

УДК 612.821

## НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ “ПЕРЕРАБОТКИ” МЕТАФОРИЧЕСКОГО СМЫСЛА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОРИГИНАЛЬНЫЕ НАЗВАНИЯ

© 2023 г. Ж. В. Нагорнова<sup>1</sup> \*, В. А. Галкин<sup>1</sup>, Н. В. Шемякина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт эволюционной физиологии и биохимии  
имени И.М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург, Россия

\*E-mail: nagornova\_zh@mail.ru

Поступила в редакцию 12.12.2022 г.

После доработки 02.02.2023 г.

Принята к публикации 06.02.2023 г.

В данной работе были исследованы особенности связанных с событием потенциалов (ССП) при придумывании подростками названий к разным по содержанию и стилистике художественным изображениям. В двух исследованиях приняли участие 36 подростков (16 м: 20 ж, средний возраст:  $15.9 \pm 1.1$  лет). В качестве стимульного материала использовали изображения из категорий – “карикатуры”, “сюжетные зарисовки” и “живопись”. Задача придумывать названия к работам современных художников, содержащих метафоры и символы, а именно: к “сюжетным зарисовкам” и “карикатурам” рассматривалась, как конвергентная творческая задача, тогда как работа с изображениями из категории “живопись” – как более открытая, дивергентная творческая задача. При придумывании названий к “сюжетным зарисовкам” в сравнении с “карикатурами” амплитуда ССП на интервалах 116–208 и 492–656 мс была больше в теменно-затылочных и лобных, центральных, теменных областях левого полушария, соответственно. Во втором исследовании, при придумывании названий к изображениям в авторском стиле по сравнению с реалистичными изображениями этого же художника – различия ССП были выявлены в затылочных областях (152–264 мс), лобных и затылочных областях билатерально (308–440 мс) и лобных, височных, центральных и теменных областях с акцентом в левом полушарии (544–600 мс). Поздняя положительная волна, выявленная в двух исследованиях (с латентностью 492–656 мс в сравнении “сюжетные зарисовки” vs “карикатуры” и 544–600 мс в сравнении “авторский стиль” vs реалистичные изображения) может быть связана с извлечением и анализом метафорического смысла и символов изображений для создания вербальной интерпретации (придуманного названия). Только при выполнении конвергентной творческой задачи (тесно связанной с интерпретацией замысла художника) нахождение ответа сопровождалось меньшей амплитудой поздних различий на интервале 1300–1650 мс (за более чем 1500 мс до момента обозначения нахождения ответа), тогда как значимых различий между нахождением и отсутствием ответа во втором исследовании выявлено не было. В условиях единой инструкции, авторы предположили, что в первом исследовании нахождение ответа сопровождалось более выраженным процессом сличения/сопоставления собственных идей с неким искомым (заложенным художником) смыслом, что выражалось в поздних отличиях между условиями нахождения и отсутствия ответа, тогда как во втором исследовании, в условиях дивергентной задачи – процесс сличения собственного и заложенного смысла был выражен слабее и не отразился в ряде поздних отличий.

**Ключевые слова:** связанные с событием потенциалы, изображения, визуальные метафоры, сюжетные зарисовки, карикатуры, живопись, вербальное творчество, подростки.

**DOI:** 10.31857/S0131164623700236, **EDN:** GHXLHN

Изучение разных аспектов творческой деятельности [1–4] представляет особый интерес в разрезе представлений о том, что именно творческая активность может рассматриваться, как один из самых человеческих видов деятельности [5].

Обычно под творческой деятельностью понимают способность создавать что-то новое и полезное [6], отклоняться в мышлении от стереоти-

пов [7–9] и находить решения при минимуме доступной информации [10, 11].

Одним из важных компонентов творческого мышления является способность ассоциировать информацию из разных областей знаний и соотносить смыслы [12–14], видеть ситуацию с разных точек зрения, что крайне важно для решения дивергентных задач [15], реагировать на иронические и метафорические сюжеты [16–18]. Умение

понимать метафоры и юмор, в самых различных его проявлениях, часто описывается как необходимый элемент творческого мышления [19–21].

Восприятие, понимание и анализ метафорических смыслов активно исследуются нейробиологами с использованием вербальных метафор [22–24]. В нашем исследовании подросткам предъявляли изображения из категорий “сюжетные зарисовки”, “карикатуры” и “живопись”, содержащие определенные ассоциативные ряды, метафоры и символы.

Выделяют различные виды метафор (вербальные, визуальные; общеупотребительные/авторские или “новые” [25–28]; глагольные/именные [29]) вместе с тем, все их объединяет наличие образного смысла, уподобления одного предмета другому, что кроется в самом определении метафоры [30], переноса свойств одного объекта к другому.

В исследованиях с близкой нам парадигмой предъявления стимулов было показано, что при зрительном восприятии фраз, содержащих переносный смысл амплитуда компонента ССП – N400 больше (более негативное отклонение), чем при словосочетании с буквальным смыслом [22]. В исследованиях [23, 24] были выдвинуты предположения о том, что когнитивный компонент N400 может быть связан с восприятием контекстуальных аспектов читаемой фразы, а P600 — с процессами интерпретации фразы содержащей метафору, происходящими во время понимания ее смысла. В исследовании [31] выяснили, что только на “литературные” метафоры (авторские, взятые из современных художественных текстов и являющиеся “новыми” для человека) в сравнении с “не-литературными” метафорами и фразами с буквальным смыслом регистрировался когнитивный компонент N400 (430–530 мс), а более ранний компонент P200 (170–260 мс), связанный с вниманием, имел большую амплитуду в левых лобных зонах по сравнению с восприятием “не-литературных” метафор. В этих же и центральных отведениях в интервале соответствующем P200 была выявлена большая мощность в  $\Delta$ (1–4 Гц)-диапазоне ЭЭГ при восприятии литературных метафор в сравнении с “не-литературными” метафорами. Более поздний интервал (430–530 мс) характеризовался большей связанной с событиями мощностью  $\theta$ -диапазона (4–8 Гц) ЭЭГ для литературных метафор в сравнении с “не литературными”, и, в обоих случаях — большими значениями мощности в сравнении с буквальными выражениями.

В исследовании с предъявлением визуально-вербальных метафор (изображение машины, а затем — название животного) сравнивались ССП при предъявлении метафор с конгруэнтным изображением и названием объекта и метафоры с не-

конгруэнтным содержанием. Было выяснено, что идентификация конгруэнтных метафор происходила дольше ( $700 \pm 202$  против  $663 \pm 187$  мс), амплитуда компонентов ССП N300 и N400 на них была больше (более негативное отклонение), а амплитуда P600 — больше в сравнении с неконгруэнтными метафорами [32].

Восприятие переносного смысла и способность понимать метафоры (вербальные и невербальные) — важный компонент психического здоровья людей. По результатам исследования функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) в группе пациентов с шизофренией анализ истории, приобретающей метафорический смысл в сравнении с буквальным за счет предъявления последнего слова, выявил снижение активации в дорсальной передней поясной коре билатерально, левых — лобной доле (*IFG pars opercularis*, *MFG*, *SFG*), предклинье, островке, верхней височной (*STG*), угловой и надкраевой извилинах, и в правых — инсule, лобно-височной области (*IFG/STG*) [33].

Отдельные исследования показывают, что при обработке метафор, юмора и иронии наблюдаются схожие эффекты. В исследовании [34] при предъявлении последнего слова во фразе, определяющего ее смысл (“*punchline based paradigm*”) была выявлена большая негативность N400 при предъявлении слов с ироническим или метафорическим смыслом в сравнении с предъявлением слов с буквальным значением.

В ряде работ [35, 36] получены данные о вовлеченности сенсомоторной коры в процесс обработки метафор. В работе [37] было показано, что предложения содержащие “фиктивное” движение вызывали активацию в правой парагиппокампальной извилине, “метафорическое” движение в левой прецентральной извилине, а “идиоматическое” движение в левой нижней лобной извилине.

Также не до конца проясненным является вопрос о латерализации процессов, связанных с анализом метафорического смысла. Некоторые исследования указывают на большую вовлеченность правого полушария [38, 39], в то время как другие не находят этому подтверждения [40] или показывают обратные эффекты [41]. Третьи, в свою очередь, показывают либо равную вовлеченность полушарий в процесс обработки метафор, либо указывают зависимость от контекста или иных условий, при которых метафора воспринимается [42].

Отдельно стоит тема исследования невербальных/визуальных метафор, в основном, представленная в области нейромаркетинга. Так, например, было показано, что наличие метафоры в визуальной рекламе, при ее понимании, вызывает большую заинтересованность потребителя, веро-

ятность дальнейшего ознакомления и покупки им объекта рекламы [43]. В ЭЭГ-исследовании восприятия сюрреалистичных рекламных изображений [44] в ответ на двойную метафору, по сравнению с одинарной, была выявлена большая мощность в задней поясной коре левого полушария (8–13 Гц) и в правом предклинье (8–13; 14–30 Гц); а также — меньшая мощность в островковой доле (4–7; 14–30; 31–100 Гц) при локализации диполей. При этом в сравнении с отсутствием метафоры во всех перечисленных выше областях и диапазонах ЭЭГ-мощность была меньше. По результатам самоотчетов изображения с большим количеством метафор вызывали у испытуемых интерес к продукту и намерение купить.

Цель настоящей работы состояла в изучении особенностей ССП у подростков в ответ на визуальное предъявление произведений живописи, содержащих метафоры, иронию и символы. При этом подростки не просто пассивно воспринимали изображение, а решали творческую задачу — их просили дать название изображению, отражающее его смысл. В ситуации придумывания названия к изображению решается задача понимания метафорического смысла изображения и поиска художественных вербальных ассоциаций. При исследовании планировали проверку нескольких гипотез. Предполагали, что разная стилистика стимулов (“сюжетные зарисовки”, “карикатуры”, “живопись”) будет отражаться не только в физиологических, но и в поведенческих характеристиках (сложности задания, эмоциональном фоне, количестве ответов, времени ответа). Рассчитывали обнаружить ранние энцефалографические предикторы нахождения ответа при выполнении творческой задачи.

## МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 36 здоровых подростков обоих полов, учащиеся школ Санкт-Петербурга; с нормальным или скорректированным зрением: 16 юношей, 20 девушек (13–18 лет: медиана: 16 лет; нижний квартиль: 15; верхний квартиль: 17).

*Психологическое исследование.* Перед ЭЭГ/ССП исследованием испытуемые выполняли ряд психологических заданий для оценки: когнитивных (прогрессивные матрицы [45], вербальных творческих (тест отдаленных ассоциаций *T. Mednick* [46] в адаптации [47]) и невербальных творческих способностей (субтест Е. Торренса “незавершенные эскизы” по [48]).

*Процедура психофизиологического исследования.* Испытуемые участвовали в двух исследованиях ССП с идентичным протоколом, инструкцией и структурой проб, но с разным стимульным материалом. В качестве стимулов использовали спе-

циально отобранные изображения произведений современных художников (А. Попов, Ю. Потапов и В. Богорад, В. Шилов), предъявляемые на мониторе компьютера. Изображения использовали с согласия авторов, предоставивших изображения безвозмездно или на основе покупки лицензии.

В заданиях испытуемым необходимо было придумать название/подпись к изображению, передающее/передающую суть того, что на нем изображено. В каждой пробе в период обдумывания испытуемый должен был, в случае придуманного ответа — мысленно его проговорить и нажать на кнопку, а после предъявления разрешающего ответ знака вопроса — озвучить ответ. В случае отсутствия ответа, испытуемый на кнопку не нажимал, а после предъявления знака вопроса говорил “нет” (соответствует ранее использованной в исследованиях структуре заданий [49–51]).

Предъявляемые на мониторе компьютера изображения были изначально выполнены либо на холсте маслом, либо в технике “графика”. По содержанию указанные изображения были разделены на три категории: картины — “сюжетные зарисовки” (А. Попов), “карикатуры” (В. Богорад, В. Шилов) и “живопись” (Ю. Потапов), вне зависимости от техники исполнения.

В исследованиях были заложены условия посещения выставки нескольких художников, картины которых характеризуются разным содержанием, техникой исполнения и стилем произведений.

Можно предположить, что различия в амплитуде и латентности наиболее ранних компонентов ССП — до 200 мс могут быть связаны с рядом визуальных различий стимулов, тогда как более поздних компонентов — с пониманием/переработкой метафорического смысла изображений в рамках единой инструкции. Различия ближе ко времени обозначения нахождения ответа (нажатия на кнопку) могут быть рассмотрены, как связанные с особенностями придумывания/поиска и нахождения решения в условиях постановки творческой задачи.

Данные первого и второго исследования не сравнивали напрямую, в силу различных условий предъявления изображений.

В первом исследовании подросткам предъявляли пробы с изображениями из категорий “сюжетные зарисовки” (холст, масло) и “карикатуры” (графика) (количество стимулов 50 : 51), изображения были перемешаны между собой случайным образом. Угловые размеры предъявления изображений в среднем составляли 5.344° по горизонтали и 5.725° по вертикали.

Во втором исследовании испытуемым предъявляли изображения из категории “живопись” — картины Ю.Г. Потапова, написанные на холсте маслом в реалистичной манере или с использова-

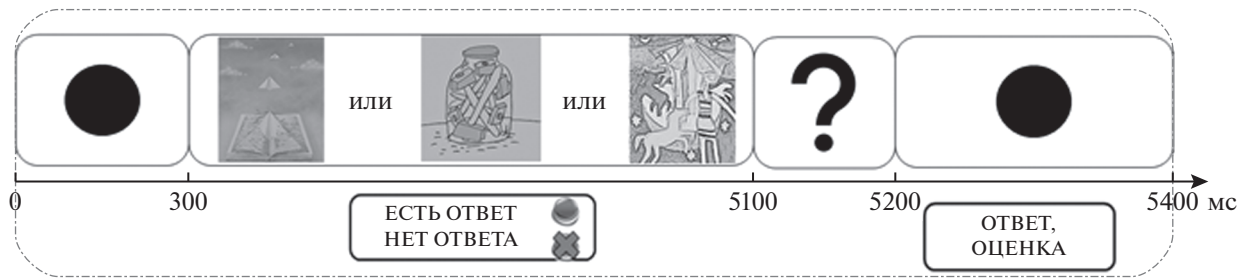


Рис. 1. Схема отдельной пробы исследований.

нием индивидуального стиля художника (разработан совместно с О.В. Николаенко на основе стилистики изображений древних культур). Далее в этом исследовании сравнения проводили с учетом стиля художественного изображения. Угловые размеры предъявления изображений в среднем составляли  $13.12^\circ$  по горизонтали и  $7.438^\circ$  по вертикали. Пример организации проб в обоих исследованиях приведен на рис. 1. Длительность межпробного интервала варьировала в интервале от 3000 до 3500 мс, т.е. момент следующего предъявления стимула не был известен испытуемому.

Порядок начала выполнения заданий был рандомизирован между испытуемыми. Перед выполнением исследования с каждым испытуемым проводили тренировочную сессию. После исследования испытуемые давали самоотчет о субъективной сложности заданий по 10-балльной шкале (1; 10) и оценивали знак и силу эмоций во время выполнения заданий в интервале от  $-10$  до  $+10$  (где  $-10$  — резко негативные, а  $+10$  — крайне положительные эмоции).

**Регистрация и предобработка ЭЭГ.** ЭЭГ регистрировали на двух энцефалографах. На 32-канальном электроэнцефалографе Мицар 202 (ООО Мицар, Россия) — монополярно от 31-го отведения, частота дискретизации (ЧД) 500 Гц, и на 24-канальном энцефалографе *smartBCI* (ООО Мицар, Россия) — монополярно от 19 отведений, ЧД 250 Гц. В обоих случаях референтом служил объединенный ушной электрод, заземляющий электрод располагали в передне-центральной отведении, сопротивление электродов не превышало 5 кОМ, режекторный фильтр соответствовал 50 Гц. Для регистрации и анализа данных использовали программный пакет *WinEEG* (Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д., № государственной регистрации 2001610516 от 08.05.2001), для предъявления стимулов — программный пакет *PSYTASK* (Пономарев, 2001).

Для проведения предобработки полученные ЭЭГ/ССП данные были приведены к единому формату — 19 каналов, ЧД 250 Гц, полоса анализа 1.6–30 Гц. Для удаления глазодвигательных артефактов использовали метод пространственной

фильтрации путем обнуления независимых компонент ЭЭГ [52–54]. Из анализа исключали фрагменты ЭЭГ, содержащие медленные волны (0–2 Гц с амплитудой выше 50 мкВ) и быстрые волны (25–35 Гц с амплитудой выше 35 мкВ), общая фильтрация ЭЭГ исключала фрагменты, содержащие волны с амплитудой больше 150 мкВ. Далее проводили визуальный анализ данных для удаления оставшихся глазодвигательных и мышечных артефактов.

**Вычисление и анализ ССП.** Для более наглядного представления, анализ ССП приводили в полосе 1.6–15 Гц (так же, как в [49]). Индивидуальные усредненные связанные с событием потенциалы рассчитывали для каждого испытуемого, для каждого типа проб, для каждого отведения во временном окне от  $-300$  до  $2000$  мс после начала предъявления стимула. Именно этот временной интервал включал значимые различия ССП (при этом среднее время нажатия во всех заданиях было больше 3000 мс — см. табл. 1) и позволил избежать рассмотрения возможных эффектов, связанных с подготовкой и реализацией спонтанного моторного ответа [55].

Связанные с событием потенциалы в исследовании № 1 были рассчитаны для сравнений “сюжетные зарисовки” vs “карикатуры”, в исследовании № 2 для изображений “собственный стиль” vs “реалистичные изображения” и: “наличие ответа” vs “отсутствие ответа” в обоих исследованиях. Временные интервалы и зоны интереса для статистического анализа определяли по полумаксимумам разностных волн между усредненными в общей группе испытуемых потенциалами для этих сравнений. Например, для оценки различий ССП между условиями “наличие ответа” и “отсутствие ответа” в исследовании № 1: рассчитываются ССП для каждого из этих состояний. Строится разностная волна по различиям амплитуд между этими потенциалами в каждом отчете (4 мс, согласно ЧД). Далее оцениваются отклонения этой волны от изолинии (в положительную или отрицательную сторону): топографии различий (т.е. единообразные изменения на соседних электродах) и временные интервалы. Для опреде-

**Таблица 1.** Характеристика группы подростков 14–17 лет, поведенческие данные

| Название теста/показателя                                                                                       | Медиана (25, 75) квартиль       |                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
|                                                                                                                 | N28 результативная <sup>1</sup> | N8 малорезультативная <sup>2, 3</sup> |
| Прогрессивные матрицы Равена ( <i>IQ</i> )                                                                      | 114 (108, 120)                  | 117 (116, 123)                        |
| Оригинальность невербального творческого мышления (субтест Торренса “Эскизы”), шкала от 0 до 10                 | 5.37 (3.75, 6.46)               | 4.79 (2.38, 5.84)                     |
| Оригинальность конвергентного творческого мышления (тест отдаленных ассоциаций Медника), шкала от 0 до 1        | 0.72 (0.46; 0.84)               | 0.72 (0.43; 0.81)                     |
| Время нахождения решения для изображений из категории “сюжетные зарисовки”, мс*                                 | <b>3256 (3090; 3486)</b>        | <b>3640 (3543; 3965)</b>              |
| Время нахождения решения для изображений из категории “Карикатуры”, мс**                                        | <b>3352 (3044; 3490)</b>        | <b>3744 (3508; 4020)</b>              |
| Время нахождения решения для изображений из категории “живопись”, мс*, **                                       | <b>3087 (2793, 3314)</b>        | <b>3471 (3135; 3584)</b>              |
| Процент ответов для изображений из категории “сюжетные зарисовки”, %***                                         | <b>66 (58, 81)</b>              | <b>14 (13; 22)</b>                    |
| Процент ответов для изображений из категории “Карикатуры”, %****                                                | <b>63 (57, 71)</b>              | <b>21 (12; 22)</b>                    |
| Процент ответов для изображений из категории “живопись”, %***, ****                                             | <b>70 (59, 79)</b>              | <b>23 (18; 35)</b>                    |
| Сложность выполнения задания для изображений из категории “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”, шкала от 0 до 10 | 5.0 (4.0, 7.0)                  | 7.0 (6.5, 8.0)                        |
| Сложность выполнения задания для изображений из категории “живопись”, шкала от 0 до 10                          | 5.0 (4.0, 6.0)                  | 6.0 (4.0, 6.5)                        |

*Примечание:* жирным шрифтом выделены значимые различия между выборками N28 и N8. <sup>1</sup> — значимые отличия для группы N28 (критерий Вилкоксона): \* — время придумывания ответа “сюжетные зарисовки” vs “живопись” ( $Z = 2.27, p < 0.05$ ), \*\* — время придумывания ответа “карикатуры” vs “живопись” ( $Z = 2.69, p < 0.01$ ), \*\*\* — процент ответов “сюжетные зарисовки” vs “живопись” ( $Z = 4.29, p < 0.0001$ ), \*\*\*\* — процент ответов “карикатуры” vs “живопись” ( $Z = 4.25, p < 0.0001$ ). <sup>2</sup> — значимые отличия для группы N8 (критерий Вилкоксона): \* — время придумывания ответа “сюжетные зарисовки” vs “живопись” ( $Z = 2.1, p < 0.05$ ), \*\* — время придумывания ответа “карикатуры” vs “живопись” ( $Z = 2.38, p < 0.05$ ). <sup>3</sup> — поведенческие и психологические данные восьми испытуемых приводятся отдельно, физиологические данные этих испытуемых были исключены из анализа ССП в исследовании № 1, т.к. содержали мало проб с ответами.

ления временного интервала различий в каждом интервале различий находится наибольшая амплитуда разностной волны (максимум) и определяются: точка начала временного интервала от момента предъявления стимула, в которой амплитуда переходит половину максимума, и точка окончания временного интервала, в котором амплитуда становится меньше половины максимума. Далее амплитуды ССП в исходных сравниваемых состояниях усредняются для статистического анализа в выделенных таким образом временных интервалах.

*Статистический анализ данных.* Использовали дисперсионный анализ ANOVA для повторных измерений с учетом факторов: СОСТОЯНИЕ (“сюжетные зарисовки”/“карикатуры”; (“наличие/отсутствие ответа”; “собственный стиль”/“реалистичные изображения”) и ЗОНА (19 отведений/зоны интереса (ЗИ)). Уровень статистической значимости различий рассматривали с учетом

коррекции Гринхауза–Гайзера и соответствия  $p < 0.05$ .

Анализ психологических и поведенческих данных (времени ответа и количества ответов между различными типами стимулов) осуществляли при помощи непараметрических критериев (Вилкоксона, Манна–Уитни, Спирмена). Статистический анализ проводили с использованием пакета *Statistica 10*.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Общая характеристика группы подростков.* Общая характеристика группы участников и результаты психологического тестирования подростков, а также поведенческие показатели выполнения заданий приведены в табл. 1.

Общая группа подростков — участников исследования характеризовалась высокими когнитив-

**Таблица 2.** Различия связанных с событием потенциалов (ССП) при предъявлении изображений из категории “сюжетные зарисовки” в сравнении с изображениями из категории “карикатуры” при условии наличия ответа

| Интервал (мс),<br>~ компонент ССП | Статистические эффекты                                                                                                                 | Зоны различий                                                                  | Физиологические эффекты<br>(амплитуды) |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 116–208                           | ЗИ ( $T_5-O_2$ ): $C: F_{(1,27)} = 15.6$ ,<br>$p < 0.0005$ ;<br>$C * 3: F_{(18,486)} = 6.6$ , $p < 0.00001$ ,<br>$\epsilon(G-G): 0.58$ | Теменные и затылочные<br>области: $T_5, P_3, P_z, P_4$ ,<br>$T_6, O_1, O_2$    | “сюжетные<br>зарисовки” > “карикатуры” |
| 492–656                           | $C: F_{(1,27)} = 15.5$ , $p < 0.001$ ;<br>$C * 3: F_{(18,486)} = 3.4$ , $p < 0.00001$ ,<br>$\epsilon(G-G): 0.27$                       | $Fp_1, Fp_2, F_7, F_3, F_z, F_4, T_3$ ,<br>$C_3, C_z, C_4, T_5, P_3, P_z, P_4$ | “сюжетные<br>зарисовки” > “карикатуры” |

*Примечание:* “сюжетные зарисовки” < / > “карикатуры” – амплитуда ССП при предъявлении изображения из категории “сюжетные зарисовки” меньше/больше, чем при предъявлении изображения из категории “карикатуры”, ЗИ – Зона Интереса, С – фактор СОСТОЯНИЕ, С \* 3 – взаимодействие факторов СОСТОЯНИЕ \* ЗОНА, F – критерий Фишера,  $\epsilon(G-G)$  – поправка Гринхауза–Гайзера;  $Fp_1, Fp_2, F_7, F_3, F_z, F_4, T_3, C_3, C_z, C_4, T_5, P_3, P_z, P_4, T_6, O_1, O_2$  – положение электродов на поверхности головы (согласно системе 10–20%).

ными способностями – показатели интеллекта соответствовали верхней границе нормы или были выше. Как в результативной, так и в малорезультативной подгруппах время нахождения и количество ответов (%) не отличались при придумывании названий к изображениям из категорий “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”. При этом в этих заданиях время нахождения ответа было больше, а количество ответов – меньше в сравнении с придумыванием названий к изображениям из категории “живопись”. Сложность задач не отличалась, в обоих исследованиях задания были связаны с неярко выраженными положительными эмоциями (в среднем 3 балла по шкале (–10; 10)).

При анализе психологических и поведенческих данных не было выявлено корреляций между оригинальностью при выполнении вербального ([46] в адаптации [47]), невербального [48] творческих тестов и уровнем интеллекта [45], а также с количеством ответов в заданиях психофизиологических исследований.

Вместе с тем, наблюдается положительная корреляция показателя “абстрактность названия” в невербальном тесте Торренса (выполнявшемся отдельно) с количеством ответов при придумывании названий в заданиях исследования – для изображений из категорий “сюжетные зарисовки” ( $R_s = 0.68$ ,  $Z = 4.24$ ,  $p < 0.0001$ ), “карикатуры” ( $R_s = 0.62$ ,  $Z = 4.17$ ,  $p < 0.0001$ ) и “живопись” ( $R_s = 0.68$ ,  $Z = 2.99$ ,  $p < 0.005$ ).

Результативная группа отличалась от малорезультативной меньшим временем реакции при придумывании названий к изображениям категории “сюжетные зарисовки” ( $Z = -3.48$ ,  $p < 0.001$ ) и “карикатуры” ( $Z = -2.49$ ,  $p < 0.05$ ). По когнитивным характеристикам и характеристикам творческой деятельности подгруппы друг от друга не отличались.

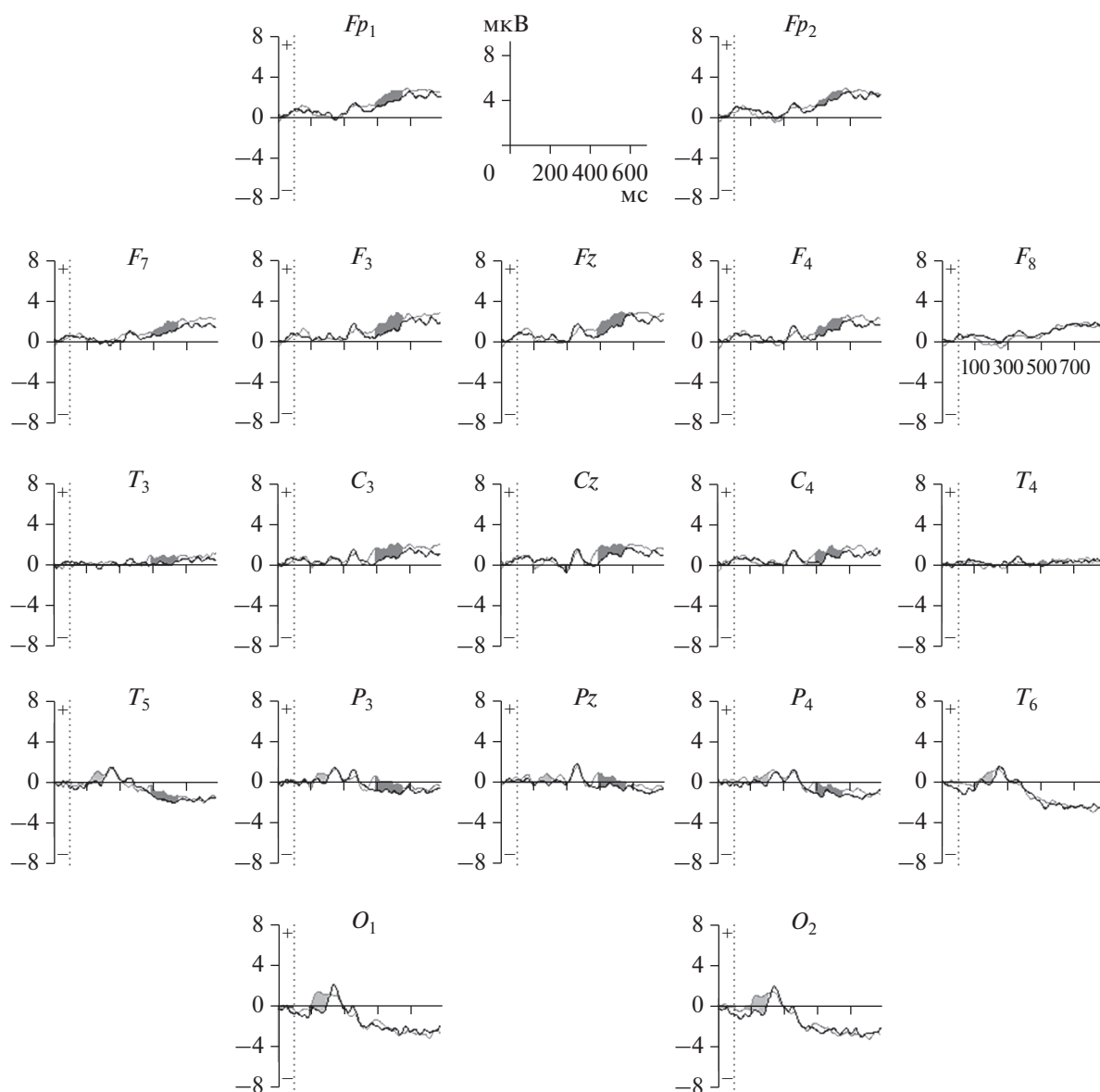
В ходе исследования проверили подгруппы подростков (*RM ANOVA* для взаимодействия внутригруппового фактора ЗОНА и межгруппового фактора РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ) на различия в спектрах мощности ЭЭГ в состояниях спокойного бодрствования с открытыми и закрытыми глазами ( $\theta$  (4–8 Гц),  $\alpha_1$  (8–10 Гц),  $\alpha_2$  (10–13 Гц),  $\beta_1$  (13–18 Гц),  $\beta_2$  (18–30 Гц)). Различий выявлено не было.

*Исследование № 1. Анализ ССП при придумывании названий к изображениям из категорий “сюжетные зарисовки” в сравнении с изображениями из категории “карикатуры”.*

В исследовании с использованием “сюжетных зарисовок” и “карикатур” в анализ ССП вошли данные 28 чел. (11 юношей; 17 девушек). Данные восьми испытуемых были исключены из анализа в силу большого количества артефактов или же малого количества ответов (менее 20).

При сравнении проб с изображениями из категории “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”, в условия нахождения ответа, были получены достоверные различия в двух временных интервалах – 116–208 и 492–656 мс. В первом, более раннем интервале (116–208 мс) различия регистрировались в теменных и затылочных областях, во втором (492–656 мс) – по всей поверхности головы, за исключением – височных зон правого полушария и затылочных областей билатерально (табл. 2). В обоих интервалах амплитуда при предъявлении “сюжетных зарисовок” была выше в сравнении с предъявлением “карикатур”.

Как видно на рис. 2 более ранние различия (116–208 мс) выявлены билатерально в теменно-затылочных областях, а более поздние различия (492–656 мс) наблюдаются с максимумом различий в левой лобной области.



**Рис. 2.** Связанные с событием потенциалы (ССП) при восприятии изображений и придумывании названий к картинкам из категорий “сюжетные зарисовки” (серая линия) и “карикатуры” (черная линия).  $Fp_1$ – $O_2$  – электроды; по оси  $x$  – время (мс), по оси  $y$  – амплитуда ССП (мкВ). Вертикальная серая пунктирная линии – начало предъявления стимула. Серая заливка разных оттенков – интервалы значимых различий.

*Сравнительный анализ ССП в условиях “наличия/отсутствия” придуманного ответа, без учета категории изображения.*

Изначально предполагали, что компоненты ССП, когда испытуемый придумал или не придумал ответ – могут различаться уже на ранних этапах [56]. В ситуации придумывания названий к изображениям в нашем исследовании – гипотеза о возможности предсказания наличия ответа по ранним различиям ССП не подтвердилась.

При сравнении проб в условиях наличия и отсутствия ответа при придумывании названий к изображениям из категории “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”, независимо от типа стимулов, были выявлены достоверные различия в позднем временном интервале 1300–1650 мс (табл. 3), в центральных отведениях и характеризовались меньшей амплитудой при наличии ответа.

*Исследование № 2. Анализ связанных с событием потенциалов при придумывании названий к изображениям, выполненным в собственном авторском стиле в сравнении с выполненными в реалистичном стиле из категории “живопись”.*

В исследовании с использованием изображений из категории “живопись” вошли данные 32 испытуемых. В этом исследовании подростки

**Таблица 3.** Различия связанных с событием потенциалов (ССП) в общем наборе стимулов в условиях наличия и отсутствия ответа при придумывании названий к изображениям из категории “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”

| Интервал (мс),<br>~ компонент ССП | Статистические эффекты                                                                   | Зоны различий                                                                                     | Физиологические<br>эффекты (амплитуда) |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1300–1650                         | ЗИ ( $F_3, F_z, F_4, C_3, C_z, C_4, C_3, C_z, C_4$ ):<br>$C: F_{(1,27)} = 8.6, p < 0.01$ | Лобные: $F_3, F_z, F_4$<br>Центральные отведения:<br>$C_3, C_z, C_4$<br>Теменные: $P_3, P_z, P_4$ | Ответ < нет ответа                     |

*Примечание:* ответ < нет ответа – амплитуда ССП была меньше для проб с найденными ответами по сравнению с ССП для проб, где ответы найдены не были вне зависимости от категории предъявленных изображений. Остальные обозначения см. табл. 2.

**Таблица 4.** Различия связанных с событием потенциалов (ССП) при придумывании названий к изображениям, выполненным в авторском стиле в сравнении с реалистичными изображениями

| Интервал (мс) | Статистические эффекты                                              | Зоны различий ( <i>post-hoc</i> )                                                                         | Физиологические эффекты<br>(авторский стиль vs<br>реалистичные изображения) |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| (I) 152–264   | $C * 3: F_{(18,612)} = 3.7, p < 0.01,$<br>$\varepsilon(G-G) = 0.21$ | Лобные: $Fp_1$<br>Затылочные: $O_1, O_2$                                                                  | Менее негативное отклонение<br>во лбу, менее позитивная волна<br>в затылке  |
| (II) 308–440  | $C * 3: F_{(18,612)} = 6.1, p < 0.01,$<br>$\varepsilon(G-G) = 0.21$ | Лобные: $Fp_1, Fp_2, F_7, F_3, F_z, F_4, T_3$<br>Затылочные: $O_1, O_2$                                   | Менее негативное отклонение<br>во лбу, менее позитивная волна<br>в затылке  |
| (III) 544–600 | $C * 3: F_{(18,612)} = 2.5, p < 0.01,$<br>$\varepsilon(G-G) = 0.26$ | Лобные: $Fp_1, Fp_2, F_3, F_z$<br>Височные: $F_7, T_3$<br>Центральные: $C_3, C_z$<br>Теменные: $P_3, P_z$ | Большая амплитуда                                                           |

*Примечание:* см. табл. 3.

при придумывании названий давали значимо больше ответов (68–79%) и делали это быстрее, чем при работе с изображениями из категорий “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”. Сложность задачи и общий эмоционально-положительный фон задания не отличались от тех же показателей в исследовании № 1.

Сравнение ССП при придумывании названий, которые заканчивались нахождением ответа или отсутствием ответа – в данном исследовании не выявило отличий. Вместе с тем, три интервала отличий были выделены в ситуации сравнения ССП при придумывании названий к изображениям, выполненным в разной стилистике (табл. 4). Связанные с событием потенциалы при придумывании названий к картинкам, выполненным в разной стилистике, приведены на рис. 3.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

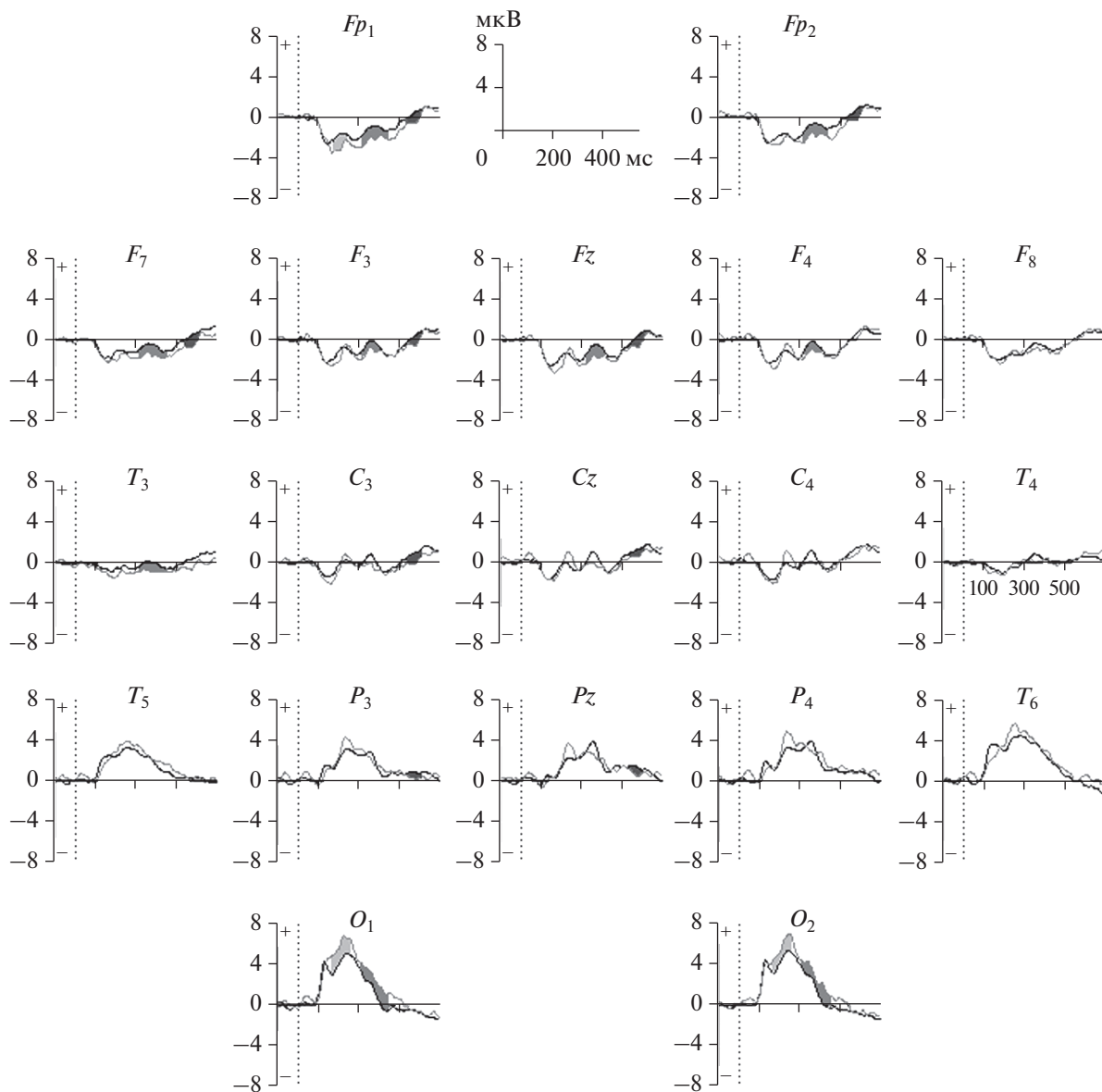
Работа включала в себя два взаимодополняющих исследования с участием подростков: первое

исследование было связано с восприятием метафорических и карикатурных изображений, придумывание названий к которым являлось, своего рода, конвергентной задачей и, как можно полагать, базировалось на понимании заложенных авторами метафор. Второе исследование было связано с восприятием художественных произведений, выполненным в авторской стилистике и содержащих символы и метафоры в сравнении с восприятием картин этого же художника, написанных в реалистичном стиле и содержащих мало символов.

В подростковый период уже складывается абстрактное мышление и понимание метафорического и символического смыслов, формируется творческое мышление. Анализ нейрофизиологических показателей при понимании метафорического смысла и творческой деятельности в этот возрастной период особенно актуален.

Группа участников исследования характеризовалась высоким когнитивным потенциалом (табл. 1). В данных группы отсутствовала корре-





**Рис. 3.** Связанные с событием потенциалы (ССП) при восприятии изображений и придумывании названий к картинкам, выполненным в разной стилистике, черная линия – собственный стиль (с опорой на стилистику древних культур), серая линия – реалистичные изображения.

$Fp_1$ – $O_2$  – электроды; по оси  $x$  – время (мс), по оси  $y$  – амплитуда ССП (мкВ). Вертикальная серая пунктирная линии – начало предъявления стимула. Серая заливка разных оттенков – интервалы значимых различий.

ляция между показателями “оригинальность” при выполнении на бумаге вербального [46] и невербального [48] творческих заданий и уровнем интеллекта [45], а также количеством ответов в заданиях ССП исследований. Можно предположить (“теория порога”), что творческие способности могут коррелировать с уровнем интеллекта до его определенного уровня, выше которого корреляция уже не наблюдается. В группе исследуемых нами подростков интеллект, в среднем, был выше установленного разными авторами порога  $IQ$ : 100/120 – при более “мягкой”/“строгой” оценке

оригинальности у взрослых испытуемых [57]; 115 – для подростков (14–20 лет) в зависимости от критериев “порога” [58]; 110 – для детей 11–13 лет [59].

В “сходных” условиях придумывания названий для изображений наблюдалась положительная корреляция между количеством ответов (беглость) в задачах ССП исследования – “сюжетные зарисовки”, “карикатуры”, “живопись” и показателем “абстрактность названия” в невербальном тесте Торренса, который испытуемые выполняли до начала исследования, придумывая названия к собственным изображениям. Согласно [60]

“абстрактность названия” — это показатель способности понять и передать суть проблемы, выделить или обобщить главное.

Несмотря на отсутствие поведенческих различий — общий эмоционально-положительный фон от заданий, отсутствие различий во времени, затраченном на придумывание названий к “сюжетным зарисовкам” и “карикатурам” (объективный показатель отсутствия различий в сложности заданий), были выявлены отличия в характеристиках связанных с событием потенциалов при придумывании названий к изображениям.

Также по эмоциональному фону и сложности задач не отличались “сюжетные зарисовки” и “карикатуры” от придумывания названий к изображениям из категории “живопись”, при этом время выполнения последних задач было значительно меньше, а количество ответов, в среднем — больше. По всей видимости, в условиях придумывания названий к “сюжетным зарисовкам”, “карикатурам” испытуемым было необходимо не только рассмотреть, осознать смысл визуальной метафоры, мысленно проговорить увиденное, сопоставить с собственным опытом и придумать название, т.е. дать вербальную интерпретацию понятого смысла, но и сверить его с замыслом художника, что могло сказываться на времени выполнения задания. И здесь, в определенном смысле, предложенная творческая задача сводилась к конвергентной стратегии решения — разгадке замысла художника. При восприятии же картин из категории “живопись” в ситуации работы с изображениями в авторском стиле, присутствовали все те же основные процессы, но свободы было существенно больше, так как предъявленные картины, скорее всего, представляли собой художественное повествование с элементами взаимодействия символов. Интерпретация смысла такого повествования была меньше ограничена рамками сюжета для участников.

### Обсуждение результатов исследования № 1

*Придумывание названий к изображениям из категорий “сюжетные зарисовки” и “карикатуры”.* При сравнении придумывания названий к изображениям из категории “сюжетные зарисовки” vs “карикатуры” различия были обнаружены в двух временных интервалах. В более раннем (116–208 мс) различия регистрировались в теменных и затылочных областях, а амплитуда ССП при предъявлении изображений из категории “сюжетные зарисовки” была выше, чем при предъявлении изображений из категории “карикатуры”. Если интерпретировать выявленные различия в терминах времени возникновения компонентов ССП — P1 и N1 (чуть более поздние у подростков [61]), то они могут указывать на то, что при предъявлении

“сюжетных зарисовок” происходила большая активация зрительного внимания [62].

Ранний компонент P1 часто рассматривается в связи с начальными стадиями зрительной, но не когнитивной обработки стимула [63], предполагают, что данный компонент генерируется дорзальной и вентральной экстрастриарной зрительной корой [64]. Амплитуда компонента P1 может модулироваться направленным вниманием (задачи детекции) к характеристикам стимула [65], однако было показано, что на нее не влияет визуальная сложность художественного изображения [66]. В нашем исследовании “сюжетные зарисовки” и “карикатуры” в общей совокупности отличались по визуальным характеристикам, которые, как мы предполагали, должны были влиять на различия в амплитуде ранних компонентов. Временная же последовательность латентностей компонентов ССП, также как время нахождения ответа, и количество ответов между этими стимулами не различалось.

В более позднем интервале различий (492–656 мс) амплитуда ССП при придумывании названий к “сюжетным зарисовкам” была выше, чем при придумывании названий к изображениям из категории “карикатуры”. Эффект наблюдался во всех отведениях, за исключением височных зон правого полушария и затылочных областей билатерально. Выявленные отличия укладываются во временной интервал компонента P600, который связывают с процессами анализа и понимания иронии в тексте [67], с семантической обработкой [23, 24], а применительно к восприятию зрительных образов — с возможной неконгруэнтностью увиденного [68]. По всей видимости, работа именно с изображениями “сюжетных зарисовок” требовала от испытуемых более “глубокого” исследования заложенной автором метафоры для ее вербальной интерпретации.

Различия, связанные с нахождением ответа в сравнении с ненахождением ответа в творческой задаче, были выявлены на интервале 1300–1650 мс (за более чем 1500 мс до среднего времени обозначения ответа ~3000 мс) в лобных, центральных и теменных отведениях и характеризовались меньшей амплитудой при наличии ответа. При решении инсайтных задач в ССП исследовании [69] большая негативность на позднем интервале (1100–1300 мс, при среднем времени реакции 2600 мс) связывалась авторами со “сломом ментальных установок” и формированием новых представлений. В нашем исследовании можно предположить, что ответ был найден в том случае, когда испытуемому, в том числе, удалось взглянуть по-новому на предъявленное изображение, понять визуальную метафору и сопоставить свое суждение с предполагаемым автором смыслом.

## Обсуждение результатов исследования № 2

*Придумывание названий к картинам, выполненным в авторском и реалистичном стиле.* Различия ССП при придумывании названий к картинам в “авторском стиле” в сравнении с картинами этого же художника, выполненными в “реалистичном” стиле были выявлены в трех временных интервалах. Ранних отличий, которые могли бы быть соотнесены с различиями зрительного внимания (P1/N1), в данном случае выявлено не было. Написанные одним художником картины (независимо от стиля), по всей видимости, задействовали одинаковый уровень непроизвольного зрительного внимания.

Первые различия в этом исследовании проявляются позднее (152–264 мс) и соотносятся с временным интервалом компонента P2(00) зрительных ССП. Амплитуда ССП в данном интервале была меньше в затылочных отведениях билатерально и менее негативна в лобном отведении левого полушария для “изображений в авторском стиле” в сравнении с “реалистичным”. В этом интервале разница амплитуд ССП уже рассматривается в связи с формированием эстетических суждений при восприятии произведений искусства. Так, в исследовании [70] амплитуда теменного P200 (во временном интервале 190–250 мс) была ниже при восприятии нравящегося дизайна керамических плиток. При этом в ситуации рассмотрения произведений живописи [71], респондентами без опыта в искусстве в сравнении с профессионалами, амплитуда теменного компонента P200 (160–230 мс) зрительных ССП у первых была ниже.

В интервале 308–440 мс при придумывании названий к картинам в авторском стиле амплитуда положительной волны ССП в затылочных отведениях была меньше, а в лобных отведениях амплитуда негативного отклонения ССП была менее негативной в сравнении с изображениями в реалистичном стиле. Различия, вероятно, могут быть связаны с имплицитным (без специальной инструкции) восприятием стилистических особенностей изображения и началом семантического анализа. Согласно исследованиям [72, 73] обработка стилистических особенностей живописного произведения может начинаться позже и осуществляется дольше, чем категоризация содержания. В условиях эксплицитного (заданного инструкции) различения стилей и содержания картин (портреты, пейзажи), информация о стилистических особенностях изображения становилась “доступной” на ~224 мс (*Go-NoGo* парадигма), что было на 40–90 мс позже, чем информация о содержании [73].

В нашем исследовании задачи различать стили изображения не ставилось, поэтому отличия амплитуд связанных с событием потенциалов, свя-

занные с оценкой стилистических особенностей могут быть более поздними и включать и когнитивный компонент восприятия визуальных символов.

В более позднем интервале (544–600 мс) при придумывании названий к картинам в авторском стиле в сравнении с выполнением творческой задачи по отношению к реалистичным изображениям, амплитуда ССП была выше в лобных, височных и центрально-теменных отведениях с акцентом в левом полушарии. Эти результаты подобны полученным в первом исследовании данным о большей амплитуде поздней позитивности (для “сюжетных зарисовок”), связанной с вероятной оценкой метафорического смысла изображений.

В обоих исследованиях поздние различия с латентностью около ~600 мс (по аналогии с эффектами, выявленными для вербальных метафор [23, 24]) могут быть соотнесены с вычленением и анализом визуальных метафор и символов в изображениях для создания названия картины.

Придумывание названия к изображению являлось для испытуемых творческой задачей. Предварительный контент-анализ ответов подростков продемонстрировал, что названия изображений включали в себя либо художественное описание (например, “родное место”, “летний вечер”), отражение основного воспринятого эмоционального содержания (например, “счастье бытия”), или абстрактной идеи (например, “скоротечное время”). Участники давали ответы, демонстрировавшие поиск метафорического содержания изображений.

Наши результаты могут быть сопоставлены с немногочисленными ССП исследованиями, вовлекающими испытуемых в решение дивергентных и инсайтных задач [50, 69], восприятие вербальных метафор или оригинальных способов использования предметов [74–76]. Так при восприятии новых метафор (*vs* буквальные фразы) или восприятии новых способов употребления привычных предметов наблюдалась большая амплитуда поздних компонентов связанных с событием потенциалов (после 500 мс) в группе с более высоким уровнем оригинальности [76]. В нашем исследовании, извлечение метафорического и символического смысла для создания собственного названия картины сопровождалось большей амплитудой в интервале 492–656 мс при восприятии сюжетных зарисовок и в интервале 544–600 мс при восприятии “живописи” в авторском стиле.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенных исследований были выявлены особенности ССП при восприятии и придумывании названий к картинам современных

художников, содержащих метафорический и символический смысл. Работа включала в себя два взаимодополняющих исследования: первое — исследование восприятия метафорических и карикатурных изображений, придумывание названий к которым, предположительно, являлось конвергентной задачей и базировалось на понимании/разгадывании заложенной автором метафоры. Второе — исследование восприятия живописных картин, выполненных в авторском стиле, содержащих символы и метафоры, и картин в реалистичном стиле, содержащих мало символов. В этом исследовании придумывание названий к картинам являлось более открытой — дивергентной творческой задачей.

Выявленные в исследованиях ранние отличия связанных с событием потенциалов (116–208 мс — в первом и 152–264 мс — во втором исследовании) по всей видимости, могут быть соотнесены со зрительным вниманием и визуальными особенностями изображений (живопись “сюжетные зарисовки”/графика “карикатуры”) — в первом случае и начальными эстетическими суждениями “авторский стиль” — во втором. В более позднем временном интервале (308–440 мс) при выполнении дивергентной творческой задачи и придумывании названий к картинам в “авторском” стиле из категории “живопись”, по-видимому, у испытуемых происходила имплицитная оценка стилевых особенностей (авторский/реалистичный стиль) изображения и вычленение символических образов. Различия наблюдались в лобных зонах коры с акцентом в левом полушарии.

В обоих исследованиях наблюдалась большая амплитуда поздней положительной волны связанных с событием потенциалов (492–656 мс — в первом исследовании и 544–600 мс — во втором исследовании) при придумывании названий к изображениям (“сюжетные зарисовки” и “живопись в авторском стиле” соответственно), содержащим скрытые визуальные метафоры и символы.

При решении конвергентной творческой задачи (исследование № 1) нахождение ответа (по сравнению с отсутствием), сопровождалось меньшими значениями амплитуды ССП в интервале 1300–1650 мс. При решении дивергентной задачи (исследование № 2) — не были выявлены различия между нахождением и ненахождением ответа. Вероятно, при выполнении конвергентной творческой задачи, существенным являлся этап сравнения/сличения своих вербальных интерпретаций с содержанием визуальной метафоры и заложенным художником смыслом. В условиях же более открытой задачи этот этап мог иметь меньшее значение и перераспределялся в пользу свободного придумывания, продолжавшегося, предположительно, дольше (до принятия решения)

без видимых различий при работе со стилистически разными изображениями.

**Этические нормы.** Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены Этическим комитетом ГБ НОУ Академия талантов (Санкт-Петербург). (Протоколы № 1 от 12.09.2021 ГБ НОУ Академия талантов, № 2 от 20.09.2022 ГБ НОУ Академия талантов).

**Финансирование работы.** Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-0152-22-00.

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

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность участникам исследования и художникам, предоставившим цифровые копии своих произведений для использования в исследованиях. Также авторы выражают благодарность Ю.Г. Потапову за консультативную помощь при работе с художественным материалом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fink A., Benedek M., Grabner R.H. Creativity meets neuroscience: experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking // *Methods*. 2007. V. 42. № 1. P. 68.
2. Luo J., Knoblich G. Studying insight problem solving with neuroscientific methods // *Methods*. 2007. V. 42. № 1. P. 77.
3. Dietrich A., Kanso R. A review of EEG, ERP, and neuroimaging studies of creativity and insight // *Psychol. Bull.* 2010. V. 136. № 5. P. 822.
4. Pidgeon L.M., Grealy M., Duffy A.H. et al. Functional neuroimaging of visual creativity: a systematic review and meta-analysis // *Brain Behav.* 2016. V. 6. № 10. P. e00540.
5. Бехтерева Н.П. Магия творчества и психофизиология. Факты, соображения, гипотезы, СПб.: Институт мозга человека РАН, 2006. 79 с.
6. Runco M.A., Jaeger G.J. The standard definition of creativity // *Creat. Res. J.* 2012. V. 24. № 1. P. 92.
7. 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. Shemyakina N.V., Danko S.G., Nagornova Zh.V. et al. Changes in the power and coherence spectra of the EEG rhythmic components during solution of a verbal creative task of overcoming a stereotype // *Human Physiology*. 2007. V. 33. № 5. P. 524.
8. Shemyakina N.V., Nagornova Z.V. EEG “Signs” of Verbal Creative Task Fulfillment with and without Overcoming Self-Induced Stereotypes // *Behav. Sci.* 2019. V. 10. № 1. P. 17.

9. Camarda A., Salvia É., Vidal J. et al. Neural basis of functional fixedness during creative idea generation: An EEG study // *Neuropsychologia*. 2018. V. 118. Pt. A. P. 4.
10. Sternberg R.J. The Nature of Creativity // *Creat. Res. J.* 2006. V. 18. № 1. P. 87.
11. Bechtereva N.P. The usefulness of psychophysiology in the maintenance of cognitive life // *Int. J. Psychophysiol.* 2009. V. 73. № 2. P. 83.
12. Mednick S.A. The associative basis of the creative process // *Psychol. Rev.* 1962. V. 69. P. 220.
13. Benedek M., Neubauer A.C. Revisiting Mednick's Model on Creativity-Related Differences in Associative Hierarchies. Evidence for a Common Path to Uncommon Thought // *J. Creat. Behav.* 2013. V. 47. № 4. P. 273.
14. Abraham A. Creative thinking as orchestrated by semantic processing vs. cognitive control brain networks // *Front. Hum. Neurosci.* 2014. V. 8. P. 95.
15. Гилфорд Дж. Три стороны интеллекта / Психология мышления. М.: Прогресс, 1965. 534 с.
16. Kenett Y.N., Gold R., Faust M. Metaphor Comprehension in Low and High Creative Individuals // *Front. Psychol.* 2018. V. 9. P. 482.
17. Marinkovic K., Baldwin S., Courtney M.G. et al. Right hemisphere has the last laugh: neural dynamics of joke appreciation // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2011. V. 11. № 1. P. 113.
18. Perchtold-Stefan C.M., Fink A., Rominger C., Papousek I. Motivational Factors in the Typical Display of Humor and Creative Potential: The Case of Malevolent Creativity // *Front. Psychol.* 2020. V. 11. P. 1213.
19. Javaid S.F., Pandarakalam J.P. The Association of Creativity with Divergent and Convergent Thinking // *Psychiat. Danub.* 2021. V. 33. № 2. P. 133.
20. Vartanian O. Dissociable neural systems for analogy and metaphor: implications for the neuroscience of creativity // *Br. J. Psychol.* 2012. V. 103. № 3. P. 302.
21. Brawer J., Amir O. Mapping the 'funny bone': neuro-anatomical correlates of humor creativity in professional comedians // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2021. V. 16. № 9. P. 915.
22. Lu A., Zhang J.X. Event-related potential evidence for the early activation of literal meaning during comprehension of conventional lexical metaphors // *Neuropsychologia*. 2012. V. 50. № 8. P. 1730.
23. Bambini V., Bertini C., Schaeken W. et al. Disentangling Metaphor from Context: An ERP Study // *Front. Psychol.* 2016. V. 7. P. 559.
24. Rataj K., Przekoracka-Krawczyk A., van der Lubbe R.H.J. On understanding creative language: The late positive complex and novel metaphor // *Brain Res.* 2018. V. 1678. P. 231.
25. Cardillo E.R., Watson C.E., Schmidt G.L. et al. From novel to familiar: tuning the brain for metaphors // *Neuroimage*. 2012. V. 59. № 4. P. 3212.
26. Jończyk R., Kremer G.E., Siddique Z., van Hell J.G. Engineering creativity: Prior experience modulates electrophysiological responses to novel metaphors // *Psychophysiology*. 2020. V. 57. № 10. P. e13630.
27. Melogno S., Pinto M.A., Pollice C. et al. Understanding Novel Metaphors: A Milestone in the Developmental Trajectory of Children with Agenesis of the Corpus Callosum? // *Brain Sci.* 2020. V. 10. № 10. P. 10753.
28. Hartung F., Kenett Y.N., Cardillo E.R. et al. Context matters: Novel metaphors in supportive and non-supportive contexts // *Neuroimage*. 2020. V. 212. P. 116645.
29. Никитина С.Е., Васильева Н.В. Экспериментальный системный толковый словарь стилистических терминов / Принципы составления и избранные словарные статьи. М.: РАН, Ин-т языкознания, 1996. 93 с.
30. Ожегов С.И., Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. М.: ООО "А ТЕМП", 2006. 353 с.
31. Sun L., Chen H., Zhang C. et al. Decoding brain activities of literary metaphor comprehension: An event-related potential and EEG spectral analysis // *Front. Psychol.* 2022. V. 13. P. 913521.
32. Ma Q., Hu L., Xiao C. et al. Neural correlates of multimodal metaphor comprehension: Evidence from event-related potentials and time-frequency decompositions // *Int. J. Psychophysiol.* 2016. V. 109. P. 81.
33. Adamczyk P., Jáni M., Ligeza T.S. et al. On the Role of Bilateral Brain Hypofunction and Abnormal Lateralization of Cortical Information Flow as Neural Underpinnings of Conventional Metaphor Processing Impairment in Schizophrenia: An fMRI and EEG Study // *Brain Topogr.* 2021. V. 34. № 4. P. 537.
34. Deckert M., Schmoeger M., Geist M. et al. Electrophysiological correlates of conventional metaphor, irony, and literal language processing – An event-related potentials and eLORETA study // *Brain Lang.* 2021. V. 215. P. 104930.
35. Bardolph M., Coulson S. How vertical hand movements impact brain activity elicited by literally and metaphorically related words: an ERP study of embodied metaphor // *Front. Hum. Neurosci.* 2014. V. 8. P. 1031.
36. Casasanto D., de Bruin A. Metaphors we learn by: Directed motor action improves word learning // *Cognition*. 2019. V. 182. P. 177.
37. Yang J., Shu H. Involvement of the Motor System in Comprehension of Non-Literal Action Language: A Meta-Analysis Study // *Brain Topogr.* 2015. V. 29. № 1. P. 94.
38. Diaz M.T., Eppes A. Factors Influencing Right Hemisphere Engagement During Metaphor Comprehension // *Front. Psychol.* 2018. V. 9. P. 414.
39. Sotillo M., Carretié L., Hinojosa J.A. et al. Neural activity associated with metaphor comprehension: spatial analysis // *Neurosci. Lett.* 2005. V. 373. № 1. P. 5.
40. Lee S.S., Dapretto M. Metaphorical vs. literal word meanings: fMRI evidence against a selective role of the right hemisphere. // *NeuroImage*. 2006. V. 29. № 2. P. 536.
41. Rapp A.M., Leube D.T., Erb M. et al. Neural correlates of metaphor processing. // *Cogn. Brain Res.* 2004. V. 20. № 3. P. 395.
42. Schmidt G.L., Seger C.A. Neural correlates of metaphor processing: the roles of figurativeness, familiarity and difficulty // *Brain Cogn.* 2009. V. 71. № 3. P. 375.
43. García-Madariaga J., Moya I., Recuero N., Blasco M.F. Revealing Unconscious Consumer Reactions to Advertisements That Include Visual Metaphors. A Neuro-

- physiological Experiment // *Front. Psychol.* 2020. V. 12. № 11. P. 760.
44. Wang R.W.Y., Liu I.N. Temporal and electroencephalography dynamics of surreal marketing // *Front. Neurosci.* 2022. V. 16. P. 949008.
45. Raven J., Raven J. Raven Progressive Matrices / Handbook of nonverbal assessment. Kluwer Academic // Ed. McCallum R.S. Plenum Publishers, 2003. P. 223.
46. Mednick T., Mednick F.M. Creative Thinking and Level of Intelligence // *J. Creat. Behav.* 1967. V. 1. P. 428.
47. Воронин А.Н., Галкина Т.В. Диагностика вербальной креативности (адаптация теста Медника) // *Методы психологической диагностики.* 1994. № 2. С. 40.
48. Туник Е.Е. Диагностика креативности. Тест Е. Торренса / Адаптированный вариант. СПб.: Речь, 2006. С. 176.
49. Shemyakina N.V., Nagornova Zh.V. Event-Related Changes In EEG Spectral Power Corresponding to Creative and Trivial Decisions // *Russ. J. Physiol.* 2020. V. 106. № 7. P. 880.
50. Шемякина Н.В., Нагорнова Ж.В. Действительно ли инструкция “быть оригинальным и придумывать” влияет на ЭЭГ-корреляты выполнения творческих задач? // *Физиология человека.* 2020. Т. 46. № 6. С. 5. Shemyakina N.V., Nagornova Zh.V. Does the instruction “be original and create” actually affect the EEG correlates of performing creative tasks? // *Human Physiology.* 2020. V. 46. № 6. P. 587.
51. Нагорнова Ж.В., Галкин В.А., Васенькина В.А. и др. Нейрофизиологические характеристики придумывания альтернативного использования по данным анализа вызванных потенциалов (ВП) и связанной с событиями синхронизации/десинхронизации ЭЭГ в зависимости от уровня продуктивности и оригинальности испытуемых // *Физиология человека.* 2022. Т. 48. № 6. С. 3. Nagornova Zh.V., Galkin V.A., Vasen'kina V.A. Neurophysiological Characteristics of Alternative Uses Task Performance by Means of ERP and ERS/ERD Data Analysis Depending on the Subject's Productivity and Originality Levels // *Human Physiology.* 2022. V. 48. № 6. P. 609.
52. Vigario R.N. Extraction of ocular artefacts from EEG using independent component analysis // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1997. V. 103. № 3. P. 395.
53. Jung T.P., Makeig S., Westerfield M. et al. Removal of eye activity artifacts from visual event-related potentials in normal and clinical subjects // *Clin. Neurophysiol.* 2000. V. 111. № 10. P. 1745.
54. Терещенко Е.П., Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д., Мюллер А. Сравнение эффективности различных методов удаления артефактов морганий при анализе количественной электроэнцефалограммы и вызванных потенциалов // *Физиология человека.* 2009. Т. 35. № 2. С. 124. Tereshchenko E.P., Ponomarev V.A., Kropotov Yu.D., Müller A. Comparative efficiencies of different methods for removing blink artifacts in analyzing quantitative electroencephalogram and event-related potentials // *Human Physiology.* 2009. V. 35. № 2. P. 241.
55. Libet B., Gleason C.A., Wright E.W., Pearl D.K. Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness-potential). The unconscious initiation of a freely voluntary act // *Brain.* 1983. V. 106. Pt. 3. P. 623.
56. Zhu X., Oh Y., Chesebrough C. et al. Pre-stimulus brain oscillations predict insight versus analytic problem-solving in an anagram task. // *Neuropsychologia.* 2021. V. 162. P. 108044.
57. Jauk E., Benedek M., Dunst B., Neubauer A.C. The relationship between intelligence and creativity: New support for the threshold hypothesis by means of empirical breakpoint detection // *Intelligence.* 2013. V. 41. № 4. P. 212.
58. Karwowski M., Gralewski J. Threshold hypothesis: Fact or artifact? // *Think Skills Creat.* 2013. V. 8. № 1. P. 25.
59. Shi B., Wang L., Yang J. et al. Relationship between Divergent Thinking and Intelligence: An Empirical Study of the Threshold Hypothesis with Chinese Children // *Front. Psychol.* 2017. V. 8. P. 254.
60. Torrance E.P. The Torrance Tests of Creative Thinking-Norms-Technical Manual Research Edition-Verbal Tests, Forms A and B-Figural Tests, Forms A and B. Personnel Press, 1966.
61. Taylor M.J., Batty M., Itier R.J. The faces of development: a review of early face processing over childhood // *J. Cogn. Neurosci.* 2004. V. 16. № 8. P. 1426.
62. Koivisto M., Revonsuo A. Event-related brain potential correlates of visual awareness // *Neurosci. Biobehav. Rev.* 2010. V. 34. № 6. P. 922.
63. Rugg M.D., Coles M.G.H. Electrophysiology of mind / Event-Related Brain Potentials and Cognition. Oxford, UK, 1995. P. 40.
64. Di Russo F., Martinez A., Sereno M.I. et al. Cortical sources of the early components of the visual evoked potential // *Hum. Brain Mapp.* 2002. V. 15. № 2. P. 95.
65. Zhang W., Luck S.J. Feature-based attention modulates feedforward visual processing // *Nat. Neurosci.* 2009. V. 12. № 1. P. 4.
66. Hu R., Zhang L., Meng P. et al. The Neural Responses of Visual Complexity in the Oddball Paradigm: An ERP Study // *Brain Sci.* 2022. V. 12. № 4. P. 447.
67. Weissman B., Tanner D. A strong wink between verbal and emoji-based irony: How the brain processes ironic emojis during language comprehension // *PLoS One.* 2018. V. 13. № 8. P. e0201727.
68. Markey P.S., Jakesch M., Leder H. Art looks different – Semantic and syntactic processing of paintings and associated neurophysiological brain responses // *Brain Cogn.* 2019. V. 134 P. 58.
69. Luo J., Li W., Fink A. et al. The time course of breaking mental sets and forming novel associations in insight-like problem solving: an ERP investigation // *Exp. Brain Res.* 2011. V. 212. № 4. P. 583.
70. Chen J., Cheng Y. The relationship between aesthetic preferences of people for ceramic tile design and neural

- responses: An event-related potential study // *Front. Hum. Neurosci.* 2022. V. 16. P. 994195.
71. *Fudali-Czyż A, Francuz P, Augustynowicz P.* The effect of art expertise on eye fixation-related potentials during aesthetic judgment task in focal and ambient modes // *Front. Psychol.* 2018. V. 16. № 9. P. 1972.
  72. *Augustin M.D., Leder H., Hutzler F., Carbon C.C.* Style follows content: On the microgenesis of art perception // *Acta Psychol.* 2008. V. 128. № 1. P. 127.
  73. *Augustin M.D., DeFranceschi B., Fuchs H.K. et al.* The neural time course of art perception: an ERP study on the processing of style versus content in art // *Neuropsychologia.* 2011. V. 49. № 7. P. 2071.
  74. *Rutter B., Kröger S., Hill H. et al.* Can clouds dance? Part 2: an ERP investigation of passive conceptual expansion // *Brain Cogn.* 2012. V. 80. № 3. P. 301.
  75. *Kröger S., Rutter B., Hill H. et al.* An ERP study of passive creative conceptual expansion using a modified alternate uses task // *Brain Res.* 2013. V. 1527. P. 189.
  76. *Abraham A., Rutter B., Hermann C.* Conceptual expansion via novel metaphor processing: an ERP replication and extension study examining individual differences in creativity // *Brain Lang.* 2021. V. 221. P. 105007.

## Neurophysiological Characteristics of “Transferring” the Metaphorical Meaning of Images Into Original Titles

**Zh. V. Nagornova<sup>a, \*</sup>, V. A. Galkin<sup>a</sup>, N. V. Shemyakina<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, RAS, St. Petersburg, Russia*

<sup>\*</sup>*E-mail: nagornova\_zh@mail.ru*

In the ERP study we aimed to find differences between creating titles for artistic images distinguishing by their meaning and stylistics. Thirty six adolescents (16 m; 20 f. Mean age:  $15.9 \pm 1.1$  years) took part in two studies. Images from three categories – “cartoons”, “plot sketches”, “paintings” – full of metaphors and symbols were used as the stimuli. We considered creating titles for “cartoons” and “plot sketches” of modern artists as convergent creative task based on guessing of artists thought, at the same time the task – creating the titles for “paintings” was considered by us as more open and divergent creative task. During creating titles ERP’s amplitude for the “plot sketches” vs “cartoons” was higher in parietal-occipital and frontal, central, parietal areas on intervals 116–208 and 492–656 ms respectively. During creating titles for the paintings in the author’s style vs realistic paintings differences in ERP’s amplitude were found in occipital areas (152–264 ms), frontal and occipital areas bilateral (208–440 ms) and in frontal, temporal, central, parietal areas with maximum in the left hemisphere (544–600 ms). Late positive wave with different latency, was found in two studies – “plot sketches” vs “cartoons” (492–656 ms) and – “author’s style” vs realistic images (544–600 ms) and suggested to be connected with the extraction and analysis of the metaphorical meaning and symbols in the images for creating of the verbal interpretation (title). Only in performing a convergent creative task (closely related to the interpretation of the artist’s idea), finding the answer was accompanied by a smaller amplitude of late differences in the interval of 1300–1650 ms (more than 1500 ms before the moment when the answer was marked as have been found), while there were no significant differences between finding and not finding the answer in the second study. With the same task and in the conditions of finding/not finding the answer, we assumed that in the first study a process of comparing one’s own ideas with a certain desired (laid down by the author) meaning, that was expressed more strongly than in the second study, was needed.

**Keywords:** event-related potentials (ERP), images, visual metaphors, plot sketches, cartoons, painting, verbal creativity, adolescents.