagy E., Potts G.F., Loveland K.A. Sex-related ERP differences in deviance detection // Int. J. Psychophysiol. 2003. Vol. 48. P. 285–292.
16. Славуцкая А.В. Вызванные потенциалы зрительной коры мозга человека при экспозиции целых фигур и составляющих их элементов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 25 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 17 декабря 2013 г.

Khodanovich Marina Yu., Yesipenko Yelena A. Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: khodanovich@mail.tsu.ru / esipenkoelena@rambler.ru

#### SEX DIFFERENCES IN THE IMPLEMENTATION OF COGNITIVE TASKS OF DIFFERENT COMPLEXITY.

**Key words:** event-related potentials; intelligence; individual features; timing.

The solution of any cognitive task in a limited time, such as driving a car, operator's work, etc., requires the exact distribution of motions over time. The present work used the process of perception and reproduction of time intervals as the model of solutions of cognitive tasks that demand precise control of motions in time from human. The main research method was the method of event-related brain potentials. 39 healthy volunteers (21 men and 18 women) aged 18 to 30 were tested for the level of verbal and non-verbal intelligence; and their event-related brain potentials (ERPs) were explored during the solution of timing cognitive tasks of varying complexity. As a difficult task the squares of four different colours were presented at the centre of the screen, the exposure time varied for squares of different colours (for the blue squares – 1000 and 400 ms, for the others – 400 ms). The subject had to measure the time interval of 1 second by double-clicking the spacebar if the square was red, to reproduce the interval corresponding to the time of exposure of the square on the screen if they were blue, and otherwise (white or green squares) the subject had to quickly double-click the spacebar. As a simple task the stimuli were presented in the same colour and with the same exposure time, and the subject had to press the spacebar if the square was white, and ignore the other colours (red, blue, and green). We found sex differences in the performance of cognitive tasks of varying complexity in a limited time. Men showed better and faster difficult task performance than women. The relation between the intelligence and the success of task performance was different for men and women. Men with high intelligence solved the task more successfully, whereas women with high intelligence were less successful in task performance. The negative components of ERPs, which appeared just before the motor task performance (N0–500) and during it (N500–0), are most specific for the tasks associated with the processing of temporal information. The correlation between the amplitude of these components and the level and the characteristics of intelligence were different for men and women. A high level of intelligence of men combined with a low amplitude of N0–500 and N500–0 components. For women, a high level of visual and linguistic intelligence combined with low amplitudes of the same components, and a high level of mathematical intelligence combined with higher amplitudes of N0–500 and N500–0 components.

#### REFERENCES

1. Moskvin V.A., Popovich V.V. Neyropsikhologicheskie aspekty issledovaniya vremennoy pertseptsii u zdorovykh lits // I Mezhdunarodnaya konferentsiya pamyati A.R. Luriya : sb. dokladov / pod red. E.D. Khomskoy, T.V. Akhutiny. M. : Izd-vo RPO, 1998. S. 160–166.
2. Block R.A., Hancock P.A., Zakay D. Sex differences in duration judgments: A meta-analytic review // Memory and Cognition. 2000. Vol. 28, № 8. P. 1333–1346.
3. Bushov Yu.V., Khodanovich M.Yu., Ivanov A.S., Ryabova G.A. EEG-korrelaty tochnosti vosproizvedeniya vremennykh intervalov // Fi-ziologiya cheloveka. 2003. T. 29, № 4. S. 189–191.
4. Khodanovich M.Yu. Analiz svyazannykh s sobyitiyami potentsialov mozga pri vospriyatii okolosekundnykh intervalov vremeni chelovekom : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Tomsk, 2000.
5. Khodanovich M.Yu. Svyazannyye s sobyitiyami potentsialy mozga pri otmerivani intervalov vremeni chelovekom. II. Individual'nye i polovyye razlichiya // Vestn. Tom. gos. un-ta. 2007. № 297. S. 217–222.
6. Arushanyan E.B., Mastiyagina O.A., Mastiyagin S.S., Popova A.P. Polovyye razlichiya v sub'ektivnom vospriyatii vremeni i chuvstvi-tel'nosti lyudey k protivopozhnykh sredstvam // Fiziologiya cheloveka. 2005. T. 31, № 6. S. 126–130.
7. Espinosa-Fernandez L., Miro E., Cano M., Bucla-Casal G. Age-related changes and gender differences in time estimation // Acta Psychologica. 2003. Vol. 112, № 3. P. 221–232.
8. Vol'f N.V. Polovyye razlichiya pri zapominanii dikhotosheski pred'yavlyаемых слов // Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti. 1994. T. 44, № 1. S. 18–23.
9. Vol'f N.V. Polovyye razlichiya funktsional'noy organizatsii protsessov polusharnoy obrabotki rechevoy informatsii. Rostov n/D : TsVVR, 2000. 240 s.
10. Vol'f N.V., Razumnikova O.M. Polovyye razlichiya polusharnykh prostranstvenno-vremennykh patternov EEG pri vosproizvedenii verbal'noy informatsii // Fiziologiya cheloveka. 2004. T. 30, № 3. S. 27–34.
11. Kasai K., Nakagome K., Iwanami A., Fukuda M., Itoh K., Koshida I., Kato N. No effect of gender on tonal and phonetic mismatch negativity in normal adults assessed by a high-resolution EEG recording // Cogn. Brain Res. 2002. Vol. 13. P. 305–312.
12. 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. Vol. 20. P. 43–47.
13. Guillem F., Mograss M. Gender differences in memory processing: Evidence from event-related potentials to faces // Brain and Cognition. 2005. Vol. 57. P. 84–92.
14. Ikezawa S., Nakagome K., Mimura M., Shinoda J., Itoh K., Homma I., Kamijima K. Gender differences in lateralization of mismatch negativity in dichotic listening tasks // Int. J. Psychophysiol. 2008. Vol. 68. P. 41–50.
15. Nagy E., Potts G.F., Loveland K.A. Sex-related ERP differences in deviance detection // Int. J. Psychophysiol. 2003. Vol. 48. P. 285–292.
16. Slavutskaya A.V. Vyzvannyye potentsialy zritel'noy kory mozga cheloveka pri ekspozitsii tselykh figur i sostavlyayushchikh ikh elementov : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. М., 2009. 25 с.