

УДК 612.821

ОДИН ФЕНОМЕН С МНОЖЕСТВОМ ИНТЕРПРЕТАЦИЙ: АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА ЭЭГ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ. ЧАСТЬ II.

© 2021 г. М. Е. Мельников^а, *

^аФедеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Институт молекулярной биологии и биофизики, Новосибирск, Россия

*e-mail: mikhail-melnikov@mail.ru

Поступила в редакцию 18.01.2021 г.

После доработки 15.02.2021 г.

Принята к публикации 29.03.2021 г.

В статье выполнен обзор психофизиологических исследований асимметрии лобного альфа-ритма у здоровых людей. Правосторонняя асимметрия лобного альфа-ритма связана с чувствительностью к подкреплениям и социальной активностью. Право- и левополушарная асимметрия у детей соответствуют темпераменту с преобладанием возбуждения и торможения соответственно. Провокация эмоции гнева приводит к смещению асимметрии альфа-ритма вправо, а тревоги – вправо. Позирование эмоциональной мимики, просмотр эмоциональных видеозаписей и прослушивание музыки в целом производят эффекты, согласующиеся с мотивационной и эмоциональной гипотезами. Исследования со статичными зрительными и социальными слуховыми стимулами, а также попытки связать асимметрию лобного альфа-ритма с личностными чертами и фоном настроения у взрослых людей продемонстрировали противоречивые результаты, что подчеркивает важность поиска и исследования модулирующих переменных.

Ключевые слова: электроэнцефалография (ЭЭГ), альфа-ритм, межполушарная асимметрия, эмоции, мотивация, копинг-поведение

DOI: 10.31857/S0301179821040044

ВВЕДЕНИЕ

В первой части обзора [2] были рассмотрены основные подходы к концептуализации асимметрии лобного альфа-ритма (АЛАР) на электроэнцефалограмме (ЭЭГ) человека. Кратко напомним, что АЛАР отражает сравнительную активность левой и правой дорсальной префронтальной коры [42]. Правосторонняя АЛАР соответствует доминированию левой префронтальной области, и наоборот, поскольку выраженность альфа-ритма отрицательно связана с активностью соответствующего участка мозга [80, 149]. Проекция дорсальной префронтальной коры в вентральную префронтальную и орбитофронтальную кору и далее, к нижележащим корковым (поясная извилина, гиппокамп, кора островка) и подкорковым (миндалины, стриопаллидарная система) структурам, вероятно, обуславливают систематически демонстрируемые связи АЛАР и эмоциональных и мотивационных характеристик испытуемых [42].

АЛАР рассматривается и как индикатор устойчивых черт личности, предопределяющих определенный стиль эмоционального реагирования, и как показатель, варьирующий в зависимости от эмоционального и мотивационного статуса в

конкретный момент времени [44, 87, 90]. Правосторонняя АЛАР (т.е., преобладание левосторонней лобной активности), согласно наиболее авторитетным гипотезам, связана с мотивацией приближения и эмоциями радости и гнева, левосторонняя АЛАР – с мотивацией избегания и эмоциями печали и страха (тревоги) [96, 97, 245]. При этом, возможно, мотивационная роль АЛАР является первичной, а эмоциональная – вторичной по отношению к ней [103]. Ниже будут рассмотрены результаты конкретных исследований по ключевым для понимания функциональной роли АЛАР направлениям.

КОСВЕННЫЕ УКАЗАНИЯ НА ЭМОЦИОНАЛЬНУЮ И МОТИВАЦИОННУЮ МЕЖПОЛУШАРНУЮ АСИММЕТРИЮ

В этом разделе мы рассмотрим поведенческие данные, связанные с латерализованным предъявлением стимулов, моторными пробами и другими вмешательствами, исходящими из того, что асимметричная активация полушарий продуцирует или изменяет субъективный эмоциональный ответ. Так, в одном исследовании испытуемые быстрее распознавали счастливую мимику в поле зрения правого глаза (левого полушария), а груст-

ную – левого глаза (правого полушария) [213]. Этот паттерн был инвертирован у левшей, что говорит о тесной связи эмоциональной и других видов функциональной асимметрии [214]. Здоровые испытуемые оценивали портреты лиц, исходно предъявленные в правое поле зрения, как более счастливые и в большей степени вызывающие эмоцию радости [49, 50]. Однако у участников с повышенными оценками депрессии, связь могла быть противоположной [50]. Влияние поля зрения на уровень положительных эмоций при наблюдении портрета и на показатели АЛАР коррелировали при $r = 0.74$ [50]. Левополушарная перцептивная асимметрия в задаче на определение эмоций на химерных фотографиях была положительно связана с интенсивностью и, хотя и значительно слабее, с валентностью эмоций, а более конкретно – со шкалами бодрости (положительно) и усталости (отрицательно) [113].

Сжатие кисти руки вызывает контралатеральную депрессию не только центрального мю-, но и лобного альфа-ритма (в F3/4), причем эти эффекты статистически независимы и могут иметь разную природу. Сокращение мышц правой руки ассоциировано с субъективным увеличением мотивации приближения, обратно связанным с мощностью альфа-ритма в F3 [99]. Сжатие испытуемыми правой руки перед переживанием отвержения опосредует связь выраженности гнева в ответ на отвержение с правополушарной АЛАР в латеральных и лобно-центральных областях. Сокращение мышц левой руки – ассоциации интенсивности печали с левополушарной АЛАР в лобно-центральных областях и общего дискомфорта с левополушарной АЛАР в средних лобных и лобно-центральных областях [193]. Согласно Kelley et al. [134], индукция АЛАР сжатием кисти руки хорошо документирована и вызывает мотивационные изменения, а при применении с той же целью асимметричного напряжения мимических мышц результаты менее отчетливы. Некоторые данные, согласующиеся с гипотезами, получены при инструктировании испытуемых использовать для дыхания только один носовой ход. Также интересно, что у взрослых праворуких испытуемых пальцы левой руки более чувствительны к боли в результате сжатия, и правосторонняя АЛАР в F3/4 положительно коррелирует с болевым порогом [192].

Maxwell, Davidson [159] сопоставляют активность флексоров/экстензоров с поведением приближения и избегания соответственно. В простой когнитивной задаче ответ, требующий движения пальца “к себе”, давался быстрее при предъявлении стимула (стрелки “к себе” или “от себя”) в правое поле зрения, то есть, в левое полушарие, а требующий движения “от себя” – при возникновении стимула в левом поле зрения. По отдельности ни наблюдение стимула-стрелки, ни движе-

ние пальца не отражались на АЛАР. Таким образом, представительства флексоров и экстензоров в головном мозге асимметричны у 70% испытуемых. Степень этой асимметрии прямо связана с позитивным аффектом по PANAS и обратно – с личностной тревожностью [159]. По некоторым данным, ответ нажатием или отпусканием кнопки является модератором связи АЛАР и активности системы подавления поведения [270]. В других исследованиях показана инвариантность АЛАР относительно ответа нажатием/отпусканием кнопки [243], нажатием пальцем левой или правой руки и реальным нажатием или проговариванием ответа в уме [170]. Интересно, что у студентов обоих полов посадка с наклоном вперед была ассоциирована с правополушарной АЛАР в F3/4 и FC3/4, по сравнению с позой откинувшись в кресле [207].

По Kelley et al. [134], микрополяризация префронтальной коры вызывала ответ, свидетельствующий об изменении мотивации приближения/избегания в предсказанном направлении. Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) производила психологические эффекты, согласующиеся со стороной приложения и частотой стимуляции. Сдвиг АЛАР отмечен и после процедур, не предполагающих прямого воздействия на ЭЭГ, например, электростимуляции акупунктурных точек [30] или лимфодренажного массажа шеи [241]. Однако индуцировать изменение АЛАР удавалось не во всех стимуляционных исследованиях: например, нулевые результаты получены для слабой магнитной стимуляции на частоте индивидуального пика альфа-ритма [248].

В целом, существующие публикации показывают, что эмоциональная асимметрия головного мозга связана с другими видами асимметрии, по крайней мере, зрительной и моторной. Исследовались также ассоциации движений в направлении к себе/от себя как маркеров мотивации приближения и избегания, однако результаты этих работ видятся несогласованными. Физическая стимуляция префронтальной коры, вероятно, позволяет изменить как АЛАР, так и ее эмоциональные корреляты, однако объем обзора не позволяет подробно рассмотреть существующие корпусы ТМС- и микрополяризационных исследований.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА И ФИЗИЧЕСКИЕ УПРАЖНЕНИЯ

Спортивные упражнения логично рассматривать в контексте высокомотивированного поведения, подчиненного достижению целей. Кроме того, регулярные упражнения, например, пробежки, часто принимают характер хобби, активности, реализуемой ради удовольствия. Наконец, получение нагрузок предполагает выраженные автономные реакции, которые могут быть связа-

ны с функциональной асимметрией в эмоциональной системе. Таким образом, исследования физических упражнений с помощью метрики АЛАР видятся обоснованными.

В нескольких работах отмечено ожидаемое правополушарное смещение АЛАР при спортивных нагрузках. У 8 взрослых людей после часа занятий на велотренажере происходил сдвиг АЛАР в Fp1/2 для альфа-1-полосы вправо, а в контрольной группе, не выполнявшей упражнений, – нет. Изменение АЛАР было положительно связано с продукцией серотонина [181]. В исследовании 18 лиц старшего возраста (54–72 года) показано, что АЛАР в Fp1/2 сдвигается вправо после часовой прогулки в свободном темпе [267]. У 19 мужчин полчаса занятий на беговой дорожке при 75% от максимального потребления кислорода (V_{O_2max}) мощность альфа-ритма в отведении F3 уменьшилась, как и ситуативная тревожность. При этом альфа-ритм в F4 ослабевал между измерениями через 10 и 30 минут после упражнений [196]. В кроссовер-исследовании 13 женщин-студенток 30 мин на беговой дорожке, вне зависимости от интенсивности бега, смещали вправо АЛАР в F3/4 и увеличивали субъективные оценки бодрости [283]. Интересны данные о том, что у 11 профессиональных велосипедистов получение между попытками, выполняемыми на пределе возможностей, плацебо, по легенде, повышающего работоспособность, по сравнению с отсутствием воздействия, приводило к правополушарному смещению АЛАР (усредненной для пар Fp1/2, F3/4 и F7/8) во время второй попытки. Сдвиг АЛАР вправо между первой и второй попытками был прямо связан с баллом шкалы активации поведения и обратно – подавления поведения [22].

Приблизительно столько же исследований свидетельствуют об отсутствии ожидаемого эффекта или его неспецифичности относительно частотной полосы. У 24 взрослых людей, регулярно выходящих на пробежки, после беговых упражнений изменялось настроение и периферические физиологические сигналы, но не АЛАР в Fp1/2, F3/4, F7/8 в альфа-1 или альфа-2 полосе [233]. В аналогичной группе после занятий на беговой дорожке на пределе возможностей увеличивалась мощность в альфа-1-полосе, локализованная в левой средней лобной извилине [232]. У физически активных молодых людей полчаса работы на велотренажере, по сравнению с отдыхом, снизили интенсивность эмоций от негативных изображений, однако их валентность и АЛАР при этом не изменились [38]. По данным кроссовер-исследования 16 женщин без серьезного атлетического опыта, после 30 минут занятия на беговой дорожке при 60% V_{O_2max} возникает правополушарное смещение асимметрии ЭЭГ в F3/4 вне зависимости от частотной полосы, совпадаю-

щее с максимумом субъективного ощущения бодрости [282]. Показано также, что более позитивное восприятие свободно выбранных физических упражнений, по сравнению с предписанными, не сказывается на показателях АЛАР в F3/4 [148]. Согласно систематическому обзору 18 исследований, мощность альфа-ритма после нагрузок возрастает, в среднем, на 0.54 стандартных отклонения, однако эффект неспецифичен как относительно частотной полосы, так и относительно полушария [37].

При этом АЛАР, в особенности фоновая связана с эмоциональными и мотивационными показателями, что свидетельствует в пользу модели диатеза. У 14 спортивных студентов, в основном мужчин, АЛАР в F3/4 являлась модератором эффекта физических упражнений при условии их высокой интенсивности (70% V_{O_2max}). Правополушарная АЛАР в покое была связана с улучшением настроения и снижением уровня тревоги после получаса упражнений на велотренажере, левополушарная АЛАР – с усилением тревоги [197]. Левополушарная АЛАР также была ассоциирована с тревожностью до начала занятий [196], но не с эмоциональной напряженностью [92]. По Hall et al. [93], АЛАР в покое не демонстрирует значимого влияния на изменение настроения после прогулки.

У студентов с высоким уровнем физического здоровья фоновая правополушарная АЛАР в F3/4 специфично объясняет 6.4–11.5% дисперсии ощущения энергии сразу и на отсечках 10–30 мин после получасовых упражнений на беговой дорожке при 75% V_{O_2max} [195]. У 30 физически здоровых студентов фоновая АЛАР объяснила 12.6–15.8% дисперсии энергичности после физических упражнений, в зависимости от их интенсивности, длительности отдыха перед измерением и конкретной пары отведений (F3/4 или F7/8) [92]. В аналогичной группе правосторонняя АЛАР в F3/4 в покое специфично объясняла 18%/13% дисперсии спокойствия и 21%/16% дисперсии усталости (после учета уровня здоровья и фоновых эмоциональных показателей) через 10/20 мин после завершения высоких нагрузок на беговой дорожке [91]. У 42 студентов правосторонняя АЛАР в F3/4 после исключения влияния частоты пульса в покое и физической тренированности была слабым, но значимым предиктором скорости ходьбы в произвольном темпе, а также субъективной оценки приложенных усилий [93]. Для лиц старшего возраста (в среднем, 69 лет) АЛАР не была связана с уровнем физической активности [94].

Таким образом, значительное число исследований демонстрирует правополушарный сдвиг АЛАР после физических упражнений. Однако в сопоставимом по объему корпусе работ показана неспецифичность изменения мощности фронт-

тального альфа-ритма относительно латерализации отведения или в частотном домене. Отдельные исследования указывают на то, что фоновые показатели АЛАР влияют на изменение настроения, ощущения энергии или усталости после получения нагрузок. При этом ряд цитированных работ выполнен на малых выборках, что само по себе предполагает проблему реплицируемости результатов. Также авторы указывают на роль многих дополнительных переменных, таких как вид упражнений, уровень нагрузки, длительность ее получения и характеристики соматического здоровья испытуемых.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА В КОНТЕКСТЕ ВОЗНАГРАЖДЕНИЙ И НАКАЗАНИЙ

Поскольку предполагается, что АЛАР наиболее тесно связана с мотивационными процессами, закономерно рассмотреть ее изменения в пробах, моделирующих подкрепления и наказания. У взрослых людей правополушарная фоновая АЛАР в F3/4 и F5/6 специфично предсказывает больший уровень мотивации достижения – готовности затратить большие усилия для получения большего вознаграждения [123]. В группе студентов правополушарная АЛАР в F3/4 и F7/8 также прямо связана с силой мотивации достижения и обратно – мотивации избегания, причем результаты топографически специфичны [12]. Студенты, заполнявшие “тест”, инструкция которого должна была активировать их целеустремленность, продемонстрировали более правостороннюю АЛАР в F3/4, F7/8 и FC3/4 [105]. У испытуемых, предварительно принявших решительное выражение лица, правополушарная АЛАР была ассоциирована с упорством в пробе с принципиально нерешаемой головоломкой [208]. Наконец, у четырехлетних детей способность волевым усилием откладывать получение вознаграждения была связана с правополушарной АЛАР в альфа-1 полосе в F3/4 и F7/8 в 8 лет [140].

В исследовании студентов обоих полов, участвовавших в задаче с финансовыми вознаграждениями и наказаниями, в попытках с возможным выигрышем, по сравнению с возможным штрафом, была отмечена правосторонняя АЛАР в AF3/4, F3/4 и F7/8 [170, 243]. Попытки с высокой вероятностью выигрыша характеризовались правополушарной АЛАР в F3/4 у мужчин и левополушарной – у женщин [170]. Правосторонняя CSD в альфа-2-диапазоне в дорсолатеральной префронтальной и орбитофронтальной коре была связана с тенденцией испытуемых рисковать в ситуации, когда за точными ответами следует финансовое вознаграждение [201]. Gianotti et al. [79] выявили у студентов женского пола связь гипоактивности правой префронтальной коры в состоя-

нии покоя и склонности к риску в игре с выбором, открывать ли ящики в надежде на увеличение вознаграждения, но с угрозой потери уже имеющихся очков. Однако результаты касались дельта- и тета-полос, а не альфа-активности. В еще одном исследовании 70 студентов также не выявлено связи между числом рискованных реакций в азартной игре и фоновой АЛАР [249].

В работе Schmid et al. [223], по условиям задачи, студентам нужно было выявить стимул, с большей вероятностью связанный с подкреплением. Успешность выбора из двух альтернатив с вероятностью выше 50% каждая не была ассоциирована с АЛАР, а точность для стимулов с вероятностью ниже 50% каждая показала корреляцию с АЛАР в F3/4 и F7/8. Стоит заметить, что показатели АЛАР в покое, при обучении и тестировании были тесно связаны между собой [223]. В разнополой группе студентов показано, что различия АЛАР в ответ на альтернативы с различной степенью риска выявляются только если возможны и выигрыши, и проигрыши, а не что-то одно. При этом условии фиксируется большая доля рискованных выборов у лиц с правополушарной АЛАР [254].

У студентов правополушарная АЛАР в F3/4 во время переживания факта выигрыша в симуляторе игрового автомата, но не при его ожидании, была связана с выраженностью удовольствия от выигрыша [130]. В смешанной группе здоровых, депрессивных и тревожных испытуемых изменение АЛАР в F3/4 в ответ на выигрыш в “лотерею” было ассоциировано с силой позитивного аффекта участника по мнению наблюдателя (члена семьи или близкого друга), но не самого испытуемого [152].

В еще одной работе у студентов обоих полов оценена АЛАР в F3/4 при реакциях на игровые события, влияющие на итоговое вознаграждение: приближающийся монстр, удаляющаяся награда, нейтральные и конфликтные стимулы. Правостороннее смещение АЛАР было ассоциировано с преследованием стимула-награды. Негативные события отражались в левополушарной АЛАР в парах F9/10, F7/8, F3/4, AF3/4 и C3/4. Билатеральное увеличение мощности альфа-ритма отмечалось при пассивном поведении участников [215].

Как видно из обзора выше, в некоторых исследованиях показана связь правосторонней АЛАР с выраженностью мотивации достижения и склонностью к риску в ситуации, в которой риск может привести к увеличению вознаграждения. Также существуют отдельные свидетельства ассоциации между правосторонним смещением АЛАР в момент выигрыша и степенью переживаемого удовольствия.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА И КОГНИТИВНЫЕ ПРОБЫ, ВКЛЮЧАЮЩИЕ КОНТРОЛЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Тот факт, что система подавления поведения задействована в торможении нерелевантных действий [11], указывает на перспективность изучения АЛАР в тестах, требующих контроля автоматических реакций. Например, было показано, что у 71 студента, в основном, женского пола, тренировка с помощью пробы Струпа привела к правостороннему смещению АЛАР, однако только на уровне тренда [200]. Еще в одном исследовании не выявлено достоверных изменений АЛАР в F3/4 [145].

При этом прослеживается зависимость результатов от показателей работы мотивационных систем Дж. Грэя. В исследовании мужчин-студентов с помощью теста Go/No-Go при условии “No-Go”, по сравнению с “Go”, лица с высокой активностью системы подавления поведения показывали левополушарную АЛАР, а с низкой выраженностью показателя – наоборот [270]. У студентов обоих полов с преобладанием активации поведения задача на самоконтроль (написать сочинение без букв А и N) перед записью ЭЭГ была связана с правополушарным смещением АЛАР в AF3/4, F1/2, F3/4, F5/6, F7/8 при просмотре позитивных и негативных изображений. Лица с доминирующей системой подавления поведения показывали различия в обратном направлении [222].

Следует констатировать небольшое число работ в этой области. Не было установлено значимых изменений АЛАР при необходимости торможения нерелевантных реакций. В некоторых работах отмечена роль систем активации/подавления поведения как модераторов связи направления сдвига АЛАР и контроля автоматических действий, однако эти результаты не являются согласованными.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА ПРИ ПРОВОКАЦИИ ГНЕВА И АГРЕССИИ

Существуют подтверждения реакции АЛАР на провокацию гнева с помощью изображений, аудиозаписей или видеосюжетов. В частности, студенты при наблюдении изображений, связанных с расизмом, испытывали гнев и демонстрировали более правополушарную АЛАР, усредненную по F3/4 и F7/8. Однако эффект наблюдался только если перед началом исследования акцентировалась важность противостояния расовым предрассудкам [106]. Еще в одном исследовании в ряде лобных отведений отмечены тренды в сторону правополушарной АЛАР для фотографий, вызывающих гнев, и АЛАР как таковая (достоверное различие в показателях правого и левого отведения) отмечена только для этих изображений

[98]. У студентов, прослушивавших запись (якобы для эфира университетского радио) с обоснованием повышения платы за обучение, АЛАР в F3/4 (в F7/8 и FC3/4 на уровне тренда) была значительно более правополушарной, если участников уведомяли, что против этого решения можно протестовать, подписав петицию. Также у этих испытуемых после прослушивания аудиозаписи отмечено правополушарное смещение АЛАР в F3/4, которое было предиктором субъективной силы гнева, подписания петиции и количества петиций, которые участники взяли с собой для распространения [109]. У 75 футболистов, воображавших сценарии, провоцирующие гнев или страх, АЛАР в альфа-1 полосе при условии гнева была смещена вправо, а в контрольном сценарии и сценарии страха, связанном с избеганием, влево. В альфа-2 диапазоне индукция гнева характеризовалась более правополушарной АЛАР, чем провокация страха, если обе эмоции рассматривались в контексте избегающего поведения [273]. У семилетних детей с фоновой правополушарной АЛАР в F3/4 более выражен эмоциональный ответ при просмотре видеозаписи, провоцирующей гнев [205]. В интересной работе Sikka et al. [242] преобладание альфа-активности в правом полушарии за несколько минут до принудительного пробуждения было связано с выраженностью эмоций гнева во сне по данным самоотчета.

При этом в значительном количестве исследований получены нулевые или противоречащие гипотезе результаты. В группе 48 студентов, преимущественно женщин, провокация гнева с помощью подобранных изображений не влияла на АЛАР [204]. То же относится к исследованиям с большими [98] и более сбалансированными по половому соотношению [4, 76] группами испытуемых. В похожей выборке эффективная процедура провокации гнева, включающая просмотр видеофрагмента и описание случая из жизни, приводила к меньшему снижению мощности альфа-ритма в F3, чем индуцирование радости [275]. В еще одном исследовании студентов видеозапись, вызывавшая гнев, отражалась на смещении АЛАР влево, даже по сравнению с провокацией страха [285, 286].

Неоднозначные результаты могут свидетельствовать о существовании скрытых переменных-модераторов, в первую очередь, определенных черт личности. Например, в группе из 62 студентов правополушарное смещение АЛАР в F3/4 в ответ на звуковые стимулы, связанные с агрессией, было ассоциировано с антагонизмом как патологической личностной чертой [182]. В исследовании Harmon-Jones [98] предикторами различий в силе правополушарного смещения АЛАР при провокации гнева были АЛАР при наблюдении нейтральных изображений и диспозиционная агрессивность. Также было показано, что оценка активации поведения связана с правопо-

лушарной АЛАР при восприятии стимулов, провоцирующих гнев [76].

Еще одна линия исследований – использование фрустрирующих задач. Было отмечено правополушарное изменение АЛАР в F7/8 у студентов, которые должны были быстро разобраться в непонятном узкоспециальном тексте, что подавалось экспериментатором как простое задание. Эффект наблюдался только у испытуемых с высокой самооценкой [160]. Grissmann et al. [85] сообщают о правополушарном смещении АЛАР в альфа-1 и -2 полосах в F3/4 и FC1/2 у взрослых людей в ситуации, когда интерфейс поворота букв реагировал на нажатие кнопки непредсказуемым образом. В контексте индивидуального развития выраженность реакций гнева на ограничение движения рук у 105 детей в 4 мес. не была связана с фоновой АЛАР (6–9 Гц в F3/4), измеренной в 9 мес. при наблюдении зрительного стимула [112].

Целый ряд работ посвящен проблемному социальному взаимодействию, включая критику и отвержение. У студентов мужского пола, написавших эссе о важной социальной проблеме, в группе получивших негативный отзыв (в сравнении с нейтральным) была более выражена правополушарная АЛАР в F7/8 после чтения обратной связи при учете исходного уровня АЛАР. Также в этой группе правосторонняя АЛАР в F7/8 была значимо связана с уровнем субъективного гнева и с тенденцией подготовиться для другого испытуемого более неприятный на вкус коктейль [108]. В работе Harmon-Jones et al. [110] 65 студентов написали эссе за или против повышения оплаты обучения в институте, а затем получили для оценки эссе о жизни с рассеянным склерозом, якобы от партнера по исследованию. Далее участники получили письменную обратную связь по своему эссе от “партнера”. Правополушарный сдвиг АЛАР в F7/8 был отмечен только в случае, если обратная связь была негативной, и испытуемого просили воспринимать эссе “партнера” объективно, без сопереживания. Таким образом, сопереживание блокировало естественную реакцию гнева и производило церебральный ответ, аналогичный реакции на нейтральную обратную связь. У пятилетних детей в равном половом соотношении использовалась адаптированная задача. Они должны были выбрать любимое животное, которое комментировал “партнер”. В этом случае АЛАР (6.4–9.6 Гц в F3/4) не опосредовала связь между валентностью обратной связи и выраженностью ответной агрессии [264].

В следующих исследованиях также была использована техника индукции гнева с помощью резко негативной обратной связи на подготовленное эссе. Однако после этого участники приглашались к игре, симулировавшей соревнование в скорости реакции с критиком. Победитель в

каждой попытке имел возможность “наказать” соперника громким неприятным звуком произвольной громкости и длительности, которые и рассматривались как мера агрессии. У 24 студентов, успешно изменивших латерализацию лобного альфа-ритма с помощью ритмичного сокращения левой или правой кисти, сдвиг АЛАР был отмечен в F3/4, F7/8, FC3/4, FT7/8. При сжатии правой руки АЛАР была более правополушарной, а агрессия по отношению к “критику” – сильной [194]. В аналогичном исследовании студентки, подвергшиеся ТМС для активации левой префронтальной коры, продемонстрировали сильную положительную связь между уровнем испытанного гнева и поведенческими метриками агрессии. В группе правосторонней и плацебо-стимуляции эта корреляция не воспроизводилась [120].

В компьютерной игре, моделирующей социальное предпочтение и изоляцию, у 19 студентов значимо смещалась АЛАР в F7/8 в сторону левого полушария, когда “партнеры” переставали бросать им мяч; при честной игре этого не происходило [132]. В другой группе из 40 студентов те, кто испытал отвержение, не отличались от группы честной игры ни по одному из показателей АЛАР. Во время отвержения правополушарная АЛАР в альфа-2-полосе (10.25–12.5 Гц) в F1/2, F3/4, FC1/2, FC3/4 и FC5/6 была положительно связана с выраженностью гнева и отрицательно – с ощущением контроля над ситуацией [193]. Во второй части исследования все испытуемые подвергались отвержению, при этом их уверяли, что другие игроки – реальные люди. Участники предварительно должны были долго и сильно сжимать резиновый мячик правой или левой рукой, что вызывало контралатеральное подавление альфа-ритма. Правополушарное смещение АЛАР в F5/6 и F7/8 при переходе от честной игры к отвержению было больше у сжимавших правую руку. В этой группе выраженность гнева в ответ на отвержение была связана с правосторонней АЛАР в латеральных и лобно-центральных областях [193]. В аналогичной парадигме 10 участников-мужчин в определенный момент начинали отвергаться выбранным ими женским персонажем в пользу другого мужского персонажа. Правосторонняя АЛАР, усредненная по AF3/4, F3/4, F7/8, F5/6, FC5/6, в момент, когда мяч был у женского персонажа, прямо коррелировала с субъективной частотой переживания испытуемыми ревности и гнева и обратно – принятия [107].

В исследовании 127 взрослых добровольцев разного пола показано, что те, кто предварительно подвергся стрессу (сильные выбросы сжатого воздуха в район горла) затем “наказывали” подставных участников за ошибки более сурово. Эффект не зависел от того, был ли по легенде стресс “назначен” испытуемому компьютером или другим человеком. При предупреждении о том, что

сейчас последует выброс воздуха, наблюдалось правостороннее смещение АЛАР в F7/8, сохранявшееся и после воздействия. У не подвергшихся стрессу испытуемых правополушарная АЛАР отрицательно коррелировала с уровнем агрессии, а у испытавших стресс эта связь была положительной [266].

Интересны исследования, так или иначе рассматривающие сдерживаемую агрессию или гнев. В ситуации, когда испытуемые были раздражены человеком ниже их по социальному статусу, склонность к открытому проявлению ими гнева была связана с правосторонним сдвигом АЛАР в паре F3/4 [151]. В еще одном исследовании студентам сообщили, что их ожидает общение с афроамериканцем их пола, что, по мнению авторов, могло не понравиться испытуемым. Во время подготовки записывалась ЭЭГ, а самой встречи не происходило. Левополушарный сдвиг АЛАР был связан с интенсивностью гнева, что было интерпретировано как влияние ситуации запрета на его выражение [287]. Однако у 26 молодых мужчин, разрезавших ножницами изображение фигуры человека (что рассматривалось как табуированное проявление агрессии), не выявлено при этом изменений АЛАР [1].

В большинстве исследований, таким образом, показана связь гнева с правополушарной АЛАР, что является серьезным аргументом в пользу мотивационных гипотез АЛАР, в сравнении с гипотезами эмоциональной валентности. Эффект показан для различных форм провокации гнева и зачастую также связан с субъективными оценками гнева и наблюдаемым агрессивным поведением. Однако существенное влияние на стабильность этих связей могут оказывать индивидуальные психологические различия испытуемых (поскольку у разных людей одна и та же ситуация может вызывать гнев, печаль, страх, беспомощность и другие эмоции). Также стоит заметить, что целый ряд проб индукции гнева не позволяет разделить роль собственно гнева и мотива самопрезентации, так как гневная реакция является одновременно социально желательной и демонстрирует социальную активность, патриотизм, антирасистские установки и др.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА И СОЦИАЛЬНАЯ ТРЕВОЖНОСТЬ

В соответствии с доминирующим пониманием функциональной роли АЛАР, социальная тревожность должна быть ассоциирована с левополушарной АЛАР, поскольку соотносится с поведением избегания и негативными эмоциональными переживаниями. Так, в разнополой группе взрослых испытуемых в ситуации социального стресса (имитация собеседования и решение математических задач в условиях видеосъемки) от-

мечен левополушарный сдвиг АЛАР в F3/4 и F7/8. Интересно, что результаты тестов поведенческих систем приближения и избегания не были связаны с исследуемыми показателями [59]. У молодых женщин АЛАР в зонах Бродмана 9 и 46 сопряжена с преодолением стресса от “собеседования”: правополушарная АЛАР была связана с адаптивным сердечно-сосудистым ответом и большей выраженностью эмоций приближения. Однако эти ассоциации выявлялись только в ситуации социальной угрозы, когда “комиссия” находилась в той же комнате и по завершении речи дала испытуемым негативные отзывы [146]. У 89 молодых мужчин в момент получения ими обратной связи о их личностных особенностях тревожность и социальная желательность влияли на АЛАР в F3/4 только если обратная связь была негативной и публичной (ее могла прочитать женщина, находившаяся в той же комнате). В этом случае тревожность была ассоциирована с левосторонней АЛАР, а социальная желательность — с правосторонней, что объясняется активацией мотива самопрезентации [39].

Студенты мужского пола при прослушивании скрипта, провоцирующего страх публичных выступлений, обнаружили тренд к правостороннему смещению АЛАР по сравнению с фоновой записью. Однако в последние минуты ожидания перед тем, как потребуются сказать речь, АЛАР становилась значимо более левополушарной [119]. Более интровертированные студенты характеризовались левосторонней АЛАР в F3/4 как при подготовке рассказа о смутившем их эпизоде из жизни, так и при просмотре записи аналогичной чужой речи при условии, что героиня видео действительно выглядела смущенно и тревожно [36]. Испытуемые, у которых такая подготовка вызывала левополушарное смещение АЛАР в F3/4, демонстрировали более быстрые реакции на мимику гнева и медленные — на мимику радости в dot-probe task. Результаты были специфичны относительно частотной полосы и локализации электродов [198]. У социально тревожных (по сравнению с нетревожными) 7-летних детей эта проба вызывала снижение мощности альфа-ритма (6–9 Гц) в F4 в момент непосредственно перед тем, как испытуемые должны были начать рассказ. Мощность альфа-ритма в F3 и F4, измеренная на разных этапах выполнения задачи, не различалась в зависимости от уровня социальной тревожности [228]. Студенты, которые в присутствии других людей и при видеосъемке должны были прочесть речь-экспромт на английском, не являвшемся их родным языком, демонстрировали при этом левополушарное смещение АЛАР, по сравнению с фоновыми записями до и после задания. Сдвиги АЛАР и субъективной тревоги в момент начала произнесения речи коррелировали друг с другом [276].

У студентов обоих полов в условиях высокого экзаменационного стресса показано специфичное снижение мощности альфа-ритма на фоновой ЭЭГ в правом верхнелобном квадранте, включающем F4. Однако собственно в паре F3/4 изменений обнаружено не было, а в F7/8 они отмечены на уровне тренда. Левостороннее преобладание альфа-ритма в верхнелобном квадранте также было ассоциировано с более выраженными соматическими симптомами в периоды выраженного стресса [150]. В аналогичной группе после процедуры индукции стресса, включавшей социальный компонент, АЛАР существенно не изменялась вне зависимости от способа ее измерения [209].

У 37 студенток, которым сообщили, что результаты предварительного исследования демонстрируют их расовые предрассудки, отмечено левостороннее изменение АЛАР, связанное с выраженностью чувства вины. Однако после этого при просмотре заголовков статей у участниц наблюдался противоположный сдвиг АЛАР вне зависимости от того, были ли это антирасистские или нейтральные статьи. Результаты интерпретируются авторами как следствие социальной динамики чувства вины, исходно провоцирующей поведение избегания, а затем — приближения. При этом правополушарная АЛАР во время чтения заголовка статьи о расовых предрассудках коррелировала с выраженностью желания прочесть саму статью [10].

Что касается личностных характеристик социальной тревожности и активности, в разнополой группе из 31 молодого взрослого человека правополушарная АЛАР, усредненная по Fp1/2, F3/4, F7/8, FC1/2 и FC5/6, положительно коррелировала не только с уровнем эмоционального интеллекта, но также с социальной активностью и самоконтролем [168]. По другим данным, показатель АЛАР у женщин-студенток не был связан с социальной тревожностью [101]. При сравнении небольших групп студенток показан тренд к более правополушарной АЛАР альфа-1-полосы в F3/4 у социально активных участниц. Стеснительность не была ассоциирована с АЛАР [227]. У студентов мужского пола правополушарная АЛАР во время подготовки к произнесению речи связана с самооценкой компетентности в публичных выступлениях [119].

У 37 семилетних детей правополушарная АЛАР в F3/4 в покое была положительно связана с материнскими оценками социальной активности ребенка и менее выраженными признаками смущения при необходимости рассказать на камеру о своем дне рождения [205]. У 48 детей в возрасте 4–6 лет правополушарная АЛАР (6–8 Гц) в F3/4 при наблюдении визуальных стимулов (аналог фоновой записи) положительно коррелиро-

вала с социальной компетентностью. Асимметрия уникальной части сигналов ЭЭГ демонстрировала более выраженную связь с социальной компетентностью, а также — значимые отрицательные связи с социальной тревожностью по оценкам матери и социальной зажатостью по результатам наблюдения [74]. В лонгитюдном исследовании 9-месячных детей в подгруппе с правополушарной АЛАР (6–9 Гц в F3/4) оценки негативной реактивности были связаны с развитием социальной настроенности к 4 годам [114].

В рассмотренных выше исследованиях прослеживается общая тенденция, состоящая в левополушарном смещении АЛАР в ситуациях, провоцирующих социальную тревогу. Зачастую это изменение происходит непосредственно перед началом проблемного социального взаимодействия и более выражено у интровертированных людей и в задачах, в которых испытуемые чувствуют свою некомпетентность. Правополушарная АЛАР, напротив, достаточно надежно связана с уровнем социальной активности участников.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА ПРИ ВОСПРИЯТИИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИИ МИМИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ

Выражение лица — главный источник визуальной информации о эмоциональном состоянии человека. Восприятие мимики других людей, произвольная и произвольная собственная экспрессия, таким образом, могут оказывать различное влияние на показатели АЛАР. Известно, что у молодых людей наблюдение мимики радости, по сравнению с другими базовыми эмоциями, увеличивало мощность альфа-ритма в F4 и смещало АЛАР в F3/4. Усиление альфа-ритма в F3 отмечено в ответ на экспрессию гнева, страха и удивления, но не печали, возможно, в связи с низкой интенсивностью этой эмоции. Эти результаты указывают на то, что валентность не содержит всей информации, нужной для предсказания латеральности лобного коркового ответа [13, 15]. Маскированное предьявление портретов с соответствующей мимикой вызывало избирательное снижение мощности альфа-ритма в F4 и повышение лобной когерентности в альфа-диапазоне [14]. В группе женщин-студенток с низким уровнем нейротизма просмотр фотографий с выражением радости при инструкции сопереживать эмоциям модели был ассоциирован с левополушарной АЛАР в F3/4 [78]. У подростков обоих полов правополушарная АЛАР в F3/4, F7/8 и Fp1/2 была положительно связана с оценкой испытуемыми эмоциональной валентности видео с мимикой страха [176]. Еще в одной разнополой группе студентов наблюдение фотопортретов с экспрессией гнева, страха, радости или печали не вызвало сдвига АЛАР [16].

Интересно, что у студентов женского пола левосторонняя фоновая АЛАР в F3/4 как в альфа-1, так и в альфа-2 полосе была связана со способностью определять эмоциональное состояние модели по фотографии зоны глаз. Тренды в этом направлении отмечены также для пар Fp1/2 и F7/8 [218].

У 44 студентов женского пола с правополушарной фоновой АЛАР, усредненной по F3/4 и F7/8, не выявлено предвзятости внимания в отношении изображений лиц с мимикой гнева. При левосторонней АЛАР и при условии наличия 1-секундной задержки между предъявлением лица и целевого стимула были возможны как “предпочтение”, так и “избегание” таких фотографий в зависимости от мощности альфа-ритма в правой теменной области [83]. В другой группе студентов преимущественно женского пола правополушарная АЛАР в F3/4 в покое была связана с повышенным вниманием к фотографиям лиц, выражающих гнев [172]. Однако у испытуемых в возрасте 20–28 лет в равном половом соотношении не обнаружено связи АЛАР и перцептивного “предпочтения” лиц, выражающих эмоции радости или гнева, в dot-probe task [235].

У взрослых людей при наблюдении ими коротких видео, демонстрирующих экспрессию гнева, отмечена более правополушарная АЛАР в F7/8 и, на уровне тренда, в F3/4, по сравнению с экспрессией боли. Правосторонняя АЛАР в ответ на мимику боли отрицательно коррелировала с эмпатической заинтересованностью в других людях. У 8-месячных детей АЛАР (6–9 Гц), напротив, была более правополушарной для видео с мимикой боли. Авторы предполагают, что в 8 мес. выражение боли другого человека рассматривается не как негативное, а как интересное и заслуживающее внимания [174]. Дети 8 мес. реагируют на видео со схематичной экспрессией страха левополушарной АЛАР (4–8 Гц в F3/4), если изображение показано в правильной ориентации (не перевернуто); в ответ на мимику радости АЛАР не отмечается. В 4 мес. подобные различия еще не воспроизводятся [175]. У детей 5–7 лет АЛАР (8–12 Гц в FC5/6) не связана с отвлекающим влиянием эмоционального фотопортрета во время простого когнитивного теста [244].

Показано влияние не только эмоциональной мимики, но и направления взгляда стимульного лица. У 23 студенток отмечена правополушарная АЛАР в F3/4 в ответ на лица с взглядом прямо на испытуемых, по сравнению со скошенным вбок. Однако результат воспроизводился только при наблюдении живой модели через мерцающую ширму (а не фотографии) и только для моделей женского пола [203]. В разнополой группе из 15 участников 20–40 лет показаны аналогичные закономерности, за исключением влияния пола

модели [117]. Однако в группе интровертированных студентов отмечено левостороннее изменение АЛАР в F3/4 при наблюдении лица модели, “смотрящего” прямо на испытуемого [263]. По данным еще одного исследования, АЛАР в F3/4 и F7/8 у студентов женского пола не изменялась в зависимости от направления взгляда женщины-модели и наличия социальной улыбки. Фоновая АЛАР при этом была прямо связана с латерализацией изменения АЛАР в ответ на прямой взгляд модели [202].

АЛАР также, вероятно, отражает и обработку других аспектов информации о стимульных лицах, если они являются эмоционально значимыми. У студентов европеоидной расы в dot-probe парадигме для выявления расовых предрассудков правополушарная АЛАР в паре F7/8 была связана с большими различиями в амплитуде компонента P2 между потенциалом в ответ на фотографии лица европеоидной или экваториальной расы [9].

У 36 молодых испытуемых, в основном женщин, при позировании эмоций, отражающих тенденцию приближения (радость и гнев), и искусственных выражений лица, не связанных с эмоциями, отмечена правополушарная АЛАР при использовании объединенного ушного референса. Для экспрессии, связанной с избеганием (печаль, страх и отвращение), практически для всех отведений и монтажей фиксировалась левосторонняя АЛАР. Сравнения показали левополушарное смещение АЛАР для эмоций избегания, в сравнении с эмоциями приближения и контрольной мимикой, в F3/4, F7/8, FFC1/2 во всех монтажах. Интересно, что значительная часть участников при позировании отметила реакции, конгруэнтные изображаемым эмоциям [34, 35]. Фоновая правополушарная АЛАР в тех же отведениях была ассоциирована с большей вероятностью возникновения и интенсивностью переживания гнева, отвращения и радости [34]. При позировании решительной мимики испытуемые характеризуются более правополушарной АЛАР в F3/4 по сравнению с удовлетворенной и, на уровне тренда, нейтральной экспрессией [208]. У студентов, показавших хорошую способность к разделному управлению мимическими мышцами, воспроизведенная ими “дюшенновская” улыбка (и губами, и глазами) отличается от других видов улыбки меньшей мощностью альфа-ритма в T3/4 [60].

Естественно возникающая в ответ на эмоциональные видеозаписи счастливая мимика, по сравнению с выражением отвращения, сопоставилась у взрослых женщин более правополушарной АЛАР специфично в F3/4 и T3/4 вне зависимости от субъективной оценки видеосрывков [46]. В похожем исследовании испытуемые в моменты возникновения формальной улыбки

(только губами), по сравнению с состоянием покоя, демонстрировали снижение мощности альфа-ритма в F4 и T4. Фрагменты с “дюшенновской” улыбкой отличались от участков ЭЭГ во время других видов улыбки менее выраженным альфа-ритмом в T3 [61].

Для 10-месячных девочек в моменты “дюшенновской” улыбки, которая чаще предназначалась матери, наблюдалась меньшая мощность ЭЭГ в полосе 3–12 Гц слева избирательно в F3/F4, по сравнению с формальной улыбкой, чаще адресованной незнакомцу. Если печальное или гневное выражение лица сопровождалось плачем, у детей регистрировалось снижение мощности в полосе 3–12 Гц в F4 [70]. У двухлетних детей АЛАР в 6–9 Гц в F3/4 была смещена влево в моменты, когда их выражение лица могло быть точно определено как печальное. На качественном уровне также отмечена правополушарная АЛАР в сегментах ЭЭГ, записанных у детей с гневной мимикой [51].

Исследования восприятия статичных фотографий эмоциональной экспрессии дают несогласованные результаты и в целом не соотносятся с гипотетической латерализацией представительства эмоций в префронтальной коре. Это может подтверждать тезис Р. Дэвидсона [45] о принципиальном различии процессов восприятия чужих и переживания собственных эмоций. Данные, полученные при демонстрации видеофрагментов, видятся недостаточными для формулирования выводов. При этом интерес представляют сравнения АЛАР в ответ на прямой и отведенный в сторону взгляд в зависимости от соотношения пола испытуемых и моделей и личностных характеристик участников. Эксперименты с позированием эмоций в целом показывают связь право-/левополушарной АЛАР с эмоциями приближения / избегания, соответственно. Различия в асимметрии альфа-ритма при искренней, “дюшенновской”, и произвольной улыбке, хотя отмечаются и в лобных отведениях, более характерны для височной доли.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА ПРИ ВОСПРИЯТИИ ДРУГИХ ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ

Не менее популярная линия исследований использует в качестве стимулов изображения и видеофрагменты, не содержащие эмоциональной мимики, но, тем не менее, эффективно вызывающих определенные эмоциональные состояния. Также в этом разделе рассматривается влияние обонятельных и звуковых стимулов, включая музыкальные, и отдельно выносятся результаты, полученные на детях первых лет жизни.

В одном из исследований 128-канальная ЭЭГ 9 юношей-студентов не показала каких-либо изменений мощности лобного альфа-ритма в связи

с валентностью просматриваемых стимулов из международной системы эмоциональных изображений (IAPS) [179]. В другом – у студентов обоих полов просмотр неприятных фотографий сопровождался большей мощностью лобного альфа-ритма в обоих полушариях [191]. В группе студентов с преобладанием женщин негативные изображения из IAPS, в сравнении с позитивными, вызывали более выраженное снижение интенсивности альфа-ритма в правом полушарии, однако этот эффект сильнее проявлялся в теменных и височных областях, чем в лобных [124]. Также и по другим данным, у молодых испытуемых АЛАР не различалась в зависимости от валентности фотографий из IAPS [3, 84, 222]. Однако левосторонняя АЛАР в покое была связана с более негативной оценкой изображений из негативной и нейтральной групп [3].

В еще одном исследовании студентов, преимущественно женского пола, предъявление фотографий, провоцирующих мотивацию приближения в позитивном и негативном (гнев) эмоциональном контексте, а также мотивацию избегания, не отличалось по вызванной АЛАР в F7/8 от демонстрации нейтральных изображений [204]. В аналогичной группе участники с левополушарной АЛАР в F3/4 характеризовались сходными реакциями на стимулы различной валентности, а с правополушарной – смещением АЛАР вправо и более выраженным P300 в ответ на негативные изображения [250].

По данным ЭЭГ и функциональной спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне, у 21 взрослого испытуемого, наблюдавших стимулы из IAPS, активность правого полушария в ответ на негативные изображения была значительно выше, чем на позитивные; эффект локализовался в зонах Бродманна 9 и 10. Различий в асимметрии активности мозга для степени яркости вызываемых эмоций и для сочетания валентности и силы эмоций обнаружено не было [17]. У 47 добровольцев в возрасте 57–60 лет правополушарная АЛАР в Fp1/2 и FC3/4 была обратно связана с амплитудой мышечных реакций на неожиданный звук, следовавший после (но не во время) негативного изображения из IAPS [126].

В группе из 165 женщин в возрасте 18–59 лет просмотр фильма, провоцирующего яркие негативные эмоции, сопровождался смещением АЛАР в F3/4 влево, по сравнению с фоновой записью ЭЭГ [184]. Аналогичной группе участниц без недавнего травмирующего опыта было предъявлено видео со сценами страдания и смерти людей, что вызвало левосторонний сдвиг АЛАР в F3/4, устранявшийся по окончании фильма. Выраженная левосторонняя АЛАР соответствовала ухудшению настроения после просмотра и легким посттравматическим реакциям в течение следующей недели. При исходно правополушар-

ной АЛАР в F3/4 и F7/8 ее изменение в ответ на фильм было более выраженным [189]. У 24 студентов женского пола выявлена более правополушарная АЛАР для видео, вызывавшего эмоцию радости, в сравнении с индуцировавшими различные негативные эмоции [129].

У студентов просмотр видеозаписи, вызывавшей нежность, приводил к смещению АЛАР вправо, а гнев — влево. В F3/4 фрагменты для эмоции нежности, в сравнении с удовольствием, были ассоциированы с более мощным альфа-ритмом в правом полушарии. Гнев соответствовал меньшей интенсивности правополушарного альфа-ритма, чем страх, при сопоставимой мощности в альфа-полосе слева [285, 286]. Провокация ощущения межличностной теплоты с помощью демонстрации специального видео не влияла на показатели АЛАР [236].

У женщин в возрасте 17–41 год АЛАР в покое была ассоциирована с выраженностью эмоций, вызванных подобранными видеофрагментами. Левополушарная АЛАР в F3/4 не была связана с фоновым настроением, но сопутствовала более негативной реакции на просмотренные отрывки. На уровне отдельных эмоций обнаружена связь с интенсивностью страха и тренд для отвращения [257]. По Nagemann et al. [86], правая лобная фронтальная активность связана с интенсивностью, а не с валентностью эмоционального ответа на видеосюжет. В исследовании авторов правополушарная АЛАР в Fp1/2 негативно коррелировала с реактивностью в отношении позитивных эмоций, что противоречит стандартному пониманию эмоциональной роли биомаркера. Среди студентов женского пола у участниц с устойчивым показателем АЛАР правостороннее доминирование альфа-ритма в F3/4 было прямо связано с выраженностью позитивных переживаний в ответ на приятные отрывки и обратно — с силой негативных переживаний для неприятных видео. Эффект был топографически специфичным [280]. У молодых испытуемых, в основном женщин, паттерн изменения ЭЭГ при просмотре эмоциональных видео соответствовал гипотезе мотивационной направленности: правополушарная АЛАР в F3/4 для эмоций приближения и левополушарная — для эмоций избегания, но только при условии фоновой правополушарной АЛАР [155].

В двух исследованиях с общей выборкой в 136 студентов, в основном женского пола, АЛАР в F3/4 и FC3/4 при просмотре видео, вызывающих негативные эмоции, не отличалась от фоновой. Изменения АЛАР при демонстрации фильмов не коррелировали с эмоциональным ответом испытуемых. Однако правополушарная АЛАР в момент наблюдения сцен геноцида была связана с последующей более сильной ориентировочной реакцией на нейтральные кадры из этого фильма

[165]. В аналогичной группе из 66 человек видео, индуцировавшие нейтральное состояние, печаль и страх, производили одинаковый эффект — увеличение мощности альфа-ритма избирательно в F4. Меньшая мощность альфа-ритма в F3 и F4 была связана с меньшими показателями печали и тревоги после просмотра видео, однако эти эффекты были строго симметричными [55]. В работе на материале 30 добровольцев, преимущественно мужского пола, отрывки фильмов, провоцирующих счастье, радость, гнев, отвращение, страх/тревогу и печаль, сопровождалась множественными изменениями асимметрии ЭЭГ, но не для альфа-ритма во фронтальной области [4].

Отдельно рассмотрим данные по некоторым специфичным категориям стимулов. Правополушарная АЛАР, усредненная в AF3/4, F3/4, F5/6, F7/8, у праворуких женщин-студенток во время наблюдения фотографий десертов была выше, чем для нейтральных слайдов, только у испытуемых, которые особенно любят сладкое или сравнительно давно ели [75]. При решении специальной когнитивной задачи после просмотра изображений десертов участники продемонстрировали сужения фокуса внимания, степень которого была связана с правополушарной АЛАР при предъявлении фотографий сладостей. Время с момента последнего приема пищи до начала исследования избирательно коррелировало с правополушарной АЛАР в альфа-1-полосе в зоне FC, а на уровне тренда — и в F [102]. Интересно, что студенты обоих полов показывают правополушарную АЛАР (усредненную по парам F3/4, F7/8, FC3/4) при виде сладостей только когда сидят, наклонившись вперед, а не откинувшись в кресле [104]. Стоит добавить, что ценность пищевого подкрепления связана с правосторонней АЛАР, а выраженность ограничительного пищевого поведения — с левосторонней [281].

У студентов левополушарная АЛАР в F3/4 была связана с силой сопереживания, эмоций печали и дискомфорта при просмотре изображений бедствующих детей, но не с желанием оказать волонтерскую помощь [261]. В группе студентов женского пола правополушарная АЛАР, усредненная по 8 парам отведений, была положительно связана с размером пожертвования в благотворительный фонд после просмотра видео, описывавшего трудности жизни детей в Бангладеш [122].

Просмотр студентами сексуально окрашенного видео, в сравнении с нейтральным, вызывал левостороннее смещение АЛАР в F3/4, F7/8 и Fp1/2. Уровень психического сексуального возбуждения испытуемых никак не был связан с АЛАР [206]. У гетеросексуальных студентов мужского пола отмечен правополушарный сдвиг АЛАР в окне 0.35–1.35 с после стимула в ответ на эротические изображения, но не на аналогичные

по показателям валентности и эмоциональной насыщенности спортивные. Однако сходная реакция наблюдалась и для фотографий людей, занятых повседневными делами [234].

По данным небольшой группы студентов, наблюдение на фотографиях красивых моделей было ассоциировано с выраженным правополушарным преобладанием альфа-ритма в паре F5/6, а некрасивых — с левополушарным [31]. Приятные рекламные ролики сопровождались большей левосторонней (F1) плотностью спектра в альфа-полосе, чем неприятные. Однако в корреляционном анализе левосторонняя синхронизация альфа-ритма, напротив, была негативно связана с приятностью изображения. Несогласованность результатов могла быть связана с тем, что ролики оценивались ретроспективно, а также с процедурой их отбора для оценки [265]. У молодых людей просмотр видео, которым они захотели бы поделиться в социальных сетях, был связан со смещением влево АЛАР в F3/4. Авторы рассматривают вирусное распространение видео в контексте мотивации избегания — как способ предотвращения социальной изоляции [64]. Правополушарная АЛАР в F7/8 оказалась ассоциированной со скоростью понимания сути шутки, но не с интенсивностью удовольствия от юмора [187].

В еще одном исследовании 24 участника в возрасте 19–36 лет в равном половом соотношении приняли участие в прогулке по парку в виртуальной реальности. При этом стимулы внешней среды и тестовые задания были направлены на провокацию печали. После такой интервенции алгоритм LORETA показал снижение мощности альфа-ритма в правой нижней лобной извилине [216]. Индукция межличностной теплоты с помощью личных воспоминаний приводила к снижению мощности левополушарного лобного альфа-1-ритма, по сравнению с фоновой записью. Это снижение коррелировало с субъективной интенсивностью эмоции [236]. Экспериментальное индуцирование тревоги с помощью гипноза, по данным LORETA, привело к правостороннему смещению бета-2 активности, которая может упрощенно рассматриваться как антипод альфа-ритма, на лобном полюсе [125]. У гипнабельных испытуемых, которым было внушено обезболивание, в условиях болевой стимуляции отмечалась левосторонняя асимметрия альфа-ритма, однако она не была специфична ни в частотном, ни в топографическом отношении [54]. На негативные стимулы, предъявляемые во сне, испытуемые реагировали левополушарным смещением АЛАР. Эффект не зависел от фазы сна и не отмечен для других полос ЭЭГ [65]. В интересном пилотном эксперименте [8] у 6 испытуемых, у которых были сформированы ассоциации пяти стимулов с различной выраженностью эмоции радости, отмечены соответствующие показатели лобной асимметрии альфа-

ритма в F3 + 7/4 + 8. Этого не наблюдалось у 3 участников, у которых не удалось вызвать устойчивые ассоциации.

У испытуемых в возрасте 18–28 лет приятные аудиальные стимулы были связаны с более мощным альфа-ритмом справа в парах Fp1/2, F3/4, а неприятные — слева в паре Fp1/2 [57]. В кроссовер-исследовании 48 испытуемых в равном половом соотношении не показали корреляций АЛАР в F3/4 с валентностью прослушанных эмоциональных звуков [167]. В последующей работе [166] с теми же стимулами во всех подгруппах и при всех условиях АЛАР была правополушарной. Однако сильнее эта латерализация была выражена для положительно окрашенных аудиофрагментов у мужчин, получивших инструкцию сконцентрироваться на действиях, которые нужно предпринять при подобных звуках. Данный результат поддерживает идею о том, что АЛАР свойственна эмоциональным ситуациям, но определяется мотивационным аспектом. В еще одном исследовании студентам бинаурально предъявлялись пары слов так, что осознанно воспринималось только одно слово из пары. В случае, когда осознавалось эмоциональное слово, вне зависимости от его валентности, АЛАР смещалась вправо, а при подсознательном восприятии эмоциональных слов — влево. Обнаружен тренд к большему подавлению альфа-ритма в F3 в ответ на позитивные, а в F4 — на негативные неосознаваемые слова [279].

80 студентов обоих полов прослушивали фрагменты записи смеха и рыданий, по данным независимой выборки, достоверно вызывающие целевые эмоции. Участники с фоновой левополушарной АЛАР в F7/8 не изменяли ее в ответ на звуковые стимулы. У лиц с правосторонней АЛАР показатель смещался в сторону правого полушария для радостного стимула, а для грустного — влево, при последующем нейтральном стимуле наблюдался частичный возврат к исходным значениям [185]. Результаты участников подгруппы правосторонней АЛАР хорошо соотносятся с представлениями Р. Дэвидсона об оптимальном эмоциональном стиле (гибкость и быстрое восстановление после негативных воздействий). В еще одном исследовании звуки ликования и паники группы людей вызывали лево- или правополушарный сдвиг АЛАР в F3/4 в зависимости от компетентности в распознавании и регуляции эмоций [183]. В разнополой группе студентов правополушарная АЛАР в F3/4 в ответ на невербальные звуковые стимулы, связанные с агрессией, была ассоциирована с патологическим негативизмом, а левополушарная при восприятии безутешного плача — с отрешенностью [182].

Яркость эмоционального состояния после прослушивания первой части 5-й симфонии Бетховена была ассоциирована со снижением лобной

мощности в альфа-1-полосе в правом полушарии. Авторы отнесли этот результат на счет тревожной реакции на неожиданные гармонические движения [169]. В другом исследовании у студентов обоих полов мощность лобного альфа-ритма билатерально была обратно связана с интенсивностью эмоций от музыкального отрывка, а правополушарная АЛАР — с их позитивной валентностью [229]. Прослушивание музыкальной темы в разных ладах и темпах показало, что натуральный мажорный лад ассоциирован с более радостными и спокойными ощущениями и правосторонней АЛАР, в сравнении с натуральным минорным и локрийским (наиболее тревожно и мрачно звучащий лад из минорной группы). Высокий темп был связан с эмоциями радости и гнева и с правополушарной АЛАР [260]. Показано, что приятные, гармоничные классические произведения, по сравнению с отрывком, провоцирующим страх, вызывают левополушарную метаболическую активацию в верхней височной области, а на ЭЭГ формируется сеть когерентных внутриволушарных связей вокруг левых височных отведений [66]. Правосторонняя АЛАР, усредненная по 9 парам лобных и лобно-центральных электродов, в записи ЭЭГ покоя при закрытых глазах соответствовала более позитивной оценке эмоций, передаваемых инструментальными композициями, и собственной реакции, особенно на отрывок, определенный как негативный [224]. Однако в некоторых исследованиях получены нулевые результаты. У 30 студентов АЛАР не отличалась при прослушивании эмоциональной музыки с различной нормативной валентностью [28]. Также изменение музыкальных отрывков, сделавшее их более диссонансными, не сказалось на показателях АЛАР студентов обоих полов [220].

У здоровых студентов 18–28 лет с левосторонней АЛАР в F7/8 выраженность асимметрии снижалась при стимуляции приятными одорантами (ванилин, фенилэтиламин и лимонное эфирное масло). У участников с правосторонней АЛАР ее показатели не изменились [278]. В группе из 49 женщин в возрасте 58–70 лет показано, что приятный запах (ваниль) способствует избирательному снижению мощности альфа-ритма в левых лобных отведениях (Fp1, F3, F7), а неприятный (валериана) не отличается по этому параметру от нейтрального (вода) [143]. У четверых молодых мужчин не отмечено межполушарных различий в вызванных реакциях ЭЭГ на презентацию приятного и неприятного одоранта [21], однако выборка данного исследования вряд ли обеспечила достаточную статистическую мощность.

Завершая главу, рассмотрим данные, полученные на материале младенцев и детей. Fox, Davidson [71] утверждают, что межполушарная асимметрия ответов на приятные/неприятные стимулы обнаруживается уже в первые дни жизни.

Однако детальные результаты этой работы вызывают вопросы о их специфичности относительно как отведения, так и частотной полосы. Кроме того, у восьмимесячных детей АЛАР не изменялась в ответ на зрительные и слуховые стимулы, указывающие на опасность, в сравнении с нейтральными [156]. Правополушарная АЛАР (4–8 Гц) в ответ на музыкальные фрагменты, отмечалась начиная с 12 мес. При этом отрывки, гипотетически ассоциированные с разными эмоциями, не отличались друг от друга по вызываемой АЛАР [230].

С другой стороны, среди 80 6-месячных детей подгруппа с левополушарной АЛАР в Fp1/2 характеризовалась большей выраженностью эмоции печали при приближении незнакомца по сравнению с группой симметрии [23]. В 12–14 мес. дети, которые начинали плакать, если видели, как мать уходит от них, отличались большей мощностью альфа-ритма (6–9 Гц) специфично в F3 в состоянии покоя [47, 68]. Однако в 2 года различий АЛАР между группами не наблюдалось [68]. У 21 ребенка в возрасте 1 год 9 мес. при покидании матерью отмечено билатеральное снижение мощности лобного альфа-ритма [51]. У 10 пятилетних детей, принадлежащих к этническим меньшинствам, просмотр “комикса” о радостной, грустной или страшной ситуации, а также финалов, закрывавших эти ситуации, был ассоциирован с правополушарной АЛАР. Для “комикса”, связанного с гневом, и фоновой записи (нейтральный зрительный стимул) достоверной асимметрии обнаружено не было [199]. Для 128 детей 6–10 лет уровень удовольствия (оцененный наблюдателями) от возможности напугать родителя коробкой, из которой неожиданно вылетает игрушка, был связан с правополушарной АЛАР в F7/8 [153]. Таким образом, у новорожденных и детей более вероятна связь АЛАР с предрасположенностью к определенным эмоциональным реакциям, чем ее изменение в ответ на те или иные эмоциональные стимулы.

Резюмируя раздел, стоит заметить, что изменения АЛАР в ответ на эмоциональные стимулы и взаимодействия фоновой АЛАР и эмоционального ответа зачастую не соответствуют ни эмоциональной, ни мотивационной гипотезе. Особенно несогласованность результатов выражена для наблюдения статичных изображений. В случае видеофрагментов, напротив, значительная часть исследований демонстрирует предсказуемые связи АЛАР с эмоциональными реакциями. Правополушарная АЛАР характерна для наблюдения изображений сладостей, особенно у лиц, склонных к их употреблению. При исследовании более сложных стимулов результаты, в основном, оказались согласованными с гипотезой валентности.

Для звуковых стимулов результаты видятся неоднозначными, и, по крайней мере, для социаль-

ных звуков изменение АЛАР, связанное с их прослушиванием, вероятно, модулируется рядом личностных характеристик. В случае музыкальных отрывков большинство исследователей обнаружили связь позитивной валентности и правосторонней АЛАР. Возможно, для стимуляции приятными одорантами характерно подавление левостороннего лобного альфа-ритма, однако требуются дополнительные исследования вопроса. У новорожденных и детей в большинстве исследований не выявлено различий АЛАР при предъявлении им позитивных и негативных стимулов, однако сила реакций на естественные значимые события (например, временное покидание матерью) может быть связана с фоновой АЛАР.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ

Помимо констатации изменения АЛАР в эмоционально значимых ситуациях, прояснение психофизиологического значения маркера требует установления количественных связей между АЛАР и реакций испытуемых на эти ситуации. Ниже будут рассмотрены публикации, включающие описания таких ассоциаций.

У студентов женского пола размышления, провоцирующие страх, сопровождались левополушарной, а радость и печаль — правополушарной АЛАР в F3/4 [5]. Показатель АЛАР был сопоставим при воображении исполнения сильных желаний и сцен с близкими людьми. Однако субъективный уровень нетерпеливого ожидания был связан с более интенсивным правополушарным альфа-ритмом, а теплоты и мягкости — с левополушарным [268]. В еще одном исследовании студенты должны были вспомнить ситуацию, в которой имели власть над другим человеком или ту, в которой они были в подчиненном положении. Первая группа во время выполнения задания характеризовалась смещенной вправо АЛАР во всех лобных парах (F3/4, F5/6, AF3/4), но не в центрально-теменном регионе. Авторы указывают, что социальная власть связана со средой, предоставляющей свободный выбор и обогащенной вознаграждениями [20]. В группе из 93 мужчин АЛАР в F3/4 смещалась влево при воображении сюжета, активирующего систему подавления поведения (по сравнению с сюжетом для системы бегства, борьбы и замирания и с нейтральным). Субъективная выраженность панических переживаний, как, впрочем, и тенденций системы приближения, при этом коррелировала со степенью правостороннего сдвига АЛАР [269]. Однако испытуемые, инструктированные размышлять о том, что их беспокоит и нервирует, демонстрировали увеличение мощности бета-ритма в левом полушарии, но не изменяли АЛАР [25]. Также и у

20 молодых людей обоих полов воспоминания, связанные с чувствами счастья и гнева, не производили смещения АЛАР в F3/4 [145].

Далее рассмотрим несколько исследований негативного эмоционального состояния испытуемых без обращения к воображению или воспоминаниям. У 20 добровольцев была записана ЭЭГ во время простой компьютерной игры, которая или всегда управлялась правильным образом, или предполагала игнорирование 15% команд игрока. АЛАР в F3/4 была связана с выраженностью ощущения контроля над игрой, в Fc1/2 — с ней же, а также с положительной валентностью эмоций и их низкой интенсивностью, а в Fp1/2 — с тем, корректно ли работало управление [212]. В тесте, моделирующем кражу и дознание, испытуемые были склонны реагировать на “украденный” ими предмет смещением влево АЛАР в F3/4 на отрезке в 2 с после предъявления стимула [158]. В ходе выполнения когнитивной задачи при нарастающем уровне внешнего стресса фоновая АЛАР участников не была связана с поведенческими показателями. Однако правосторонняя АЛАР при максимальном стрессе (периодические сильные удары током) была специфично ассоциирована со слабой ориентировочной реакцией на громкий белый шум, большей чувствительностью системы активации поведения к вознаграждению и меньшей субъективной оценкой неприятности процедуры [82].

У студентов колледжей-интернатов 1 курса правосторонняя АЛАР в F5/6 и F7/8 была ассоциирована со степенью дискомфорта из-за покидания родительского дома, однако у тех же студентов на 2 курсе АЛАР не показывала связи с ретроспективной оценкой этого дискомфорта [246]. У 56 студентов обоих полов показатель тревожного напряжения положительно коррелировал с правосторонней АЛАР, но только в альфа-2 полосе и в Fp1/Fp2. В последующей репликации была подтверждена данная связь и дополнительно выявлена позитивная корреляция АЛАР в альфа-1 полосе в Fp1/2 и депрессивной симптоматики [186].

В контексте индивидуального развития для детей характерно смещение АЛАР влево к 2.5–3.5 годам с последующим восстановлением правополушарного доминирования. У детей, выросших в семье, восстановление начинается с точки 2.5 года, и к 8 годам формируется выраженная правосторонняя АЛАР, а у воспитывавшихся в детском доме минимум отмечен в 3.5 года, и в 8 лет АЛАР остается левополушарной, хотя и близкой к нулевой отметке. При помещении детей в патронажную семью раньше, чем в два года, траектория изменения АЛАР ближе к нормальной. Однако если это происходило позже двух лет, то не оказывало влияния на динамику АЛАР. Примечательно, что данный показатель в 3.5 года

был связан с развитием эмоциональных нарушений к 4.5 годам. Авторы указывают на то, что период после 2 лет — критический для развития нормальных реакций избегания [161].

В двух группах девочек-подростков, подвергавшихся насилию, отмечена более левосторонняя АЛАР в покое, по сравнению со сверстницами без такого опыта [147, 173]. Показана стабильность этих различий, по крайней мере, на интервале в полгода [173]. У детей в возрасте 6–12 лет, преимущественно из малообеспеченных семей африканского происхождения, пол опосредовал связи опыта пережитого насилия и АЛАР. Мальчики, пережившие насилие, отличались более правополушарной АЛАР в F3/4. У девочек, испытавших насилие, отмечена более левополушарная АЛАР в F3/4. Заметим, что не все результаты являлись специфичными [40].

Интересны данные о модуляции АЛАР в контексте сна и его депривации. Так, показатели АЛАР, по крайней мере, в F3/4, во время бодрствования и сна [18], особенно в фазе быстрых движений глаз [18, 226, 242], оказались тесно взаимосвязанными, а правополушарная АЛАР на ЭЭГ, записанной за несколько минут до принудительного пробуждения, была связана с силой эмоции гнева во сне по данным самоотчета [242]. В группе молодых людей с равным половым соотношением депривация сна в течение одной ночи производила тренд к левостороннему сдвигу АЛАР (особенно в полосе 11–13 Гц) в покое, связанный с ощущением сонливости и недостатка бодрости [284].

Отдельно стоит рассмотреть АЛАР при эмоциональных реакциях у детей. У девочек в возрасте 10 месяцев при появлении матери наблюдалась большая плотность источников тока в диапазоне 6–8 Гц в F3, чем в момент, когда мать приблизилась вплотную. Правосторонняя АЛАР в F3/4 положительно коррелировала с наличием вокализации в момент появления матери и при ее приближении [69]. По результатам другого исследования, АЛАР не была связана с показателями эмоционального поведения, оцененными экспертами. Однако, дети с 7–12 мес., которые раньше начинали плакать в отсутствие матери, характеризовались преимущественно левополушарной АЛАР [68].

У 108 детей разного пола в возрасте 6–10 лет левополушарная АЛАР в F7/8 во время приятной игры с родителем была связана с таким компонентом эмпатии, как попытка отвлечь от боли, улучшить состояние страдающего другого, а правополушарная — с сопереживанием радости и облегчению другого человека. Правосторонняя АЛАР в Fp1/2 была ассоциирована с выраженностью у участников эмоции удовлетворения по оценкам родителей. Во время игры с исследовате-

лем левополушарная АЛАР в Fp1/2 была сопряжена с сопереживанием страданию другого человека и попытками изменить его состояние. Эти эффекты, в основном, не воспроизводились для пары P3/4 [154].

У молодых (5–8 мес.) матерей фоновая левополушарная АЛАР по 6 электродам вокруг F3/4 была ассоциирована с тревожностью и ощущением напряжения. Просмотр участницами видео их собственного ребенка, испытывающего радость, гнев или нейтральный интерес, сопровождался левополушарной АЛАР, связанной с уровнем раздражения матерей в ответ на видео с провокацией стресса или гнева у их ребенка, испытывающим гнев/стресс. Левополушарная АЛАР при наблюдении видеозаписей также коррелировала с выраженностью эмоций радости и интереса ребенка на видео по оценке матери, а отдельно для видео с гневом — с интенсивностью гнева ребенка в этой пробе, по мнению матери. Левополушарное смещение АЛАР у матерей в ответ на радостное видео было связано с меньшей силой чувства вины при наблюдении ребенка в стрессовой ситуации; в ответ на видео с эмоцией гнева — с меньшей выраженностью радости и большей интенсивностью гнева, печали и озабоченности; на нейтральное видео — с меньшей выраженностью радости. Правополушарное смещение АЛАР при просмотре видео связано с такими компонентами эмоциональной доступности, как чувствительность, структурирование границ и ненавязчивость во время свободного взаимодействия с ребенком [139].

В целом, для большей части работ связи АЛАР и эмоционального состояния у взрослых и детей соответствуют мотивационной гипотезе, однако представлены и противоположные и нулевые результаты. Также сравнительно надежно документирована связь левополушарной АЛАР и опыта перенесенного насилия у девочек.

АСИММЕТРИЯ ЛОБНОГО АЛЬФА-РИТМА И РЕГУЛЯЦИЯ ЭМОЦИЙ

Концептуализация АЛАР Р. Дэвидсоном связывает ее, в первую очередь, со способностью организма восстанавливать спокойное состояние после пережитых интенсивных эмоций [41]. Применительно к людям, это качество может выражаться в относительной успешности эмоциональной регуляции. В релевантных исследованиях наиболее часто рассматриваются реакции когнитивной переоценки и подавления эмоций как прототипы адаптивной и неадаптивной эмоциональной регуляции.

Так, когнитивная переоценка аверсивных стимулов, по сравнению с их пассивным наблюдением, сопровождалась сдвигом АЛАР вправо в раз-

нополой группе студентов. У мужчин предпочтительнее копинг-реакций когнитивной переоценки было связано с более выраженным изменением АЛАР [32]. У 78 студентов женского пола продуктивность совладания с гневом с помощью когнитивной переоценки оказалась ассоциированной с более правополушарной АЛАР в парах Fp1/2 и F7/8 [188]. Интенсивность использования стратегии когнитивной переоценки может быть связана с правосторонней АЛАР в дорсальных и левополушарной АЛАР в вентральных отведениях [277]. Авторы объясняют этот результат гетерогенностью самой копинг-стратегии.

В некоторых исследованиях зафиксирована более сложная динамика. Группа студентов, которые должны были подготовить текст для переоценки ожидаемого социального стресса, характеризовалась в этот момент более левополушарной АЛАР, чем группа участников, писавших контрольный текст. Однако при повторном предвосхищении тревожной ситуации студенты, работавшие над когнитивной переоценкой, демонстрировали правостороннюю АЛАР [276]. Подобная динамика отмечается и при других формах эмоциональной саморегуляции. У профессиональных гольфистов, только что допустивших ошибку, за 2 с до следующей успешной попытки отмечался левополушарный сдвиг АЛАР, компенсировавшийся непосредственно перед ударом [29]. Результаты интерпретируются как увеличение тревоги из-за сделанной ранее ошибки и последующее успокоение за счет самообладания спортсмена.

Данные относительно подавления эмоций менее согласованы. Показано, что у студентов инструкция снижать силу эмоционального ответа на изображения, вне зависимости от их валентности, была связана со снижением мощности альфа-ритма избирательно слева [191]. Предпочтительные стратегий подавления и отвлечения сопряжено с правополушарной АЛАР в паре F1/2 [277]. Однако в другом исследовании подобной группы не было зафиксировано смещений АЛАР при попытках подавления эмоций в ответ на неприятные изображения, и склонность к подавлению эмоций как черта эмоционального стиля не была связана с АЛАР [32]. При провокации социального стресса участники с высокой выраженностью вытеснения (низкие баллы тревожности при высоких оценках социальной желательности) не отличались по показателю АЛАР от остальных [39]. Согласно некоторым данным, уровень субъективного дискомфорта при социальной фрустрации не связан с АЛАР [132], что косвенно указывает на отсутствие ассоциации АЛАР с успешностью эмоциональной регуляции в социальном контексте. В еще одном исследовании и переоценка стимулов, и подавление эмоциональных

реакций блокировали изменения в альфа-диапазоне при провокации печали [216].

Отдельные работы посвящены другим копинг-стратегиям. Так, правосторонняя АЛАР у молодых людей ассоциирована с предпочтением стратегии эмоционального приближения (сочетание эмоциональной переработки и выражения эмоций) [157].

Связи АЛАР и качества эмоциональной регуляции могут косвенно отражать соотношения АЛАР-темперамент или АЛАР-эмоциональный интеллект. Так, у 7–9-месячных детей правополушарная АЛАР в F3/4 и F7/8 отрицательно связана со скоростью угасания эмоциональных реакций как чертой темперамента, что может говорить о больших трудностях регуляции эмоций. Однако правосторонняя АЛАР в F7/8 демонстрирует положительную корреляцию с утешаемостью – способностью справляться с негативными эмоциями с помощью других людей [156]. У подростков, большинство из которых имели эмоциональные расстройства, левосторонняя АЛАР, усредненная в парах AF3/4, F3/4 и F7/8, была связана с толерантностью к стрессу, измеренной при выполнении испытуемыми сложной когнитивной пробы с неприятным наказанием за ошибки [62]. Во взрослом состоянии левополушарное смещение АЛАР при прослушивании аудиозаписи охваченной паникой толпы и последующее восстановление исходных показателей отмечалось в полной мере только у испытуемых с высокими показателями распознавания и регуляции эмоций [183]. Интересно, что у лиц, использующих только эффективные (переоценка) или только неэффективные (подавление) стратегии, левосторонние изменения АЛАР в парах Fp1/2, F3/4, F7/8, типичные для старшего возраста, выражены сильнее всего [135]. Таким образом, фактором может быть не конкретный вид регуляции эмоций или степень его адаптивности, а широта репертуара.

Из конкретных способов саморегуляции эмоционального состояния значительное число публикаций посвящено медитации. В первом исследовании по этой теме 25 взрослых участников, в основном женщины, прошли 2-месячный курс обучения медитации осознанности. После курса испытуемые показали правополушарное смещение АЛАР в T3/4 (но не в лобных отведениях) при индуцировании позитивных эмоций с помощью автобиографических воспоминаний [48]. У 105 лиц старше 65 лет 2-месячный курс медитации осознанности привел к правополушарному сдвигу АЛАР сразу после завершения курса, в то время как в контрольной группе изменения были противоположными. Однако эти изменения не сохранились в последующих измерениях [178]. В разновозрастной, преимущественно женской

группе, участники после краткого обучения “с нуля” медитации, похожей на медитацию осознанности, демонстрировали более правополушарную АЛАР, чем попавшие в лист ожидания [177]. В недавней работе у 19 студентов при прослушивании ими аудиозаписей для упрощенной формы медитации осознанности выявлено избирательное левополушарное снижение мощности альфа-ритма в F3, F7 и T3, однако аналогичный эффект оказывала и обычная музыка [27]. У испытуемых средним возрастом около 50 лет без опыта практик месячная тренировка в дыхании с созерцанием области нижнего дан-тянь, по сравнению с прогрессивной мышечной релаксацией, была ассоциирована с более правополушарной АЛАР в T3/4 [26].

Если говорить о медитативных упражнениях с более высоким порогом вхождения, лица с большим (свыше 20 лет) опытом трансцендентальной медитации характеризуются выраженной правосторонней АЛАР в F3/4. Тем не менее, у новичков год практики не оказывает значимого влияния на АЛАР [259]. Медитация школы раджи-йога, по сравнению с отдыхом, производит у участников мужского пола сдвиг АЛАР вправо в медиальных лобных парах (F1/2, AF3/4); в латеральных (F3/4, F5/6, F7/8, AF7/8) отведениях изменения отмечались на уровне тренда. Стаж медитации не был связан с показателями АЛАР [240].

Стоит упомянуть и о нейробиоуправлении АЛАР – тренинге целенаправленного управления показателем. Методика была создана и популяризирована Дж.П. Розенфельдом как подход к коррекции депрессии, однако опубликован и ряд работ на материале здоровых испытуемых. В пилотном исследовании протокола в течение трех визитов большая часть участников обучились смещать АЛАР вправо [217]. В последующих контролируемых исследованиях показано превосходство группы тренинга над контрольной в показателях АЛАР [7, 164, 210]. Процент респондеров был достаточно высоким, однако долговременное сохранение результата подтверждено не было [210]. Правополушарное смещение АЛАР было связано с более выраженным интересом, радостью и удовольствием при просмотре эмоциональных фильмов, большей мышечной активностью, соответствующей улыбке, и меньшей – нахмуриванию [7], снижением показателей тестов тревоги и негативных эмоций в целом [164]. Левополушарный сдвиг АЛАР сопутствовал усилению стрессовых реакций [210] и нарушал процесс оправдания сделанного испытуемыми выбора из двух альтернатив, ранее оцененных одинаково высоко [105].

Таким образом, существует относительный консенсус о связи когнитивной переоценки с правополушарной АЛАР и неоднозначные данные по поводу копинг-реакций, включающих по-

давление эмоций. Курс медитации осознанности обычно приводит к правостороннему смещению АЛАР, однако специфичность этого эффекта, его топографическая локализация и сохранение в долговременной перспективе остаются под вопросом. То же может быть сказано и о тренинге нейробиоуправления для целенаправленного воздействия на АЛАР.

СВЯЗИ ЛОБНОЙ АСИММЕТРИИ АЛЬФА-РИТМА С ТЕМПЕРАМЕНТОМ И ЧЕРТАМИ ЛИЧНОСТИ

Фоновая АЛАР, согласно гипотезе Р. Дэвидсона, отражает предрасположенность к определенным формам эмоциональных ответов [41], что, вероятно, восходит к различиям индивидуальных характеристик, а также темпераментных и личностных черт. В контексте дифференциальной психофизиологии на выборке в 6000 взрослых испытуемых было показано, что в среднем АЛАР при воображении на заданную тему принимает небольшие отрицательные значения, несколько ниже у женщин, чем у мужчин, и не имеет общей траектории изменения с возрастом в течение взрослой жизни [111].

Существуют некоторые наблюдения о соотношениях АЛАР и баланса возбуждения и торможения как темпераментных свойств. Темперамент, связанный с подавлением поведенческих реакций, на протяжении всего детства ассоциирован со сравнительным преобладанием активации правых лобных областей, то есть левополушарной АЛАР [72, 128] (см., однако, нулевые результаты [24]). Дети, на интервале с 4 мес. до 4 лет стабильно демонстрировавшие заторможенный темперамент, по сравнению с возбудимым и изменчивым, характеризовались более левополушарной АЛАР (4–6 или 6–8 Гц, в зависимости от возраста) в F3/4 при наблюдении зрительных стимулов [73]. При исследовании связей АЛАР и материнских оценок темперамента показано, что правополушарная АЛАР в F3/4 и F7/8 в 10 месяцев слабо, но значительно предсказывает большую активность в 2 года, а уровень страха в 3 года предсказывает левополушарную АЛАР в 4 года [121]. У 4-летних детей импульсивность по оценкам родителей была ассоциирована с левополушарной АЛАР (6–9 Гц) в F3/4 и предсказывала ее значения к 8 годам [140].

У 10-месячных детей правополушарная АЛАР (6–9 Гц) в Fp1/2 в покое положительно коррелировала с робостью по оценкам матерей, но отрицательно – с выраженностью реакции страха на демонстрацию пугающих масок. Значения АЛАР при выполнении проб были отрицательно связаны с силой реакций страха на маски, появление незнакомца и игрушечного паука [58]. Четырехлетние дети с робким темпераментом не отличались оценками АЛАР в состоянии покоя и при

провокации эмоций. При этом у робких мальчиков отмечена более правополушарная АЛАР в F3/4 при просмотре грустных и радостных видеофрагментов, чем у робких девочек [255].

Результаты, касающиеся ассоциаций АЛАР с классическими личностными чертами, неоднозначны. По одним данным, АЛАР в F3/4 и F7/8 не связана с экстраверсией и нейротизмом [89, 231, 271]. Stemmler, Wacker [247] полагают, что ассоциации между АЛАР и личностными переменными всегда или почти всегда опосредованы ситуацией, в которой производится измерение, и ее субъективной оценкой. По другим — экстраверсия у девушек-подростков и взрослых женщин (но не у мужчин [271]) в норме связана с правополушарной АЛАР [147, 268], однако искусственное нарушение работы дофаминэргической системы может обратить эту связь [268]. В некоторых социальных ситуациях интроверты характеризуются вызванным левополушарным смещением АЛАР в F3/4 [36, 263].

С нейротизмом связана левополушарная фоновая АЛАР в F3/4 и F7/8 [176], но также и вызванные правополушарные сдвиги АЛАР в F3/4 (как, впрочем, и в отведениях вне лобной доли) при просмотре эмоциональных фотографий с инструкцией сопереживать моделям [78]. По Minix, Kline [171], нейротизм по EPQ слабо, но значимо связан не с АЛАР покоя как таковой, а с ее вариативностью. АЛАР в F3/4 также опосредует ассоциации между нейротизмом и эмоциональной оценкой испуганной мимики [176]. Интересно, что у участников в возрасте 30–40 лет с левосторонней АЛАР в F3/4 отмечены средние значения избегающего поведения, а с правосторонней — высокий уровень при крайне низкой массе тела при рождении и низкий — при нормальной исходной массе тела [67]. Авторы трактуют асимметрию альфа-ритма как индикатор чувствительности к условиям развития.

Вне зависимости от уровня нейротизма у студентов была показана связь защитных реакций (шкала L из EPQ) с правосторонней АЛАР (у мужчин в Fp1/2, F3/4 и F5/6, у женщин — только в Fp1/2), если с ними работал исследователь противоположного пола [141]. В разнополой группе студентов балл по шкале L из EPQ был ассоциирован с правополушарной АЛАР в T3/4, а на уровне тренда — в F3/4, F7/8. Сила защитных тенденций была предиктором правополушарной АЛАР в F7/8 [144]. У студентов женского пола правосторонняя АЛАР в F3/4 и F7/8 в покое была связана с баллом по шкале Марлоу—Крауна, также отражающей защитные тенденции испытуемых [256]. В последующем исследовании подтверждена корреляция показателей шкалы L из EPQ и шкалы Марлоу—Крауна с правополушарной АЛАР в F3/4, F7/8 и T3/4 в состоянии покоя

и при прослушивании грустной истории. При выполнении участниками задачи, требовавшей руминации или размышления о предметах внешнего мира, правополушарная АЛАР в T5/6 и F7/8 также была связана с напряженностью защитных реакций. Мужчины из группы руминации характеризовались более левосторонней АЛАР в этой пробе. Интересно, что среди испытуемых с выраженными защитными тенденциями мужчины имели более правополушарную фоновую АЛАР в F7/8 и T3/4, чем женщины [19]. У лиц старшего возраста (58–70 лет) наиболее правосторонняя АЛАР в F7/8 в покое отмечается у мужчин с низкими баллами по шкале Марлоу—Крауна [142].

Открытость опыту, еще одна важная черта личности, у студентов не была связана с АЛАР в покое. Однако низкий уровень открытости был модератором связи смещения АЛАР вправо во время ожидания правильного ответа и среднего уровня уверенности в правильности собственного ответа [133]. Выраженность мотива аффилиции негативно связана с мощностью альфа-ритма в правой венстромедиальной префронтальной коре [211].

Склонность к риску сопряжена с правосторонней АЛАР, локализованной в нижней лобной извилине [76]. У 37 студентов, в основном женского пола, отмечена связь правополушарной АЛАР в F3/4 со склонностью к рискованному поведению. Дополнительно набранные 44 участника мужского пола показали сравнимую топографически специфичную связь АЛАР с баллом шкалы поиска острых ощущений [221].

В смешанной группе подростков, в основном психически здоровых, диспозиционная агрессивность была связана с высокими показателями правополушарного лобного альфа-ритма и низкими — левополушарного [100]. В другом исследовании у 59 студентов разного пола правополушарная АЛАР для CSD в AF3/4 и F1/2 (как, впрочем, и в парах TP7/8 и O1/2) в покое и при выполнении простых проб была связана со склонностью к открытому выражению гнева. Контроль гнева был отрицательно ассоциирован с правополушарной АЛАР для CSD в F1/2 и F5/6 [115]. У заключенных за насильственные преступления взрослых мужчин (в среднем 40 лет) с подтвержденной патологической агрессивностью отмечена правополушарная асимметрия альфа-ритма, однако не локализованная конкретно в лобной области. В этой группе правополушарная АЛАР в Fp1/2 была связана со всеми шкалами агрессии, в F7/8 — только с враждебностью, а в F3/4 — ни с одной из шкал [138]. В более позднем исследовании в аналогичной группе не выявлено связей АЛАР и агрессивности, однако левосторонняя АЛАР в F3/4 и F7/8 при референсе FCz ассоциирована с уровнем бесчувственности [137].

Наконец, в выборке детей показано, что переход от выраженности агрессии в 4 мес. к толерантности к неопределенности в 9 мес. и недостатку контроля над импульсами в Go/NoGo пробе в 4 года происходит только у испытуемых, у которых в 9 мес. фиксировалась правополушарная АЛАР (6–9 Гц в F3/4) [112].

Значительное число исследований связывают АЛАР с фоном настроения как чертой темперамента. У студентов женского пола, показавших стабильную АЛАР на интервале в 3 нед., правополушарная АЛАР в F3/4 была ассоциирована с большей силой позитивных и меньшей – негативных эмоций по PANAS-GEN [258]. Среди взрослых мужчин в подгруппе с левосторонней фоновой АЛАР в F7/8 был выше показатель негативных эмоций PANAS-GEN [127]. С показателями тревоги [256] и депрессии [127, 192, 256] у здоровых людей связана левополушарная фоновая АЛАР.

Выраженность положительных эмоций по PANAS как индивидуальная черта была связана у студентов с правосторонним смещением АЛАР после симулированного устного экзамена по статистике. У участников с низкой интенсивностью позитивных эмоций отмечен левополушарный сдвиг АЛАР [190]. У студентов женского пола контраст АЛАР между записями при припоминании образов из веселого и грустного видеоклипа коррелировал с баллом по шкале негативных эмоций PANAS [118]. В аналогичной группе позитивный фон настроения был связан с правополушарной АЛАР, а негативный – с левосторонней АЛАР при просмотре эмоциональных видео. Для записи, направленной на индуцирование радости, различия отмечались в T3/4, для отвращения – в F3/4 [129]. У испытуемых старшего возраста правополушарная АЛАР в F3/4 была предиктором диспозиционного позитивного аффекта, а отдельно в подгруппе лиц с высокой активностью – также фона настроения и удовлетворенности жизнью. Интересно, что в группе малоподвижных участников правополушарная АЛАР была ассоциирована с интенсивностью негативного аффекта [94].

У 37 испытуемых фоновая правосторонняя АЛАР была связана с эмоциональной реактивностью на позитивные изображения IAPS при референсе Cz, но не при объединенном ушном референсе. Правосторонняя асимметрия альфа-ритма в T3/4 в длинных записях, включавших блоки закрытых и открытых глаз, с объединенным ушным референсом была ассоциирована с реактивностью на негативные изображения [88]. Стоит заметить, что исследование позиционировалось как попытка репликации работ Р. Дэвидсона, однако сам Р. Дэвидсон критикует методику, объем выборки и интерпретацию результатов исследования [43].

Дети, в 4 мес. демонстрировавшие большую реактивность в отношении позитивных стимулов, к 9 мес. характеризовались правосторонней АЛАР избирательно в F3/4 (6–9 Гц); при исходном преобладании реактивности на негативные стимулы формировалась левополушарная АЛАР [24, 95]. У детей 7–9 мес. левосторонняя АЛАР (6–9 Гц) в F3/4 и F7/8 положительно коррелировала с родительскими оценками приближения, страха и неспособности контролировать эмоции. Однако часть этих результатов воспроизводилась и для теменной асимметрии альфа-ритма [156]. В группе 9-месячных детей участники со стабильной левосторонней АЛАР в F3/4 характеризовались высоким пульсом, высокими темпераментными оценками пугливости и низкими – удовольствия, со слов матерей. Устойчивая правополушарная АЛАР была ассоциирована с наибольшими оценками удовольствия [225].

Высокая выраженность негативных эмоций (печали и гнева, но не страха) и низкая – позитивных эмоций предполагает левостороннее смещение АЛАР в F3/4 от записи в 3 года к записи в 6 лет. Для АЛАР в F7/8 значимыми в этом смысле были только показатели интенсивности положительных эмоций [81]. У детей в 4 года способность успокаиваться после выраженного огорчения или возбуждения, оцененная родителями, была связана с правополушарной АЛАР (6–9 Гц) в F3/4. Показатели умиротворения в 4 года были ассоциированы с левосторонней АЛАР в 8 лет. В 8 лет беззаботность была связана с левополушарной АЛАР [140]. Заметим, что для 8 лет границы альфа-полосы 6–9 Гц, принятые в вышеописанной работе, выглядят смещенными влево. Темперамент детей, оцененный в 4 мес., не был связан с АЛАР в 10–12 лет. Однако выраженность реакций страха при исследовании на втором году жизни ассоциирована с мощностью левополушарного альфа-ритма в F3/4 в 10–12 лет. Особенно четко эта связь прослеживается в подгруппе детей с высокореактивным темпераментом [162].

Если рассматривать более косвенные данные, в группе студентов женского пола АЛАР в покое в F3/4 связана с показателями оптимизма. Алгоритм sLORETA локализует кластер в верхних лобных извилинах [53]. У студентов в равном половом соотношении правополушарная АЛАР в паре Fp1/2 и, на уровне тренда, в F3/4 и F7/8 была ассоциирована с тенденцией через несколько месяцев и даже лет выбирать в вербальной когнитивной задаче из двух вариантов более положительно эмоционально окрашенный. Контрастные терцили, выделенные по АЛАР в Fp1/2, достоверно отличались по “индексу позитивности” [252]. У участников обоих полов в возрасте 57–60 лет выявлена связь правополушарной АЛАР в FC3/FC4 с показателями эвдемонического (осмысленность и

наполненность жизни), гедонистического качества жизни и позитивного аффекта [262].

У 233 5-месячных детей фоновая АЛАР (6–9 Гц в F3/4) была модератором отношения чувствительности матерей и реакций детей. При правополушарной АЛАР чувствительность матери была связана с выраженностью отвлекаемости от нее ребенка; для левополушарной АЛАР чувствительность матери была ассоциирована с интенсивностью негативных эмоций детей при удержании рук [253]. Левосторонняя асимметрия мощности в диапазоне 3–13 Гц в F3/4 у здоровых новорожденных была связана у их матерей с большими показателями депрессии, тревоги, гнева и вовлеченности системы подавления поведения, а также с меньшим уровнем пренатального и постнатального серотонина. У самих детей с левополушарной лобной асимметрией было выше число смен состояний во время сна и баллы поведенческого теста депрессии, ниже баллы адаптации, моторики, возбудимости и разнообразия состояний [63].

Однако в нескольких группах студентов с равным половым соотношением [251], с преобладанием женщин [89, 250] или состоящих только из женщин [101] не отмечено связи АЛАР в F3/4 и фона настроения по PANAS. У женщин-студентов позитивное отношение к жизни как когнитивный стиль личности сопряжено, по данным LORETA, с фоновой асимметрией альфа-ритма в теменной, но не в лобной доле [6]. У молодых мужчин АЛАР в покое также не была ассоциирована с баллами PANAS, однако аналогичный индекс в F3/4 и F7/8, основанный на микросостояниях ЭЭГ, был связан с показателем негативного аффекта PANAS [131]. Shankman et al. [238, 239] не обнаружили ни корреляции АЛАР (7–12 Гц в F7/8 и F3/4) у 3-летних детей с силой позитивных эмоций как чертой темперамента, ни сдвига показателей фоновой АЛАР к 6 годам у детей, характеризовавшихся в 3 года меньшей выраженностью положительных эмоций. Saby, Marshall [219] замечают, что, хотя связи асимметрии лобной активности, функционально соответствующей альфа (6–9 Гц), с темпераментом систематически выявляются в исследованиях младенцев и детей младшего возраста, существующие данные не позволяют сформулировать целостную модель этого взаимодействия в раннем периоде жизни. В некоторых работах также не подтверждаются связи АЛАР с оценками тревоги и депрессии [250], а склонность к руминации ассоциируется с правополушарной АЛАР в покое [136].

Ключевыми для этого раздела являются связи АЛАР с оценками активации и подавления поведения, в основном, по данным опросника Карвера–Уайта. У студентов обоих полов правосторонняя АЛАР в F3/4 [251] и F7/8 [209] положительно

коррелировала с показателем активации и отрицательно – подавления поведения и объясняла 25% дисперсии соотношения этих показателей [251]. В еще одной студенческой группе правополушарная АЛАР в Fp1/2 (но не в F3/4 и F7/8) в покое и после индукции негативного настроения была позитивно связана с подшкалами шкалы активации поведения [136]. У студентов и молодых специалистов, преимущественно женщин, шкала активации поведения (но не подавления поведения) коррелировала с правополушарной АЛАР в F3/4 и некоторых других фронтальных парах [11, 33]. В группе студентов женского пола АЛАР в покое в F3/4 (локализованная в средних лобных извилинах) ассоциирована с баллом шкалы активации поведения [53, 101]. Наконец, у 51 женщины левополушарная АЛАР в F3/4 (локализация в задней части средней лобной извилины) на ЭЭГ покоя была топографически специфично связана с показателем системы подавления поведения [237].

Обобщая результаты серии публикаций Valconi, Mazza [13–15, 17], можно сказать, что у молодых людей балл по шкале подавления поведения связан с низкой мощностью альфа-ритма в F4 для осознаваемого и неосознаваемого наблюдения мимики гнева, страха, удивления и отвращения (для неосознаваемого предьявления – неспецифично относительно латерализации). Оценка по шкале активации поведения ассоциирована с меньшей мощностью альфа в F3 в ответ на радостную мимику при обоих условиях, а при осознанном восприятии – также с большей мощностью альфа-ритма в F4 для удивления [13–15]. Показатели шкал активации и подавления поведения были значимыми предикторами АЛАР в ответ на положительные и отрицательные изображения IAPS [17].

У студентов обоих полов преобладание системы активации поведения над системой подавления поведения было модератором связи между наличием предварительной задачи, требующей самоконтроля, и правополушарным смещением АЛАР в AF3/4, F1/2, F3/4, F5/6, F7/8 при просмотре позитивных и негативных изображений из IAPS [222]. У студентов мужского пола высокий балл по шкале подавления поведения был модератором направления изменения АЛАР в тесте Go/No-Go при условии “No-Go” [270].

В контексте пересмотренной теории Дж. Грэя в группе девушек-студентов (в случае, если экспериментатор также был женщиной) показано, что правосторонняя АЛАР в Fp1/2 и F3/4 положительно связана с одним конкретным доменом системы активации поведения – импульсивностью, а в FC3/4 – отрицательно не с системой подавления поведения, а с системой борьбы-бегства-замирания [55]. У 182 взрослых людей правополушарная АЛАР в покое в F3/4 положительно коррелирует с импульсивностью, но не со шкалой

активации поведения в целом, а левополушарная — со шкалой подавления поведения, но не бегства—борьбы—замирания [180]. В выборке студентов, в основном женского пола, импульсивность (но не показатель активации или подавления поведения) является модератором связи правостороннего смещения АЛАР в F3/4 и F5/6 в ответ на демонстрацию стимулов, связанных с алкоголем [163].

Также ряд результатов прямо противоречит рассмотренным выше. У взрослых участников левополушарный сдвиг АЛАР при просмотре эмоциональных изображений был ассоциирован с большими баллами подавления поведения и меньшими — активации поведения [17]. По другим данным, у молодых взрослых людей АЛАР не демонстрирует связей с оценками систем по Дж. Грэю [116]. В группе молодых мужчин АЛАР в покое вне зависимости от способа оценки не коррелировала с показателями шкал активации и подавления поведения [131]. В выборках студентов, преимущественно женского пола, также показано отсутствие ассоциаций АЛАР и шкал активации или подавления поведения [200, 249]. Day et al. [52] не выявили связи АЛАР с какими-либо когнитивными, эмоциональными или поведенческими коррелятами систем активации и подавления поведения. По данным Wacker et al. [272], четыре исследования с различными мерами системы активации поведения или целеустремленности с выборками от 20 до 125 человек не обнаружили значимых ассоциаций асимметрии альфа-ритма в F3/4 в покое ни с этим параметром, ни с метриками системы избегания поведения или тревожности [272].

По данным мета-анализа исследований взрослых здоровых людей, правополушарная АЛАР слабо, но значимо ассоциирована с более высоким показателем активации поведения или целеустремленности ($r = 0.037$) и с более низким — подавления поведения или тревоги ($r = -0.067$). Для связей со шкалой активации поведения отмечена значительная вариативность корреляций, не объясняемая средним возрастом, половым составом групп, продолжительностью записи ЭЭГ, схемой монтажа, числом сессий записи и использованной психометрической шкалой, что может указывать на существование неизвестных переменных-модераторов [272]. Например, показано, что у взрослых мужчин корреляция между правополушарной АЛАР и баллом по шкале активации поведения при введении D2-антагониста из положительной становится отрицательной. Эта тенденция отмечается в измерениях, произведенных экспериментаторами женского пола, которых испытуемые считали более привлекательными, нежели доминантными, или хотя бы просто очень привлекательными [274].

Hewig et al. [115, 116] показали, что мощность альфа-ритма в F3, F4, F7 и F8, вне зависимости от латерализации, отрицательно связана с результатом по шкале активации поведения. Авторы предполагают, что система активации поведения включает обе базовые мотивационные тенденции, приближения и избегания, выражающиеся в активности соответствующих полушарий.

Таким образом, большая часть исследований связывает правополушарную АЛАР с преобладанием процессов возбуждения, а левостороннюю — процессов торможения в первые годы жизни. У взрослых людей, тем не менее, данные о связи АЛАР с факторами экстраверсии, нейротизма и открытости опыту противоречивы. Сила защитных тенденций в ряде исследований (исключая одну работу на материале лиц старшего возраста) соотносится с правополушарной АЛАР, в особенности у мужчин. Также правосторонняя АЛАР ассоциирована со склонностью к риску и поиску острых ощущений. Связь правополушарной АЛАР с диспозиционной агрессивностью подтверждается лишь в части работ и нуждается в дополнительном исследовании.

По данным целого ряда работ, фоновая правосторонняя АЛАР устойчиво ассоциирована с позитивным фоном настроения, оптимизмом и предпочтением конвенционально приятных стимулов, а левосторонняя — с негативным, а также с интенсивностью субклинической депрессивной и тревожной симптоматики. Оценки шкал выраженности позитивных эмоций как индивидуальной характеристики демонстрируют связь с правополушарной АЛАР как в состоянии покоя, так и в ответ на эмоциональные стимулы. Однако существенный корпус исследований демонстрирует нулевые результаты, что подчеркивает важность поиска переменных-модераторов ассоциаций АЛАР-фон настроения.

Значительное число исследований связывает АЛАР с показателями активации/подавления поведения. Однако в сопоставимом количестве работ показаны нулевые результаты, а в нескольких высказывается мнение о том, что корреляции оценки системы активации поведения с АЛАР в действительности формируются подшкалой импульсивности, что слабо соотносится с пересмотренной теорией Дж. Грэя. Недавний мета-анализ в целом подтверждает то, что АЛАР ассоциирована с системами активации и подавления поведения, однако приблизительное равенство результатов, соответствующих и не соответствующих данной гипотезе, указывает на существование неизвестных переменных-модераторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Правосторонняя АЛАР связана с чувствительностью к подкреплениям и готовностью рисковать ради увеличения вознаграждения.

2. Ситуации, провоцирующие гнев, ассоциированы с правополушарным смещением АЛАР. Также правосторонняя АЛАР связана с силой переживаемого гнева и агрессивных реакций. Экспериментальная индукция социальной тревоги, в особенности у интровертов, обычно производит левополушарный сдвиг АЛАР. Уровень социальной активности и компетентности связан с правосторонней АЛАР.

3. При позировании эмоций, связанных с мотивацией приближения, чаще отмечается правосторонняя АЛАР, для мотивации избегания — левополушарная.

4. В случае просмотра эмоциональных видеозаписей и прослушивания музыки, зафиксировано смещение АЛАР в соответствии с предполагаемой валентностью стимулов.

5. При исследовании влияния на АЛАР физических упражнений, демонстрации фотопортретов с эмоциональной мимикой и других статичных эмоциональных зрительных стимулов, а также прослушивания эмоциональных звуков социальной природы получены взаимно противоречивые результаты, что может указывать на существование переменных-модераторов этих связей.

6. Связи АЛАР и эмоционального состояния, в основном, соответствуют мотивационной гипотезе. Опыт перенесенного в детстве насилия, по крайней мере, у девочек, может формировать левостороннюю АЛАР.

7. Использование копинг-стратегии когнитивной переоценки связано с правополушарной АЛАР. Курсы медитации осознанности и нейробиоуправления обычно также позволяют добиться правостороннего сдвига АЛАР, однако не всегда специфичного и долговременного.

8. У детей правополушарная АЛАР связана с преобладанием процессов возбуждения, а левосторонняя — процессов торможения как черт темперамента. У взрослых людей показана связь правополушарной АЛАР с выраженностью защитных тенденций и склонностью к риску.

9. Не существует консенсуса о связи АЛАР с классическими личностными чертами и фоном настроения, что указывает на важность учета влияния различных модулирующих переменных. Эта же проблема актуальна и для установления однозначных связей систем активации/подавления поведения по Дж. Грью.

ГРАНТ № МК-1570.2020.7 Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых — кандидатов наук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кожевников С.П., Проничев И.В.* Изменение параметров межполушарной асимметрии при модели-

ровании агрессивного поведения // Журн. высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2012. Т. 62. № 1. С. 5–11.

2. *Мельников М.Е.* Один феномен с множеством интерпретаций: асимметрия лобного альфа-ритма ЭЭГ у здоровых людей. Часть I // Успехи физиологических наук. 2021. Т. 52. № 3. В печати.
3. *Adolph D., von Glischinski M., Wannemüller A., Margraf J.* The influence of frontal alpha-asymmetry on the processing of approach- and withdrawal-related stimuli — A multichannel psychophysiology study // *Psychophysiology*. 2017. V. 54. № 9. P. 1295–1310. <https://doi.org/10.1111/psyp.12878>
4. *Aftanas L.I., Reva N.V., Savotina L.N., Makhnev V.P.* Neurophysiological correlates of induced discrete emotions in humans: an individually oriented analysis // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. 2006. V. 36. № 2. P. 119–130. <https://doi.org/10.1007/s11055-005-0170-6>
5. *Ahern G.L., Schwartz G.E.* Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis // *Neuropsychologia*. 1985. V. 23. № 6. P. 745–755. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(85\)90081-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(85)90081-8)
6. *Alessandri G., Caprara G.V., de Pascalis V.* Relations among EEG-alpha asymmetry and positivity personality trait // *Brain and Cognition*. 2015. V. 97. P. 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2015.04.003>
7. *Allen J.J., Harmon-Jones E., Cavender J.H.* Manipulation of frontal EEG asymmetry through biofeedback alters self-reported emotional responses and facial EMG // *Psychophysiology*. 2001. V. 38. № 4. P. 685–693. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3840685>
8. *Amd M., Roche B.* A derived transformation of emotional functions using self-reports, implicit association tests, and frontal alpha asymmetries // *Learning and Behavior*. 2016. V. 44. № 2. P. 175–190. <https://doi.org/10.3758/s13420-015-0198-6>
9. *Amodio D.M.* Coordinated Roles of Motivation and Perception in the Regulation of Intergroup Responses: Frontal Cortical Asymmetry Effects on the P2 Event-Related Potential and Behavior // *J. Cognitive Neuroscience*. 2010. V. 22. № 11. P. 2609–2617. <https://doi.org/10.1162/jocn.2009.21395>
10. *Amodio D.M., Devine P.G., Harmon-Jones E.* A dynamic model of guilt: implications for motivation and self-regulation in the context of prejudice // *Psychological Science*. 2007. V. 18. № 6. P. 524–530. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01933.x>
11. *Amodio D.M., Master S.L., Yee C.M., Taylor S.E.* Neurocognitive components of the behavioral inhibition and activation systems: implications for theories of self-regulation // *Psychophysiology*. 2008. V. 45. № 1. P. 11–19. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00609.x>
12. *Amodio D.M., Shah J.Y., Sigelman J. et al.* Implicit regulatory focus associated with asymmetrical frontal cortical activity // *J. Experimental Social Psychology*. 2004. V. 40. № 2. P. 225–232. [https://doi.org/10.1016/S0022-1031\(03\)00100-8](https://doi.org/10.1016/S0022-1031(03)00100-8)
13. *Balconi M.* Frontal brain oscillation modulation in facial emotion comprehension: The role of reward and inhibitory systems in subliminal and supraliminal processing // *J. Cognitive Psychology*. 2011. V. 23. № 6. P. 723–735. <https://doi.org/10.1080/20445911.2011.572873>

14. *Balconi M., Mazza G.* Brain oscillations and BIS/BAS (behavioral inhibition/activation system) effects on processing masked emotional cues. ERS/ERD and coherence measures of alpha band // *International J. Psychophysiology*. 2009. V. 74. № 2. P. 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.08.006>
15. *Balconi M., Mazza G.* Lateralisation effect in comprehension of emotional facial expression: a comparison between EEG alpha band power and behavioural inhibition (BIS) and activation (BAS) systems // *Laterality*. 2010. V. 15. № 3. P. 361–384. <https://doi.org/10.1080/13576500902886056>
16. *Balconi M., Pozzoli U.* Arousal effect on emotional face comprehension: frequency band changes in different time intervals // *Physiology & Behavior*. 2009. V. 97. № 3–4. P. 455–462. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.03.023>
17. *Balconi M., Vanutelli M.E., Grippa E.* Resting state and personality component (BIS/BAS) predict the brain activity (EEG and fNIRS measure) in response to emotional cues // *Brain and Behavior*. 2017. V. 7. № 5. e00686. <https://doi.org/10.1002/brb3.686>
18. *Benca R.M., Obermeyer W.H., Larson C.L. et al.* EEG alpha power and alpha power asymmetry in sleep and wakefulness // *Psychophysiology*. 1999. V. 36. № 4. P. 430–436. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3640430>
19. *Blackhart G.C., Kline J.P.* Individual differences in anterior EEG asymmetry between high and low defensive individuals during a rumination/distraction task // *Personality and Individual Differences*. 2005. V. 39. № 2. P. 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2005.01.027>
20. *Boksem M.A., Smolders R., de Cremer D.* Social power and approach-related neural activity // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2012. V. 7. № 5. P. 516–520. <https://doi.org/10.1093/scan/nsp006>
21. *Brauchli P., Rüegg P.B., Etzweiler F., Zeier H.* Electro-cortical and autonomic alteration by administration of a pleasant and an unpleasant odor // *Chemical Senses*. 1995. V. 20. № 5. P. 505–515. <https://doi.org/10.1093/chemse/20.5.505>
22. *Broelz E.K., Enck P., Niess A.M. et al.* The neurobiology of placebo effects in sports: EEG frontal alpha asymmetry increases in response to a placebo ergogenic aid // *Scientific Reports*. 2019. V. 9. № 1. e2381. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38828-9>
23. *Buss K.A., Schumacher J.R., Dolski I. et al.* Right frontal brain activity, cortisol, and withdrawal behavior in 6-month-old infants // *Behavioral Neuroscience*. 2003. V. 117. № 1. P. 11–20. <https://doi.org/10.1037//0735-7044.117.1.11>
24. *Calkins S.D., Fox N.A., Marshall T.R.* Behavioral and Physiological Antecedents of Inhibited and Uninhibited Behavior // *Child Development*. 1996. V. 67. № 2. P. 523–540. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01749.x>
25. *Carter W.R., Johnson M.C., Borkovec T.D.* Worry: An electrocortical analysis // *Advances in Behaviour Research and Therapy*. 1986. V. 8. № 4. P. 193–204. [https://doi.org/10.1016/0146-6402\(86\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0146-6402(86)90004-4)
26. *Chan A.S., Cheung M.-C., Sze S.L. et al.* Shaolin Dan Tian Breathing Fosters Relaxed and Attentive Mind: A Randomized Controlled Neuro-Electrophysiological Study // *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*. 2011. e180704. <https://doi.org/10.1155/2011/180704>
27. *Chan A.S., Han Y.M., Cheung M.C.* Electroencephalographic (EEG) measurements of mindfulness-based Triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2008. V. 33. № 1. P. 39–47. <https://doi.org/10.1007/s10484-008-9050-5>
28. *Chang Y.H., Lee Y.Y., Liang K.C. et al.* Experiencing affective music in eyes-closed and eyes-open states: an electroencephalography study // *Frontiers in Psychology*. 2015. V. 6. e1160. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01160>
29. *Chen T.T., Wang K.P., Cheng M.Y. et al.* Impact of emotional and motivational regulation on putting performance: a frontal alpha asymmetry study // *PeerJ*. 2019. V. 7. e6777. <https://doi.org/10.7717/peerj.6777>
30. *Cheung M.C., Chan A.S., Yip J.* Microcurrent stimulation at shenmen acupoint facilitates EEG associated with sleepiness and positive mood: a randomized controlled electrophysiological study // *Evidence Based Complementary Alternative Medicine*. 2015. e182837. <https://doi.org/10.1155/2015/182837>
31. *Cheung M.C., Law D., Yip J.* Evaluating Aesthetic Experience through Personal-Appearance Styles: A Behavioral and Electrophysiological Study // *PLoS ONE*. 2014. V. 9. № 12. e115112. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115112>
32. *Choi D., Sekiya T., Minote N., Watanuki S.* Relative left frontal activity in reappraisal and suppression of negative emotion: Evidence from frontal alpha asymmetry (FAA) // *International J. Psychophysiology*. 2016. V. 109. P. 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2016.09.018>
33. *Coan J.A., Allen J.J.* Frontal EEG asymmetry and the behavioral activation and inhibition systems // *Psychophysiology*. 2003. V. 40. № 1. P. 106–114. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00011>
34. *Coan J.A., Allen J.J.* Varieties of Emotional Experience During Voluntary Emotional Facial Expressions // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2003. V. 1000. P. 375–379. <https://doi.org/10.1196/annals.1280.034>
35. *Coan J.A., Allen J.J., Harmon-Jones E.* Voluntary facial expression and hemispheric asymmetry over the frontal cortex // *Psychophysiology*. 2001. V. 38. № 6. P. 912–925. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3860912>
36. *Cole C., Zapp D.J., Nelson S.C., Pérez-Edgar K.* Speech Presentation Cues Moderate Frontal EEG Asymmetry in Socially Withdrawn Young Adults // *Brain and Cognition*. 2012. V. 78. № 2. P. 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2011.10.013>
37. *Crabbe J.B., Dishman R.K.* Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis // *Psychophysiology*. 2004. V. 41. № 4. P. 563–574. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2004.00176.x>
38. *Crabbe J.B., Smith J.C., Dishman R.K.* Emotional & electroencephalographic responses during affective picture viewing after exercise // *Physiology and Behavior*. 2007. V. 90. № 2–3. P. 394–404. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.10.001>
39. *Crost N.W., Pauls C.A., Wacker J.* Defensiveness and anxiety predict frontal EEG asymmetry only in specific situational contexts // *Biological Psychology*. 2008.

- V. 78. № 1. P. 43–52.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.12.008>
40. *Curtis W.J., Cicchetti D.* Emotion and resilience: a multilevel investigation of hemispheric electroencephalogram asymmetry and emotion regulation in maltreated and nonmaltreated children // *Development and Psychopathology*. 2007. V. 19. № 3. P. 811–840.
<https://doi.org/10.1017/S0954579407000405>
 41. *Davidson R.J.* Affective neuroscience and psychophysiology: toward a synthesis // *Psychophysiology*. 2003. V. 40. № 5. P. 655–665.
<https://doi.org/10.1111/1469-8986.00067>
 42. *Davidson R.J.* Affective style, psychopathology, and resilience: brain mechanisms and plasticity // *American Psychologist*. 2000. V. 55. № 11. P. 1196–1214.
<https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.11.1196>
 43. *Davidson R.J.* Anterior electrophysiological asymmetries, emotion, and depression: conceptual and methodological conundrums // *Psychophysiology*. 1998. V. 35. № 5. P. 607–614.
<https://doi.org/10.1017/s0048577298000134>
 44. *Davidson R.J.* Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and plasticity // *Development and Psychopathology*. 1994. V. 6. № 4. P. 741–758.
<https://doi.org/10.1017/S0954579400004764>
 45. *Davidson R.J.* Cerebral asymmetry and emotion: Conceptual and methodological conundrums // *Cognition and Emotion*. 1993. V. 7. № 1. P. 115–138.
<https://doi.org/10.1080/02699939308409180>
 46. *Davidson R.J., Ekman P., Saron C.D. et al.* Approach-withdrawal and cerebral asymmetry: emotional expression and brain physiology // *J. Personality and Social Psychology*. 1990. V. 58. № 2. P. 330–341.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.2.330>
 47. *Davidson R.J., Fox N.A.* Frontal brain asymmetry predicts infants' response to maternal separation // *Journal of Abnormal Psychology*. 1989. V. 98. № 2. P. 127–131.
<https://doi.org/10.1037//0021-843x.98.2.127>
 48. *Davidson R.J., Kabat-Zinn J., Schumacher J. et al.* Alterations in brain and immune function produced by mindfulness meditation // *Psychosomatic Medicine*. 2003. V. 65. № 4. P. 564–570.
<https://doi.org/10.1097/01.psy.0000077505.67574.e3>
 49. *Davidson R.J., Mednick D., Moss E. et al.* Ratings of emotion in faces are influenced by the visual field to which stimuli are presented // *Brain and Cognition*. 1987. V. 6. № 4. P. 403–411.
[https://doi.org/10.1016/0278-2626\(87\)90136-9](https://doi.org/10.1016/0278-2626(87)90136-9)
 50. *Davidson R.J., Schaffer C.E., Saron C.* Effects of lateralized presentation of faces on self-reports of emotion and EEG asymmetry in depressed and non-depressed subjects // *Psychophysiology*. 1985. V. 22. № 3. P. 353–364.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1985.tb01615.x>
 51. *Dawson G., Panagiotides H., Klinger L.G., Hill D.* The role of frontal lobe functioning in the development of infant self-regulatory behavior // *Brain and Cognition*. 1992. V. 20. № 1. P. 152–175.
[https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90066-U](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90066-U)
 52. *Day M.A., Matthews N., Newman A. et al.* An evaluation of the behavioral inhibition and behavioral activation system (BIS-BAS) model of pain // *Rehabilitation Psychology*. 2019. V. 64. № 3. P. 279–287.
<https://doi.org/10.1037/rep0000274>
 53. *de Pascalis V., Cozzuto G., Caprara G.V., Alessandri G.* Relations among EEG-alpha asymmetry, BIS/BAS, and dispositional optimism // *Biological Psychology*. 2013. V. 94. № 1. P. 198–209.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.05.016>
 54. *de Pascalis V., Perrone M.* EEG asymmetry and heart rate during experience of hypnotic analgesia in high and low hypnotizables // *International J. Psychophysiology*. 1996. V. 21. № 2-3. P. 163–175
 55. *de Pascalis V., Sommer K., Scacchia P.* Resting Frontal Asymmetry and Reward Sensitivity Theory Motivational Traits // *Scientific Reports*. 2018. V. 8. № 1. e13154.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-31404-7>
 56. *Dennis T.A., Solomon B.* Frontal EEG and Emotion Regulation: Electro cortical Activity in Response to Emotional Film Clips is Associated with Reduced Mood Induction and Attention Interference Effects // *Biological Psychology*. 2010. V. 85. № 3. P. 456–464.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.09.008>
 57. *Di G.Q., Wu S.X.* Emotion recognition from sound stimuli based on back-propagation neural networks and electroencephalograms // *J. Acoustical Society of America*. 2015. V. 138. № 2. P. 994–1002.
<https://doi.org/10.1121/1.4927693>
 58. *Diaz A., Bell M.A.* Frontal EEG Asymmetry and Fear Reactivity in Different Contexts at 10 Months // *Developmental Psychobiology*. 2012. V. 54. № 5. P. 536–545.
<https://doi.org/10.1002/dev.20612>
 59. *Düsing R., Tops M., Radtke E.L. et al.* Relative frontal brain asymmetry and cortisol release after social stress: The role of action orientation // *Biological Psychology*. 2016. V. 115. P. 86–93.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2016.01.012>
 60. *Ekman P., Davidson R.J.* Voluntary smiling changes regional brain activity // *Psychological Science*. 1993. V. 4. № 5. P. 342–345.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1993.tb00576.x>
 61. *Ekman P., Davidson R.J., Friesen W.V.* The Duchenne smile: emotional expression and brain physiology. II // *J. Personality and Social Psychology*. 1990. V. 58. № 2. P. 342–353.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.2.342>
 62. *Ellis A.J., Salgari G., Miklowitz D., Loo S.K.* Is distress tolerance an approach behavior? An examination of frontal alpha asymmetry and distress tolerance in adolescents // *Psychiatry Research*. 2018. V. 267. P. 210–214.
<https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.05.083>
 63. *Field T., Diego M., Hernandez-Reif M. et al.* Relative right versus left frontal EEG in neonates // *Developmental Psychobiology*. 2002. V. 41. № 2. P. 147–155.
<https://doi.org/10.1002/dev.10061>
 64. *Fischer N.L., Peres R., Fiorani M.* Frontal Alpha Asymmetry and Theta Oscillations Associated With Information Sharing Intention // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. V. 12. e166.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00166>
 65. *Flo E., Steine I., Blågstad T. et al.* Transient changes in frontal alpha asymmetry as a measure of emotional and physical distress during sleep // *Brain Research*. 2011. V. 1367. P. 234–249.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.09.090>
 66. *Flores-Gutiérrez E.O., Díaz J.L., Barrios F.A. et al.* Metabolic and electric brain patterns during pleasant and unpleasant emotions induced by music masterpieces // *International J. Psychophysiology*. 2007. V. 65. № 1. P. 69–84.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.004>

67. Fortier P., Van Lieshout R.J., Waxman J.A. et al. Are Orchids Left and Dandelions Right? Frontal Brain Activation Asymmetry and Its Sensitivity to Developmental Context // *Psychological Science*. 2014. V. 25. № 8. P. 1526–1533.
<https://doi.org/10.1177/0956797614534267>
68. Fox N.A., Bell M.A., Jones N.A. Individual differences in response to Stress and Cerebral Asymmetry // *Developmental Neuropsychology*. 1992. V. 8. № 2–3. P. 161–184.
<https://doi.org/10.1080/87565649209540523>
69. Fox N.A., Davidson R.J. Electroencephalogram asymmetry in response to the approach of a stranger and maternal separation in 10-month-old infants // *Developmental Psychology*. 1987. V. 23. № 2. P. 233–240.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.23.2.233>
70. Fox N.A., Davidson R.J. Patterns of brain electrical activity during facial signs of emotion in 10-month-old infants // *Developmental Psychology*. 1988. V. 24. № 2. P. 230–236.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.2.230>
71. Fox N.A., Davidson R.J. Taste-elicited changes in facial signs of emotion and the asymmetry of brain electrical activity in human newborns // *Neuropsychologia*. 1986. V. 24. № 3. P. 417–422.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(86\)90028-x](https://doi.org/10.1016/0028-3932(86)90028-x)
72. Fox N.A., Henderson H.A., Marshall P.J. et al. Behavioral inhibition: linking biology and behavior within a developmental framework // *Annual Review of Psychology*. 2005. V. 56. P. 235–262.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141532>
73. Fox N.A., Henderson H.A., Rubin K.H. et al. Continuity and discontinuity of behavioral inhibition and exuberance: psychophysiological and behavioral influences across the first four years of life // *Child Development*. 2001. V. 72. № 1. P. 1–21.
<https://doi.org/10.1111/1467-8624.00262>
74. Fox N.A., Rubin K.H., Calkins S.D. et al. Frontal activation asymmetry and social competence at four years of age // *Child Development*. 1995. V. 66. № 6. P. 1770–1784.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1995.tb00964.x>
75. Gable P., Harmon-Jones E. Relative left frontal activation to appetitive stimuli: considering the role of individual differences // *Psychophysiology*. 2008. V. 45. № 2. P. 275–278.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00627.x>
76. Gable P.A., Mechin N.C., Hicks J.A., Adams D.L. Supervisory control system and frontal asymmetry: neurophysiological traits of emotion-based impulsivity // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2015. V. 10. № 10. P. 1310–1315.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsv017>
77. Gable P.A., Poole B.D. Influence of trait behavioral inhibition and behavioral approach motivation systems on the LPP and frontal asymmetry to anger pictures // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2014. V. 9. № 2. P. 182–190.
<https://doi.org/10.1093/scan/nss130>
78. Gale A., Edwards J., Morris P. et al. Extraversion–introversion, neuroticism–stability, and EEG indicators of positive and negative empathic mood // *Personality and Individual Differences*. 2001. V. 30. № 3. P. 449–461.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00036-2](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00036-2)
79. Gianotti L.R., Knoch D., Faber P.L. et al. Tonic activity level in the right prefrontal cortex predicts individuals' risk taking // *Psychological Science*. 2009. V. 20. № 1. P. 33–38.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02260.x>
80. Goldman R.I., Stern J.M., Engel J.Jr., Cohen M.S. Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm // *Neuroreport*. 2002. V. 13. № 18. P. 2487–2492.
<https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000047685.08940.d0>
81. Goldstein B.L., Shankman S.A., Kujawa A. Positive and Negative Emotionality at Age 3 Predicts Change in Frontal EEG Asymmetry across Early Childhood // *J. Abnormal Child Psychology*. 2019. V. 47. № 2. P. 209–219.
<https://doi.org/10.1007/s10802-018-0433-7>
82. Goodman R.N., Rietschel J.C., Lo L.C. et al. Stress, emotion regulation and cognitive performance: the predictive contributions of trait and state relative frontal EEG alpha asymmetry // *International J. Psychophysiology*. 2013. V. 87. № 2. P. 115–123.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.09.008>
83. Grimshaw G.M., Foster J.J., Corballis P.M. Frontal and parietal EEG asymmetries interact to predict attentional bias to threat // *Brain and Cognition*. 2014. V. 90. P. 76–86.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.06.008>
84. Grissmann S., Faller J., Scharinger C. et al. Electroencephalography Based Analysis of Working Memory Load and Affective Valence in an N-back Task with Emotional Stimuli // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017. V. 11. e616.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00616>
85. Grissmann S., Zander T.O., Faller J. et al. Affective Aspects of Perceived Loss of Control and Potential Implications for Brain-Computer Interfaces // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2017. V. 11. e370.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00370>
86. Hagemann D., Hewig J., Naumann E. et al. Resting Brain Asymmetry and Affective Reactivity: Aggregated Data Support the Right-Hemisphere Hypothesis // *J. Individual Differences*. 2005. V. 26. № 3. P. 139–154.
<https://doi.org/10.1027/1614-0001.26.3.139>
87. Hagemann D., Hewig J., Seifert J. et al. The latent state-trait structure of resting EEG asymmetry: replication and extension // *Psychophysiology*. 2005. V. 42. № 6. P. 740–752.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00367.x>
88. Hagemann D., Naumann E., Becker G. et al. Frontal brain asymmetry and affective style: a conceptual replication // *Psychophysiology*. 1998. V. 35. № 4. P. 372–388.
<https://doi.org/10.1111/1469-8986.3540372>
89. Hagemann D., Naumann E., Lürken A. et al. EEG asymmetry, dispositional mood and personality // *Personality and Individual Differences*. 1999. V. 27. № 3. P. 541–568.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00263-3](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00263-3)
90. Hagemann D., Naumann E., Thayer J.F., Bartussek D. Does resting electroencephalograph asymmetry reflect a trait? an application of latent state-trait theory // *Journal of Personality and Social Psychology*. 2002. V. 82. № 4. P. 619–641.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.82.4.619>
91. Hall E.E., Ekkkekakis P., Petruzzello S.J. Regional brain activity and strenuous exercise: predicting affective responses using EEG asymmetry // *Biological Psychology*. 2007. V. 75. № 2. P. 194–200.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.03.002>

92. *Hall E.E., Ekkekakis P., Petruzzello S.J.* Predicting affective responses to exercise using resting EEG frontal asymmetry: does intensity matter? // *Biological Psychology*. 2010. V. 83. № 3. P. 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.01.001>
93. *Hall E.E., Ekkekakis P., Van Landuyt L.M., Petruzzello S.J.* Resting frontal asymmetry predicts self-selected walking speed but not affective responses to a short walk // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2000. V. 71. № 1. P. 74–79. <https://doi.org/10.1080/02701367.2000.10608883>
94. *Hall E.E., Petruzzello S.J.* Frontal asymmetry, dispositional affect, and physical activity in older adults // *J. Aging and Physical Activity*. 1999. V. 7. № 1. P. 76–90. <https://doi.org/10.1123/japa.7.1.76>
95. *Hane A.A., Fox N.A., Henderson H.A., Marshall P.J.* Behavioral reactivity and approach-withdrawal bias in infancy // *Developmental Psychology*. 2008. V. 44. № 5. P. 1491–1496. <https://doi.org/10.1037/a0012855>
96. *Harmon-Jones E.* Clarifying the emotive functions of asymmetrical frontal cortical activity // *Psychophysiology*. 2003. V. 40. № 6. P. 838–848. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.00121>
97. *Harmon-Jones E.* Contributions from research on anger and cognitive dissonance to understanding the motivational functions of asymmetrical frontal brain activity // *Biological Psychology*. 2004. V. 67. № 1–2. P. 51–76. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2004.03.003>
98. *Harmon-Jones E.* Trait anger predicts relative left frontal cortical activation to anger-inducing stimuli // *International J. Psychophysiology*. 2007. V. 66. № 2. P. 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.03.020>
99. *Harmon-Jones E.* Unilateral right-hand contractions cause contralateral alpha power suppression and approach motivational affective experience // *Psychophysiology*. 2006. V. 43. № 6. P. 598–603. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2006.00465.x>
100. *Harmon-Jones E., Allen J.J.* Anger and frontal brain activity: EEG asymmetry consistent with approach motivation despite negative affective valence // *J. Personality and Social Psychology*. 1998. V. 74. № 5. P. 1310–1316. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.74.5.1310>
101. *Harmon-Jones E., Allen J.J.* Behavioral activation sensitivity and resting frontal EEG asymmetry: covariation of putative indicators related to risk for mood disorders // *J. Abnormal Psychology*. 1997. V. 106. № 1. P. 159–163. <https://doi.org/10.1037//0021-843x.106.1.159>
102. *Harmon-Jones E., Gable P.A.* Neural activity underlying the effect of approach-motivated positive affect on narrowed attention // *Psychological Science*. 2009. V. 20. № 4. P. 406–409. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02302.x>
103. *Harmon-Jones E., Gable P.A.* On the role of asymmetric frontal cortical activity in approach and withdrawal motivation: An updated review of the evidence // *Psychophysiology*. 2018. V. 55. № 1. <https://doi.org/10.1111/psyp.12879>
104. *Harmon-Jones E., Gable P.A., Price T.F.* Leaning embodies desire: evidence that leaning forward increases relative left frontal cortical activation to appetitive stimuli // *Biological Psychology*. 2011. V. 87. № 2. P. 311–313. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.03.009>
105. *Harmon-Jones E., Harmon-Jones C., Fearn M. et al.* Left frontal cortical activation and spreading of alternatives: tests of the action-based model of dissonance // *J. Personality and Social Psychology*. 2008. V. 94. № 1. P. 1–15. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.94.1.1>
106. *Harmon-Jones E., Lueck L., Fearn M., Harmon-Jones C.* The effect of personal relevance and approach-related action expectation on relative left frontal cortical activity // *Psychological Science*. 2006. V. 17. № 5. P. 434–440. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01724.x>
107. *Harmon-Jones E., Peterson C.K., Harris C.R.* Jealousy: novel methods and neural correlates // *Emotion*. 2009. V. 9. № 1. P. 113–117. <https://doi.org/10.1037/a0014117>
108. *Harmon-Jones E., Sigelman J.* State anger and prefrontal brain activity: evidence that insult-related relative left-prefrontal activation is associated with experienced anger and aggression // *J. Personality and Social Psychology*. 2001. V. 80. № 5. P. 797–803. <https://doi.org/10.1037//0022-3514.80.5.797>
109. *Harmon-Jones E., Sigelman J., Bohlig A., Harmon-Jones C.* Anger, coping, and frontal cortical activity: The effect of coping potential on anger-induced left frontal activity // *Cognition and Emotion*. 2003. V. 17. № 1. P. 1–24. <https://doi.org/10.1080/02699930302278>
110. *Harmon-Jones E., Vaughn-Scott K., Mohr S. et al.* The effect of manipulated sympathy and anger on left and right frontal cortical activity // *Emotion*. 2004. V. 4. № 1. P. 95–101. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.4.1.95>
111. *Hashemi A., Pino L.J., Moffat G. et al.* Characterizing Population EEG Dynamics throughout Adulthood // *eNeuro*. 2016. V. 3. № 6. e0275-16.2016. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0275-16.2016>
112. *He J., Degnan K.A., McDermott J.M. et al.* Anger and Approach Motivation in Infancy: Relations to Early Childhood Inhibitory Control and Behavior Problems // *Infancy*. 2010. V. 15. № 3. P. 246–269. <https://doi.org/10.1111/j.1532-7078.2009.00017.x>
113. *Heller W., Nitschke J.B., Lindsay D.L.* Neuropsychological Correlates of Arousal in Self-reported Emotion // *Cognition and Emotion*. 1997. V. 11. № 4. P. 383–402. <https://doi.org/10.1080/026999397379854>
114. *Henderson H.A., Fox N.A., Rubin K.H.* Temperamental contributions to social behavior: the moderating roles of frontal EEG asymmetry and gender // *J. American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 2001. V. 40. № 1. P. 68–74. <https://doi.org/10.1097/00004583-200101000-00018>
115. *Hewig J., Hagemann D., Seifert J. et al.* On the selective relation of frontal cortical asymmetry and anger-out versus anger-control // *J. Personality and Social Psychology*. 2004. V. 87. № 6. P. 926–939. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.6.926>
116. *Hewig J., Hagemann D., Seifert J. et al.* The relation of cortical activity and BIS/BAS on the trait level // *Biological Psychology*. 2006. V. 71. № 1. P. 42–53. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.01.006>
117. *Hietanen J.K., Leppänen J.M., Peltola M.J. et al.* Seeing Direct and Averted Gaze Activates the Approach-Avoidance Motivational Brain Systems // *Neuropsychologia*. 2008. V. 46. № 9. P. 2423–2430.

- <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.029>
118. *Hofmann S.G.* Trait affect moderates cortical activation in response to state affect // *International J. Psychophysiology*. 2007. V. 63. № 3. P. 258–264. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2006.11.003>
 119. *Hofmann S.G., Moscovitch D.A., Litz B.T. et al.* The worried mind: autonomic and prefrontal activation during worrying // *Emotion*. 2005. V. 5. № 4. P. 464–475. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.5.4.464>
 120. *Hortensius R., Schutter D.J.L.G., Harmon-Jones E.* When anger leads to aggression: induction of relative left frontal cortical activity with transcranial direct current stimulation increases the anger–aggression relationship // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2012. V. 7. № 3. P. 342–347. <https://doi.org/10.1093/scan/nsr012>
 121. *Howarth G.Z., Fettig N.B., Curby T.W., Bell M.A.* Frontal Electroencephalogram Asymmetry and Temperament Across Infancy and Early Childhood: An Exploration of Stability and Bidirectional Relations // *Child Development*. 2016. V. 87. № 2. P. 465–476. <https://doi.org/10.1111/cdev.12466>
 122. *Huffmeijer R., Alink L.R., Tops M. et al.* Asymmetric frontal brain activity and parental rejection predict altruistic behavior: moderation of oxytocin effects // *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*. 2012. V. 12. № 2. P. 382–392. <https://doi.org/10.3758/s13415-011-0082-6>
 123. *Hughes D.M., Yates M.J., Morton E.E., Smillie L.D.* Asymmetric frontal cortical activity predicts effort expenditure for reward // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2015. V. 10. № 7. P. 1015–1019. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu149>
 124. *Huster R.J., Stevens S., Gerlach A.L., Rist F.* A spectralanalytic approach to emotional responses evoked through picture presentation // *International J. Psychophysiology*. 2009. V. 72. № 2. P. 212–216. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008>
 125. *Isotani T., Tanaka H., Lehmann D. et al.* Source localization of EEG activity during hypnotically induced anxiety and relaxation // *International J. Psychophysiology*. 2001. V. 41. № 2. P. 143–153. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(00\)00197-5](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(00)00197-5)
 126. *Jackson D.C., Mueller C.J., Dolski I. et al.* Now you feel it, now you don't: frontal brain electrical asymmetry and individual differences in emotion regulation // *Psychological Science*. 2003. V. 14. № 6. P. 612–617. https://doi.org/10.1046/j.0956-7976.2003.psci_1473.x
 127. *Jacobs G.D., Snyder D.* Frontal brain asymmetry predicts affective style in men // *Behavioral Neuroscience*. 1996. V. 110. № 1. P. 3–6. <https://doi.org/10.1037//0735-7044.110.1.3>
 128. *Jones N.A., Field T., Davalos M., Pickens J.* EEG stability in infants/children of depressed mothers // *Child Psychiatry and Human Development*. 1997. V. 28. № 2. P. 59–70. <https://doi.org/10.1023/a:1025197101496>
 129. *Jones N.A., Fox N.A.* Electroencephalogram Asymmetry During Emotionally Evocative Films and Its Relation to Positive and Negative Affectivity // *Brain and Cognition*. 1992. V. 20. № 2. P. 280–299. [https://doi.org/10.1016/0278-2626\(92\)90021-d](https://doi.org/10.1016/0278-2626(92)90021-d)
 130. *Katz A.C., Sarapas C., Bishop J.R. et al.* The mediating effect of prefrontal asymmetry on the relationship between the COMT Val(158)Met SNP and trait consummatory positive affect // *Cognition & Emotion*. 2015. V. 29. № 5. P. 867–881. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.951030>
 131. *Kaur A., Chinnadurai V., Chaujar R.* Microstates-based resting frontal alpha asymmetry approach for understanding affect and approach/withdrawal behavior // *Scientific Reports*. 2020. V. 10. № 1. e4228. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61119-7>
 132. *Kawamoto T., Nittono H., Ura M.* Cognitive, Affective, and Motivational Changes during Ostracism: An ERP, EMG, and EEG Study Using a Computerized Cyberball Task // *Neuroscience J*. 2013. e304674. <https://doi.org/10.1155/2013/304674>
 133. *Käckenmester W., Kroencke L., Wacker J.* Frontal asymmetry predicts the incentive value of perceptual information // *International J. Psychophysiology*. 2018. V. 134. P. 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2018.10.002>
 134. *Kelley N.J., Hortensius R., Schutter D.J.L.G., Harmon-Jones E.* The relationship of approach/avoidance motivation and asymmetric frontal cortical activity: A review of studies manipulating frontal asymmetry // *International J. Psychophysiology*. 2017. V. 119. P. 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.03.001>
 135. *Kelley N.J., Hughes M.L.* Resting frontal EEG asymmetry and emotion regulation in older adults: The midlife in the United States (MIDUS) study // *Psychology and Aging*. 2019. V. 34. № 3. P. 341–347. <https://doi.org/10.1037/pag0000344>
 136. *Keune P.M., Bostanov V., Kotchoubey B., Hautzinger M.* Mindfulness versus rumination and behavioral inhibition: A perspective from research on frontal brain asymmetry // *Personality and Individual Differences*. 2012. V. 53. № 3. P. 323–328. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2012.03.034>
 137. *Keune P.M., Mayer S.V., Jusyte A., Schönenberg M.* Frontal alpha asymmetry and callous-unemotional traits in imprisoned violent offenders: A pilot study // *Psychophysiology*. 2018. V. 55. № 1. e12981. doi: org/ <https://doi.org/10.1111/psyp.12981>
 138. *Keune P.M., van der Heiden L., Várkuti B. et al.* Prefrontal brain asymmetry and aggression in imprisoned violent offenders // *Neuroscience Letters*. 2012. V. 515. № 2. P. 191–195. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.03.058>
 139. *Killeen L.A., Teti D.M.* Mothers' frontal EEG asymmetry in response to infant emotion states and mother–infant emotional availability, emotional experience, and internalizing symptoms // *Development and Psychopathology*. 2012. V. 24. № 1. P. 9–21. <https://doi.org/10.1017/S0954579411000629>
 140. *Kim K.J., Bell M.A.* Frontal EEG asymmetry and regulation during childhood // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2006. V. 1094. P. 308–312. <https://doi.org/10.1196/annals.1376.040>
 141. *Kline J.P., Blackhart G.C., Joiner T.E.* Sex, lie scales, and electrode caps: an interpersonal context for defensiveness and anterior electroencephalographic asymmetry // *Personality and Individual Differences*. 2002. V. 33. № 3. P. 459–478. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(01\)00167-2](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(01)00167-2)
 142. *Kline J.P., Blackhart G.C., Schwartz G.E.* Gender specificity of resting anterior electroencephalographic asymmetry and defensiveness in the elderly // *J. Gender Specific Medicine*. 1999. V. 2. № 4. P. 35–39.

143. *Kline J.P., Blackhart G.C., Woodward K.M. et al.* Anterior electroencephalographic asymmetry changes in elderly women in response to a pleasant and an unpleasant odor // *Biological Psychology*. 2000. V. 52. № 3. P. 241–250.
[https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(99\)00046-0](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(99)00046-0)
144. *Kline J.P., Knapp-Kline K., Schwartz G.E.R., Russek L.G.S.* Anterior asymmetry, defensiveness, and perceptions of parental caring // *Personality and Individual Differences*. 2001. V. 31. № 7. P. 1135–1145.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(00\)00209-9](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(00)00209-9)
145. *Kop W.J., Synowski S.J., Newell M.E. et al.* Autonomic nervous system reactivity to positive and negative mood induction: The role of acute psychological responses and frontal electrocortical activity // *Biological Psychology*. 2011. V. 86. № 3. P. 230–238.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2010.12.003>
146. *Koslov K., Mendes W.B., Pajtas P.E., Pizzagalli D.A.* Greater left resting intracortical activity as a buffer to social threat // *Psychological Science*. 2011. V. 22. № 5. P. 641–649.
<https://doi.org/10.1177/0956797611403156>
147. *Lahat A., Tang A., Tanaka M. et al.* Longitudinal Associations Among Child Maltreatment, Resting Frontal Electroencephalogram Asymmetry, and Adolescent Shyness // *Child Development*. 2018. V. 89. № 3. P. 746–757.
<https://doi.org/10.1111/cdev.13060>
148. *Lattari E., Portugal E., Junior R.S. et al.* Acute Affective Responses and Frontal Electroencephalographic Asymmetry to Prescribed and Self-selected Exercise // *Clinical Practice and Epidemiology in Mental Health*. 2016. V. 12. P. 108–119.
<https://doi.org/10.2174/1745017901612010108>
149. *Laufs H., Kleinschmidt A., Beyerle A. et al.* EEG-correlated fMRI of human alpha activity // *Neuroimage*. 2003. V. 19. № 4. P. 1463–1476.
[https://doi.org/10.1016/s1053-8119\(03\)00286-6](https://doi.org/10.1016/s1053-8119(03)00286-6)
150. *Lewis R.S., Weekes N.Y., Wang T.H.* The effect of a naturalistic stressor on frontal EEG asymmetry, stress, and health // *Biological Psychology*. 2007. V. 75. № 3. P. 239–247.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2007.03.004>
151. *Li D., Wang C., Yin Q. et al.* Frontal Cortical Asymmetry May Partially Mediate the Influence of Social Power on Anger Expression // *Frontiers in Psychology*. 2016. V. 7. e73.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00073>
152. *Lieberman L., Liu H., Huggins A.A. et al.* Comparing the validity of informant and self-reports of personality using laboratory indices of emotional responding as criterion variables // *Psychophysiology*. 2016. V. 53. № 9. P. 1386–1397.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12680>
153. *Light S.N., Coan J.A., Frye C. et al.* Dynamic variation in pleasure in children predicts nonlinear change in lateral frontal brain electrical activity // *Developmental Psychology*. 2009. V. 45. № 2. P. 525–533.
<https://doi.org/10.1037/a0014576>
154. *Light S.N., Coan J.A., Zahn-Waxler C. et al.* Empathy is associated with dynamic change in prefrontal brain electrical activity during positive emotion in children // *Child Development*. 2009. V. 80. № 4. P. 1210–1231.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2009.01326.x>
155. *Liu L., Yang M., Han Z. et al.* Frontal EEG Lateralization Predicts Individuals' Emotional Flexibility // *Scientia Sinica Vitae*. 2014. V. 44. № 6. P. 614–622.
<https://doi.org/10.1360/N052013-00061>
156. *LoBue V., Coan J.A., Thrasher C., DeLoache J.S.* Prefrontal asymmetry and parent-rated temperament in infants // *PLoS One*. 2011. V. 6. № 7. e22694.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022694>
157. *Master S.L., Amodio D.M., Stanton A.L. et al.* Neurobiological correlates of coping through emotional approach // *Brain, Behavior, and Immunity*. 2009. V. 23. № 1. P. 27–35.
<https://doi.org/10.1016/j.bbi.2008.04.007>
158. *Matsuda I., Nittono H., Allen J.J.* Detection of concealed information by P3 and frontal EEG asymmetry // *Neuroscience Letters*. 2013. V. 537. P. 55–59.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.01.029>
159. *Maxwell J.S., Davidson R.J.* Emotion as motion: asymmetries in approach and avoidant actions // *Psychological Science*. 2007. V. 18. № 12. P. 1113–1119.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.02033.x>
160. *McGregor I., Nash K.A., Inzlicht M.* Threat, high self-esteem, and reactive approach-motivation: Electroencephalographic evidence // *J. Experimental Social Psychology*. 2009. V. 45. P. 1003–1007.
<https://doi.org/10.1016/j.jesp.2009.04.011>
161. *McLaughlin K.A., Fox N.A., Zeanah C.H., Nelson C.A.* Adverse rearing environments and neural development in children: the development of frontal electroencephalogram asymmetry // *Biological Psychiatry*. 2011. V. 70. № 11. P. 1008–1015.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.08.006>
162. *McManis M.H., Kagan J., Snidman N.C., Woodward S.A.* EEG asymmetry, power, and temperament in children // *Developmental Psychobiology*. 2002. V. 41. № 2. P. 169–177.
<https://doi.org/10.1002/dev.10053>
163. *Mechin N., Gable P.A., Hicks J.A.* Frontal asymmetry and alcohol cue reactivity: Influence of core personality systems // *Psychophysiology*. 2016. V. 53. № 8. P. 1224–1231.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12659>
164. *Mennella R., Patron E., Palomba D.* Frontal alpha asymmetry neurofeedback for the reduction of negative affect and anxiety // *Behaviour Research and Therapy*. 2017. V. 92. P. 32–40.
<https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.02.002>
165. *Meyer T., Quaedflieg C.W., Giesbrecht T. et al.* Frontal EEG asymmetry as predictor of physiological responses to aversive memories // *Psychophysiology*. 2014. V. 51. № 9. P. 853–865.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12230>
166. *Meyers M.B., Smith B.D.* Cerebral processing of non-verbal affective stimuli: differential effects of cognitive and affective sets on hemispheric asymmetry // *Biological Psychology*. 1987. V. 24. № 1. P. 67–84.
[https://doi.org/10.1016/0301-0511\(87\)90100-1](https://doi.org/10.1016/0301-0511(87)90100-1)
167. *Meyers M., Smith B.D.* Hemispheric asymmetry and emotion: effects of nonverbal affective stimuli // *Biological Psychology*. 1986. V. 22. № 1. P. 11–22.
[https://doi.org/10.1016/0301-0511\(86\)90017-7](https://doi.org/10.1016/0301-0511(86)90017-7)
168. *Mikolajczak M., Bodarwé K., Laloyaux O. et al.* Association between frontal EEG asymmetries and emotional intelligence among adults // *Personality and Individual Differences*. 2010. V. 48. P. 177–181.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2009.10.001>
169. *Mikutta C., Altorfer A., Strik W., Koenig T.* Emotions, arousal, and frontal alpha rhythm asymmetry during Beethoven's 5th symphony // *Brain Topography*.

2012. V. 25. № 4. P. 423–430.
<https://doi.org/10.1007/s10548-012-0227-0>
170. Miller A., Tomarken A.J. Task-dependent changes in frontal brain asymmetry: Effects of incentive cues, outcome expectancies, and motor responses // *Psychophysiology*. 2001. V. 38. № 3. P. 500–511
<https://doi.org/10.1017/S0048577201991164>
171. Minnix J.A., Kline J.P. Neuroticism predicts resting frontal EEG asymmetry variability // *Personality and Individual Differences*. 2004. V. 36. P. 823–832.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(03\)00155-7](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(03)00155-7)
172. Miskovic V., Schmidt L.A. Frontal brain electrical asymmetry and cardiac vagal tone predict biased attention to social threat // *International J. Psychophysiology*. 2010. V. 75. № 3. P. 332–338.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2009.12.015>
173. Miskovic V., Schmidt L.A., Georgiades K. et al. Stability of Resting Frontal Electroencephalogram (EEG) Asymmetry and Cardiac Vagal Tone in Adolescent Females Exposed to Child Maltreatment // *Developmental Psychobiology*. 2009. V. 51. № 6. P. 474–487.
<https://doi.org/10.1002/dev.20387>
174. Missana M., Grigutsch M., Grossmann T. Developmental and Individual Differences in the Neural Processing of Dynamic Expressions of Pain and Anger // *PLoS One*. 2014. V. 9. № 4. e93728.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093728>
175. Missana M., Grossmann T. Infants' emerging sensitivity to emotional body expressions: insights from asymmetrical frontal brain activity // *Developmental Psychology*. 2015. V. 51. № 2. P. 151–160.
<https://doi.org/10.1037/a0038469>
176. Moshirian Farahi S.M., Asghari Ebrahimabad M.J., Gorji A. et al. Neuroticism and Frontal EEG Asymmetry Correlated With Dynamic Facial Emotional Processing in Adolescents // *Frontiers in Psychology*. 2019. V. 10. e175.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00175>
177. Moyer C.A., Donnelly M.P.W., Anderson J.C. et al. Frontal electroencephalographic asymmetry associated with positive emotion is produced by very brief meditation training // *Psychological Science*. 2011. V. 22. № 10. P. 1277–1279.
<https://doi.org/10.1177/0956797611418985>
178. Moynihan J.A., Chapman B.P., Klorman R. et al. Mindfulness-Based Stress Reduction for Older Adults: Effects on Executive Function, Frontal Alpha Asymmetry and Immune Function // *Neuropsychobiology*. 2013. V. 68. № 1.
<https://doi.org/10.1159/000350949>
179. Müller M.M., Keil A., Gruber T., Elbert T. Processing of affective pictures modulates right-hemispheric gamma band EEG activity // *Clinical Neurophysiology*. 1999. V. 110. № 11. P. 1913–1920.
[https://doi.org/10.1016/s1388-2457\(99\)00151-0](https://doi.org/10.1016/s1388-2457(99)00151-0)
180. Neal L.B., Gable P.A. Regulatory control and impulsivity relate to resting frontal activity // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2017. V. 12. № 9. P. 1377–1383.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsx080>
181. Ohmatsu S., Nakano H., Tominaga T. et al. Activation of the serotonergic system by pedaling exercise changes anterior cingulate cortex activity and improves negative emotion // *Behavioural Brain Research*. 2014. V. 270. P. 112–117.
<https://doi.org/10.1016/j.bbr.2014.04.017>
182. Papousek I., Aydin N., Rominger C. et al. DSM-5 personality trait domains and withdrawal versus approach motivational tendencies in response to the perception of other people's desperation and angry aggression // *Biological Psychology*. 2018. V. 132. P. 106–115.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.11.010>
183. Papousek I., Freudenthaler H.H., Schuster G. Typical performance measures of emotion regulation and emotion perception and frontal EEG asymmetry in an emotional contagion paradigm // *Personality and Individual Differences*. 2011. V. 51. № 8. P. 1018–1022.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2011.08.013>
184. Papousek I., Reiser E.M., Schuster G. et al. Serotonin transporter genotype (5-HTTLPR) and electrocortical responses indicating the sensitivity to negative emotional cues // *Emotion*. 2013. V. 13. № 6. P. 1173–1181.
<https://doi.org/10.1037/a0033997>
185. Papousek I., Reiser E.M., Weber B. et al. Frontal brain asymmetry and affective flexibility in an emotional contagion paradigm // *Psychophysiology*. 2012. V. 49. № 4. P. 489–498.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01324.x>
186. Papousek I., Schuster G. Covariations of EEG asymmetries and emotional states indicate that activity at frontopolar locations is particularly affected by state factors // *Psychophysiology*. 2002. V. 39. № 3. P. 350–360.
<https://doi.org/10.1017/s0048577201393083>
187. Papousek I., Schuster G., Weiss E.M. et al. Frontal brain asymmetry and transient cardiovascular responses to the perception of humor // *Biological Psychology*. 2013. V. 93. № 1. P. 114–121.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.12.004>
188. Papousek I., Weiss E.M., Perchtold C.M. et al. The capacity for generating cognitive reappraisals is reflected in asymmetric activation of frontal brain regions // *Brain Imaging and Behavior*. 2017. V. 11. № 2. P. 577–590.
<https://doi.org/10.1007/s11682-016-9537-2>
189. Papousek I., Weiss E.M., Schuster G. et al. Prefrontal EEG alpha asymmetry changes while observing disaster happening to other people: cardiac correlates and prediction of emotional impact // *Biological Psychology*. 2014. V. 103. P. 184–194.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.09.001>
190. Papousek I., Wimmer S., Lackner H.K. et al. Trait positive affect and students' prefrontal EEG alpha asymmetry responses during a simulated exam situation // *Biological Psychology*. 2019. V. 148. e107762.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.107762>
191. Parvaz M.A., MacNamara A., Goldstein R.Z., Hajcak G. Event-related induced frontal alpha as a marker of lateral prefrontal cortex activation during cognitive reappraisal // *Cognitive, Affective, and Behavioral Neuroscience*. 2012. V. 12. № 4. P. 730–740.
<https://doi.org/10.3758/s13415-012-0107-9>
192. Pauli P., Wiedemann G., Nickola M. Pain sensitivity, cerebral laterality, and negative affect // *Pain*. 1999. V. 80. № 1–2. P. 359–364.
[https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(98\)00231-0](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(98)00231-0)
193. Peterson C.K., Gravens L.C., Harmon-Jones E. Asymmetric frontal cortical activity and negative affective responses to ostracism // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2011. V. 6. № 3. P. 277–285.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsq027>
194. Peterson C.K., Shackman A.J., Harmon-Jones E. The role of asymmetrical frontal cortical activity in aggres-

- sion // *Psychophysiology*. 2008. V. 45. № 1. P. 86–92. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00597.x>
195. *Petruzzello S.J., Hall E.E., Ekkekakis P.* Regional brain activation as a biological marker of affective responsiveness to acute exercise: influence of fitness // *Psychophysiology*. 2001. V. 38. № 1. P. 99–106. <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3810099>
 196. *Petruzzello S.J., Landers D.M.* State anxiety reduction and exercise: does hemispheric activation reflect such changes? // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1994. V. 26. № 8. P. 1028–1035. <https://doi.org/10.1249/00005768-199408000-00015>
 197. *Petruzzello S.J., Tate A.K.* Brain activation, affect, and aerobic exercise: an examination of both state-independent and state-dependent relationships // *Psychophysiology*. 1997. V. 34. № 5. P. 527–533. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1997.tb01739.x>
 198. *Pérez-Edgar K., Kujawa A., Nelson S.K. et al.* The relation between electroencephalogram asymmetry and attention biases to threat at baseline and under stress // *Brain and Cognition*. 2013. V. 82. № 3. P. 337–343. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.05.009>
 199. *Pickens J., Field T., Nawrocki T.* Frontal EEG asymmetry in response to emotional vignettes in preschool age children // *International Journal of Behavioral Development*. 2001. V. 25. № 2. P. 105–112. <https://doi.org/10.1080/01650250042000140>
 200. *Püchford B., Arnell K.M.* Self-control and its influence on global/local processing: An investigation of the role of frontal alpha asymmetry and dispositional approach tendencies // *Attention, Perception and Psychophysics*. 2019. V. 81. № 1. P. 173–187. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1610-z>
 201. *Pizzagalli D.A., Sherwood R.J., Henriques J.B., Davidson R.J.* Frontal brain asymmetry and reward responsiveness: a source-localization study // *Psychological Science*. 2005. V. 16. № 10. P. 805–813. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2005.01618.x>
 202. *Pönkänen L.M., Hietanen J.K.* Eye contact with neutral and smiling faces: effects on autonomic responses and frontal EEG asymmetry // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2012. V. 6. e122. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00122>
 203. *Pönkänen L.M., Peltola M.J., Hietanen J.K.* The Observer Observed: Frontal EEG Asymmetry and Autonomic Responses Differentiate Between Another Person's Direct and Averted Gaze When the Face Is Seen Live // *International Journal of Psychophysiology*. 2011. V. 82. № 2. P. 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2011.08.006>
 204. *Poole B.D., Gable P.A.* Affective motivational direction drives asymmetric frontal hemisphere activation // *Experimental Brain Research*. 2014. V. 232. № 7. P. 2121–2130. <https://doi.org/10.1007/s00221-014-3902-4>
 205. *Poole K.L., Santesso D.L., Van Lieshout R.J., Schmidt L.A.* Trajectories of Frontal Brain Activity and Socio-Emotional Development in Children // *Developmental Psychobiology*. 2018. V. 60. № 4. P. 353–363. <https://doi.org/10.1002/dev.21620>
 206. *Prause N., Staley C., Roberts V.* Frontal alpha asymmetry and sexually motivated states // *Psychophysiology*. 2014. V. 51. № 3. P. 226–235. <https://doi.org/10.1111/psyp.12173>
 207. *Price T.F., Harmon-Jones E.* Approach motivational body postures lean toward left frontal brain activity // *Psychophysiology*. 2011. V. 48. № 5. P. 718–722. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01127.x>
 208. *Price T.F., Hortensius R., Harmon-Jones E.* Neural and behavioral associations of manipulated determination facial expressions // *Biological Psychology*. 2013. V. 94. № 1. P. 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.06.001>
 209. *Quaedflieg C.W., Meyer T., Smulders F.T., Smeets T.* The functional role of individual-alpha based frontal asymmetry in stress responding // *Biological Psychology*. 2015. V. 104. P. 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.11.014>
 210. *Quaedflieg C.W., Smulders F.T., Meyer T. et al.* The validity of individual frontal alpha asymmetry EEG neurofeedback // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2016. V. 11. № 1. P. 33–43. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv090>
 211. *Quirin M., Gruber T., Kuhl J., Düsing R.* Is love right? Prefrontal resting brain asymmetry is related to the affiliation motive // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2013. V. 7. e902. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00902>
 212. *Reuderink B., Mühl C., Poel M.* Valence, arousal and dominance in the EEG during game play // *International J. Autonomous and Adaptive Communications Systems*. 2013. V. 6. № 1. P. 45–62. <https://doi.org/10.1504/IJAACS.2013.050691>
 213. *Reuter-Lorenz P., Davidson R.J.* Differential contributions of the two cerebral hemispheres to the perception of happy and sad faces // *Neuropsychologia*. 1981. V. 19. № 4. P. 609–613. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(81\)90030-0](https://doi.org/10.1016/0028-3932(81)90030-0)
 214. *Reuter-Lorenz P.A., Givis R.P., Moscovitch M.* Hemispheric specialization and the perception of emotion: Evidence from right-handers and from inverted and non-inverted left-handers // *Neuropsychologia*. 1983. V. 21. № 6. P. 687–692. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(83\)90068-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(83)90068-4)
 215. *Rodrigues J., Muller M., Muhlberger A., Hewig J.* Mind the movement: Frontal asymmetry stands for behavioral motivation, bilateral frontal activation for behavior // *Psychophysiology*. 2018. V. 55. № 1. <https://doi.org/10.1111/psyp.12908>
 216. *Rodriguez A., Rey B., Clemente M. et al.* Assessing brain activations associated with emotional regulation during virtual reality mood induction procedures // *Expert Systems with Applications*. 2015. V. 42. № 3. P. 1699–1709. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.10.006>
 217. *Rosenfeld J.P., Cha G., Blair T., Gotlib I.H.* Operant (biofeedback) control of left-right frontal alpha power differences: potential neurotherapy for affective disorders // *Biofeedback and Self-Regulation*. 1995. V. 20. № 3. P. 241–258. <https://doi.org/10.1007/bf01474516>
 218. *Sabbagh M.A., Flynn J.* Mid-frontal EEG alpha asymmetries predict individual differences in one aspect of theory of mind: mental state decoding // *Social Neuroscience*. 2006. V. 1. № 3–4. P. 299–308. <https://doi.org/10.1080/17470910601029163>
 219. *Saby J.N., Marshall P.J.* The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood // *Developmental Neuropsychology*. 2012. V. 37. № 3. P. 253–273. <https://doi.org/10.1080/87565641.2011.614663>
 220. *Sammer D., Grigutsch M., Fritz T., Koelsch S.* Music and emotion: electrophysiological correlates of the

- processing of pleasant and unpleasant music // *Psychophysiology*. 2007. V. 44. № 2. P. 293–304.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2007.00497.x>
221. *Santesso D.L., Segalowitz S.J., Ashbaugh A.R. et al.* Frontal EEG asymmetry and sensation seeking in young adults // *Biological Psychology*. 2008. V. 78. № 2. P. 164–172.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.02.003>
222. *Schmeichel B.J., Crowell A., Harmon-Jones E.* Exercising self-control increases relative left frontal cortical activation // *Social Cognitive Affective Neuroscience*. 2016. V. 11. № 2. P. 282–288.
<https://doi.org/10.1093/scan/nsv112>
223. *Schmid P.C., Hackel L.M., Jasperse L., Amodio D.M.* Frontal cortical effects on feedback processing and reinforcement learning: Relation of EEG asymmetry with the feedback-related negativity and behavior // *Psychophysiology*. 2018. V. 55. № 1.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12911>
224. *Schmidt B., Hanslmayr S.* Resting frontal EEG alpha-asymmetry predicts the evaluation of affective musical stimuli. *Neuroscience Letters*. 2009. V. 460. № 3. P. 237–240.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.05.068>
225. *Schmidt L.A.* Patterns of second-by-second resting frontal brain (EEG) asymmetry and their relation to heart rate and temperament in 9-month-old human infants // *Personality and Individual Differences*. 2008. V. 44. № 1. P. 216–225.
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2007.08.001>
226. *Schmidt L.A., Cote K.A., Santesso D.L., Milner C.E.* Frontal electroencephalogram alpha asymmetry during sleep: stability and its relation to affective style // *Emotion*. 2003. V. 3. № 4. P. 401–407.
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.3.4.401>
227. *Schmidt L.A., Fox N.A.* Patterns of cortical electrophysiology and autonomic activity in adults' shyness and sociability // *Biological Psychology*. 1994. V. 38. № 2–3. P. 183–198.
[https://doi.org/10.1016/0301-0511\(94\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0301-0511(94)90038-8)
228. *Schmidt L.A., Fox N.A., Schulkin J., Gold P.W.* Behavioral and psychophysiological correlates of self-presentation in temperamentally shy children // *Developmental Psychobiology*. 1999. V. 35. № 2. P. 119–135.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2302\(199909\)35:2<119::AID-DEV5>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2302(199909)35:2<119::AID-DEV5>3.0.CO;2-G)
229. *Schmidt L.A., Trainor L.J.* Frontal brain electrical activity (EEG) distinguishes valence and intensity of musical emotions // *Cognition and Emotion*. 2001. V. 15. № 4. P. 487–500.
<https://doi.org/10.1080/0269993004200187>
230. *Schmidt L.A., Trainor L.J., Santesso D.L.* Development of frontal electroencephalogram (EEG) and heart rate (ECG) responses to affective musical stimuli during the first 12 months of post-natal life // *Brain and Cognition*. 2003. V. 52. № 1. P. 27–32.
[https://doi.org/10.1016/s0278-2626\(03\)00006-x](https://doi.org/10.1016/s0278-2626(03)00006-x)
231. *Schmidtke J.I., Heller W.* Personality, affect and EEG: predicting patterns of regional brain activity related to extraversion and neuroticism // *Personality and Individual Differences*. 2004. V. 36. P. 717–732.
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(03\)00129-6](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(03)00129-6)
232. *Schneider S., Askew C.D., Abel T. et al.* Brain and exercise: a first approach using electrotopography // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2010. V. 42. № 3. P. 600–607.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b76ac8>
233. *Schneider S., Askew C.D., Diehl J. et al.* EEG activity and mood in health orientated runners after different exercise intensities // *Physiology and Behavior*. 2009. V. 96. № 4–5. P. 709–716.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.01.007>
234. *Schöne B., Schomberg J., Gruber T., Quirin M.* Event-related frontal alpha asymmetries: electrophysiological correlates of approach motivation // *Experimental Brain Research*. 2016. V. 234. № 2. P. 559–567.
<https://doi.org/10.1007/s00221-015-4483-6>
235. *Schutter D.J., Putman P., Hermans E., van Honk J.* Parietal electroencephalogram beta asymmetry and selective attention to angry facial expressions in healthy human subjects // *Neuroscience Letters*. 2001. V. 314. № 1–2. P. 13–16.
[https://doi.org/10.1016/s0304-3940\(01\)02246-7](https://doi.org/10.1016/s0304-3940(01)02246-7)
236. *Schweiger D., Stemmler G., Burgdorf C., Wacker J.* Opioid receptor blockade and warmth-liking: effects on interpersonal trust and frontal asymmetry // *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 2014. V. 9. № 10. P. 1608–1615.
<https://doi.org/10.1093/scan/nst152>
237. *Shackman A.J., McMenamin B.W., Maxwell J.S. et al.* Right dorsolateral prefrontal cortical activity and behavioral inhibition // *Psychological Science*. 2009. V. 20. № 12. P. 1500–1506.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02476.x>
238. *Shankman S.A., Tenke C.E., Bruder G.E. et al.* Low positive emotionality in young children: Association with EEG asymmetry // *Development and Psychopathology*. 2005. V. 17. P. 85–98. doi: 10.1017/S0954579405050054
239. *Shankman S.A., Tenke C.E., Bruder G.E. et al.* The Relationship between EEG Asymmetry and Positive Emotionality in Young Children // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2003. V. 1000. P. 389–392.
<https://doi.org/10.1196/annals.1280.037>
240. *Sharma K., Chandra S., Dubey A.K.* Exploration of Lower Frequency EEG Dynamics and Cortical Alpha Asymmetry in Long-term Rajyoga Meditators // *International J. Yoga*. 2018. V. 11. № 1. P. 30–36.
https://doi.org/10.4103/ijoy.IJOY_11_17
241. *Shim J.M., Kim S.J.* Manual lymph drainage attenuates frontal EEG asymmetry in subjects with psychological stress: a preliminary study // *J. Physical Therapy Science*. 2014. V. 26. № 4. P. 529–531.
<https://doi.org/10.1589/jpts.26.529>
242. *Sikka P., Revonsuo A., Noreika V., Valli K.* EEG Frontal Alpha Asymmetry and Dream Affect: Alpha Oscillations over the Right Frontal Cortex during REM Sleep and Presleep Wakefulness Predict Anger in REM Sleep Dreams // *J. Neuroscience*. 2019. V. 39. № 24. P. 4775–4784.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2884-18.2019>
243. *Sobotka S.S., Davidson R.J., Senulis J.A.* Anterior brain electrical asymmetries in response to reward and punishment // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. 1992. V. 83. № 4. P. 236–247.
[https://doi.org/10.1016/0013-4694\(92\)90117-z](https://doi.org/10.1016/0013-4694(92)90117-z)
244. *Solomon B., O'Toole L., Hong M., Dennis T.A.* Negative affectivity and EEG asymmetry interact to predict emotional interference on attention in early school-aged children // *Brain and Cognition*. 2014. V. 87. P. 173–180.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.03.014>
245. *Spielberg J.M., Stewart J.L., Levin R.L. et al.* Prefrontal Cortex, Emotion, and Approach/Withdrawal Motivation // *Social and Personality Psychology Compass*.

2008. V. 2. № 1. P. 135–153.
<https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2007.00064.x>
246. *Steiner A.R.W., Coan J.* Prefrontal asymmetry predicts affect, but not beliefs about affect // *Biological psychology*. 2011. V. 88. № 1. P. 65–71.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.06.010>
247. *Stemmler G., Wacker J.* Personality, emotion, and individual differences in physiological responses // *Biological Psychology*. 2010. V. 84. № 3. P. 541–551.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2009.09.012>
248. *Stevens P.* Affective response to 5 microT ELF magnetic field-induced physiological changes // *Bioelectromagnetics*. 2007. V. 28. № 2. P. 109–114.
<https://doi.org/10.1002/bem.20280>
249. *Studer B., Pedroni A., Rieskamp J.* Predicting risk-taking behavior from prefrontal resting-state activity and personality // *PLoS One*. 2013. V. 8. № 10. e76861.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076861>
250. *Suo T., Liu L., Chen C., Zhang E.* The Functional Role of Individual-Alpha Based Frontal Asymmetry in the Evaluation of Emotional Pictures: Evidence from Event-Related Potentials // *Frontiers in Psychiatry*. 2017. V. 8. e180.
<https://doi.org/10.3389/fpsy.2017.00180>
251. *Sutton S.K., Davidson R.J.* Prefrontal brain asymmetry: A biological substrate of the behavioral approach and inhibition systems // *Psychological Science*. 1997. V. 8. № 3. P. 204–210.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1997.tb00413.x>
252. *Sutton S.K., Davidson R.J.* Prefrontal brain electrical asymmetry predicts the evaluation of affective stimuli // *Neuropsychologia*. 2000. V. 38. № 13. P. 1723–1733.
[https://doi.org/10.1016/s0028-3932\(00\)00076-2](https://doi.org/10.1016/s0028-3932(00)00076-2)
253. *Swingler M.M., Perry N.B., Calkins S.D., Bell M.A.* Maternal sensitivity and infant response to frustration: The moderating role of EEG asymmetry // *Infant Behavior and Development*. 2014. V. 37. № 4. P. 523–535.
<https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2014.06.010>
254. *Telpaz A., Yechiam E.* Contrasting losses and gains increases the predictability of behavior by frontal EEG asymmetry // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2014. V. 8. e149.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00149>
255. *Theall-Honey L.A., Schmidt L.A.* Do Temperamentally Shy Children Process Emotion Differently Than Nonshy Children? Behavioral, Psychophysiological, and Gender Differences in Reticent Preschoolers // *Developmental Psychobiology*. 2006. V. 48. № 3. P. 187–196.
<https://doi.org/10.1002/dev.20133>
256. *Tomarken A.J., Davidson R.J.* Frontal brain activation in repressors and nonrepressors // *Journal of Abnormal Psychology*. 1994. V. 103. № 2. P. 339–349.
<https://doi.org/10.1037//0021-843x.103.2.339>
257. *Tomarken A.J., Davidson R.J., Henriques J.B.* Resting frontal brain asymmetry predicts affective responses to films // *J. Personality and Social Psychology*. 1990. V. 59. № 4. P. 791–801.
<https://doi.org/10.1037//0022-3514.59.4.791>
258. *Tomarken A.J., Davidson R.J., Wheeler R.E., Doss R.C.* Individual differences in anterior brain asymmetry and fundamental dimensions of emotion // *J. Personality and Social Psychology*. 1992. V. 62. № 4. P. 676–687.
<https://doi.org/10.1037//0022-3514.62.4.676>
259. *Travis F., Arenander A.* Cross-sectional and longitudinal study of effects of transcendental meditation practice on interhemispheric frontal asymmetry and frontal coherence // *International J. Neuroscience*. 2006. V. 116. № 12. P. 1519–1538.
<https://doi.org/10.1080/00207450600575482>
260. *Trochidis K., Bigand E.* Investigation of the Effect of Mode and Tempo on Emotional Responses to Music Using EEG Power Asymmetry // *J. Psychophysiology*. 2013. V. 27. P. 142–148.
<https://doi.org/10.1027/0269-8803/a000099>
261. *Tulleit A.M., Harmon-Jones E., Inzlicht M.* Right frontal cortical asymmetry predicts empathic reactions: support for a link between withdrawal motivation and empathy // *Psychophysiology*. 2012. V. 49. № 8. P. 1145–1153.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01395.x>
262. *Urry H.L., Nitschke J.B., Dolski I. et al.* Making a life worth living: neural correlates of well-being // *Psychological Science*. 2004. V. 15. № 6. P. 367–372.
<https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00686.x>
263. *Uusberg H., Allik J., Hietanen J.K.* Eye contact reveals a relationship between Neuroticism and anterior EEG asymmetry // *Neuropsychologia*. 2015. V. 73. P. 161–168.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.05.008>
264. *van Wijk I.C., van den Bulk B.G., Euser S. et al.* Social judgments, frontal asymmetry, and aggressive behavior in young children: A replication study using EEG // *Neuropsychologia*. 2019. V. 126. P. 120–127.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.06.022>
265. *Vecchiato G., Toppi J., Astolfi L. et al.* Spectral EEG frontal asymmetries correlate with the experienced pleasantness of TV commercial advertisements // *Medical and Biological Engineering and Computing*. 2011. V. 49. № 5. P. 579–583.
<https://doi.org/10.1007/s11517-011-0747-x>
266. *Verona E., Sadeh N., Curtin J.J.* Stress-induced asymmetric frontal brain activity and aggression risk // *J. Abnormal Psychology*. 2009. V. 118. № 1. P. 131–145.
<https://doi.org/10.1037/a001437>
267. *Vogt T., Schneider S., Brümmer V., Strüder H.K.* Frontal EEG asymmetry: the effects of sustained walking in the elderly // *Neuroscience Letters*. 2010. V. 485. № 2. P. 134–137.
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.001>
268. *Wacker J.* Effects of positive emotion, extraversion, and dopamine on cognitive stability-flexibility and frontal EEG asymmetry // *Psychophysiology*. 2018. V. 55. № 1.
<https://doi.org/10.1111/psyp.12727>
269. *Wacker J., Chavanon M.L., Leue A., Stemmler G.* Is running away right? The behavioral activation-behavioral inhibition model of anterior asymmetry // *Emotion*. 2008. V. 8. № 2. P. 232–249.
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.8.2.232>
270. *Wacker J., Chavanon M.L., Leue A., Stemmler G.* Trait BIS Predicts Alpha Asymmetry and P300 in a Go/No-Go Task // *European J. Personality*. 2010. V. 24. P. 85–105.
<https://doi.org/10.1002/per.740>
271. *Wacker J., Chavanon M.-L., Stemmler G.* Investigating the Dopaminergic Basis of Extraversion in Humans: A Multilevel Approach // *J. Personality and Social Psychology*. 2006. V. 91. № 1. P. 171–187.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.91.1.171>
272. *Wacker J., Chavanon M.-L., Stemmler G.* Resting EEG signatures of agentic extraversion: New results and meta-analytic integration // *J. Research in Personality*

- ty. 2010. V. 44. № 2. P. 167–179.
<https://doi.org/10.1016/j.jrp.2009.12.004>
273. Wacker J., Heldmann M., Stemmler G. Separating emotion and motivational direction in fear and anger: effects on frontal asymmetry // *Emotion*. 2003. V. 3. № 2. P. 167–193.
<https://doi.org/10.1037/1528-3542.3.2.167>
274. Wacker J., Mueller E.M., Pizzagalli D.A. et al. Dopamine-d2-receptor blockade reverses the association between trait approach motivation and frontal asymmetry in an approach-motivation context // *Psychological Science*. 2013. V. 24. № 4. P. 489–497.
<https://doi.org/10.1177/0956797612458935>
275. Waldstein S.R., Kop W.J., Schmidt L.A. et al. Frontal Electrooculogram and Cardiovascular Reactivity During Happiness and Anger // *Biological Psychology*. 2000. V. 55. № 1. P. 3–23.
[https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(00\)00065-x](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(00)00065-x)
276. Wang F., Wang C., Yin Q. et al. Reappraisal writing relieves social anxiety and may be accompanied by changes in frontal alpha asymmetry // *Frontiers in Psychology*. 2015. V. 6. e1604.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01604>
277. Wang Y., Lu J., Gu C., Hu B. Mapping the frontal alpha asymmetry indicators of habitual emotion regulation: a data-driven approach // *Neuroreport*. 2018. V. 29. № 15. P. 1288–1292.
<https://doi.org/10.1097/WNR.0000000000001109>
278. Warden-Smith J., Paul L., Olukogbon K. et al. Light and smell stimulus protocol reduced negative frontal EEG asymmetry and improved mood // *Open Life Sciences*. 2017. V. 12. № 1. P. 51–61.
<https://doi.org/10.1515/biol-2017-0006>
279. Wexler B.E., Warrenburg S., Schwartz G.E., Janer L.D. EEG and EMG responses to emotion-evoking stimuli processed without conscious awareness // *Neuropsychologia*. 1992. V. 30. № 12. P. 1065–1079.
[https://doi.org/10.1016/0028-3932\(92\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0028-3932(92)90099-8)
280. Wheeler R.E., Davidson R.J., Tomarken A.J. Frontal brain asymmetry and emotional reactivity: a biological substrate of affective style // *Psychophysiology*. 1993. V. 30. № 1. P. 82–89.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1993.tb03207.x>
281. Winter S.R., Feig E.H., Kounios J. et al. The relation of hedonic hunger and restrained eating to lateralized frontal activation // *Physiology and Behavior*. 2016. V. 163. P. 64–69.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.04.050>
282. Woo M., Kim S., Kim J. et al. Examining the exercise-affect dose-response relationship: does duration influence frontal EEG asymmetry? // *International Journal of Psychophysiology*. 2009. V. 72. № 2. P. 166–172.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2008.12.003>
283. Woo M., Kim S., Kim J. et al. The influence of exercise intensity on frontal electroencephalographic asymmetry and self-reported affect // *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2010. V. 81. № 3. P. 349–359.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2010.10599683>
284. Zhang J., Lau E.Y.Y., Hsiao J.H. Sleep deprivation compromises resting-state emotional regulatory processes: An EEG study // *J. Sleep Research*. 2019. V. 28. № 3. e12671.
<https://doi.org/10.1111/jsr.12671>
285. Zhao G., Zhang Y., Ge Y. et al. Asymmetric hemisphere activation in tenderness: evidence from EEG signals // *Scientific Reports*. 2018. V. 8. № 1. e8029.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-26133-w>
286. Zhao G., Zhang Y., Ge Y. Frontal EEG Asymmetry and Middle Line Power Difference in Discrete Emotions // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. 2018. V. 12. e225.
<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00225>
287. Zinner L.R., Brodish A.B., Devine P.G., Harmon-Jones E. Anger and asymmetrical frontal cortical activity: Evidence for an anger-withdrawal relationship // *Cognition & Emotion*. 2008. V. 22. № 6. P. 1081–1093.
<https://doi.org/10.1080/02699930701622961>

A Single Phenomenon with a Multitude of Interpretations: Eeg Frontal Alpha Asymmetry in Healthy People. Part II

M. Ye. Melnikov[#]

*Federal Research Center of Fundamental and Translational Institute
of Molecular Biology and Biophysics, Novosibirsk, Russia*

[#]e-mail: mikhail-melnikov@mail.ru

Abstract—This article presents a review of psychophysiological studies of frontal alpha asymmetry in healthy people. Right-sided frontal alpha asymmetry is related to a reward sensitivity and social activity. Right- and left-hemispheric asymmetry in children suit aroused and inhibited temperament, respectively. Induction of anger causes a right-sided shift in alpha asymmetry, while anxiety provocation leads to a left-sided shift. Pos-ing of emotional facial expressions, observing emotional movies, and listening to a music produce effects that are generally in accordance with motivational and emotional hypotheses. Studies using static visual and social audial stimuli and attempts to link frontal alpha asymmetry to personality traits and mood in adults showed ambiguous results that underscores importance of moderator variables investigations.

Keywords: electroencephalography (EEG), alpha rhythm, interhemispheric asymmetry, emotions, motivation, coping behavior