

ИЗУЧЕНИЕ ЭЭГ-ХАРАКТЕРИСТИК ЭСТЕТИЧЕСКОГО ВОСПРИЯТИЯ И ОЦЕНКИ ПРОИЗВЕДЕНИЙ ЖИВОПИСИ В УСЛОВИЯХ ПОСЕЩЕНИЯ МУЗЕЯ. НЕЙРОЭСТЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

© 2024 г. Н. В. Шемякина^{1, *}, Ж. В. Нагорнова¹, А. В. Грохотова¹,
В. А. Галкин¹, В. А. Васенькина¹, С. В. Бирюкова², Ю. Г. Потапов³

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

²Русский музей, Санкт-Петербург, Россия

³Мансарда Художников, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: shemyakina_n@mail.ru

Поступила в редакцию 17.05.2024 г.

После доработки 03.06.2024 г.

Принята к публикации 06.06.2024 г.

В сравнительном нейроэстетическом исследовании в условиях естественного посещения моно-выставки М. Врубеля (Русский музей, г. Санкт-Петербург) приняли участие 28 чел. (30–70 лет, 12 мужчин, 16 женщин; 10 художников и 18 нехудожников). Во время посещения экспозиции (~60 мин) у испытуемых регистрировали электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Испытуемые от 30 с до 3 мин рассматривали картины и серией нажатий на кнопку-отметчик (от 1 до 10) оценивали субъективную эстетическую "привлекательность" полотен. Были проанализированы: спектральная мощность в α_1 (8–10 Гц)-, α_2 (10–13 Гц)-, β_1 (13–18 Гц)-, β_2 (13–30 Гц)-диапазонах частот ЭЭГ при просмотре наиболее известных картин М. Врубеля ("Богатырь", "Царевна-Лебедь", "Лебедь", "Демон сидящий", "Демон летящий", "Пан" и др.); и связанная с событиями синхронизация/десинхронизация ЭЭГ относительно субъективной эмоционально-эстетической оценки полотен художниками и нехудожниками. У художников наблюдались меньшие значения спектральной мощности в α_1 (отведения F_3 , C_3 , T_4 , P_z)- и α_2 (F_3 , F_z , F_4 , C_3 , C_z , C_4 , P_3 , P_z , P_4)-диапазонах частот в лобных, центральных и теменных областях. Также у художников были выявлены меньшие значения мощности в $\beta_{1,2}$ -диапазонах частот в лобных (F_3 , F_4 , C_3) и большие — в затылочных (O_1 , O_2 — β_1 , β_2) и задневисочных областях (β_2) коры при сравнении с группой испытуемых без специального художественного образования. Принятие решения о высокой эмоционально-эстетической привлекательности полотен у художников по сравнению с нехудожниками сопровождалось увеличением связанной с событием синхронизации ЭЭГ в полосе частот 11.5–27 Гц в лобных и центральных областях коры за 580–360 мс до обозначения ответа, тогда как низкая эмоционально-эстетическая оценка характеризовалась у художников большей десинхронизацией ЭЭГ по сравнению с нехудожниками в полосе частот 9–27 Гц, начинавшейся за 60 мс до начала обозначения ответа и длящейся до 440 мс после него в задневисочных и теменных областях. Различия в лобных зонах коры можно связать с большим вовлечением системы награды при восприятии эстетически приятных полотен, а различия в теменных и задневисочных зонах — с продолжающимся зрительным синтезом (более длительное зрительное внимание) при восприятии субъективно менее привлекательных картин у художников по сравнению с нехудожниками.

Ключевые слова: нейроэстетика, ЭЭГ, спектральная мощность, связанная с событиями синхронизация/десинхронизация ЭЭГ (ССС/ССД), художники/нехудожники, экологические условия посещения музея, восприятие живописи, субъективная эмоционально-эстетическая оценка.

DOI: 10.31857/S0131164624040031 EDN: BTOBRB

Эстетические переживания — неотъемлемая часть жизни человека. Что можно считать красивой картиной, привлекательным дизайном или прекрасной музыкой? Одно из первых упоминаний термина "эстетика" («способности судить на основании чувств») присутствует в работе немецкого философа середины XVIII в. Александра

Баумгартена "Философские размышления о некоторых вопросах, касающихся поэтического произведения", 1735 г. [1]. В обобщенном виде, эстетический опыт представляет собой сложный когнитивный процесс, идущий от "восходящей" (*bottom-up*) обработки сенсорного сигнала к обработке информации, включающей анализ и интерпретацию

смыслов, в том числе — произведений искусства [2].

Биологические основы восприятия искусства, попытки связать определенную мозговую активность и эстетический опыт человека обсуждаются достаточно давно [3–5]. В 1990-х гг. в работах британского нейробиолога *S. Zeki* [6] появляется термин "нейроэстетика" как обозначение направления в науке, сконцентрированного на изучении основ восприятия красоты объектов искусства (эстетики) с точки зрения работы нервной системы.

В настоящем исследовании сравниваются характеристики электроэнцефалограмм (ЭЭГ) профессиональных художников и испытуемых без специального художественного образования при "просмотре" и последующей субъективной эмоционально-эстетической оценке произведений живописи в естественных условиях посещения музея.

Как именно мозг реагирует на эстетически более и менее привлекательные для человека объекты? В ряде нейровизуализационных исследований отмечается, что в ответ на эстетически приятные для человека объекты происходит активация структур системы награды [7–11]. В исследовании [12] при восприятии испытуемыми изображений, предварительно оцененных как "красивые" (пейзажи, портреты и др.), наблюдалось увеличение *BOLD*-сигнала в орбитофронтальной коре (структуре системы награды), а при восприятии "некрасивых" изображений, независимо от их категории — было выявлено увеличение *BOLD*-сигнала (активация) в моторной коре. В исследовании функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) [13] активация в затылочных зонах коры, левой поясной и веретенообразной извилинах повышалась при увеличении привлекательности изображения, а активация в правом хвостатом ядре снижалась при снижении привлекательности картины. Если транскраниально стимулировать слабым постоянным током (*tDCS*) левую дорсолатеральную префронтальную кору, можно вызвать повышение эмоционально-эстетической привлекательности рассматриваемых объектов и, как следствие, повышение оценки предъявленных произведений живописи и фотографий природных объектов [14].

Считается, что временная оценка "красоты—некрасоты" художественных изображений и объектов происходит достаточно рано. В работе [15] в ответ на субъективно более некрасивые графические изображения в сравнении с красивыми на 300–400 мс после предъявления стимула возникало более негативное отклонение вызванных потенциалов (ВП) во фронтальных зонах. В магнитоэнцефалографическом исследовании [16], различия между условиями "привлекательный — непривлекательный стимул" без учета стиля (абстракционизм, реализм, импрессионизм, пост-импрессионизм

и фотографии городских пейзажей из коллекции "Движения в современном искусстве" из Британской галереи Тейт) были выявлены через 400 мс после предъявления изображений и характеризовались увеличением мощности в θ (4–8 Гц)-, α (8–12 Гц)-, β (12–30 Гц)-, и γ (30–50 Гц)-диапазонах ЭЭГ.

При зрительном восприятии художественных полотен (абстрактных, классических, работ импрессионистов и пост-импрессионистов), а также фотографий пейзажей, городских сцен и объектов повседневной жизни (изображения из книг: *Master Clips Premium Image Collection*, IMSI, San Rafael, CA, 1996; *Boring Postcards*, Phaidon Press, London, 2004) [17], самостоятельно оцениваемых как "красивые", — наблюдалось значимо большее количество дипольных источников магнитного поля (активация) в левой префронтальной дорсолатеральной коре в интервале 400–1000 мс после предъявления стимула по сравнению с оценкой субъективно "некрасивых" изображений.

Реакции мозга при эстетической оценке в целом зависят и от того, кто воспринимает объект. Художники и специалисты в области искусства иначе оценивают произведения живописи, чем «неопытные» испытуемые [18]. В работе *S. Vogt* и *S. Magnussen* [19] было показано, что художники больше, чем новички обращают внимание на абстрактные формы и цветовые особенности сложных композиций.

Профессиональный опыт, навыки и эффекты долгосрочного обучения влияют на функциональные характеристики процессов мозга, связанных с выполнением задач в предметной области эксперта [20]. В исследовании [21] выявлена корреляция между плотностью серого вещества в левой передней части мозжечка, правой медиальной лобной извилине и способностью детально-точно переносить/копировать визуальный объект студентами-художниками. Также была выявлена корреляция между плотностью серого вещества в правом предклинии и степенью художественной подготовки студентов (художники vs. нехудожники).

В работе *M. Kottlow et al.* [22] выявлены меньшие значения мощности в α_2 -диапазоне частот ЭЭГ (10.5–12 Гц) у художников по сравнению с нехудожниками во время рисования, а также задач зрительного или моторного воображения. Эффект различий между группами наблюдался в правой теменно-затылочной области (10.7–11.7 Гц) и фронтально-затылочных отведениях (11.7–12 Гц). Меньшие значения мощности ЭЭГ в α -диапазонах частот соотносят с когнитивной нагрузкой [23], лучшей работой семантической памяти [24] и процессами распознавания объектов [25].

J. Bhattacharya и *H. Petsche* [26], сравнивая художников и нехудожников, обнаружили, что у

первых наблюдается более высокая фазовая синхронность ЭЭГ между различными областями мозга в β (13–30 Гц)- и γ (30–50 Гц)-диапазонах частот во время восприятия картин и в Δ -диапазоне (< 4 Гц) – во время представления (imagery) картин.

В ЭЭГ-исследовании восприятия и представления абстрактных картин и репрезентативной (предметной) живописи (картины не содержали фигур и лиц человека) [27] для художников в целом была характерна меньшая синхронизация в α -диапазоне ЭЭГ (7–13 Гц) по сравнению с нехудожниками. Наиболее выраженное отличие – меньшие значения мощности α -ритма присутствовали у художников по сравнению с нехудожниками при воображении абстрактных картин. При этом у художников в сравнении с нехудожниками в целом отмечалась большая синхронизация в θ -диапазоне (4–7 Гц) ЭЭГ при разных видах активности – восприятии и представлении картин разных стилей. Авторы связывают наблюдаемые факты с повышенным уровнем внимания художников при выполнении заданий и с большей "невовлеченностью" нехудожников при мысленной визуализации абстракций.

При просмотре картин (абстрактного, репрезентативного и не относящегося к этим стилям искусства XX в.) в *odd-ball* парадигме – для художников были характерны большие по сравнению с нехудожниками амплитуды компонентов ВП, соотносимых с характеристиками внимания и сложностью образа, а также процессами высокоуровневой зрительной обработки (N1 в лобных и центральных областях и P2 соответственно) [28], что может свидетельствовать о большем зрительном внимании у художников к произведениям искусства, даже на ранних этапах восприятия. Такой эффект наблюдался для всех видов картин, но был более выражен при восприятии абстрактных произведений живописи. Для художников по сравнению с нехудожниками в этом исследовании [28] также была выявлена большая амплитуда позднего положительного компонента ВП на интервале 500–1000 мс в теменных областях коры при восприятии абстрактного искусства. Авторы предположили, что эстетический ответ на визуальное искусство зависит как от опыта, так и от семантического содержания.

Напротив, в исследовании [29] наблюдается отрицательная корреляция художественного опыта с амплитудой P3b и поздних компонентов вызванных потенциалов (*late positive components, LPC*) при просмотре как картин (портретов, пейзажей, натюрмортов и т.д.), так и контрольных стимулов (тех же самых картин, но с примененными к ним фильтрами зашумления изображения). Данные результаты авторами интерпретируются как отражение повышенной нейронной эффективности (*neural efficiency*) у профессионалов в связи с

большим количеством практики созерцания предметов искусства.

В исследовании [30] – для анализа различий между сигналами многоканальной ЭЭГ художников и нехудожников при зрительном восприятии и мысленном представлении картин Я. Йорданса, Рембрандта, В. Кандинского и Г. Гольбейна и в состоянии покоя было обнаружено, что у художников по сравнению с нехудожниками показатель энтропии в лобных областях был значимо выше во время зрительного восприятия и мысленного представления картин, что позволило авторам предположить, что в этих условиях художники обрабатывают больше информации.

В исследовании ВП, связанных с движением глаз (*eye-fixation related potentials*) [31], сравнивали мозговую активность у экспертов и не экспертов во время фиксации взгляда на определенной части картин (классических портретов и картин, изображающих быт). У экспертов в области искусства при длительной фиксации взгляда на стимул наблюдалась большая амплитуда компонента P2 в теменной области правого полушария. Большая амплитуда лобного компонента P2 была характерна для экспертов при длительной фиксации на картинах, оцененных как непривлекательные; авторы отметили, что профессиональный опыт в искусстве может существенно влиять на нейрофизиологические показатели при восприятии живописных произведений и их эстетической оценке.

Больше информации о нейрофизиологических коррелятах выполнения художественных и творческих задач художниками и нехудожниками обобщено в обзоре [32].

Вышеупомянутые работы представляют собой исследования в лабораторных условиях. Вместе с тем восприятие произведений живописи в естественных условиях существенно отличается от лабораторных [33]. В условиях музейной экспозиции экспертам и не экспертам может быть сообщена дополнительная информация – зритель видит истинные цвета и размер полотен, что невозможно реализовать в лаборатории.

Количество публикаций по нейрофизиологии восприятия произведений живописи в естественных условиях немногочисленно. В пилотных работах [34, 35], представляющих нейрофизиологические исследования в художественной галерее Рима (в Квиринальском Дворце) при регистрации ЭЭГ и движений глаз во время просмотра картин Я. Вермеера, Я. Восмаера, П. де Хоха, Г. Дау, Г. Метсю и др. (исследование 2013 г.); Тициано Вечеллио (10 портретов повседневного, 10 – религиозного содержания (исследование 2015 г.)) – авторы оценивали показатель "мотивации приближения/отстранения" (с англ. "*Approach/Withdrawal Motivation*") по асимметрии активности префронтальной коры

— разницы мощности поля (*Global Field Power*) в α -диапазоне ЭЭГ для лобных отведений правого (Fp_2 , F_8 , F_4) и левого (Fp_1 , F_7 , F_3) полушарий [36]. Была показана корреляция индекса *AW* (*Approach/Withdrawal*) с положительными оценками картин испытуемыми [34]. В исследовании [35] значения индекса *AW* в первые 20 с просмотра понравившейся картины коррелировали с его значениями в оставшиеся 40 с. Авторы предположили, что первое впечатление неизменно, и приятные чувства сохраняются на протяжении всего времени просмотра произведения. В течение первых 5–10 с наблюдалась задержка взгляда на тех картинах, которые были оценены испытуемыми как более привлекательные, нежели на менее понравившихся.

В настоящем исследовании одна из основных задач работы состояла в сравнении нейрофизиологических характеристик сопоставимых по возрасту групп — художников и нехудожников при восприятии и эстетической оценке ими одних и тех же художественных изображений (полотен М. Врубеля) в условиях естественного посещения музея. Моновыставка М. Врубеля проводилась Русским музеем к 165-летию со дня рождения художника. Творчество Михаила Врубеля (1856–1910) лежит вне основных направлений в искусстве своего времени. Особенностью живописи Врубеля был так называемый «кристаллический» метод — заострение граней объекта по тональной раскладке цвета, что создает на поверхности живописи некую имитацию россыпи минералов. Произведения М. Врубеля хотя и являются примером репрезентативных картин, но характеризуются необычной подачей образов. Данное исследование включает в себя оценку биоэлектрической активности мозга во время реального опыта просмотра произведений живописи и эмоционально-эстетических переживаний, которые получает и испытывает человек при попытке определить свое отношение к картинам в музее.

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 28 чел. (30–70 лет, 12 мужчин и 16 женщин) — 10 художников и 18 испытуемых без специального художественного образования. На момент исследования испытуемые не проходили медикаментозную терапию, не имели черепно-мозговых травм и хронических заболеваний в анамнезе.

Поведенческое исследование. До и после посещения экспозиции моновыставки М. Врубеля испытуемые оценивали свое самочувствие, активность и настроение с использованием опросника САН (самочувствие, активность, настроение) [37]. Все испытуемые также проходили тестирование на определение опыта и принадлежности к искусству [38], стратегий эмоциональной регуляции в процессе творчества *ERS-ACA* [39]. Статистический

анализ поведенческих данных осуществляли отдельно внутри групп (с использованием парного теста Вилкоксона) и между группами испытуемых художники/нехудожники (тест Манна-Уитни для независимых выборок).

Процедура нейроэстетического исследования в музее. Испытуемые свободно перемещались по экспозиции картин М. Врубеля в носимом/мобильном электроэнцефалографическом оборудовании *SmartBCI24* (ООО «Мицар», Россия). Нахождение на выставке не ограничивалось по времени и в среднем составляло 60–90 мин. Задача испытуемых состояла в субъективной оценке эмоционально-эстетической привлекательности произведений живописи по шкале "привлекательности" от одного до десяти. Согласно инструкции, участники подходили к картине на комфортное расстояние и одинарным нажатием на кнопку-отметчик обозначали начало временного интервала просмотра картины. Это время было произвольным, от 30 с до 3 мин. Затем серией нажатий на кнопку-отметчик участники обозначали свою эмоционально-эстетическую оценку/субъективное отношение к просмотренному полотну по шкале от 1 до 10 (где одно нажатие — картина субъективно непривлекательна, 10 — картина максимально привлекательна и интересна, вызвала яркие положительные эмоции) и переходили к следующей картине (рис. 1).

ЭЭГ регистрировали монополярно от 19-ти отведений по системе 10–20 (использовали гелевые электроды, преимущество которых перед современными "сухими" ЭЭГ-системами по качеству сигнала и носимости было показано в условиях длительного посещения музея [40]) в программном пакете *WinEEG* (Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д., № государственной регистрации 2001610516 от 08.05.2001 г.), в полосе 0.53–30 Гц с частотой дискретизации 250 Гц, с применением режкторного фильтра (50 Гц). Объединенный референт располагали на мочках обеих ушей, электрод "земля" располагали в центрально-лобном отведении между Fp_2 и Fz . Сбор данных осуществляли с использованием ноутбука, расположенного в рюкзаке за плечами испытуемого. Синхронизованная с программным пакетом *WinEEG* веб-камера, закрепленная на плече испытуемого, позволяла отслеживать внешние события и выбирать для дальнейшего анализа именно временные интервалы просмотра и оценки картин. При просмотре картин до момента оценочных нажатий на кнопку-отметчик — испытуемые были наименее подвижны, что минимизировало количество крупных двигательных артефактов в записях ЭЭГ.

Предобработка ЭЭГ. Ориентируясь на анализ видео и нажатия испытуемых на кнопку-отметчик (одно нажатие — начало просмотра, множественные/"оценочные" нажатия — окончание просмотра) — размечали фрагменты ЭЭГ для анализа.

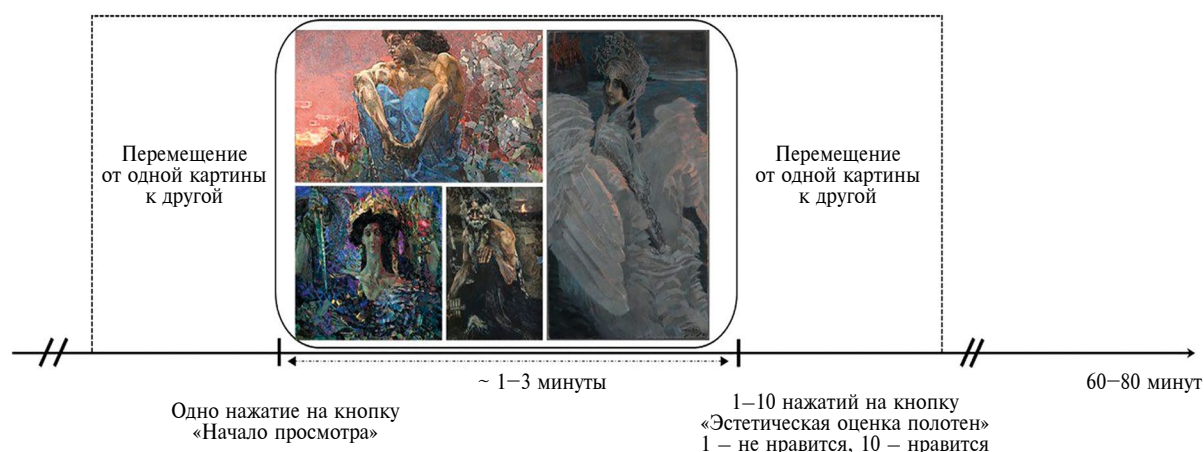


Рис. 1. Обобщенная структура "пробы" естественного перемещения испытуемых по экспозиции выставки М. Врубеля от одной картины к другой.

Удаление глазодвигательных артефактов проводили с помощью метода пространственной фильтрации путем обнуления независимых компонент ЭЭГ, связанных с морганием и горизонтальными движениями глаз [41–43]. Фрагменты ЭЭГ с содержанием медленных волн (0–2 Гц с амплитудой выше 35 мкВ) и быстрых волн (20–35 Гц с амплитудой выше 35 мкВ), а также фрагменты с волнами амплитудой больше 100 мкВ были исключены из анализа. Периоды перемещения испытуемых между картинами в анализ также не включали.

Спектральный анализ ЭЭГ-данных. В настоящей работе представлен анализ спектральной мощности ЭЭГ при просмотре испытуемыми наиболее известных полотен М. Врубеля, выполненных в технике "холст, масло" ("Демон Сидящий", "Демон Летящий", "Полет Мефистофеля", «Шестикрылый Серафим», "Царевна Лебедь", "Богатырь", "Пан"), имеющих явную "сказочную" сюжетную линию и изображенного главного героя. У этих полотен испытуемые задерживались на более длительное время, что позволило собрать достаточное количество данных для анализа ЭЭГ.

Длительность записей ЭЭГ во время просмотра и эстетической оценки картин могла составлять от 30 с до 3–5 мин. Спектральную мощность ЭЭГ вычисляли в программе *WinEEG* по размеченным фрагментам просмотра каждого полотна у каждого испытуемого для 19 отведений с разбиением на 2-секундные эпохи анализа с 50%-ным перекрытием (не менее 5 мин записи ЭЭГ у каждого испытуемого при минимальном нахождении у картины 30 с), выбором окна Ханна, с использованием быстрого преобразования Фурье [44]. Анализировали спектральную мощность ЭЭГ в α_1 (8–10 Гц)-, α_2 (10–13 Гц)-, β_1 (13–18 Гц)-, β_2 (13–30 Гц)-диапазонах ЭЭГ. Массивы полученных оценок,

усредненных для каждого испытуемого при рассмотрении каждой из картин, подвергали нормализации посредством преобразования $Y = \lg X$ для мощности [45].

Статистический анализ данных проводили в каждом частотном диапазоне с использованием *ANOVA* для повторных измерений. Рассматривали значимость эффектов внутрисубъектного фактора ЗОНА (19 отведений ЭЭГ) и межсубъектного фактора ГРУППА (художники/нехудожники) и их взаимодействия с учетом поправки Гринхауза-Гейсера (*G-G*). Статистический анализ осуществляли в программном пакете *STATISTICA 10.0*.

Анализ связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ при эстетической оценке картин художниками и нехудожниками. Для расчета связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ (*ERS/ERD*) все записи ЭЭГ помечали в соответствии с количеством нажатий кнопки при эмоционально-эстетической оценке (от 1 до 10). Временной диапазон, выбранный для частотно-временного анализа ЭЭГ, составлял 1000 мс до начала эстетической оценки (ответа) и 1000 мс — после. Таким образом, общая длительность эпохи анализа составила 2000 мс. Все пробы для каждого участника были разделены в зависимости от субъективной оценки на два класса: 1–4 нажатия — низкий балл (малопривлекательно), 7–10 — высокий балл (высокопривлекательно).

Расчет связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ проводили с использованием вейвлет-преобразования Морле. Процедура расчета представлена в работе [46]. Вейвлет рассчитывали для 2000-миллисекундных интервалов, различных центральных частот в диапазоне 2–30 Гц с шагом 0.25 Гц при ширине вейвлета 5 циклов.

Связанную с событиями мощность усредняли для каждого участника, каждого электрода и для каждой группы проб (низкие и высокие оценки) отдельно. Групповые усредненные частотно-временные карты рассчитывали отдельно для группы художников и нехудожников.

Статистический анализ различий связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ между художниками и нехудожниками проводили отдельно для восприятия картин с высокой и низкой эмоционально-эстетической оценкой с использованием основанного на кластерах анализа с перестановками [47], реализованного в программном пакете *WinEEG*. Общая процедура статистической оценки при помощи основанного на кластерах анализа такова: в каждой частотно-временной точке проводятся сравнения между группами с использованием теста Манна-Уитни, различия с p -значениями менее критических ($p < 0.05$) автоматически группируются в кластеры по их сходству во временной и частотной области. Для каждого из полученных кластеров рассчитываются размеры и суммы статистических значений. Статистическая значимость изолированных кластеров оценивается по методу Монте-Карло при сравнении со случайно смешанными данными. Смешение проводили заменой меток проб, количество перемешиваний составляло 10000. Для каждого кластера, наблюдаемого в исходных данных, вычисляется вероятность распределения кластеров в смешанных данных с большей или равной суммой статистик. Эта вероятность рассматривается как статистическая значимость кластера. Этот порог был установлен равным 0.01 [48, 49]. В результате основанного на кластерах анализа автоматически выделяются частотно-временные кластеры межгрупповых различий связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Психологические и поведенческие данные. Согласно проведенному анализу не наблюдалось различий самочувствия, активности, настроения [37] в общей группе до и после посещения экспозиции Врубеля. Также не было выявлено изменения показателей САН до и после посещения выставки внутри отдельно рассматриваемых групп художников и нехудожников 30–70 лет.

По результатам опроса на определение опыта и принадлежности испытуемых к искусству [38] показано, что художники достоверно (по критерию Манна-Уитни) больше времени проводят за: созданием живописных визуальных произведений ($p < 0.05$), чтением публикаций, связанных с искусством ($p < 0.05$), просмотром живописных произведений искусства ($p < 0.05$). Результаты вполне

объяснимы профессиональной деятельностью художников, а в нашем исследовании — подтверждают возможность использования опросника на определение опыта и принадлежности к искусству для русскоязычной выборки.

Согласно проведенному нами опросу на определение стратегий эмоциональной регуляции в процессе творчества *ERS-ACA* [39], как в группе художников, так и нехудожников, большей части испытуемых присуща стратегия саморазвития, на втором месте у художников — стратегия приближения, у нехудожников — избегания.

Спектральные характеристики ЭЭГ при просмотре картин М. Врубеля художниками и нехудожниками (Русский музей). Достоверные отличия спектров мощности ЭЭГ были выявлены в α - и β -диапазонах частот. У художников наблюдались меньшие значения мощности в α_1 - и α_2 -диапазонах ЭЭГ в лобных, центральных и теменных областях коры при просмотре полотен по сравнению с нехудожниками, значимые эффекты для взаимодействия факторов ЗОНА $\times$ ГРУППА.

В α_1 -диапазоне: $F_{(18,3186)} = 5.4$, $\varepsilon(G-G) = 0.28$, $p < 0.0001$, в зонах отличий (F_3 , C_3 , T_4 , P_z , согласно апостериорному анализу) мощность ЭЭГ у художников была ниже по сравнению с нехудожниками.

В α_2 -диапазоне: $F_{(18,3186)} = 7.7$, $\varepsilon(G-G) = 0.24$, $p < 0.0001$, в зонах отличий (F_3 , F_z , F_4 , C_3 , C_z , C_4 , P_3 , P_z , P_4 согласно апостериорному анализу) мощность ЭЭГ у художников также была ниже по сравнению с нехудожниками.

В β -диапазонах выявлены значимые эффекты для взаимодействия факторов ЗОНА $\times$ ГРУППА. В β_1 -диапазоне: $F_{(18,3186)} = 8.4$, $\varepsilon(G-G) = 0.27$, $p < 0.0001$, в отведениях F_3 , F_4 , C_3 мощность была ниже, а в отведениях Fp_2 , O_1 , O_2 — мощность ЭЭГ была выше у художников по сравнению с нехудожниками. В β_2 -диапазоне: $F_{(18,3186)} = 12.8$, $\varepsilon(G-G) = 0.27$, $p < 0.0001$, в отведениях F_3 , F_4 , C_3 — мощность была ниже, а в отведениях Fp_2 , T_4 , T_5 , O_1 , O_2 мощность ЭЭГ была выше у художников по сравнению с нехудожниками (рис. 2).

Различия связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ при эмоционально-эстетической оценке картин между художниками и нехудожниками. При сравнении связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ между художниками и нехудожниками были выявлены следующие различия:

— при высокой эмоционально-эстетической оценке выделяется кластер синхронизации ЭЭГ в диапазоне частот 11.5–27 Гц в интервале 580–360 мс перед нажатием на кнопку в отведениях Fp_1 , Fp_2 , F_3 , F_z , F_4 , F_8 , T_3 , C_3 , C_z , C_4 (рис. 3, А);

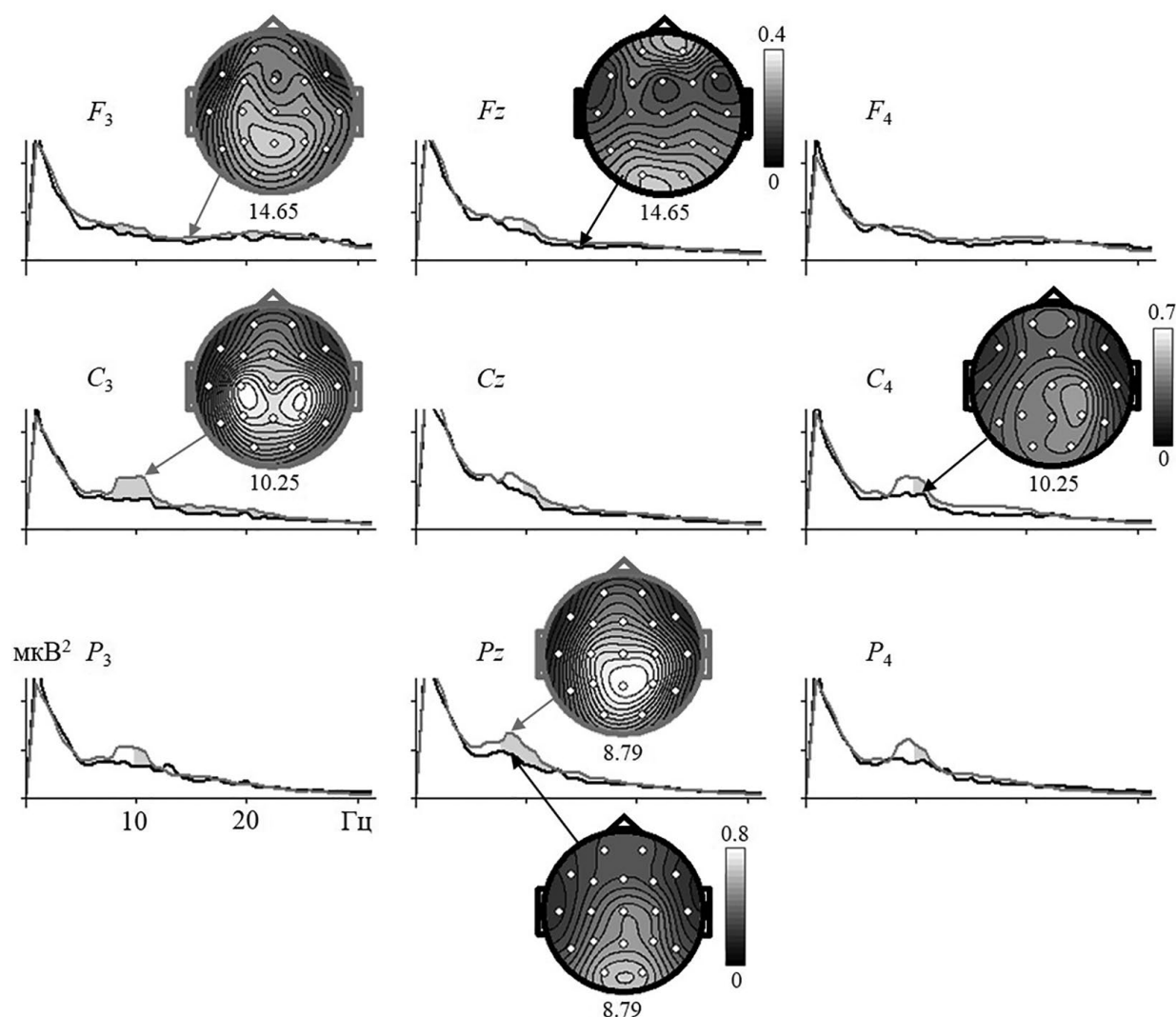


Рис. 2. Усредненные спектры мощности электроэнцефалограмм (ЭЭГ) в группах художников и нехудожников при восприятии картин Врубеля.

F_3 – P_4 – позиции электродов (по системе 10/20), на каждом графике по оси x – частота (Гц), по оси y – мощность (мкВ²). Черная/серая линия – спектр мощности ЭЭГ художников/нехудожников. Топограммы представляют пространственное распределение мощности ЭЭГ для определенной частоты, иллюстрирующей распределение мощности в соответствующих диапазонах (8.79 Гц – α_1 , 10.25 Гц – α_2 , 14.65 Гц – β_1) в группах художников (черная обводка) и нехудожников (серая обводка).

— при низкой эмоционально-эстетической оценке выделяется кластер десинхронизации ЭЭГ в диапазоне частот 9–19.0 Гц в интервале от 60 мс до начала ответа до 160 мс после начала ответа – в отведениях T_3 , T_5 , P_3 , P_z , O_1 , O_2 – и кластер десинхронизации ЭЭГ в диапазоне частот 9–27 Гц в интервале от 220 до 440 мс после начала ответа в отведениях T_5 , T_6 , O_1 , O_2 (рис. 3, Б). Так как различия были выявлены до и сразу после обозначения эмоционально-эстетической оценки испытуемыми – для удобства визуализации, частотно-временные карты приводились для интервала – 1000 мс до нажатий и 500 мс после начала нажатий.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для исследования нейрофизиологических особенностей эстетического восприятия художников и нехудожников в настоящем исследовании мы создавали условия, максимально приближенные к естественным при посещении выставки М. Врубеля. Использование для посещения моновыставки с работами одного автора создавало условия, при которых все участники воспринимают единый по стилистическим особенностям материал, и большая часть просмотренных и оцененных картин совпадает у всех участников. Так как ряд картин М. Врубеля широко известен и художники, и

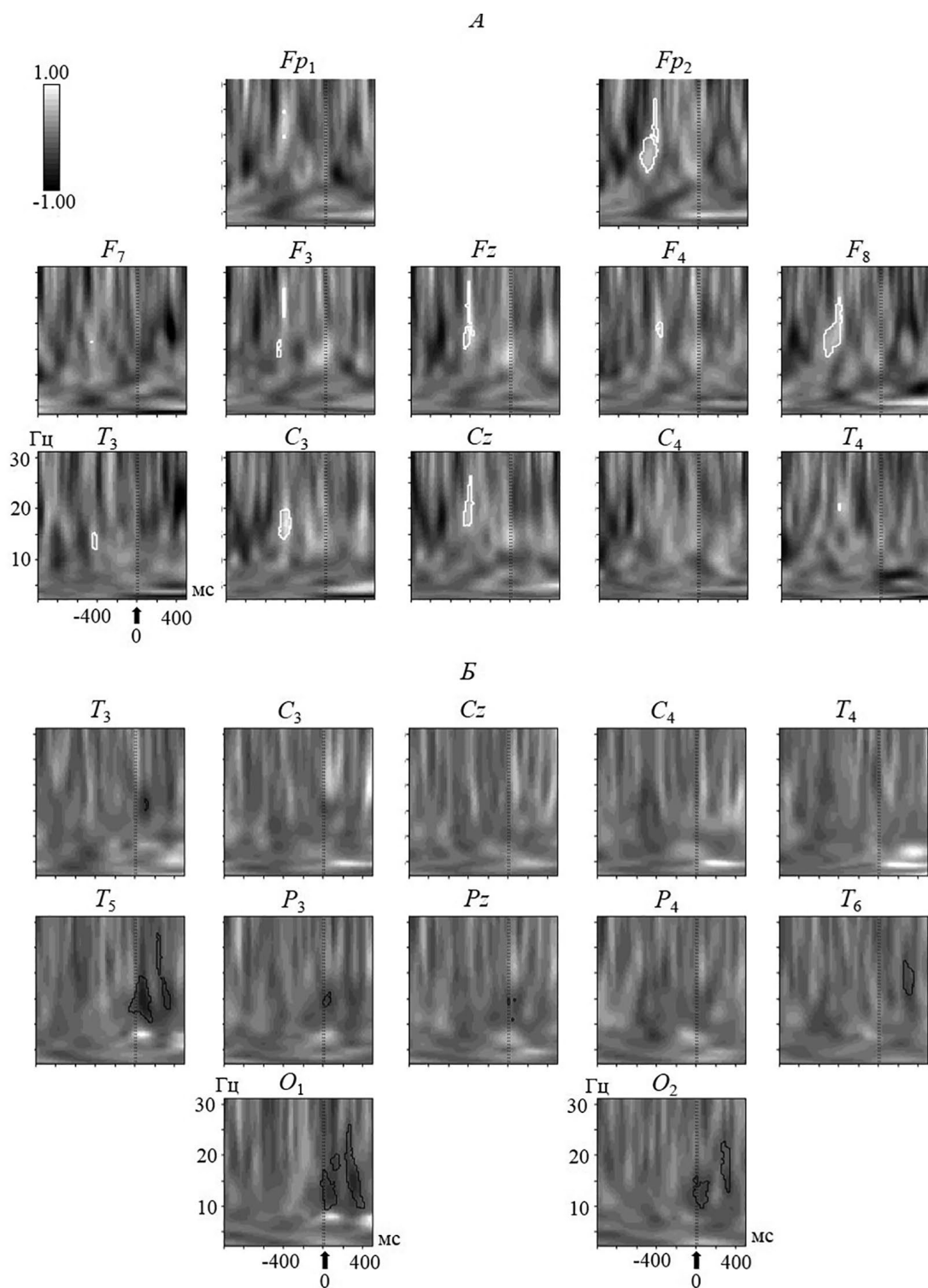


Рис. 3. Частотно-временные разностные карты при сравнении связанной с событием синхронизации электроэнцефалограмм (ЭЭГ) в период эмоционально-эстетической оценки живописных произведений между художниками и нехудожниками при высокой (А) и низкой (Б) субъективной эмоционально-эстетической оценке картин. Fp_1 – O_2 — позиции электродов (по системе 10/20), на каждом графике по оси x — время (мс): одно деление шкалы — 200 мс, вертикальная линия — начало ответа (первое нажатие на кнопку); по оси y — частота (Гц). Тоновая шкала соответствует разности мощности ЭЭГ (условные единицы). Белая линия (А) — значимый кластер синхронизации; черная линия (Б) — значимые кластеры десинхронизации ЭЭГ.

нехудожники в целом имели представление о творчестве живописца, и для них не было большого эффекта новизны. Единственным отличием инструкции от обычного посещения музея была необходимость эксплицитной оценки картин по балльной шкале (1 — картина совсем не нравится, 10 — картина очень нравится). Такая инструкция несколько изменяет процесс восприятия, вводя необходимость оценочных суждений и, вероятно, привлекая большее внимание к картинам.

Для контроля уровня усталости проводился самоотчет по опроснику САН [37] до и после посещения экспозиции. Различий по шкалам самочувствия, активности и настроения до и после посещения выставки выявлено не было, что свидетельствует о приемлемом уровне нагрузки в исследовании.

Группы художников и нехудожников отличались по показателям опыта и принадлежности к искусству (по опроснику [38]), при этом группа художников на момент исследования активно вовлечена в искусство, а не просто имеет соответствующие навыки. По опроснику эмоциональной регуляции в процессе творчества [39] было выявлено, что в группе как художников так и нехудожников большей части испытуемых присуща стратегия саморазвития, что является одной из адаптивных стратегий и способствует вкладу эстетических эмоций в поддержание эмоционального благополучия [50].

Анализ спектральной мощности ЭЭГ при просмотре картин М. Врубеля художниками и нехудожниками. При просмотре и эмоционально-эстетической оценке наиболее известных картин ("Демон Сидящий", "Демон Летящий", "Полет Мефистофеля", "Шестикрылый Серафим", "Царевна Лебедь", "Богатырь", "Пан"), у художников наблюдались меньшие значения мощности в α_1 - и α_2 -диапазонах частот в лобных, центральных и теменных областях при сравнении с нехудожниками. Мощность ЭЭГ в α_2 -диапазоне отличалась в большем количестве зон (согласно апостериорному анализу), чем в α_1 -диапазоне.

Десинхронизация низкочастотного α -ритма (α_1 , 8–10 Гц) с некоторым захватом и верхних частот θ -диапазона от 7–8 Гц может наблюдаться в ответ на выполнения почти любого типа задач, отражая общие требования задачи и процессы внимания при их выполнении [51], тогда как десинхронизация в α_2 -диапазоне частот (10.5–13/14 Гц) часто соотносится с более специфическими когнитивными процессами. В работе [52] показано, что высокочастотный α -диапазон чувствителен к кодированию и обработке семантической информации: десинхронизация α_2 -ритма соответствовала лучшим результатам испытуемых при выполнении задания на семантическую память.

Вероятно, меньшие значения мощности в α -диапазонах частот у художников по сравнению с нехудожниками могут быть соотнесены с большей когнитивной нагрузкой при просмотре картин профессионалами, сопоставлением с собственным опытом и знаниями, оценкой специфики работы другого мастера — решений композиции, перспективы, цвета, фактуры мазка, общей техники и других характеристик работы над произведением. Просмотр произведений профессионалами — комплексный многоуровневый процесс. При просмотре картин внимание у художников может быть полностью направлено на само произведение: на оценку зрительного образа, сопоставимые особенности (техники) других произведений этого автора или других художников. Так как это была моновыставка М. Врубеля, художники имели возможность с профессиональной точки зрения оценить трансформацию манеры письма, цветовой палитры, композиции и образов автора.

Различия активации коры по нейрофизиологическим показателям у художников и нехудожников выявляются в процессе профессиональной для художников деятельности [32]. В исследовании [22] рисование, а также зрительное и моторное представление процесса рисования сопровождалось меньшими значениями мощности в α_2 -диапазоне у художников по сравнению с нехудожниками в правой теменно-затылочной области и центральных лобных областях. Меньшие значения фазовой синхронности в α -диапазоне (8–12 Гц) у художников относительно нехудожников наблюдалась в работе при просмотре картин и их мысленном представлении [26], при мысленном рисовании собственной картины у художников наблюдалось значимое снижение синхронизации α -ритма по сравнению с нехудожниками [53]. По предположению авторов, такой результат может быть связан с более регулярным и последовательным сканированием зрительных образов художниками по сравнению с нехудожниками, пространственная десинхронизация в α -диапазоне частот соотносилась ими с особенностями активного распределения зрительного внимания. В лабораторных условиях при восприятии, вспоминании картин, а также мысленном представлении собственной картины как у художников, так и у нехудожников наблюдалось уменьшение спектральной мощности в α_1 - и α_2 -диапазонах ЭЭГ по сравнению с состоянием покоя, но у художников оно было менее выраженным по сравнению с нехудожниками [54]. Этот факт может быть интерпретирован большим участием *top-down* процессов у художников при запоминании картины и ее мысленном воспроизведении. В нашем исследовании восприятие картин в условиях реального посещения музея сопровождалось меньшими значениями мощности в α -диапазонах у художников по сравнению с нехудожниками, что, вероятно, обусловлено

активной когнитивной обработкой воспринимаемой информации — картин.

Снижение связанной с событием мощности в α -диапазоне наблюдалось при лучшем распознавании зрительных образов [55], меньшие значения мощности α -ритма (8–12 Гц) в интервале перед выполнением зрительной задачи на дискретизацию коротких стимулов, было характерно для лиц, лучше справляющихся с этой задачей [56]. Авторы предположили, что активация коры, для которой характерны малые амплитуды α -ритма, связана с более детальным анализом зрительного сигнала. В работе [57] синхронизация ЭЭГ в α -диапазоне интерпретировалась как ингибирующие процессы, нацеленные на заострение фокуса внимания при зрительной пространственной ориентации и обеспечении селективного внимания, что соотносится с теорией о связи повышения синхронизации в α -диапазоне и процессами торможения [58].

В исследовании восприятия абстрактных и репрезентативных (предметных) картин [27] большие значения мощности ЭЭГ в диапазоне частот (7–13 Гц) были характерны для нехудожников при просмотре и представлении абстрактных картин, тогда как при просмотре репрезентативных картин мощность в α -диапазоне была ниже и не отличалась от таковой у художников. Авторы рассматривают увеличение мощности в α -диапазоне ЭЭГ как показатель центрального контроля (*top-down*), так как нехудожники могли искать значения и ассоциации высокого порядка для суждения об абстрактных картинах, не сосредотачиваясь на извлечении и организации визуальных особенностей образов. Нехватка художественного опыта также была названа авторами одной из причин, объясняющих особенности обработки абстрактного искусства непрофессионалами. В нашем исследовании все просмотренные картины были репрезентативными и содержали персонажей и возможный сюжет. Можно предполагать, что при восприятии подобных картин, нехудожники скорее ориентированы на поиск семантических ассоциаций и воображение, оценку эмоциональных ощущений, тогда как художники проводят высокоуровневый когнитивный анализ картин. Ситуация оценивания эмоциональных ощущений, связанных с сюжетом картины и образами персонажей, отсутствие опыта анализа самой живописи могут приводить к активации ассоциативного поиска, увеличению роли сети пассивного режима мозга и сравнительному увеличению мощности в α -диапазонах ЭЭГ. Изменение амплитуд α -ритма во времени также может быть объяснено флуктуацией внимания, характеризующейся, например, увеличением амплитуды во время снижения или отвлечения внимания.

В исследовании [59] было выяснено, что α -активность ЭЭГ и высокочастотная составляющая изменений диаметра зрачка спонтанно связаны:

максимальная амплитуда α -ритма наблюдалась за ≈ 300 мс до возникновения максимального размера диаметра зрачка, и напротив, минимальная амплитуда α -ритма наблюдалась за ≈ 350 мс до минимума диаметра зрачка. Авторы рассматривают эту взаимосвязь как показатель флуктуации внимания в состоянии спокойного бодрствования. В настоящем исследовании мы можем предположить, что художники, исходя из специфики профессиональной деятельности, могут лучше удерживать зрительное внимание при восприятии картин, чем нехудожники.

Помимо различий мощности ЭЭГ в α_1 - и α_2 -диапазонах ЭЭГ группа художников по сравнению с нехудожниками при просмотре полотен характеризовалась меньшими значениями мощности ЭЭГ в β_1 - и β_2 -диапазонах в лобных областях билатерально и большей их мощностью в задневисочных и затылочных областях. Увеличение мощности в β -диапазонах ЭЭГ часто соотносят с положительными эмоциями [60, 61] и высокой вероятностью получения награды, что может наблюдаться и при эстетическом удовольствии при восприятии картин. При восприятии картин нехудожниками, можно предположить, что эмоциональные переживания менее специфические и вызываются общим впечатлением от картины: ее сюжета, персонажей, цветов, личных ассоциаций; в то время как художники, в силу профессионального опыта и насмотренности, помимо этих, лежащих на поверхности характеристик, могут рассматривать и наслаждаться самим выполнением картины: композицией, пропорциями, палитрой, техникой автора. В этом случае увеличение вовлеченности и внимания может приводить к уменьшению мощности в β -диапазонах в лобных областях коры [62] у художников по сравнению с нехудожниками. Сопоставление фМРТ и ЭЭГ-данных при восприятии и вспоминании зрительных и звуковых стимулов свидетельствует о том, что снижение амплитуды ЭЭГ в α/β -диапазонах (8–30 Гц) улучшает обработку информации и ее кодирование [63]. Эстетическая оценка произведений живописи включает в себя когнитивный и эмоциональный компоненты [18]. Можно предположить, что в процессе длительного восприятия картины у художников наблюдается большее вовлечение когнитивных механизмов эстетического восприятия, а у нехудожников — преобладают непосредственные эмоциональные впечатления.

Различия синхронизации/десинхронизации ЭЭГ, связанной с эмоционально-эстетической оценкой между художниками и нехудожниками. В настоящей работе с помощью анализа связанной с событием синхронизации/десинхронизации ЭЭГ мы анализировали секундные временные интервалы до и после обозначения испытуемым своего эмоционально-эстетического отношения к картине. Эстетическая оценка включает в себя как

эмоциональный, так и когнитивный компонент, различия в которых могут быть выделены при сравнении процессов "оценивания" произведений живописи у художников и нехудожников. Например, художники и эксперты в области искусств оценивают абстрактные и предметные (репрезентативные) картины по шкалам эстетической оценки более близко друг к другу, тогда как нехудожники в большей степени предпочитают предметное (репрезентативное) искусство [64]. Эстетическая оценка абстрактных картин художниками может быть выше, чем у непрофессионалов, при одинаковой эмоциональной оценке [18]. У профессионалов при восприятии абстрактных картин выше уровень "понимания", чем у непрофессионалов, при этом уровень эмоциональной реакции не различается [65]. В настоящем исследовании время просмотра каждой картины было неограниченным, поэтому анализируемый короткий временной интервал (2 с) перед нажатиями на кнопку, как мы предполагаем, охватывает именно процесс принятия решения об эстетической оценке картины. При высокой эмоционально-эстетической оценке картин у художников по сравнению с нехудожниками наблюдалось увеличение синхронизации ЭЭГ в α_2 - и β -диапазонах частот (11.5–27 Гц) в лобных и центральных областях коры за 580–360 мс до ответа. Зоны выявленного эффекта предполагают вероятность вовлечения системы награды, активность которой повышается при восприятии эстетически приятных изображений [13]. Можно предположить, что у художников система награды при восприятии прекрасного активируется с большей степенью, чем у обычных людей, что отчасти и обуславливает их род деятельности. С другой стороны, также можно предположить у художников большую активацию контролирующих систем мозга при принятии эстетического суждения [66] по сравнению с нехудожниками. В исследовании [67] выявлены структурные изменения (увеличение показателя анизотропии) в лобных областях коры после обучения навыкам художественного творчества, что авторами интерпретируется как развитие когнитивной системы творческой деятельности. Подобной (предшествующей обозначению ответа) синхронизации при восприятии менее приятных картин у художников по сравнению с нехудожниками не наблюдалось, поэтому синхронизация в высокочастотных диапазонах (11.5–27 Гц) с некоторым акцентом в правом полушарии в нашем исследовании соотносится, вероятно, с активацией лобных областей системы награды и сети пассивного режима работы мозга, вовлечение которой в восприятие эстетически привлекательных объектов рассматривается в настоящее время [8, 68].

При оценке менее эстетически приятных картин у художников, по сравнению с нехудожниками — наблюдалась десинхронизация ЭЭГ на частотах

9–27 Гц непосредственно перед и после начала ответа (от 60 мс до начала ответа до 440 мс после начала ответа) — в задневисочных, теменных и затылочных областях коры. Связанная с событием десинхронизация в α -диапазонах соотносится, прежде всего, с процессами зрительного внимания и вовлечения в деятельность [69]. Можно предположить, что художники могли продолжать анализировать зрительные особенности "менее приятных" изображений уже после обозначенного суждения, сверяться с принятым решением и соотносить особенности изображения с субъективной оценкой, тогда как нехудожники уже отвлекались от обработки картины. Большая десинхронизация ЭЭГ в α -диапазоне в теменных и затылочных областях соотносится с увеличением внимания к значимым зрительным стимулам при их запоминании [70]. В нейроэстетическом исследовании [71] повышенное внимание (меньшее время ответа) и десинхронизация затылочного α -ритма вызывались предъявлением более понравившихся фоновых изображений, что авторами соотносится с большим зрительным вниманием к субъективно более приятным изображениям. В цитируемом исследовании принимали участие нехудожники, поэтому относительно наших данных можно сделать вывод о меньшем внимании нехудожников к менее привлекательным для них изображениям. Напротив, художники, по-видимому, при принятии решения об эмоционально-эстетической оценке анализировали зрительные особенности субъективно "непривлекательных" картин, выставленных в музее.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе сравнительного сопоставления данных художников и нехудожников выявлены нейробиологические отличия оценки эстетически более и менее привлекательных картин этими двумя группами испытуемых. Принятие решения о высокой эмоционально-эстетической привлекательности полотен у художников по сравнению с нехудожниками сопровождалось увеличением связанной с событием синхронизации ЭЭГ в полосе частот 11.5–27 Гц в лобных и центральных областях коры за 580–360 мс до обозначения ответа, тогда как низкая эмоционально-эстетическая оценка — характеризовалась у художников большей десинхронизацией ЭЭГ в полосе частот 9–27 Гц, начавшейся за 60 мс до начала обозначения ответа и длящейся до 440 мс после него (задневисочные и теменные области). У художников можно предположить большее вовлечение структур системы награды при восприятии эстетически приятных картин, по сравнению с нехудожниками, а также более детальный анализ зрительных особенностей картин при их низкой эстетической оценке. Длительный просмотр и анализ картин характеризуется у

художников меньшими значениями мощности в α -диапазонах ЭЭГ по сравнению с нехудожниками, по всей видимости, подтверждая большее когнитивное вовлечение в процесс эстетического восприятия у профессионалов.

Финансирование работы. Работа выполнена при поддержке ГЗ 075-00967-23-00.

Соблюдение этических стандартов. Все исследования проводились в соответствии с принципами биомедицинской этики, изложенными в Хельсинкской декларации 1964 г. и последующих поправках к ней. Они также были одобрены Этическим комитетом Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН (Санкт-Петербург), протокол № 2-02 от 02.02.2022 г.

Каждый участник исследования дал добровольное письменное информированное согласие после получения разъяснений о потенциальных рисках и преимуществах, а также о характере предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Вклад авторов в публикацию. Идея работы и планирование эксперимента — Н.В. Шемякина, Ю.Г. Потапов, С.В. Бирюкова, сбор данных — Н.В. Шемякина, В.А. Галкин, В.А. Васенькина, Ж.В. Нагорнова, А.В. Грохотова, обработка данных — А.В. Грохотова, Н.В. Шемякина, Ж.В. Нагорнова, написание и редактирование манускрипта — Н.В. Шемякина, Ж.В. Нагорнова, А.В. Грохотова, С.В. Бирюкова, Ю.Г. Потапов.

Благодарности. Авторы выражают благодарность В.А. Пономареву, д.б.н. (Институт мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН, Санкт-Петербург) за разработки дополнительных возможностей в контуре программного обеспечения WinEEG под задачи проведенного исследования. Авторы выражают благодарность всем участникам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Pannese A.* A gray matter of taste: Sound perception, music cognition, and Baumgarten's aesthetics // *Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci.* 2012. V. 43. № 3. P. 594.
2. *Leder H., Belke B., Oeberst A. et al.* A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments // *Br. J. Psychol.* 2004. V. 95. Pt. 4. P. 489.
3. Красота и мозг. Биологические аспекты эстетики. Пер. с англ. Под ред. Ренчлера И., Херцбергер Б., Эпстайна Д. М.: Мир, 1995. 335 с.
4. *Changeux J.P., Mandelbrojt J., Yves B. et al.* Art and Neuroscience // *Leonardo*. 1994. V. 27. № 3. P. 189.
5. *Zeki S., Lamb M.* The neurology of kinetic art // *Brain*. 1994. V. 117. Pt. 3. P. 607.
6. *Zeki S.* Art and the brain // *J. Conscious. Stud.* 1999. V. 6. P. 76.
7. *Kirk U., Skov M., Hulme O. et al.* Modulation of aesthetic value by semantic context: an fMRI study // *Neuroimage*. 2009. V. 44. № 3. P. 1125.
8. *Chatterjee A., Vartanian O.* Neuroaesthetics // *Trends Cogn. Sci.* 2014. V. 18. № 7. P. 370.
9. *Zhang W., Lai S., He X. et al.* Neural correlates for aesthetic appraisal of pictograph and its referent: An fMRI study // *Behav. Brain Res.* 2016. V. 305. P. 229.
10. *Ishizu T., Zeki S.* The brain's specialized systems for aesthetic and perceptual judgment // *Eur. J. Neurosci.* 2013. V. 37. № 9. P. 1413.
11. *Ishizu T., Zeki S.* The experience of beauty derived from sorrow // *Hum. Brain Mapp.* 2017. V. 38. № 8. P. 4185.
12. *Kawabata H., Zeki S.* Neural correlates of beauty // *J. Neurophysiol.* 2004. V. 91. № 4. P. 1699.
13. *Vartanian O., Goel V.* Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings // *Neuroreport*. 2004. V. 15. № 5. P. 893.
14. *Cattaneo Z., Lega C., Flexas A. et al.* The world can look better: enhancing beauty experience with brain stimulation // *Soc. Cogn. Affect. Neurosci.* 2014. V. 9. № 11. P. 1713.
15. *Jacobsen T., Höfel L.* Descriptive and evaluative judgment processes: behavioral and electrophysiological indices of processing symmetry and aesthetics // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 2003. V. 3. № 4. P. 289.
16. *Munar E., Nadal M., Castellanos N.P. et al.* Aesthetic appreciation: event-related field and time-frequency analyses // *Front. Hum. Neurosci.* 2012. V. 5. P. 185.
17. *Cela-Conde C.J., Marty G., Maestú F. et al.* Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2004. V. 101. № 16. P. 6321.
18. *van Paasschen J., Bacci F., Melcher D.P.* The influence of art expertise and training on emotion and preference ratings for representational and abstract artworks // *PLoS One*. 2015. V. 10. № 8. P. e0134241.
19. *Vogt S., Magnussen S.* Expertise in pictorial perception: eye-movement patterns and visual memory in artists and laymen // *Perception*. 2007. V. 36. № 1. P. 91.
20. Perceptual expertise: Bridging brain and behavior / Eds. Gauthier I., Tarr M.J., Bub D. New York: Oxford University Press, 2010. 416 p.
21. *Chamberlain R., McManus I.C., Brunswick N. et al.* Drawing on the right side of the brain: a voxel-based morphometry analysis of observational drawing // *Neuroimage*. 2014. V. 96. P. 167.

22. Kottlow M., Praeg E., Luethy C., Jancke L. Artists's; advance: decreased upper alpha power while drawing in artists compared with non-artists // *Brain Topogr.* 2011. V. 23. № 4. P. 392.
23. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // *Brain Res. Brain Res. Rev.* 1999. V. 29. № 2–3. P. 169.
24. Klimesch W., Schimke H., Pfurtscheller G. Alpha frequency, cognitive load and memory performance // *Brain Topogr.* 1993. V. 5. № 3. P. 241.
25. Harley E.M., Dillon A.M., Loftus G.R. Why is it difficult to see in the fog? How stimulus contrast affects visual perception and visual memory // *Psychon. Bull. Rev.* 2004. V. 11. № 2. P. 197.
26. Bhattacharya J., Petsche H. Shadows of artistry: Cortical synchrony during perception and imagery of visual art // *Brain Res. Brain Res. Rev.* 2002. V. 13. № 2. P. 179.
27. Batt R., Palmiero M., Nakatani C., van Leeuwen C. Style and spectral power: processing of abstract and representational art in artists and non-artists // *Perception.* 2010. V. 39. № 12. P. 1659.
28. Else J.E., Ellis J., Orme E. Art expertise modulates the emotional response to modern art, especially abstract: An ERP investigation // *Front. Hum. Neurosci.* 2015. V. 9. P. 525.
29. Pang C.Y., Nadal M., Müller-Paul J.S. et al. Electrophysiological correlates of looking at paintings and its association with art expertise // *Biol. Psychol.* 2013. V. 93. № 1. P. 246.
30. Shourie N., Firoozabadi M., Badie K. Analysis of EEG signals related to artists and nonartists during visual perception, mental imagery, and rest using approximate entropy // *Biomed Res. Int.* 2014. V. 2014. P. 764382.
31. 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. 9. P. 1972.
32. Shemyakina N.V., Potapov Y.G. Development of methodology for investigation of artists' creativity and studying the neurophysiological characteristics of visual creativity in ecological conditions of artistic studio (Review and methodology) // *Human Physiology.* 2023. V. 49. Suppl. 1. P. S147.
33. Castellotti S., D'Agostino O., Mencarini A. et al. Psychophysiological and behavioral responses to descriptive labels in modern art museums // *PLoS One.* 2023. V. 18. № 5. P. e0284149.
34. Babiloni F., Cherubino P., Graziani I. et al. Neuroelectric brain imaging during a real visit of a fine arts gallery: a neuroaesthetic study of XVII century Dutch painters // *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soci.* 2013. V. 2013. P. 6179.
35. Babiloni F., Rossi D., Cherubino P. et al. The first impression is what matters: a neuroaesthetic study of the cerebral perception and appreciation of paintings by Titian // *Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soci.* 2015. P. 7990.
36. Davidson R.J., Ekman P., Saron C.D. et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology: I // *J. Pers. Soc. Psychol.* 1990. V. 58. № 2. P. 330.
37. Доскин В.А., Лаврентьева Н.А., Мирошников М.П., Шарай В.Б. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния // *Вопросы психологии.* 1973. № 6. С. 141.
38. Chatterjee A., Widick P., Sternschein R. et al. The assessment of art attributes // *Empiric. Stud. Arts.* 2010. V. 28. № 2. P. 207.
39. Fancourt D., Garnett C., Spiro N. et al. How do artistic creative activities regulate our emotions? Validation of the emotion regulation strategies for artistic creative activities scale (ERS-ACA) // *PLoS One.* 2019. V. 14. № 2. P. e0211362.
40. Cruz-Garza J.G., Brantley J.A., Nakagome S. et al. Deployment of mobile EEG technology in an art museum setting: Evaluation of signal quality and usability // *Front. Hum. Neurosci.* 2017. V. 11. P. 527.
41. Vigario R.N. Extraction of ocular artefacts from EEG using independent component analysis // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1997. V. 103. № 3. P. 395.
42. 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.
43. 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.
44. Bendat J.C., Piersol A.G. Random data: Analysis and measurement procedures. 2nd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1986. 592 p.
45. Handbook of Electroencephalography and Clinical Neurophysiology: Methods of Analysis of Brain and Magnetic Signals / Eds. Gevins A.S., Remond A. Amsterdam: Elsevier, 1987. 683 p.
46. Tallon-Baudry C., Bertrand O. Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation // *Trends Cogn. Sci.* 1999. V. 3. № 4. P. 151.
47. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data // *J. Neurosci. Methods.* 2007. V. 164. № 1. P. 177.
48. Пронина М.В., Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д. Влияние сложности задачи на величину синхронизации ЭЭГ активности бета-диапазона в

- сенсомоторной коре // Рос. физиол. ж. им. И.М. Сеченова. 2022. Т. 108. № 11. С. 1442.
49. Никишена И.С., Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д. Связанные с событиями потенциалы мозга человека при сравнении зрительных стимулов // Физиология человека. 2023. Т. 49. № 3. С. 67.
 50. Christensen J.F., Gomila A. Introduction: Art and the brain: From pleasure to well-being // Prog. Brain Res. 2018. V. 237. P. xxvii-xlvi.
 51. Knyazev G.G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // Neurosci. Biobehav. Rev. 2007. V. 31. № 3. P. 377.
 52. Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T., Ripper B. Brain oscillations and human memory performance: EEG correlates in the upper alpha and theta bands // Neuroscience Lett. 1997. V. 238. № 1–2. P. 9.
 53. Bhattacharya J., Petsche H. Drawing on mind's canvas: Differences in cortical integration patterns between artists and non-artists // Hum. Brain Mapp. 2005. V. 26. № 1. P. 1.
 54. Petsche H., Kaplan S., von Stein A., Filz O. The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks // Int. J. Psychophysiol. 1997. V. 26. № 1–3. P. 77.
 55. Hanslmayr S., Klimesch W., Sauseng P. et al. Visual discrimination performance is related to decreased alpha amplitude but increased phase locking // Neurosci. Lett. 2005. V. 375. № 1. P. 64.
 56. Hanslmayr S., Aslan A., Staudigl T. et al. Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects // Neuroimage. 2007. V. 37. № 4. P. 1465.
 57. Rihs T.A., Michel C.M., Thut G. Mechanisms of selective inhibition in visual spatial attention are indexed by alpha-band EEG synchronization // Eur. J. Neurosci. 2007. V. 25. № 2. P. 603.
 58. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis // Brain Res. Rev. 2007. V. 53. № 1. P. 63.
 59. Montefusco-Siegmund R., Schwalm M., Rosales Jubal E. et al. Alpha EEG activity and pupil diameter coupling during inactive wakefulness in humans // eNeuro. 2022. V. 9. № 2. P. ENEURO.0060–21.2022.
 60. Данько С.Г., Бехтерева Н.П., Шемякина Н.В. и др. Электроэнцефалографические корреляты мысленного переживания эмоциональных личных и сценических ситуаций. Сообщение I. Характеристики локальной синхронизации // Физиология человека. 2003. Т. 29. № 3. С. 5.
 61. Marco-Pallarés J., Münte T.F., Rodríguez-Fornells A. The role of high-frequency oscillatory activity in reward processing and learning // Neurosci. Biobehav. Rev. 2015. V. 49. P. 1.
 62. Gómez C.M., Marco-Pallarés J., Grau C. Location of brain rhythms and their modulation by preparatory attention estimated by current density // Brain Res. 2006. V. 1107. № 1. P. 151.
 63. Griffiths B.J., Mayhew S.D., Mullinger K.J. et al. Alpha/beta power decreases track the fidelity of stimulus-specific information // Elife. 2019. V. 8. P. e49562.
 64. Bimler D.L., Snellcock M., Paramei G.V. Art expertise in construing meaning of representational and abstract artworks // Acta Psychol. 2019. V. 192. P. 11.
 65. Mullenix J.W., Robinet J. Art Expertise and the processing of titled abstract art // Perception. 2018. V. 47. № 4. P. 359.
 66. Cupchik G.C., Vartanian O., Crawley A., Mikulis D.J. Viewing artworks: contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience // Brain Cogn. 2009. V. 70. № 1. P. 84.
 67. Schlegel A., Alexander P., Fogelson S.V. et al. The artist emerges: visual art learning alters neural structure and function // NeuroImage. 2015. V. 105. P. 440.
 68. Belfi A.M., Vessel E.A., Briemann A. et al. Dynamics of aesthetic experience are reflected in the default-mode network // NeuroImage. 2019. V. 188. P. 584.
 69. Pfurtscheller G., Neuper C., Mohl W. Event-related desynchronization (ERD) during visual processing // Int. J. Psychophysiol. 1994. V. 16. № 2–3. P. 147.
 70. Forner-Phillips N.A., Brown J.E., Silck B.M., Ross R.S. Alpha oscillatory power decreases are associated with better memory for higher valued information // Cogn. Neurosci. 2022. V. 13. № 2. P. 87.
 71. Sarasso P., Ronga I., Kobau P. et al. Beauty in mind: Aesthetic appreciation correlates with perceptual facilitation and attentional amplification // Neuropsychologia. 2020. V. 136. P. 107282.

REFERENCES

1. Pannese A. A gray matter of taste: Sound perception, music cognition, and Baumgarten's aesthetics // Stud. Hist. Philos. Biol. Biomed. Sci. 2012. V. 43. № 3. P. 594.
2. Leder H., Belke B., Oeberst A. et al. A model of aesthetic appreciation and aesthetic judgments // Br. J. Psychol. 2004. V. 95. Pt. 4. P. 489.
3. Beauty and the Brain: Biological aspects of aesthetics / Eds. Rentschler I., Herzberger B., Epstein D. Basel, Boston, Berlin: Birkhauser, 1988. 321 p.
4. Changeux J.P., Mandelbrojt J., Yves B. et al. Art and Neuroscience // Leonardo. 1994. V. 27. № 3. P. 189.
5. Zeki S., Lamb M. The neurology of kinetic art // Brain. 1994. V. 117. Pt. 3. P. 607.
6. Zeki S. Art and the brain // J. Conscious. Stud. 1999. V. 6. P. 76.
7. Kirk U., Skov M., Hulme O. et al. Modulation of aesthetic value by semantic context: an fMRI study // Neuroimage. 2009. V. 44. № 3. P. 1125.

8. *Chatterjee A., Vartanian O.* Neuroaesthetics // Trends Cogn. Sci. 2014. V. 18. № 7. P. 370.
9. *Zhang W., Lai S., He X. et al.* Neural correlates for aesthetic appraisal of pictograph and its referent: An fMRI study // Behav. Brain Res. 2016. V. 305. P. 229.
10. *Ishizu T., Zeki S.* The brain's specialized systems for aesthetic and perceptual judgment // Eur. J. Neurosci. 2013. V. 37. № 9. P. 1413.
11. *Ishizu T., Zeki S.* The experience of beauty derived from sorrow // Hum. Brain Mapp. 2017. V. 38. № 8. P. 4185.
12. *Kawabata H., Zeki S.* Neural correlates of beauty // J. Neurophysiol. 2004. V. 91. № 4. P. 1699.
13. *Vartanian O., Goel V.* Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings // Neuroreport. 2004. V. 15. № 5. P. 893.
14. *Cattaneo Z., Lega C., Flexas A. et al.* The world can look better: enhancing beauty experience with brain stimulation // Soc. Cogn. Affect. Neurosci. 2014. V. 9. № 11. P. 1713.
15. *Jacobsen T., Höfel L.* Descriptive and evaluative judgment processes: behavioral and electrophysiological indices of processing symmetry and aesthetics // Cogn. Affect. Behav. Neurosci. 2003. V. 3. № 4. P. 289.
16. *Munar E., Nadal M., Castellanos N.P. et al.* Aesthetic appreciation: event-related field and time-frequency analyses // Front. Hum. Neurosci. 2012. V. 5. P. 185.
17. *Cela-Conde C.J., Marty G., Maestú F. et al.* Activation of the prefrontal cortex in the human visual aesthetic perception // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2004. V. 101. № 16. P. 6321.
18. *van Paasschen J., Bacci F., Melcher D.P.* The influence of art expertise and training on emotion and preference ratings for representational and abstract artworks // PLoS One. 2015. V. 10. № 8. P. e0134241.
19. *Vogt S., Magnussen S.* Expertise in pictorial perception: eye-movement patterns and visual memory in artists and laymen // Perception. 2007. V. 36. № 1. P. 91.
20. *Gauthier I., Tarr M.J., Bub D.* Perceptual expertise: Bridging brain and behavior // Oxford University Press, New York, 2010. doi.org/10.4135/9781412972000.n250
21. *Chamberlain R., McManus I.C., Brunswick N. et al.* Drawing on the right side of the brain: a voxel-based morphometry analysis of observational drawing // Neuroimage. 2014. V. 96. P. 167.
22. *Kottlow M., Praeg E., Luethy C., Jancke L.* Artists's; advance: decreased upper alpha power while drawing in artists compared with non-artists // Brain Topogr. 2011. V. 23. № 4. P. 392.
23. *Klimesch W.* EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Res. Brain Res. Rev. 1999. V. 29. № 2-3. P. 169.
24. *Klimesch W., Schimke H., Pfurtscheller G.* Alpha frequency, cognitive load and memory performance // Brain Topogr. 1993. V. 5. № 3. P. 241.
25. *Harley E.M., Dillon A.M., Loftus G.R.* Why is it difficult to see in the fog? How stimulus contrast affects visual perception and visual memory // Psychon. Bull. Rev. 2004. V. 11. № 2. P. 197.
26. *Bhattacharya J., Petsche H.* Shadows of artistry: Cortical synchrony during perception and imagery of visual art // Brain Res. Brain Res. Rev. 2002. V. 13. № 2. P. 179.
27. *Batt R., Palmiero M., Nakatani C., van Leeuwen C.* Style and spectral power: processing of abstract and representational art in artists and non-artists // Perception. 2010. V. 39. № 12. P. 1659.
28. *Else J.E., Ellis J., Orme E.* Art expertise modulates the emotional response to modern art, especially abstract: An ERP investigation // Front. Hum. Neurosci. 2015. V. 9. P. 525.
29. *Pang C.Y., Nadal M., Müller-Paul J.S. et al.* Electrophysiological correlates of looking at paintings and its association with art expertise // Biol. Psychol. 2013. V. 93. № 1. P. 246.
30. *Shourie N., Firoozabadi M., Badie K.* Analysis of EEG signals related to artists and nonartists during visual perception, mental imagery, and rest using approximate entropy // Biomed Res. Int. 2014. V. 2014. P. 764382.
31. *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. 9. P. 1972.
32. *Shemyakina N.V., Potapov Y.G.* Development of methodology for investigation of artists' creativity and studying the neurophysiological characteristics of visual creativity in ecological conditions of artistic studio (Review and methodology) // Human Physiology. 2023. V. 49. № 1 (suppl. 1). P. S147.
33. *Castellotti S., D'Agostino O., Mencarini A. et al.* Psychophysiological and behavioral responses to descriptive labels in modern art museums // PLoS One. 2023. V. 18. № 5. P. e0284149.
34. *Babiloni F., Cherubino P., Graziani I. et al.* Neuroelectric brain imaging during a real visit of a fine arts gallery: a neuroaesthetic study of XVII century Dutch painters // Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soci. 2013. V. 2013. P. 6179.
35. *Babiloni F., Rossi D., Cherubino P. et al.* The first impression is what matters: a neuroaesthetic study of the cerebral perception and appreciation of paintings by Titian // Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soci. 2015. P. 7990.

36. Davidson R.J., Ekman P., Saron C.D. et al. Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology: I // J. Pers. Soc. Psychol. 1990. V. 58. № 2. P. 330.
37. 3Doskin V.A., Lavrentieva N.A., Miroshnikov M.P., Sharai V.B. [Test of differentiated self-assessment of functional state] // Vopr. Psychol. 1973. № 6. P. 141.
38. Chatterjee A., Widick P., Sternschein R. et al. The assessment of art attributes // Empiric. Stud. Arts. 2010. V. 28. № 2. P. 207.
39. Fancourt D., Garnett C., Spiro N. et al. How do artistic creative activities regulate our emotions? Validation of the emotion regulation strategies for artistic creative activities scale (ERS-ACA) // PLoS One. 2019. V. 14. № 2. P. e0211362.
40. Cruz-Garza J.G., Brantley J.A., Nakagome S. et al. Deployment of mobile EEG technology in an art museum setting: Evaluation of signal quality and usability // Front. Hum. Neurosci. 2017. V. 11. P. 527.
41. Vigario R.N. Extraction of ocular artefacts from EEG using independent component analysis // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1997. V. 103. № 3. P. 395.
42. 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.
43. 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.
44. Bendat J.C., Piersol A.G. Random data: Analysis and measurement procedures. 2nd ed. Wiley-Interscience: New York. NY. USA, 1986. 592 p.
45. Gevins A.S., Remond A. Methods of analysis of brain and magnetic signals. Handbook of electroencephalography and clinical neurophysiology: Revised series. Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1987. 683 p.
46. Tallon-Baudry C., Bertrand O. Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation // Trends Cogn. Sci. 1999. V. 3. № 4. P. 151.
47. Maris E., Oostenveld R. Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data // J. Neurosci. Methods. 2007. V. 164. № 1. P. 177.
48. Pronina M.V., Ponomarev V.A., Kropotov Y.D. Effect of task complexity on the post-movement beta synchronization in the sensorimotor cortex // J. Evol. Biochem. Phys. 2022. V. 58. № 6. P. 1905.
49. Nikishena I.S., Ponomarev V.A., Kropotov J.D. Event-related potentials of the human brain during the comparison of visual stimuli // Human Physiology. 2023. V. 49. № 3. P. 264.
50. Christensen J.F., Gomila A. Introduction: Art and the brain: From pleasure to well-being. Prog. Brain Res. 2018. V. 237. P. xxvii-xlvi.
51. Knyazev G.G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // Neurosci. Biobehav. Rev. 2007. V. 31. № 3. P. 377.
52. Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T., Ripper B. Brain oscillations and human memory performance: EEG correlates in the upper alpha and theta bands // Neuroscience Lett. 1997. V. 238. № 1-2. P. 9.
53. Bhattacharya J., Petsche H. Drawing on mind's canvas: Differences in cortical integration patterns between artists and non-artists // Hum. Brain Mapp. 2005. V. 26. № 1. P. 1.
54. Petsche H., Kaplan S., von Stein A., Filz O. The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks // Int. J. Psychophysiol. 1997. V. 26. № 1-3. P. 77.
55. Hanslmayr S., Klimesch W., Sauseng P. et al. Visual discrimination performance is related to decreased alpha amplitude but increased phase locking // Neurosci. Lett. 2005. V. 375. № 1. P. 64.
56. Hanslmayr S., Aslan A., Staudigl T. et al. Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects // Neuroimage. 2007. V. 37. № 4. P. 1465.
57. Rihs T.A., Michel C.M., Thut G. Mechanisms of selective inhibition in visual spatial attention are indexed by alpha-band EEG synchronization // Eur. J. Neurosci. 2007. V. 25. № 2. P. 603.
58. Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis // Brain Res. Rev. 2007. V. 53. № 1. P. 63.
59. Montefusco-Siegmund R., Schwalm M., Rosales Jubal E. et al. Alpha EEG activity and pupil diameter coupling during inactive wakefulness in humans // eNeuro. 2022. V. 9. № 2. P. ENEURO.0060-21.2022.
60. Danko S.G., Bechtereva N.P., Shemyakina N.V., Antonova L.V. Electroencephalographic correlates of mental performance of emotional personal and scenic situations: I. Characteristics of local synchronization // Human Physiology. 2003. V. 29. № 3. P. 263.
61. Marco-Pallarés J., Münte T.F., Rodríguez-Fornells A. The role of high-frequency oscillatory activity in reward processing and learning // Neurosci. Biobehav. Rev. 2015. V. 49. P. 1.
62. Gómez C.M., Marco-Pallarés J., Grau C. Location of brain rhythms and their modulation by preparatory attention estimated by current density // Brain Res. 2006. V. 1107. № 1. P. 151.
63. Griffiths B.J., Mayhew S.D., Mullinger K.J. et al. Alpha/beta power decreases track the fidelity of stimulus-specific information // Elife. 2019. V. 8. P. e49562.

64. Bimler D.L., Snellock M., Paramei G.V. Art expertise in construing meaning of representational and abstract artworks // *Acta Psychol.* 2019. V. 192. P. 11.
65. Mullennix J.W., Robinet J. Art Expertise and the processing of titled abstract art // *Perception.* 2018. V. 47. № 4. P. 359.
66. Cupchik G.C., Vartanian O., Crawley A., Mikulis D.J. Viewing artworks: contributions of cognitive control and perceptual facilitation to aesthetic experience // *Brain Cogn.* 2009. V. 70. № 1. P. 84.
67. Schlegel A., Alexander P., Fogelson S.V. et al. The artist emerges: visual art learning alters neural structure and function // *NeuroImage.* 2015. V. 105. P. 440.
68. Belfi A.M., Vessel E.A., Briellmann A. et al. Dynamics of aesthetic experience are reflected in the default-mode network // *NeuroImage.* 2019. V. 188. P. 584.
69. Pfurtscheller G., Neuper C., Mohl W. Event-related desynchronization (ERD) during visual processing // *Int. J. Psychophysiol.* 1994. V. 16. № 2–3. P. 147.
70. Forner-Phillips N.A., Brown J.E., Silck B.M., Ross R.S. Alpha oscillatory power decreases are associated with better memory for higher valued information // *Cogn. Neurosci.* 2022. V. 13. № 2. P. 87.
71. Sarasso P., Ronga I., Kobau P. et al. Beauty in mind: Aesthetic appreciation correlates with perceptual facilitation and attentional amplification // *Neuropsychologia.* 2020. V. 136. P. 107282.

EEG-Characteristics of Aesthetic Perception and Evaluation of Artworks During a Museum Visit: A Neuroaesthetic Study

N. V. Shemyakina^{a, *}, Zh. V. Nagornova^a, A. V. Grokhotova^a, V. A. Galkin^a,
V. A. Vasen'kina^a, S. V. Biryukova^b, Y. G. Potapov^c

^a*Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry of the RAS, St. Petersburg, Russia*

^b*The State Russian Museum, St. Petersburg, Russia*

^c*Mansard of artists, St. Petersburg, Russia*

^{*}*E-mail: shemyakina_n@mail.ru*

Twenty-eight people (30–70 years old, 12 men, 16 women, artists and non-artists) participated in a comparative neuroaesthetic study in the conditions of real-life visit to M. Vrubel mono-exhibition (Russian Museum, St. Petersburg). During the visit to the exhibition (usually lasted for around 60 min), EEG of participants was recorded. The subjects were looking at the paintings for 30 seconds to 3 min and evaluated the subjective aesthetic “attractiveness” of the paintings by a series of button presses (from 1 to 10). Were analyzed EEG spectral power in the α_1 (8–10 Hz)-, α_2 (10–13 Hz)-, β_1 (13–18 Hz)-, β_2 (13–30 Hz)-frequency bands during viewing the most famous Vrubel paintings (“Bogatyr”, “Swan Princess”, “Swan”, “Sitting Demon”, “Flying Demon”, “Pan”, etc.) and event-related EEG synchronization/desynchronization in relation to the subjective emotional and aesthetic evaluation of these paintings. Professional artists showed lower spectral power values in α_1 (leads F_3 , C_3 , T_4 , P_z) and α_2 (F_3 , F_z , F_4 , C_3 , C_z , C_4 , P_3 , P_z , P_4)-frequency bands in frontal, central, and parietal regions. The artists were also found to have lower power values in $\beta_{1,2}$ -frequency bands in frontal (F_3 , F_4 , C_3) regions and higher power values in occipital (O_1 , O_2 – β_1 , β_2) and posterior temporal (β_2) cortical regions compared to the group of subjects with no special artistic education. Moreover, artists decision-making about the high emotional-aesthetic attractiveness of paintings was accompanied by an increase in event-related EEG synchronization for 11.5–27 Hz in frontal and central cortical areas over 580–360 ms before giving the response, compared to non-artists, whereas low emotional-aesthetic evaluation was characterized by 9–27 Hz EEG desynchronization, which started 60 ms before the giving the response and lasted up to 440 ms after it, in the posterior temporal and parietal regions. The differences in frontal cortical areas may indicate a higher engagement of the reward system during the perception of aesthetically pleasing paintings, and the differences in parietal and posterior temporal areas may indicate a continuing visual synthesis (more sustained visual attention) during the perception of subjectively less attractive paintings in artists compared to non-artists.

Keywords: neuroaesthetics, EEG, spectral power, event-related EEG synchronization/desynchronization (ERS/ERD), artists/non-artists, ecological conditions of visiting a museum, perception of paintings, subjective emotional and aesthetic evaluation, aesthetic appreciation.