

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ ПРИ ЭМОЦИОНАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И МОЩНОСТИ РИТМОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ В СОСТОЯНИИ СПОКОЙНОГО БОДРСТВОВАНИЯ

*Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (ГК № П260).*

Проведено исследование зависимости влияния различных эмоциональных воздействий (эмоциональных слов и эмоциональных изображений, вызывающих положительные и отрицательные эмоции) на эффективность выполнения когнитивных задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти и мыслительных задач от мощности ЭЭГ в различных частотных диапазонах. Обнаружено достоверное увеличение количества правильных ответов при решении задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти при предъявлении эмоциональных стимулов. Установлена взаимосвязь между эффективностью решения когнитивных задач при различном эмоциональном воздействии и мощностью ЭЭГ в различных частотных диапазонах.

**Ключевые слова:** мощность; ЭЭГ; эмоциональное воздействие; мышление; память.

Актуальность изучения эмоционального воздействия на когнитивные процессы имеет два аспекта: фундаментальный и прикладной. Прикладной связан с тем, что рост объема информации в мире приводит к необходимости поиска путей оптимизации ее обработки, одним из которых может стать включение в учебный процесс не только когнитивной сферы, но и эмоциональной. Фундаментальный аспект связан с противоречивостью данных о роли эмоций в эффективности протекания когнитивных процессов: установлено влияние эмоционального фактора, но относительно степени и направления этого влияния данные неоднозначны [1, 2].

Известно, что реакция человека на эмоциональное воздействие разного знака может существенно различаться. Это обусловлено как различной эмоциональной значимостью каждого конкретного стимула для разных людей, так и разной чувствительностью людей к эмоциональному воздействию одного и того же знака. В литературе имеются данные о том, что со спектральными характеристиками электроэнцефалограммы (ЭЭГ) может быть связана индивидуальная чувствительность человека к эмоциональному воздействию разного знака [3, 4]. При этом корковые механизмы взаимоотношений между различными аспектами активации и знаком эмоционального воздействия во многом не известны [5].

Целью настоящей работы являлось выявление влияния различных эмоций (причем различных не только по знаку, но и по тому, вербально или невербально выражены эмоции) на мнестическую и мыслительную деятельность в зависимости от мощности ЭЭГ в различных частотных диапазонах в состоянии спокойного бодрствования. При этом рассматривалось изменение количества правильных ответов при различной эмоциональной стимуляции и зависимость данного изменения от значений мощности спектра ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования.

### Материалы и методики исследования

В исследовании принимали участие 23 практически здоровых испытуемых-добровольцев: 12 девушек и 11 юношей, студенты томских вузов.

Перед регистрацией ЭЭГ оценивали функциональное состояние испытуемых с помощью теста Люшера, затем, с целью стандартизации функционального со-

стояния, участникам эксперимента демонстрировали эмоционально-нейтральный фильм – картины природы в течение 5 мин. После чего проводилась регистрация электрофизиологических показателей: ЭЭГ, КГР, ЭКГ.

Электроэнцефалограмму регистрировали ЭЭГ у испытуемых монополярно в 19 стандартных отведениях по системе «10–20%», референтные электроды устанавливались на участок кожи, соответствующий сосцевидным отросткам височной кости, а земляной – по средней линии головы впереди от Fz. 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 – 1,5–70 Гц, режекторный фильтр – 50 Гц.

Регистрация ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования осуществлялась при закрытых и открытых глазах (не менее 20 с в каждом состоянии). Далее испытуемые выполняли когнитивные задания двух типов: первый – задания, связанные с обращением к долговременной памяти – определения из школьного курса. Задача испытуемого – выбрать соответствующий определению термин. Второй – подбор омонимов. В последнем случае испытуемым предъявлялись два определения, задачей являлось найти понятие, которое соответствует им обоим.

Исследовали влияние следующих видов эмоционального воздействия на когнитивные процессы: влияние эмоционально окрашенных слов (вызывающий положительные и отрицательные эмоции), влияние эмоционально окрашенных изображений (вызывающий положительные и отрицательные эмоции). Таким образом, ЭЭГ регистрировалась в следующих режимах: 1) влияние эмоциональных слов на извлечение информации из долговременной памяти; 2) влияние эмоциональных изображений на извлечение информации из долговременной памяти; 3) влияние эмоциональных слов на выполнение мыслительных операций; 4) влияние эмоциональных изображений на выполнение мыслительных операций. В каждой серии общее число стимулов равнялось 90 (30 положительно эмоциональных, 30 отрицательно эмоциональных, 30 нейтральных (контроль)). Эмоциональные стимулы предъявлялись в случайном порядке. Последовательность реализации режимов варьировала у разных испытуемых, чтобы

минимизировать влияние утомления на результаты эксперимента. Подробно экспериментальная методика по исследованию эмоциональной модуляции когнитивных процессов описана в статье «Физиологическое исследование эмоциональной составляющей когнитивных процессов» [6].

Обработка данных проводилась в программном обеспечении «Энцефалан» – анализ спектральной мощности ЭЭГ. Анализировался участок длительностью около 20 480 с, эпоха анализа составляла 2,048 с (минимально возможная на данном приборе). Анализировали значения мощности в следующих частотных диапазонах: дельта (0,5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–14 Гц), бета (14–30 Гц), гамма1 (30–40 Гц), гамма2 (40–49 Гц) и гамма3 (51–70 Гц). Далее данные экспортировались в программу «STATISTICA 6.0» для проведения дальнейшего анализа.

Для выявления отличий между эффективностью решения когнитивных заданий при эмоциональном воздействии разного типа (вербального–невербального) и знака (положительные эмоции или отрицательные) использовался критерий Вилкоксона парных сравнений. Для определения взаимосвязи между значениями мощности ритмов ЭЭГ и количеством правильных ответов с эмоциональным воздействием и без него применялся коэффициент корреляции Спирмена. Статистически значимыми результаты считались при  $p \leq 0,05$ . В качестве количественного показателя правильности ответов испытуемых вычислялся процент правильных ответов от общего их числа для каждого из возможных сочетаний «тип когнитивного задания – эмоциональное воздействие».

Затем с целью возможности сопоставления эмоциональной модуляции разных когнитивных процессов вычислялось отношение количества правильных ответов в процентах при воздействии нейтрального стимула к аналогичному показателю при воздействии эмоционально-

го. Эта процедура связана с тем, что мыслительные операции представляют собой более сложную когнитивную деятельность, чем извлечение информации из долговременной памяти, поэтому сравнение абсолютных результатов не представляется возможным.

## Результаты исследования и обсуждение

Анализ изменения количества правильных ответов при предъявлении эмоциональных стимулов по сравнению с нейтральными показал, что отрицательные эмоциональные изображения вызывают достоверное увеличение количества правильных ответов у испытуемых при решении задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти. В случае эмоциональных изображений, вызывающих отрицательные эмоции, различия уровня значимости не достигают. При этом сравнение изменения количества правильных ответов при воздействии эмоциональных стимулов разных видов выявило значимые отличия для различных когнитивных процессов

Показаны достоверные отличия изменения количества правильных ответов при решении задач на память и мышление под воздействием эмоционально отрицательных изображений. При этом количество правильных ответов в задачах на память достоверно увеличивается, а при решении мыслительных задач – снижается (хотя результаты не достигают уровня значимости; рис. 1). Кроме того, показаны достоверные отличия между воздействием эмоциональных вербальных стимулов разной валентности на эффективность решения задач на память: хотя оба вида эмоционального воздействия оказывают положительное влияние на эффективность решения такого рода задач, в случае положительной валентности эмоционального воздействия это влияние выражено более сильно (рис. 2).

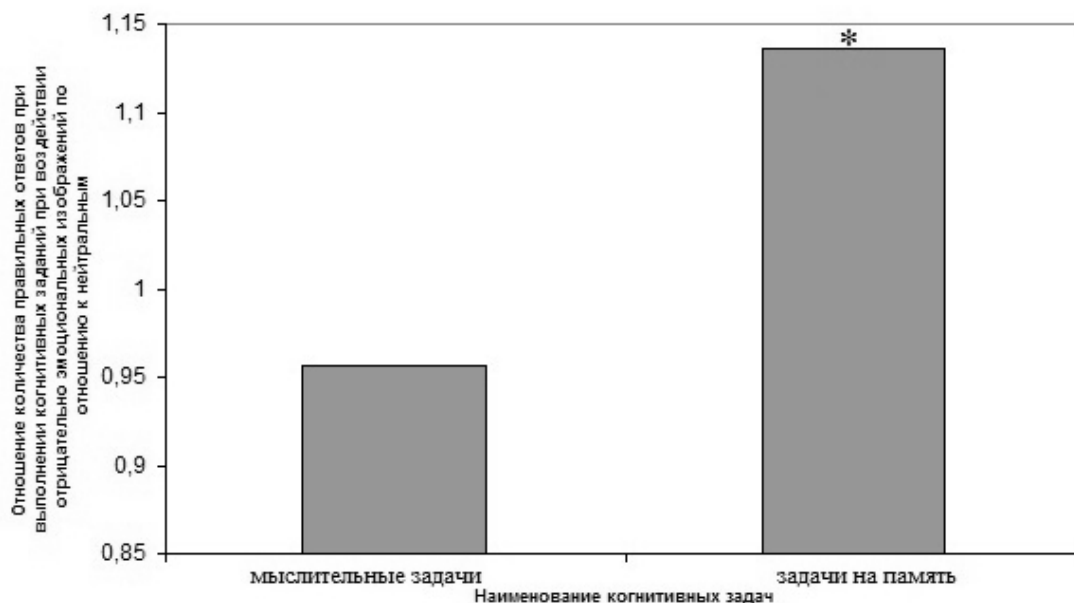


Рис. 1. Количество правильно выполненных мыслительных и мнестических задач при воздействии отрицательно эмоциональных изображений по отношению к воздействию нейтральных (здесь и далее знаком «\*» отмечены статистически значимые отличия ( $p \leq 0,05$ ))

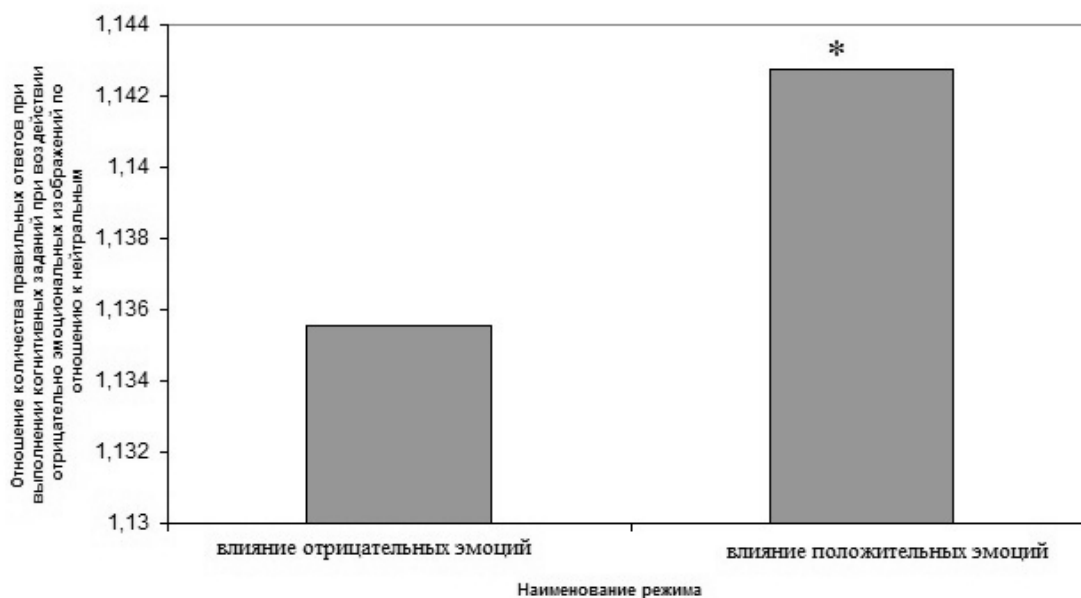


Рис. 2. Количество правильно выполненных мнестических задач при воздействии эмоциональных изображений разного знака по отношению к воздействию нейтральных

Анализ взаимосвязи индивидуальной чувствительности к эмоциональной модуляции разного знака в зависимости от значений мощности ЭЭГ в различных частотных диапазонах показал, что существует взаимосвязь между значениями мощности ЭЭГ и эффективностью решения когнитивных заданий при различном эмоциональном воздействии, причем этот эффект имеет определенную частотную специфичность и специфичность по отношению к когнитивной деятельности.

Установлено, что чем выше значения мощности в дельта-диапазоне (отведения С4, С3, Т3, F7, Cz, Fz), тем более выражено увеличение количества правильных ответов при воздействии положительно-эмоциональных вербальных стимулов. Чем выше мощность в тета- (отведения F4, Fp2, Fp1), альфа- (отведения С4, С3, F4, F3, Т3) и бета-диапазонах ЭЭГ (отведения О2, P4, P3, С3, F4, F3, Fp1, Fp2, Т5, Pz, Fz, Cz), тем сильнее выражено увеличение количества правильных ответов при воздействии положительно-эмоциональных изображений.

Обнаружены отрицательные корреляции между значениями мощности ритмов ЭЭГ в альфа-диапазоне (отведения P4, С4, Т5) и изменением количества правильных ответов под воздействием отрицательно эмоциональных вербальных стимулов ( $p \leq 0,05$ ).

Для задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти, также обнаружена статистически значимая связь изменения эффективности выполнения заданий под воздействием эмоциональных стимулов и мощности ритмов ЭЭГ. Причем, также как и для мыслительных задач, чем выше показатели мощности ЭЭГ в дельта-диапазоне (отведения F3, F4, Т5, F7), тем более сильное влияние оказывает невербальная положительно-эмоциональная стимуляция на выполнение заданий на память. То, что отведения, в которых мощность ЭЭГ в дельта-диапазоне положительно коррелирует с изменением эффективности выполнения заданий, отличаются для мыслительных задач и задач на память, возможно, связано со спецификой когнитивной деятельности ( $p \leq 0,05$ )

Таким образом, можно говорить о частотной специфичности влияния вербальных стимулов, вызывающих положительные эмоции. Помимо этого, обнаружены положительные корреляции между мощностью ЭЭГ в дельта-диапазоне и изменением количества правильно решенных задач под воздействием отрицательно эмоциональных стимулов: вербальное воздействие коррелирует с мощностью ЭЭГ в области отведения О2, невербальное – в области отведений F3 и Fz.

Зависимость степени эмоционального воздействия от мощности ЭЭГ в тета-диапазоне при решении задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти, обнаружена только для отведения Fz при воздействии отрицательно-эмоциональных изображений.

В отличие от мыслительных операций, для которых влияние эмоционально положительных изображений было связано с мощностью ЭЭГ в тета-, альфа- и бета-частотных диапазонах, при решении задач на память влияние того же типа эмоционального воздействия коррелирует с мощностью высокочастотных ритмов ЭЭГ: бета (P4, Т6), гамма1 (Т6, Cz, Fz), гамма2 (P4, P3, С4, F4, Т6, Pz, Cz, Fz), гамма3 (P4, С4, F4, F3, Fp1, Т6, Pz, Cz, Fz).

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдается статистически значимое увеличение количества правильных ответов при решении задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти при предъявлении отрицательно-эмоциональных изображений.
2. Влияние отрицательно-эмоциональных изображений на эффективность мыслительных операций и извлечение информации из долговременной памяти статистически значимо отличаются.
3. Статистически значимые различия выявлены для воздействия вербальных стимулов разной валентности на эффективность решения задач на память. Положительные эмоции вызывают более сильное увеличение эффективности решения задач.

4. Мощность ЭЭГ в дельта-диапазоне положительно коррелирует с изменением количества правильных ответов при решении мыслительных задач и задач, связанных с извлечением информации из долговременной памяти при воздействии положительно-эмоциональных вербальных стимулов.

5. Показана прямая взаимосвязь между изменением количества правильных ответов при воздействии эмоционально-положительных изображений и мощностью ЭЭГ при решении мыслительных задач в тета-, альфа- и бета-диапазонах ЭЭГ; при решении задач на память – в бета-, гамма1-, гамма2- и гамма3-диапазонах ЭЭГ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рейковский Я. Эмоции и познавательные процессы – избирательное влияние эмоций // Экспериментальная психология эмоций. М., 1979. С. 179–212.
2. Kuchinke L., Jacobs A.M., Grubich C. et al. Incidental effects of emotional valence in single word processing // *NeuroImage*. 2005. № 28. P. 1022–1032.
3. Coan J.A., Allen J.J. Frontal EEG asymmetry as a moderator and mediator of emotion // *Biological psychology*. 2004. Т. 67, № 1–2. С. 7–49.
4. Шемякина Н.В., Данько С.Г., Нагорнова Ж.В. и др. Динамика спектров мощности и когерентности ритмических компонентов ЭЭГ при решении вербальной творческой задачи преодоления стереотипа // *Физиология человека*. 2007. Т. 33, № 5. С. 14–21.
5. Афтанас Л.И., Рева Н.В. Варламов А.А. и др. Анализ вызванной синхронизации и десинхронизации ЭЭГ при эмоциональной активации у человека: вызванные и топографические характеристики // *Журнал высшей нервной деятельности*. 2003. Т. 53, № 4. С. 485–494.
6. Крутенкова Е.П., Есипенко Е.А., Светлик М.В. Физиологическое исследование эмоциональной составляющей когнитивных процессов // *Фундаментальные и прикладные аспекты современной биологии*: Тр. Том. гос. ун-та. 2010. С. 207–210.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 9 апреля 2011 г.