

ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

УДК 612.821.2

Е.П. Крутенкова, Е.А. Есипенко, М.К. Рязанова, М.Ю. Ходанович

*Научно-исследовательский институт биологии и биофизики
Томского государственного университета (г. Томск)*

ВЛИЯНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА РЕШЕНИЕ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 11-36-00372а2),
ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России
на 2009–2013 гг.» (ГК № 14.740.11.0183), госзадание № 01201261196.

Изучено влияние эмоций на когнитивную деятельность с помощью метода связанных с событиями потенциалов (ССП) мозга. В ходе эксперимента эмоциональные стимулы предъявлялись одновременно с когнитивными заданиями, что создавало ситуацию интерференции двух информационных потоков. Установлено, что эффективность решения мыслительных задач зависит от знака эмоционального воздействия, в отличие от мнестических задач. Обнаружено, что влияние эмоциональных изображений на ССП зависит как от знака эмоционального воздействия, так и от типа выполняемого когнитивного задания. Эмоционально положительные изображения увеличивают амплитуду Р400–800 при решении задач на память и уменьшают при решении мыслительных задач. Отрицательно эмоциональные изображения при решении задач на память увеличивают амплитуду позднего негативного компонента N400–700. При решении мыслительных задач аналогичное действие на компонент N400–600 оказывают изображения противоположного знака.

Ключевые слова: *связанные с событиями потенциалы; эмоции; когнитивные процессы; память; мышление.*

Введение

Практическая значимость исследования эмоциональной модуляции когнитивных процессов имеет несколько аспектов. Во-первых, увеличение объема информации, которой должен владеть современный человек, приводит к необходимости поиска путей оптимизации ее обработки. Одним из путей решения данной проблемы может стать включение в учебный процесс не только когнитивной сферы, но и эмоциональной. Во-вторых, темп современной жизни вынуждает человека одновременно решать несколько проблем, реагировать на два и более информационных потока. Например, при поездке в общественном транспорте человек читает или слушает музыку и одновременно вынужден контролировать окружающую обстановку. Дру-

гой ситуацией интерферирующих информационных потоков является среда Интернета, где поиск информации сопровождается появлением рекламных окон, ссылками на не относящиеся к цели запроса сайты и т.д. В-третьих, исследования взаимосвязи и взаимовлияния когнитивной и эмоциональной сферы актуально с позиций нейроэкономики, изучающей нейрофизиологические основы принятия решения, согласно которой любое решение осуществляется при непосредственном участии как эмоциональных, так и когнитивных систем мозга [1].

Фундаментальное значение данного исследования обусловлено противоречивостью литературных данных: с одной стороны, взаимосвязь эмоций и когнитивных процессов твердо установлена, с другой – данные относительно степени и направления этого влияния неоднозначны. Известны и случаи, когда материал, вызывающий сильные эмоции, запоминается лучше, и когда эмоциональная окраска оказывала прямо противоположный эффект [2, 3]. Есть данные, подтверждающие не только функциональную связь между эмоциональными и когнитивными процессами, но и нейроанатомическую. Например, как передняя поясная извилина [4] и префронтальная кора [5, 6] участвуют и в когнитивных, и в эмоциональных процессах.

Одним из методов исследования эмоциональных реакций и связанных с ними изменений объективных физиологических показателей является электроэнцефалография. Известно, что эмоциональная модуляция когнитивных процессов отражается в изменении кросскорреляционной функции [7], показателей когерентности и мощности ЭЭГ [8] и др.

Отдельно следует выделить метод связанных с событиями потенциалов мозга. Данный метод широко применяется при исследовании когнитивных процессов [9–13], эмоциональных реакций [14–18], а также их взаимовлияния [19]. Согласно концепции информационного синтеза А.М. Иваницкого, ранние компоненты ССП связаны с восприятием физических характеристик стимула и первичными проекционными зонами, поздние – с оценкой значимости стимула и ассоциативными зонами коры [20, 21]. Применимость метода ССП для исследования эмоциональных реакций была подтверждена в экспериментальных исследованиях [2, 12–17 и др.], в том числе и для оценки эмоционального воздействия на когнитивную деятельность [19].

В рамках данной работы были изучены влияние эмоциональных стимулов на ССП-корреляты и эффективность различной когнитивной деятельности. Используемая экспериментальная методика моделирует ситуацию анализа двух информационных потоков: решения когнитивной задачи в условиях одновременного воздействия эмоционального стимула и позволяет оценить изменение двух различных когнитивных процессов в этих условиях.

Материалы и методики исследования

Объект исследования. В исследовании участвовали практически здоровые испытуемые, студенты томских вузов в возрасте от 18 до 25 лет. Объем

выборки для оценки эффективности решения когнитивных задач в условиях различного эмоционального воздействия составил 58 испытуемых (30 женщин и 28 мужчин), анализ ССП-коррелят осуществлялся на меньшей выборке, включающей 33 человека (16 мужчин, 17 женщин). Перед началом опыта проводилась оценка самочувствия испытуемого, включающая опрос о состоянии на данный момент времени, измерение показателей артериального давления и частоты сердечных сокращений. После наложения электродов до начала регистрации ЭЭГ участникам эксперимента демонстрировали эмоционально нейтральный фильм (картины природы) с целью стабилизировать эмоциональное состояние испытуемых.

Описание процедуры экспериментов. Исследование включало в себя регистрацию электроэнцефалограммы в двух режимах:

- решение задач на память при воздействии эмоциональных изображений (мнестические задания);
- решение мыслительных задач при воздействии эмоциональных изображений (мыслительные задания).

В начале и конце экспериментов с регистрацией электрофизиологических показателей оценивали функциональное состояние испытуемых (тест М. Люшера) с помощью аппаратно-программного комплекса «НС-ПсихоТест» (ООО «Нейрософт», Россия, Иваново, 2007 г.) и записывали фоновую активность при закрытых и открытых глазах.

Когнитивные задания предъявлялись на экране монитора, одновременно с эмоциональными стимулами. Испытуемый должен был решать мыслительные или мнестические задачи вне зависимости от предъявляемого эмоционального воздействия. Количество заданий для каждого режима – 90. Для исследования процессов памяти использовалась задача на извлечение информации из долговременной памяти. Испытуемый должен был дать ответ на простой вопрос из школьной программы, например: «Столица Франции?». Списки вопросов предъявлялись испытуемым минимум за день до эксперимента с инструкцией «освежить в памяти».

Для исследования мыслительных процессов также использовалась вербальная задача «подбор омонимов». Поскольку в данном случае (в отличие от задач на память, где предъявлялись известные вопросы) нельзя было исключить фактор субъективной сложности, все используемые стимулы были отобраны в ходе предварительного тестирования и распределялись по режимам таким образом, чтобы в среднем сложность заданий для всех режимов была одинаковой. В ходе эксперимента испытуемый должен был выполнить когнитивное задание, и после того, как ответ был найден, нажать на клавишу «пробел» и произнести ответ вслух. Если человек не знал ответа, то после нажатия следовал ответ «не знаю».

Одновременно с когнитивным заданием участникам эксперимента предъявлялись эмоциональные стимулы в случайном порядке: 30 положительно окрашенных, 30 отрицательно окрашенных изображений и 30 нейтральных

(контрольных). Отбор эмоциональных стимулов проводился в ходе предварительного тестирования отдельной группы испытуемых, которые должны были определить, вызывает ли картинка эмоциональную реакцию, ее знак и оценить степень эмоциональности по трехбалльной шкале. Выбор стимулов, вызывающих максимальный отклик, проводился с помощью кластерного анализа (метод К-средних), далее выбранные группы сравнивались с помощью теста Вилкоксона – Манна – Уитни, чтобы убедиться в том, что выбранные стимулы отличаются только по знаку эмоции, но не по силе вызываемой реакции. В эксперименте использовались изображения кожных повреждений, катастроф (отрицательные), а также изображения привлекательной еды (фрукты, торты) и животных (положительные).

Для того чтобы динамический стереотип «чтение задания» – «поиск решения» – «нажатие» – «ответ» был сформирован, перед началом основного эксперимента испытуемому предъявлялось по 10 тренировочных заданий каждого типа без эмоционального воздействия.

Для предъявления когнитивного задания использовался шрифт Arial; объект WordArt для эмоциональных слов – квадрат со стороной 7 см. Цвет экрана монитора – черный, шрифта – белый, цвет объекта WordArt – светлосерый. Стимулы предъявлялись с помощью специализированной программы, которая была синхронизирована с энцефалографом путем программной эмуляции нажатия клавиш манипулятора энцефалографа.

Методы регистрации ЭЭГ. В ходе экспериментов ЭЭГ регистрировалась монополярно от 19 отведений (Cz, Fz, Pz, F3, F4, Fp1, Fp2, F7, F8, C3, C4, P3, P4, T3, T4, T5, T6, O1, O2) по международной системе Г. Джаспера «10–20%». Земляной электрод устанавливался на лоб, объединенный референтный электрод – на мастоиды.

Запись ЭЭГ производилась на энцефалографе-анализаторе ЭЭГА 21/26 «Энцефалан 131 – 03», модификация 10 (НКПФ «Медиком МТД», Россия). Частота дискретизации составляла 250 Гц, полоса пропускания – 1,5–70 Гц, режекторный фильтр – 50 Гц.

Методы обработки данных. Выделение связанных с событиями потенциалов мозга (ССП) проводилось в программе «ERP» (свидетельство № 15455 от 15.03.2010). В обработку включались участки, свободные от глазодвигательных и мышечных артефактов. Эпоха анализа – 1 000 мс, включая фоновый участок 200 мс, по которому проводилась коррекция базовой линии.

Файл результатов, содержащий численные значения амплитуды ССП, экспортировался в программу «Statistica 6.0», в которой объединялись данные по всем испытуемым для одного типа стимула в единую матрицу для дальнейшей обработки. После этой процедуры проводили анализ выбросов с помощью визуального анализа графиков ССП, построенных с помощью инструментов программы «StatSoft STATISTICA 6.0» «Line Plot:Block Rows», по результатам которого были исключены из анализа 4 человека, так как амплитуда ССП превышала амплитуду 30 мкВ. Один испытуемый был

также исключен из анализа на этапе удаления глазодвигательных артефактов (количество участков для усреднения менее 10).

После исключения выбросов проводили поточечное сравнение ССП для следующих пар стимулов: «нейтральный-положительный», «нейтральный – отрицательный». Анализ значимых отличий с помощью статистического анализа сочетали с визуальным анализом усредненных по всем испытуемым графиков. Результатом данного анализа стал выбор участков ССП для поиска компонентов (максимальных амплитуд потенциала) определенной полярности. Для поиска позитивных компонентов были выбраны участки 80–200 и 400–800 мс от начала стимула; для поиска негативных компонентов был выбран единственный участок 400–600 мс от начала стимула.

Аналогичные процедуры были проделаны для режима решения задач на память при воздействии эмоциональных изображений разного знака. По результатам анализа выбросов из анализа были исключены 6 испытуемых. Выбранные участки для поиска компонентов: 200–400 и 400–700 мс от начала стимула для негативных компонентов и участок с латентностью 400–800 мс для позитивных компонентов. В случае компонентов отрицательной полярности первоначальный участок для выделения компонентов был более широким – 200–700 мс от начала стимула, но анализ гистограмм латентных периодов выявил биполярное или близкое к нему распределение, в результате чего участок поиска компонентов был уточнен.

Следующим этапом обработки было вычисление разностных матриц для выделения компонентов. Разностная матрица представляла собой разность между матрицей ССП на эмоциональный стимул и нейтральный для одинакового когнитивного стимула, что позволяло устранить влияние компонентов, связанных с типом решаемой задачи, и сравнить эмоциональное воздействие разного знака.

После того как индивидуальные значения амплитуд компонентов были выделены как максимальное отрицательное (для негативных компонентов) или положительное (для позитивных компонентов) значение на выбранных временных промежутках, проводился дисперсионный анализ (модель повторных измерений) для каждого компонента. Анализировали влияние следующих факторов на амплитуду каждого компонента ССП: знак эмоции (положительная, отрицательная), локализация. Задачи на память и мышление анализировали отдельно, так как различные участки выделения компонентов не позволяли провести статистическое сравнение между режимами, за исключением позитивного компонента Р400–800, выделенного для обоих когнитивных процессов. Статистически значимыми считались результаты при $p \leq 0,05$ с учетом поправки Гринхауса – Гейсера (Greenhouse – Geisser).

Для того чтобы оценить влияние эмоций на эффективность решения когнитивных задач, вычисляли долю правильных ответов от их общего количества при воздействии вербальных и невербальных стимулов трех типов: эмоционально нейтральных, положительных и отрицательных.

Поскольку были получены разные доли правильных ответов при решении мыслительных и мнестических задач в силу их различной субъективной сложности, сравнение долей правильных ответов при эмоциональном воздействии является некорректным. Поэтому был введен показатель изменения количества правильных ответов (ИКПО) при эмоциональном воздействии:

$$\text{ИКПО} = \text{КПО}^{\text{эм}} / \text{КПО}^0,$$

где $\text{КПО}^{\text{эм}}$ – количество правильных ответов при воздействии эмоций того или иного знака; КПО^0 – количество правильных ответов при воздействии нейтрального изображения.

Данный показатель позволяет оценить влияние эмоций на память и мышление, несмотря на то что количество правильных ответов на мыслительные задачи ниже, чем на задачи, связанные с извлечением информации из долговременной памяти, вне зависимости от наличия или отсутствия эмоционального воздействия.

Все результаты, представленные на графиках, приведены в виде средних арифметических значений с доверительными интервалами.

Результаты исследования и обсуждение

С эмоциями связывают раннюю негативность EPN (early posterior negativity) – компонент, который проявляется билатерально в височно-затылочных областях с латентным периодом около 200 мс. EPN регистрируется вне зависимости от знака эмоции и связывается с переключением внимания на эмоциональный стимул, связанный с его внутренней мотивационной значимостью [22].

Более поздними компонентами, устойчиво регистрируемыми в экспериментах с эмоциональными изображениями, являются поздний позитивный потенциал (LPP – late positive potential) и P300 [23]. Возникновение компонента P300, традиционно связанного с когнитивными процессами [24], при восприятии эмоциональных стимулов объясняют автоматическим привлечением внимания к стимулу, который является биологически значимым, а значит, и по определению целевым. Считается, что P300 отражает активацию мотивационных систем мозга, которая облегчает дальнейшую обработку информации [17, 23].

LPP – один из устойчиво связанных с обработкой эмоциональных стимулов и надежных маркеров эмоционального воздействия показатель, который не зависит от размеров и других физических характеристик стимула, не исчезает при повторном предъявлении эмоциональных стимулов [19, 23, 25, 26]. Кроме того, многие авторы считают, что LPP, так же как и EPN, не зависит от знака эмоции [23, 25, 26], однако в некоторых исследованиях такая зависимость выявлена [19]. Фактором, значимо влияющим на амплитуду данного компонента, является интенсивность вызываемых эмоций [27]. LPP,

по данным различных авторов, регистрируется от 300 мс до 1 с. Поскольку латентность LPP сходна с P300, возникает вопрос о правомерности и целесообразности выделения данного компонента. «За» говорят следующие соображения: во-первых, LPP – несколько более позднее изменение потенциала, во-вторых, более длительное. Есть мнение, что LPP является результатом корковых проекций миндалины [23].

В целом, считают, что поздние позитивные потенциалы отражают активацию мотивационных систем мозга. При этом P300 – кратковременную фазическую, а LPP – более длительную тоническую [23].

Влияние эмоциональных изображений на эффективность когнитивной деятельности. Изменение количества правильных ответов (ИКПО) при воздействии эмоциональных стимулов разного типа и знака показано на рис. 1.

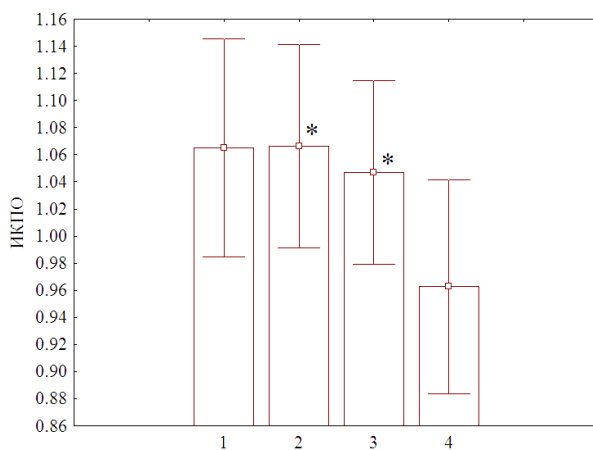


Рис. 1. Изменение эффективности решения когнитивных задач при различном эмоциональном воздействии. Звездочкой показаны значимые отличия показателей ИКПО по сравнению с решением мыслительных задач в условиях отрицательного эмоционального воздействия. Цифрами показаны следующие сочетания «когнитивное задание – эмоциональное воздействие»: 1 – память, положительные эмоции; 2 – память, отрицательные эмоции; 3 – мышление, положительные эмоции; 4 – мышление, отрицательные эмоции

ИКПО при решении мыслительных задач в условиях эмоционально отрицательного воздействия ниже по сравнению с воздействием положительных эмоций, а также по сравнению с ИКПО при решении задач на память в аналогичных условиях ($p \leq 0,05$) (рис. 1). Значения ИКПО при решении мыслительных задач в условиях эмоционально отрицательного воздействия меньше единицы, что свидетельствует о снижении эффективности решения таких задач. Во всех остальных вариантах сочетания «когнитивное задание» – «эмоциональное воздействие» ИКПО больше единицы, т.е. воздействие эмоциональных изображений любого знака повышает эффективность

мнестической деятельности, а эмоционально положительные изображения – мыслительной деятельности.

По литературным данным [18, 28–30], при исследовании влияния знака и интенсивности эмоций было показано, что положительные и отрицательные эмоциональные изображения могут оказывать различный эффект на физиологические показатели в зависимости от интенсивности эмоционального воздействия. «Низкоактивирующие» эмоциональные стимулы любого знака, а также положительно окрашенные стимулы высокой интенсивности вызывают снижение физиологических коррелятов оборонительного рефлекса (startle reflex), отрицательные стимулы высокой интенсивности – повышение [18, 28]. Однако в данном исследовании на этапе разработки экспериментальной методики эмоциональные стимулы были выбраны таким образом, чтобы группы изображений не отличались между собой по силе вызываемых эмоций [29, 30].

Полученный результат может быть интерпретирован следующим образом. По данным [19], отрицательные эмоции по сравнению с положительными сильнее привлекают и удерживают внимание (это явление получило название негативного сдвига – negative bias). Из двух исследуемых процессов мыслительный является более сложным, поэтому в нашем эксперименте сочетание эмоционально отрицательного стимула, сильнее привлекающего внимание, со сложной когнитивной деятельностью привело к ухудшению ее эффективности.

Несмотря на то что влияние эмоционально отрицательных изображений значимо отличается от других исследуемых видов эмоционального воздействия на поведенческом уровне, только на основании анализа эффективности решения задач нельзя сделать вывод об однозначной связи эффекта эмоциональных стимулов определенного знака и типа со специфической когнитивной задачей, так как в силу различной субъективной сложности исследуемых задач сильно варьировало время реакции испытуемого, а следовательно, и время воздействия эмоциональных стимулов.

Одним из возможных способов оценки фактора «время воздействия» являлся метод связанных с событиями потенциалов мозга (ССП), который позволяет исследовать динамику нервного процесса. Поэтому, если отличия будут найдены уже на начальных стадиях обработки сигнала, где различий по времени воздействия еще нет, то обнаруженный эффект эмоционального воздействия можно будет с большей вероятностью связывать именно со специфичностью эмоционального влияния на различные когнитивные процессы.

Влияние эмоциональных изображений на амплитуду компонентов ССП. При решении задач на память выделяли компоненты N200–400, N400–700 и P400–800; при решении мыслительных задач – P80–200, N200–600 и P400–800.

Главный эффект фактора «знак эмоции» был установлен для раннего *негативного* компонента N200–400 при решении задач на память. Эта не-

гativity более выражена при воздействии эмоционально отрицательных изображений (рис. 2).

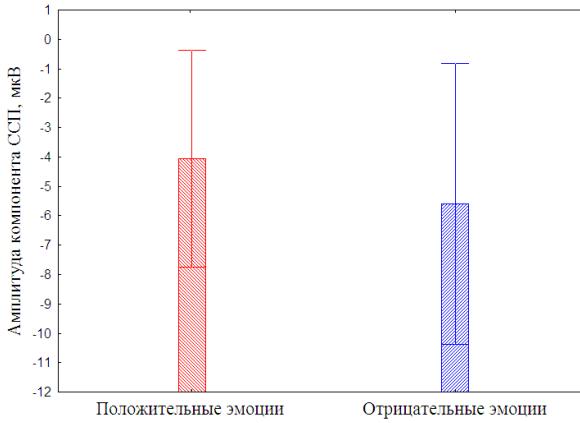


Рис. 2. Амплитуда компонента N200–400 при решении задач на память при воздействии эмоциональных изображений разного знака

Влияние эмоций на амплитуду компонента N200–400 зависит от локализации, что проявилось в значимом взаимодействии данных факторов. Последующий более детальный анализ с помощью критерия парных сравнений Вилкоксона показал, что в трех отведениях F7, T4 и C4 разница в амплитуде статистически значима (рис. 3) ($p \leq 0,05$).

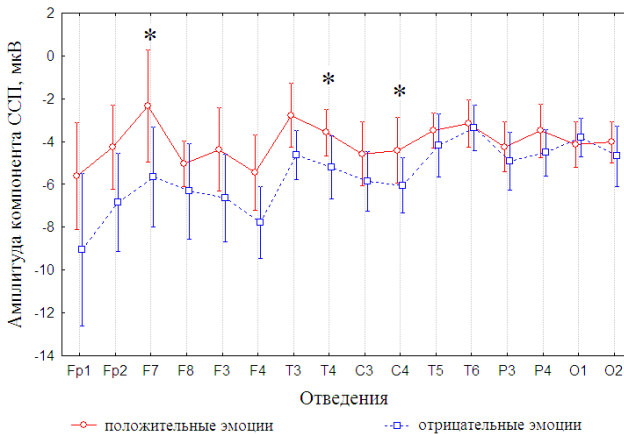


Рис. 3. Большая амплитуда компонента N200–400 при выполнении задач на память в условиях воздействия эмоционально отрицательных стимулов по сравнению с положительными. Примечание: здесь и далее звездочкой обозначены статистически значимые результаты при $p \leq 0,05$

Аналогичная картина взаимодействия факторов «знак эмоции» и «локализация» наблюдается и для негативного компонента большей латентности N400–700 – большая негативность также зафиксирована при воздействии отрицательно эмоциональных изображений по сравнению с положительными. Единственное отведение, где отличия были значимыми, – левое фронтальное (F7) (рис. 4, А).

Интересно, что при решении мыслительных задач амплитуда негативного компонента схожей латентности N400–600, где также имело место значимое взаимодействие факторов «знак эмоции» и «отведение», напротив, выше при воздействии положительно эмоциональных изображений. Отличия статистически значимы для левых фронтальных отведений Fp1 и F3 (рис. 4, Б).

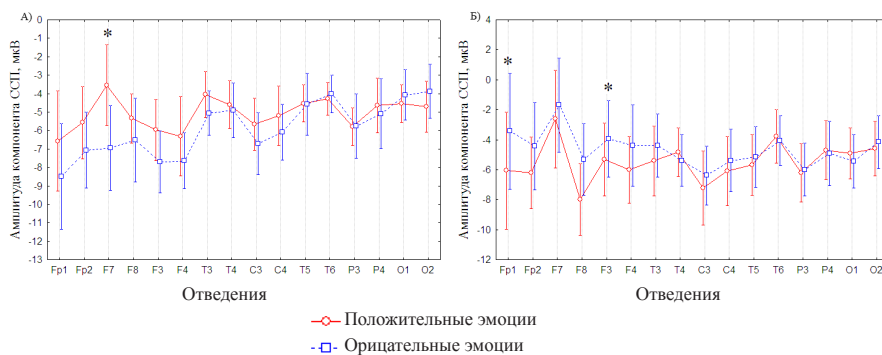


Рис. 4. Противоположное влияние эмоциональных изображений разного знака на амплитуду позднего негативного компонента: А – при решении мнестических; Б – при решении мыслительных задач (Для мыслительных задач был выделен компонент N400–600, для мнестических – N400–700.)

Дисперсионный анализ выявил главный эффект фактора «знак эмоции» на амплитуду позднего позитивного компонента P400–800 при решении когнитивных задач, а также взаимодействия факторов «тип задачи» и «знак эмоции». То есть влияние знака эмоции на амплитуду P400–800 зависит от того, какую когнитивную задачу решает в это время человек. При решении мыслительных задач амплитуда выше при воздействии отрицательных эмоциональных стимулов, при решении задач на память – положительных (рис. 5).

Кроме того, обнаружен главный эффект фактора «задача», связанный с тем, что амплитуда ССП выше при решении мыслительных задач по сравнению с задачами на память вне зависимости от знака. Различия обусловлены, по-видимому, большей сложностью мыслительных задач по сравнению с мнестическими.

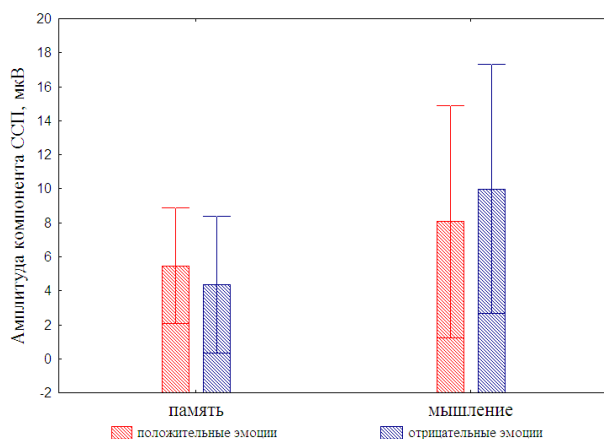


Рис. 5. Противоположное влияние эмоций разного знака на амплитуду позднего позитивного компонента ССП при решении различных когнитивных задач

Для задач на память влияние эмоционального воздействия на амплитуду компонента Р400–800 зависит от фактора «локализация», в отличие от мыслительных задач, где влияние фактора «знак эмоции» проявляется сходным образом во всех точках регистрации ЭЭГ.

С помощью критерия парных сравнений Вилкоксона было установлено, что при решении задач на *память* амплитуда данного компонента значимо выше при воздействии положительных эмоциональных изображений (значимые отличия выявлены в отведениях Fp2, F3, F7 и Т3). При решении мыслительных задач амплитуда Р400–800 выше при воздействии отрицательных изображений (статистически значимые отличия выявлены в отведениях F8, F3, F4, Т3, Т4, С3, Т5, Т6, P3, O1) (рис. 6).

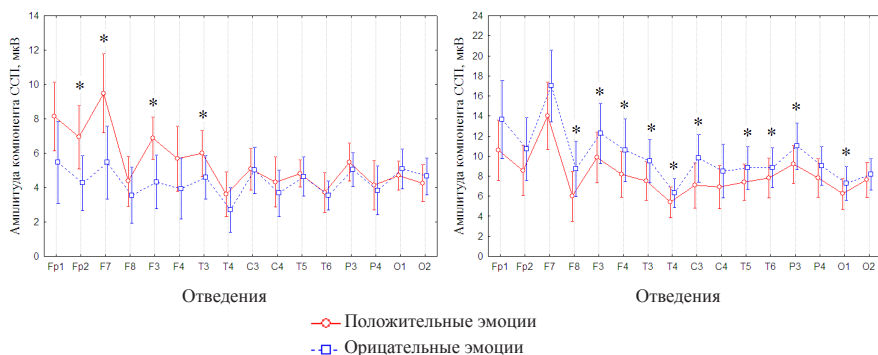


Рис. 6. Противоположное влияние эмоциональных изображений разного знака на амплитуду позднего позитивного компонента Р400–800: А – при решении мнестических; Б – при решении мыслительных задач

Проведено сравнение амплитуды компонента P400–800 при решении различных когнитивных задач в условиях воздействия эмоциональных изображений одного знака. Выявлены отличия при воздействии эмоций любого знака в отведениях T5, T6, P3, P4 и O2, а при воздействии отрицательных эмоций, помимо этого, наблюдались отличия во всех фронтальных (Fp1, Fp2, F7, F8, F3, F4), передневисочных (T3, T4) и центральных отведениях (C3, C4) (рис. 7).

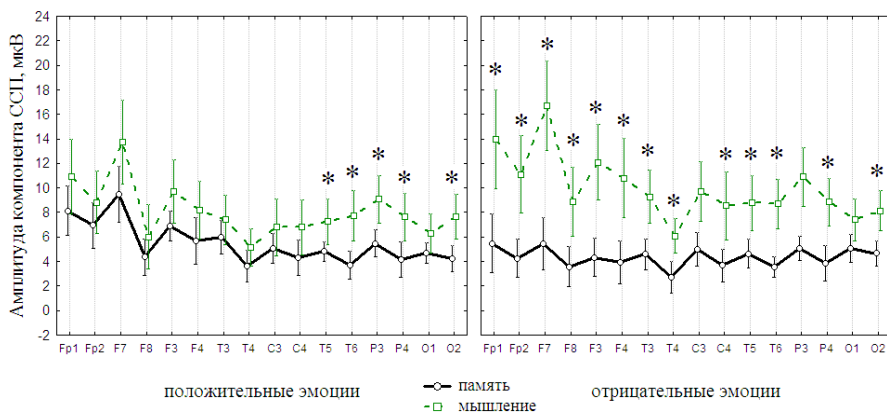


Рис. 7. Различия между амплитудой компонента ССП P400–800 при решении когнитивных задач разного типа в условиях воздействия эмоциональных изображений

Таким образом, влияние знака эмоционального воздействия на амплитуду ССП зависит от выполняемой когнитивной деятельности и проявляется на разных этапах обработки сигнала.

Как показывают результаты, отрицательные эмоции сильнее влияют на компонент N200–400 по сравнению с положительными. В литературе описан компонент сходной латентности (около 200 мс) и полярности [22, 28] EPN (early posterior negativity), который связывают с ранним избирательным вниманием к стимулу, оценкой его мотивационной значимости [28, 31]. Согласно данным, представленным в работе [19], этот компонент не зависит от знака эмоции, однако в наших результатах такая зависимость была получена. Возможно, это связано с повышенным вниманием к эмоционально отрицательным стимулам по сравнению с положительно окрашенными и нейтральными.

Следующий по латентности компонент, для которого получено значимое влияние знака эмоций, – поздний негативный компонент (N400–600 – для мышления со средним ЛП = 502,61±1,65; N400–700 – для памяти со средним ЛП = 551,77±4,31), который может соответствовать описанному в литературе компоненту RON [39, 40] либо представлять собой изменение семантического компонента N400 [26, 41, 42].

Поскольку в нашем эксперименте эмоциональный стимул предъявлялся одновременно с когнитивным и испытуемым приходилось распределять

внимание между двумя видами стимуляции, мы предположили, что поздний негативный компонент, скорее всего, является волной, связанной с возвратом внимания к целевой задаче – re-orienting negativity (RON) [32, 33].

Данный компонент наблюдается при изменении нецелевых характеристик стимула, на которые человек непроизвольно обращает внимание, после чего возвращается к основному заданию [32, 33]. В литературных источниках показано появление RON после компонента P3a, связанного с включением непроизвольного внимания [32]. Применительно к нашим данным негативный компонент, если он является RON, следовал бы за позитивным, а не предшествовал ему. Однако описанные автором [32] эксперименты связаны с последовательным предъявлением стимулов в парадигме отвлечения внимания, которое достигалось изменением нецелевого параметра. Таким образом, происходило опознание измененного признака, сопровождающееся волной P3a, и затем регистрировалась RON, отражающая возврат к выполнению целевого задания. При этом в указанной работе отсутствовали дополнительное эмоциональное воздействие на когнитивные процессы и компонент LPP, связанный с эмоциями. Каким образом соотносятся ЛП компонентов LPP и P3a – неизвестно, поэтому полностью исключить, что полученная негативность представляет собой RON, нельзя.

Вторым вариантом является интерпретация позднего негативного компонента как N400, отражающего семантический анализ задачи [34–36], а не эмоциональное воздействие. В нашем эксперименте обе задачи включали семантический анализ когнитивных стимулов. Однако компоненты выделялись на разностных ССП, т.е. из ССП на эмоциональный стимул вычитался ССП на нейтральный стимул. Поэтому влияние когнитивного задания было минимизировано. Кроме того, участок для поиска компонента для задания на память – 400–700 мс, а для более сложной мыслительной задачи – 400–600 мс, что также ставит под сомнение семантическое происхождение поздней негативности.

Последний по латентности компонент, для которого была установлена зависимость от знака эмоции, – поздний позитивный компонент P400–800 (для мышления средний ЛП = 591,81±1,49; для памяти ЛП = 595,57±4,30). По литературным данным [17, 23, 26], поздний позитивный компонент вызванных потенциалов LPP является одним из устойчивых показателей воздействия эмоциональных изображений. Противоречия данных литературы касаются только влияния знака эмоции на амплитуду LPP – в ряде работ показано отсутствие знакоспецифичности [23, 25, 26], однако есть и свидетельства более высокой амплитуды данного компонента при воздействии отрицательных эмоций по сравнению с положительными [19].

Согласно нашим результатам, при решении когнитивных задач различного типа значения амплитуды P400–800 повышались при различном эмоциональном воздействии, но в целом амплитуда P400–800 при решении задач на память ниже по сравнению с мыслительными задачами. Т.е. в случае более

сложного задания влияние эмоций более выражено. Возможных механизмов этого влияния два. Во-первых, сложная когнитивная задача, которую человек, по его собственным ощущениям, совсем не обязательно сможет успешно решить, сама по себе является эмоциональным фактором, поэтому активирующее влияние эмоций усиливается. Кроме того, сложность задачи, по-видимому, усложняет и удлиняет этап афферентного синтеза (по П.К. Анохину) [37–39], в результате чего эмоциональный стимул привлекает внимание сильнее и на более длительное время.

Заключение

Эффективность решения мыслительных задач зависит от знака эмоционального воздействия, в отличие от мнестических задач. Предъявление эмоционально отрицательных изображений ухудшает эффективность решения мыслительных задач.

Эмоциональные изображения по-разному влияют на компоненты ССП в зависимости от того, какое когнитивное задание человек выполняет в это время. Эмоционально положительные изображения увеличивают амплитуду Р400–800 при решении задач на память и уменьшают при решении мыслительных задач. Отрицательно эмоциональные изображения при решении задач на память увеличивают амплитуду позднего негативного компонента N400–700. При решении мыслительных задач аналогичное действие на компонент N400–600 оказывают изображения противоположного знака.

Литература

1. Ключарев В.А., Шмидт А., Шестакова А.Н. Нейроэкономика: нейробиология принятия решений // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4, № 2. С. 14–35.
2. Рейковский Я. Эмоции и познавательные процессы – избирательное влияние эмоций // Экспериментальная психология эмоций. М.: Прогресс, 1979. С. 179–212.
3. Kuchinke L. и др. Incidental effects of emotional valence in single word processing: an fMRI study // NeuroImage. 2005. Vol. 28, № 4. P. 1022–1032.
4. Bush G., Luu P., Posner M. Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex // Trends in cognitive sciences. 2000. Vol. 4, № 6. P. 215–222.
5. Ray R.D., Zald D.H. Anatomical insights into the interaction of emotion and cognition in the prefrontal cortex // Neuroscience and biobehavioral reviews. 2012. Vol. 36, № 1. P. 479–501.
6. Gray J.R., Braver T.S., Raichle M.E. Integration of emotion and cognition in the lateral prefrontal cortex // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2002. Vol. 99, № 6. P. 4115–4120.
7. Шемякина Н.В., Данько С.Г. Влияние эмоциональной окраски воспринимаемого сигнала на электроэнцефалографические корреляты творческой деятельности // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 2. С. 22–29.
8. Шемякина Н.В., Данько С.Г., Нагорнова Ж.В. и др. Динамика спектров мощности и когерентности ритмических компонентов ЭЭГ при решении вербальной твор-

- ческой задачи преодоления стереотипа // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 5. С. 14–21.
9. *Ходанович М.Ю., Есипенко Е.А., Светлик М.В., Крутенкова Е.П.* Зрительный аналог негативности рассогласования при отклонении стимулов по длительности // *Neuroscience and behavioral physiology*. 2010. Vol. 40, № 6. P. 653–661.
 10. *Khodanovich M.Y., Esipenko E.A., Svetlik M.V., Krutenkova E.P.* A Visual Analog of Mismatch Negativity When Stimuli Differ in Duration // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2010. Vol. 40, № 6. P. 653–661.
 11. *Иваницкий А.М., Ильюченко И.Р., Иваницкий Г.А.* Избирательное внимание и память – вызванные потенциалы при конкуренции зрительных и слуховых сигналов // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2003. Т. 53, № 5. С. 541–551.
 12. *Марьина И.В., Стрелец В.Б., Гарах Ж.В. и др.* Анализ вызванных потенциалов мозга на вербальные стимулы в норме и при шизофрении // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2012. Т. 62, № 2. С. 157–164.
 13. *Childers T., Jiang Y.* Neurobiological perspectives on the nature of visual and verbal processes // *Journal of Consumer Psychology*. 2008. Vol. 18, № 4. P. 264–269.
 14. *Коваленко А.А., Черный С.В., Павленко В.Б.* Влияние визуальных эмоциогенных стимулов на характеристики вызванных ЭЭГ-потенциалов // *Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского*. 2009. Т. 22, № 61. С. 58–66.
 15. *Коваленко А.А., Черный С.В., Корякин В.А., Павленко В.Б.* Анализ вызванных ЭЭГ-потенциалов при отрицательной эмоциональной активации у человека: временные и топографические характеристики // *Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского*. 2009. Т. 22, № 61. С. 35–41.
 16. *Коваленко А.А.* Влияние тревожности на восприятие эмоционально значимых стимулов у человека // *Ученые записки Таврического национального университета им. Вернадского*. 2009. Т. 22, № 61. С. 72–80.
 17. *Schupp H.T., Cuthbert B., Bradley M. et al.* Affective picture processing: the late positive potential is modulated by motivational relevance // *Psychophysiology*. 2000. Vol. 37, № 2. P. 257–261.
 18. *Cuthbert B.N., Bradley M.M., Lang P.J.* Probing picture perception: Activation and emotion // *Psychophysiology*. 1996. P. 103–111.
 19. *Delplanque S.* Modulation of cognitive processing by emotional valence studied through event-related potentials in humans // *Neuroscience Letters*. 2004. Vol. 356, № 1. С. 1–4.
 20. *Иваницкий А.М., Стрелец В.Б., Корсаков И.А.* Информационные процессы мозга и психическая деятельность. М. : Наука, 1984. 200 с.
 21. *Иваницкий А.М.* Мозговые механизмы оценки сигналов. М. : Медицина, 1976. 263 с.
 22. *Wiens S., Sand A., Olofsson J.K.* Nonemotional features suppress early and enhance late emotional electrocortical responses to negative pictures // *Biological psychology*. 2011. Vol. 86, № 1. P. 83–89.
 23. *Hajcak G., MacNamara A., Olvet D.M.* Event-related potentials, emotion, and emotion regulation: an integrative review // *Developmental neuropsychology*. 2010. Vol. 35, № 2. P. 129–155.
 24. *Duncan C.C., Barry R.J., Connolly J.F. et al.* Event-related potentials in clinical research: guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400 // *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*. 2009. Vol. 120, № 11. P. 1883–1908.
 25. *Codispoti M., Ferrari V., Bradley M.M.* Repetitive picture processing: autonomic and cortical correlates // *Brain research*. 2006. Vol. 1068, № 1. P. 213–220.
 26. *Codispoti M., Ferrari V., Bradley M.M.* Repetition and event-related potentials: distinguishing early and late processes in affective picture perception // *Journal of cognitive neuroscience*. 2007. Vol. 19, № 4. P. 577–586.

27. Lang P.J., Bradley M.M. Emotion and the motivational brain // *Biological psychology*. 2010. Vol. 84, № 3. P. 437–450.
28. Leite J., Carvalho S., Galdo-Alvarez S. et al. Affective picture modulation: valence, arousal, attention allocation and motivational significance // *International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology*. 2012. Vol. 83, № 3. P. 375–381.
29. Крутенкова Е.П., Светлик М.В., Есипенко Е.А. Разработка психофизиологического эксперимента по изучению эмоциональной составляющей когнитивных процессов // *Труды Томского государственного университета. Серия биологическая. Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии*. 2010. Т. 275. С. 207–210.
30. Крутенкова Е.П., Есипенко Е.А., Светлик М.В. Взаимосвязь эффективности решения когнитивных задач при эмоциональном воздействии и мощности ритмов энцефалограммы в состоянии спокойного бодрствования // *Вестник Томского государственного университета*. 2011. Т. 347. С. 166–169.
31. Cuthbert B.N., Schupp H.T., Bradley M.M. et al. Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report // *Biological psychology*. 2000. Vol. 52, № 2. P. 95–111.
32. Munka L., Berti S. Examining task-dependencies of different attentional processes as reflected in the P3a and reorienting negativity components of the human event-related brain potential // *Neuroscience letters*. 2006. Vol. 396, № 3. P. 177–181.
33. Berti S., Schröger E. A comparison of auditory and visual distraction effects: behavioral and event-related indices // *Brain research. Cognitive brain research*. 2001. Vol. 10, № 3. P. 265–273.
34. Ильюченко И.Р., Сысоева О.В., Иваницкий А.М. Две семантические системы мозга для быстрого и медленного различения абстрактных и конкретных слов // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2007. Т. 57, № 5. С. 566–575.
35. Ребрейкина А.Б. Особенности потенциалов, связанных с событиями, на зрительную вербальную информацию в ситуации экзаменационного стресса // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2011. Т. 61, № 4. С. 435–443.
36. Марьина И.В., Стрелец В.Б. Влияние смыслового содержания вербальных стимулов и их значимости на вызванные потенциалы мозга // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2010. Т. 60, № 1. С. 22–31.
37. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М. : Медицина, 1975. 447 с.
38. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. М. : Наука, 1980. 197 с.
39. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // *Принципы системной организации функций*. М. : Наука, 1973. С. 5–61.

Поступила в редакцию 17.11.2012 г.

**Elena P. Krutenkova, Elena A. Esipenko, Margarita K. Ryazanova,
Marina Yu. Khodanovich**

Research Institute of Biology and Biophysics of Tomsk State University, Tomsk, Russia

EMOTIONAL PICTURES IMPACT ON COGNITIVE TASKS SOLVING

In this research we studied an emotional impact on the cognitive processes with event relation potentials method. This research was important because of a constant increase in information which had to be known for the human being of the time. Furthermore, the speed of modern life led to the necessity of some problem solution at the same time and to the reaction to two and more than two information streams simultaneously. The investigation of interconnection and interaction of cognitive and emotional processes was also important for neuroeconomy that studied a neurophysiologic basis of decision making which told that every decision was made by emotional and cognitive brain system.

In our experiment 58 subjects participated. 30 positive, 30 negative and 30 neutral (control) emotional stimuli were presented randomly at the center of a dark screen for 58 subjects. Cognitive tasks were presented simultaneously. For memory research we used information extraction from long-term memory tasks; for thinking research there was used homonyms method. EEG was recoded form 33 subjects monopolar from 19 sites according to «10–20%» international system. In ERP analysis the epoch was 1000 mc, which included 200 mc before stimulus presentation for base line correction.

In our research we found that the results of thinking task decision depended on emotion valency as distinct from memory task solving. By ERP method it was shown that emotional pictures had an influence on different stages of information processing and this impact depended on the task type. Positive valency pictures P400–800 component was increased by positive valency pictures during memory tasks solving and decreased during thinking task solving. N400–7000 component was increased by negative pictures during memory task. In thinking tasks solving the same impact was found for positive pictures.

Key words: *event related potentials; emotions; cognitive processes; thinking; memory.*

Received November 17, 2012