

УДК 612.821+159.91

СТАНОВЛЕНИЕ ПРОСОЦИАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ В РАННЕМ ДЕТСТВЕ И ЕГО НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

© 2023 г. В. Б. Павленко¹ *, Л. С. Орехова¹, А. А. Португальская¹, А. А. Михайлова¹

¹Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

*e-mail: vprav55@gmail.com

Поступила в редакцию 21.09.2022 г.

После доработки 10.11.2022 г.

Принята к публикации 09.12.2022 г.

Дети с самого раннего возраста способны на просоциальные поступки: подают предметы, утешают и делятся с другими людьми. В данном обзоре рассматриваются современные исследования закономерностей и нейрофизиологических механизмов становления помогающего поведения (ПП) в раннем детстве, в том числе результаты собственных работ авторов. Представлены методы изучения ПП у детей младенческого и раннего возраста. Анализируются факторы развития и нейрофизиологические механизмы инструментального, эмпатического и альтруистического ПП, роль эмпатии в его запуске. Приводятся данные об участии в реализации ПП различных мозговых структур, а также зеркальной системы мозга, расширенная часть которой включает сенсомоторную и эмоциональную нейронные сети. Подчеркивается значение исследований механизмов просоциального поведения для полноценного воспитания и обучения детей в условиях современного общества.

Ключевые слова: дети, просоциальное поведение, помогающее поведение, мю-ритм ЭЭГ, зеркальные нейроны

DOI: 10.31857/S0044467723020089, **EDN:** GITMPK

Одним из основополагающих элементов социального взаимодействия в человеческом обществе является разнообразный и сложный набор позитивных действий, отношений и эмоций, направленных на других, который называют просоциальностью (Knafo-Noam et al., 2015). На уровне установок просоциальность включает доброжелательность и позитивное отношение к другим. На эмоциональном уровне просоциальный репертуар людей включает эмпатию, как способность понимать и разделять эмоциональные состояния других. На поведенческом уровне просоциальность реализуется в виде просоциального или *помогающего поведения* (*helping behavior*). Понятия просоциального и помогающего поведения (ПП) обычно отождествляют и определяют их как добровольные действия, совершающиеся в ответ на потребности других и направленные на их благо (Eisenberg et al., 2006; Decety, Svetlova 2012; Kärtner et al., 2014). Проявление ПП способствует установлению более тесного взаимодействия с окружающими, позитивным эмоциональным ре-

акциям, физическому и психологическому благополучию как помогающего субъекта (Varma et al., 2022), так и реципиента помощи (Olivo et al., 2021).

Особый интерес представляет анализ становления ПП в процессе раннего онтогенеза. А. Даль и М. Киллен отмечают, что, хотя ПП само по себе не обязательно является “моральным” поведением (ведь оно может быть направлено и на оказание помощи лишь узкой группе людей, в ущерб другим), но оно отражает первый шаг к обретению нравственности. В этом отношении исключительно важным является ранний возраст: к своему четвертому дню рождения большинство детей выражают суждения, основанные на моральной заботе о благополучии, правах и справедливости других. По мнению указанных авторов, ранняя мораль не является ни врожденной, ни приобретенной. Дети “строят” мораль посредством взаимодействия с окружающей социальной средой, в том числе принимая участие в просоциальных действиях (Dahl, Killen, 2018).

Если просоциальные действия у взрослых обусловлены пониманием эмоционального состояния, целей и желаний других в сочетании с мотивацией действовать для их блага и наличием зрелых моральных суждений, то как объяснить запуск подобных действий у очень маленьких детей, имеющих еще лишь ограниченные социально-когнитивные способности, каковы их истоки и нейробиологические механизмы?

Первые систематические исследования ПП детей раннего возраста начались еще в 70-е годы прошлого века (см. обзор (Paulus, Moor, 2012)). Результаты многочисленных работ показали, что просоциальное поведение детей проявляется в следующих основных видах: (1) инструментальной помощи (*instrumental helping*), т.е. помощи другим людям в завершении целенаправленного действия; (2) эмпатической помощи (*comforting*), проявляющейся в способности реагировать на эмоциональные нужды другого человека и вербально или физически поддержать и утешить его; (3) альтруистической помощи, при которой ребенок делится ресурсами (*sharing*), которых недостает другому индивиду (Warneken, Tomasello, 2009; Dunfield et al., 2011; Dunfield, Kuhlmeier, 2013; Юдина, Котова, 2015; Paulus, 2018; Dunfield et al., 2019). Т.к. для понимания потребностей другого человека требуются особые социально-когнитивные способности (Dunfield, 2014), а в основе разных видов просоциального поведения лежат неодинаковые мотивы (Paulus, 2014), указанные три вида ПП развиваются в основном независимо друг от друга и корреляция между их проявлениями выражена относительно слабо (Kärtner et al., 2014; Schuhmacher et al., 2017; Köster, Kärtner, 2019), а по данным некоторых исследователей может даже иметь негативную направленность (Paulus et al., 2013).

В последние годы выдвигаются предположения, что нейронной основой для ситуационного понимания детьми раннего возраста целей действий и затруднений других людей, а также для формирования моральных оценок могут быть процессы, протекающие при участии *зеркальных нейронов* (Köster, Kärtner, 2019; Михайлова и др., 2022). Поскольку, как отмечают Н.Н. Лебедева и соавт. (Лебедева и др., 2020), в большинстве исследований ЦНС человека речь идет не о прямой регистрации нейрональной активности, а об активации обширных регионов неокортекса, мы, вслед за указанными авторами, при опи-

сании участия данной системы в организации поведения будем использовать термин “*зеркальная система мозга*” (ЗСМ). В настоящей обзорной работе мы рассмотрим методы изучения, особенности и истоки просоциального поведения, его нейрофизиологические механизмы, а также попытаемся оценить перспективные направления дальнейших исследований. При рассмотрении становления инструментального, эмпатического и альтруистического ПП у детей раннего возраста особое внимание будет уделено возможной роли в этом процессе ЗСМ.

СТАНОВЛЕНИЕ ПОМОГАЮЩЕГО ПОВЕДЕНИЯ У ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА, МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ, ВИДЫ И ИСТОКИ

Для изучения первых предпосылок просоциального поведения у младенцев, которые еще физически не способны к помогающим действиям, используют анализ их эмоциональных реакций (мимики, вокализации), а также трекинг взора, позволяющий установить направленность внимания ребенка. Эти методы позволяют оценить, как ребенок в возрасте нескольких месяцев реагирует на про- и антисоциальные действия третьих лиц. Детям показывают персонажа, который с трудом поднимается на холм, и двух других персонажей, один из которых помогает, а другой мешает это сделать (парадигма “холма”, “*hill*”) (Hamlin et al., 2010). У более старших детей отношения к таким действиям определяют на основе т.н. распределения ресурсов (особенностей раздачи единиц вознаграждения – угощения или привлекательных предметов, например, цветных наклеек) между “добрыми” и “злыми” персонажами (Kenward, Dahl, 2011).

Для изучения инструментального ПП детям, начиная приблизительно с годовалого возраста, предлагают ряд заданий, в которых ребенок может оказать помощь. Например, принеся или подав предмет, который взрослый экспериментатор хочет, но не может достать; открыв дверь, если у взрослого заняты руки; выполнив простое действие, которое экспериментатор якобы не умеет делать. Для оценки эмпатической помощи создаются ситуации, в которых взрослый нуждался в утешении из-за того, что он ударился или прищемил палец. Для проверки способности детей к альтруистической помощи создается

ситуация, при которой они должны были отказаться от чего-то своего ради помощи другому. Например, ожидается, что дети поделятся угощением с тем, кому оно не досталось, или предложат свою игрушку взамен сломавшейся. Степень выраженности ПП оценивают по тому, насколько быстро была оказана помощь, было ли для этого необходимо прямое вербальное обращение и насколько выраженными должны были быть внешние признаки дистресса у человека, нуждающегося в помощи, для того, чтобы ребенок ее оказал (Svetlova et al., 2010; Schuhmacher et al., 2017).

Нейробиологические механизмы просоциального поведения детей раннего возраста изучают, как правило, на основе анализа ЭЭГ, связанных с событиями ЭЭГ-потенциалов (ССП), а также, в последние годы, с использованием функциональной спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона. Различные виды функциональной магнитно-резонансной томографии, а также магнитоэнцефалография (МЭГ) применяются при изучении ПП малышей гораздо реже, в частности потому, что эти методы ограничивают подвижность ребенка.

Предшественники моральных суждений и просоциального поведения появляются в развитии детей очень рано. Определяя направленность взора ребенка по видеозаписи, исследователи установили, что уже в возрасте трех месяцев младенцы оценивают других на основе их социального поведения по отношению к третьим лицам (Hamlin et al., 2010). Дети предпочитают дольше смотреть на изображение персонажа, который ранее в мультипликационном сюжете помогал другому. Анализируя полученные результаты, авторы указанной работы отмечают: отличать тех, кто ведет себя просоциально, от тех, кто ведет себя антисоциально, — навык, необходимый для выживания в обществе. У младенцев в возрасте семи месяцев удалось выявить проявления положительных эмоций при демонстрации действий просоциальных, но не антисоциальных агентов (Steckler et al., 2017). Об этом свидетельствовали результаты анализа мимики и других поведенческих реакций детей при просмотре мультипликационных роликов, персонажи которых либо делятся с другими игрушками, либо их отбирают. Интерпретируя результаты этих и подобных работ, ряд авторов приходят к выводу, что у детей в возрасте до года уже возникают импли-

цитные представления о том, как люди должны вести себя по отношению к другим (Ting et al., 2020; Decety, Holvoet, 2021).

Для возникновения реального ПП детям необходимо понимать, каких целей люди пытаются достичь, нуждаются ли они при этом в помощи, могут ли быть способными ее оказать и иметь для этого мотивацию. Понимают ли младенцы, что другие люди нуждаются в помощи, когда они не могут достичь цели? М. Кестер и соавт. (Köster et al., 2016; Köster, Kärtner, 2019) использовали трекинг взора, чтобы проверить эту способность у детей в возрасте от 9 до 18 месяцев. Малышам были представлены изображения с тремя персонажами, первый из которых из-за препятствия не смог самостоятельно достичь цели (достать мяч и поиграть с ним). Второй персонаж мог выполнить намеченное действие, а третий имел возможность помочь. Как оказалось, дети ожидали, что “помощник” передаст мяч нуждающемуся, — когда вместо этого мяч был отдан второму персонажу, который в помощи не нуждался, были явно удивлены (дольше рассматривали изображение этой ситуации). Таким образом, дети начиная с девяти месяцев уже понимают нужды других.

Для появления у маленького ребенка реальных просоциальных действий необходимо также наличие соответствующей мотивации. Предполагают, что у младенцев имеется внутренняя потребность к аффилиации — установлению и стабилизации социальных связей с членами своей группы, — которая коренится в социальной природе человека. Эти связи укрепляются в первой совместной деятельности ребенка и его родителей (попытки помочь близким при одевании и уборке игрушек, завершить действие, начатое взрослым, и т.п.) (Köster, Kärtner, 2019).

Однако понимания потребностей других и даже желания помочь недостаточно для появления ПП. Ребенку также необходимо иметь достаточное развитие двигательных навыков и понимать конечную цель конкретного действия (Köster et al., 2019), адекватно воспринимать невербальные и вербальные сигналы человека, столкнувшегося с препятствием в достижении цели, даже если эти сигналы не обращены прямо к ребенку (Kochukhova et al., 2021). Понимание детьми потребностей других, наличие мотивации к оказанию помощи, формирование первых навыков социального взаимодействия и развитие к концу

первого года жизни мелкой моторики обеспечивают становление первых видов ПП ребенка (Köster, Kärtner, 2019).

Классические исследования Ф. Варнекена и М. Томаселло показали, что раньше всего проявляются навыки оказания простейшей инструментальной помощи. Так, дети в возрасте 12–14 месяцев способны помогать взрослым в простых бытовых делах, например, подать вещь, до которой взрослый не может дотянуться (Warneken, Tomasello, 2009). К 18 месяцам дети оказывают помощь в разнообразных проблемных ситуациях: открывая двери, помогая складывать предметы и даже используют новый метод, чтобы открыть коробку для “взрослого недотепы”, применяющего неправильный подход. По мнению Ф. Варнекена, одним из мотивов такого инструментального ПП у детей в возрасте до полутора лет является стремление к завершению действия, которое не может завершить выполняющий его человек (Warneken, 2016). При этом дети способны различать целенаправленные действия, которые были остановлены из-за препятствия, и в этом случае помогают. Если же действия остановлены самим экспериментатором, дети от помощи воздерживаются (Green et al., 2021). Некоторые авторы не исключают (см. обзор (Paulus, Moog, 2012)), что мотивами запуска инструментального ПП у самых маленьких детей могут быть стремление к совместной деятельности исходя из потребности в аффилиации, а также восприятие ситуации как игры со взрослыми. Так, в одном из исследований обнаружили, что после того, как экспериментатор отвлекся от совместной деятельности, большая часть полуторагодовалых детей перестала ему помогать, хотя большинство двухлетних детей продолжали оказывать помощь (Giner Torrens et al., 2021). Очевидно, радость от совместной деятельности является мощным мотивирующим фактором, который стимулирует помогающее поведение детей ясельного возраста, а такие мотивы, как эмпатическая забота о других или чувство ответственности, могут становиться все более заметными у более старших детей.

На реализацию инструментального ПП влияют особенности социально-эмоционального развития. Дети, воспитывающиеся в детском доме, реже оказывают помощь, чем дети, растущие в семьях (Kochukhova et al., 2021). Малыши с надежным типом привязанности (воспитывающиеся в семьях, где эмо-

циональные и физиологические потребности удовлетворяются надлежащим образом) больше склонны помочь по сравнению с детьми, у которых такая привязанность отсутствует, т. к. в семьях пренебрегают эмоциональными переживаниями и потребностями детей (Юдина, Котова, 2015).

Примерно с полутора лет у детей происходит становление более сложного вида просоциального поведения — эмпатического ПП, которое основано на распознавании чужого негативного аффективного состояния и реализуется в виде оказания эмоциональной помощи (Drummond et al., 2014). В этом возрасте малыши преимущественно используют телесные способы утешения другого человека, например, объятия (Zahn-Waxler et al., 2018). Но ближе к трем годам поведение детей носит более сложный характер. Так, ребенок может отвлечь внимание человека от того, что его расстроило, или попытаться его рассмешить (Zahn-Waxler et al., 1992). Если в 18 месяцев эмпатическую помощь проявляют только около четверти детей, то в возрасте 24 месяцев — уже большинство малышей (Svetlova et al., 2010).

Примерно в два с половиной года у детей становится выраженным альтруистическое ПП. Малыши делятся представляющими для них ценность ресурсами, например, игрушками или едой. Интересно отметить, что малыши демонстрируют больше положительных эмоций, когда делятся угощением, чем когда его получают (Song et al., 2020). Сначала дети оказывают альтруистическую помощь, только если другой человек прямо озвучивает необходимость в ресурсах, которые есть у ребенка, однако по мере взросления необходимость в вербальных инструкциях пропадает, ребенок по внешним проявлениям эмоций и другим признакам определяет неудовлетворенную потребность другого и самостоятельно принимает решение об оказании помощи (Brownell et al., 2013; Dunfield et al., 2011). Старшие дети чаще проявляют альтруистическое ПП, т. к. под влиянием воспитания и общения с близкими у них развивается понимание эмоциональных и психических состояний окружающих (Drummond et al., 2014), усваиваются социальные и моральные нормы (Svetlova et al., 2010).

По мере того как дети начинают взаимодействовать с более широким кругом людей, чем их непосредственные опекуны, ПП становится более избирательным. Так, трехлет-

ние дети предпочитают помогать тому человеку, который помогает другим, а не тому, кто намеренно причинял вред (Vaish et al., 2009). При распределении игрушечного печенья между собой и двумя кукольными персонажами, помогающими или мешающими третьей кукле, более половины малышей в возрасте от полутора до трех с половиной лет распределяли вознаграждение в пользу “доброе” персонажа (Михайлова и др., 2022), а дети в возрасте четырех с половиной лет поступали так в подавляющем числе случаев (Kenward, Dahl, 2011). Малыши также более склонны делиться с людьми, которые ранее намеренно сделали им что-то полезное. Считают (Grueneisen, Warneken, 2022), что, хотя такая “стратегическая” просоциальность отчасти корыстна, она не является исключительно эгоистичной или аморальной. Напротив, это полезная социальная компетенция, которая позволяет детям инициировать взаимовыгодный обмен, участвовать в совместной деятельности и успешно ориентироваться в социальных отношениях в целом. Как указывал П.В. Симонов, описывая витальные, социальные и идеальные потребности человека (Симонов, 1987), бессмысленно противопоставлять потребности “для других” потребностям “для себя”. Потребность “для других” делает человека доброжелательным, способным к сочувствию, состраданию и сотрудничеству. Потребность “для себя” порождает чувство собственного достоинства, независимость суждений, самостоятельность мысли. На основе этих потребностей у детей развиваются альтернативные, динамически сменяющие друг друга формы поведения, каждая из которых несет свою социально полезную функцию.

Нет сомнений в наличии широкой и разнородной мотивационной основы, поддерживающей просоциальное поведение маленьких детей. Некоторые из этих мотивов относятся к ранним формам помощи (например, инструментальным), тогда как другие (например, моральные оценки) относятся к более позднему развитию ПП. При этом различные мотивы не исключают и необязательно заменяют друг друга (Paulus, 2018).

Но каковы истоки просоциального поведения у детей? Ф. Варнекен и М. Томаселло обнаружили, что не только маленькие дети, но и человекообразные обезьяны, наши ближайшие эволюционные родственники, достаточно часто спонтанно проявляют по

крайней мере один из видов ПП — инструментальное, например, подавая предметы, до которых человек не может дотянуться. Правда, в отличие от детей, такие действия они выполняют лишь в ответ на явные сигналы со стороны нуждающихся в помощи. В результате исследователи выдвинули гипотезу, что ПП имеет глубокие корни в филогенезе, а дети обладают естественной склонностью к альтруизму и развитию просоциальности (Warneken, Tomasello, 2009; Warneken, 2016). В процессе эволюции нашего биологического вида преимущества получали те маленькие дети, кто использовал помогающие действия для формирования более позитивных социальных отношений с родителями и другими окружающими людьми. Позитивные, приносящие положительные эмоции отношения заставляли взрослых предпочесть взаимодействие с малышами, которые разделяли их эмоциональное состояние и даже пытались помочь, а не с “детьми-конкурентами”. Индивиды, вырастающие из таких малышей, были лучше приспособлены к взрослой деятельности, основанной на сотрудничестве и общении. В итоге сообщества людей, где была особенно развита внутригрупповая поддержка и сотрудничество, получали преимущество и были более успешны по сравнению с другими (Tomasello, 2020).

К близким выводам приходят Ж. Десети и соавт. (Decety, Holvoet, 2021; Decety et al., 2021), считая, что возникновение ПП у детей во многом обусловлено врожденной predisposition к развитию социально-моральных оценок, которые определяют их ожидания в отношении справедливости, эмпатической заботы, групповой принадлежности и совместных действий со стороны окружающих. Такую predisposition рассматривают как эмерджентное свойство коэволюции генов и культур.

Другие авторы подчеркивают: развитие просоциального поведения детей невозможно без активного воздействия родителей. Полезные действия малышей поддерживаются положительными эмоциональными реакциями и поощрением со стороны значимых взрослых. Этот процесс является двунаправленным: дети также влияют на поведение взрослых, проявляя, в частности, интерес к их действиям и эмоциям. Воспитатели реагируют на такое поведение детей, поощряя их участие в совместной деятельности (Dahl, Brownell, 2019). Важную роль в формирова-

нии просоциального поведения малышей играет также обсуждение родителями со своими детьми эмоциональных и психических состояний героев сказок и других персонажей во время совместного чтения книг или игр (Schuhmacher et al., 2017). Также ПП детей во многом определяется прямыми наставлениями со стороны взрослых (Dahl et al., 2022). Наконец, для успешной реализации просоциального поведения у детей должно быть сформировано понимание некоторых базовых фактов об окружающем мире (*common knowledge*), например, в каких ситуациях необходимо оказание помощи (Siposova et al., 2021). В свою очередь, способность понимать такие факты и принимать на их основе решения может быть связана с формированием т. н. *теории сознания* (*Theory of Mind*) или *ментализации* — умения понимать не только свои собственные состояния и переживания, но и психические состояния другого человека (De Freitas et al., 2019).

Как отмечают Ф. Варнекен и М. Томаселло, нет сомнений в том, что практика социализации может сильно влиять на выражение альтруистических тенденций. Но социализация лишь совершенствует детерминированные генетически альтруистические склонности, которые мы разделяем с нашими ближайшими эволюционными родственниками. Практики социализации могут основываться на этой предрасположенности к альтруизму, но социализация не является ее первоначальным источником (Warneken, Tomasello, 2009). В настоящее время большинство исследователей близки к этой точке зрения, считая, что ранние проявления просоциального поведения детей генетически детерминированы, а дальнейшее его развитие является продуктом социальной среды, в том числе присвоением культурных моделей поведения. По мере взросления дети в процессе социального взаимодействия все в большей степени учитывают нормы морали и принципы справедливости (Köster, Kärtner, 2019; Decety, Holvoet, 2021; Grueneisen, Warneken, 2022). При этом важным драйвером запуска эмоционального и альтруистического ПП является эмпатия.

ЭМПАТИЯ И ЕЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ

Под эмпатией понимают способность воспринимать, понимать и опосредованно пере-

живать эмоции и чувства другого человека. Эмпатию рассматривают как многомерный конструкт, включающий в себя ряд компонентов: (1) эмоциональную или аффективную эмпатию (способность разделять эмоциональное состояние других); (2) различение себя и другого: способность различать чувства, принадлежащие себе, и чувства, принадлежащие другому; (3) когнитивную эмпатию (способность намеренно поставить себя на место другого человека, чтобы понять, что он чувствует); (4) регуляцию эмоций, которая позволяет подавлять или усиливать собственные эмоции, чтобы способствовать соответствующему эмпатическому ответу; (5) эмпатическую заботу, возникающую в результате взаимодействия четырех других компонентов и включающую в себя симпатию, сострадание и мотивацию помочь другому (Tousignant et al., 2017). Поскольку неудовлетворение потребностей человека часто сопровождается эмоциональными реакциями, доступными непосредственному восприятию окружающих или их пониманию, опосредованному более сложными когнитивными процессами, эмпатия может лежать в основе самых разных видов просоциального поведения (Paulus, 2018).

По мнению Ж. Десети коллегами и соавт., эволюция сформировала человеческий мозг чувствительным и отзывчивым к эмоциональным состояниям других, особенно семьи и членов социальной группы. Даже самые продвинутые формы эмпатии у людей основаны на физиологических механизмах, которые присутствуют у других видов млекопитающих (Decety, Holvoet, 2021). Так, важную роль в процессах эмпатии отводят чувствительности мозга к окситоцину (Stevens, Taber, 2021), кортизолу и ряду других гормонов (Miller, 2018). Эмпатия поддерживается распределенной нейронной сетью, включающей нервные клетки гипоталамуса и других структур ствола мозга, миндалевидного тела, стриатума, островка, передней поясной и орбитофронтальной коры. Взаимодействуя между собой, эти области контролируют соответствующие нейроэндокринные процессы, эмоциональные состояния и социальное поведение (Decety et al., 2016).

Как с точки зрения эволюции, так и с точки зрения онтогенеза развитым формам эмпатии предшествуют более элементарные, рефлексивные формы способности реагировать на эмоциональные сигналы. Человеческие

младенцы биологически предрасположены к аффективному резонансу с положительными и отрицательными эмоциональными состояниями других. Плач новорожденных в ответ на плач других детей показывает, что у них обнаруживаются рудиментарные признаки т. н. эмоционального заражения. Эмоциональное заражение рассматривают как автоматическую реакцию, возникающую при восприятии выраженной эмоции другого человека и вызывающую у наблюдателя сходное эмоциональное состояние (Decety, Svetlova, 2012).

Предполагают, что эмоциональный стимул запускает двигательные и внутренние соматические реакции через нейронные цепи премоторной, прецентральной и постцентральной областей коры, нижней теменной доли и задней верхней височной борозды, а также передней части островка и передней поясной коры (Heyes, 2018; Jauniaux et al., 2019). По мнению некоторых авторов, в этих корковых областях находятся зеркальные нейроны, благодаря чему они участвуют как в репрезентации собственных аффективных состояний, так и в восприятии того же аффективного состояния, когда его испытывают другие (Cerniglia et al., 2019; Stevens, Taber, 2021).

В возрасте от 4 до 6 месяцев младенцы начинают различать на лицах близких выражение боли, страха, гнева, печали, удивления и радости, воспринимать оттенки вокализации (Decety, Holvoet, 2021). У шестимесечных младенцев анализ изменений ССП во фронтальных, центральных и париетальных областях неокортекса выявил повышенную чувствительность к изображениям с болезненными прикосновениями к глазам человека. Предполагают, что концентрацию внимания в этих случаях усиливает раннее знание младенцами собственного тела и опыт собственных болезненных ощущений (Addabbo et al., 2020). По мере развития ребенка чувствительность к эмоциональным реакциям других людей опирается на ассоциации, возникающие в ситуациях, когда внутреннее переживание эмоции коррелирует с наблюдением той же эмоции у окружающих (Heyes, 2018). При этом происходит синхронизация физиологических состояний наблюдателя и наблюдаемого, прежде всего ребенка и матери, что усиливает их эмоциональные связи (Bekkali et al., 2021). В этих эмоциональных процессах важную роль играют моноаминергические

структуры ствола мозга, а также гипоталамус (Decety, Holvoet, 2021).

Начиная со второго года жизни эмоциональный компонент эмпатии начинает играть важную роль в запуске ПП (Köster, Kärtner, 2019). Как уже отмечалось выше, примерно с полутора лет малыши начинают реагировать на страдания окружающих, пытаясь их утешить, т.е. начинает развиваться эмпатическая забота. А приблизительно в 3—4 года, когда дети становятся способными размышлять о своих эмоциях и принимать точку зрения другого человека, формируется когнитивный компонент эмпатии (Decety, Holvoet, 2021). Процессы когнитивной эмпатии во многом совпадают с функционированием “теории сознания” и требуют созревания системы исполнительных функций (*executive functions*), основанных на следующих базовых элементах: переключении между задачами и установками, обновлении и мониторинге репрезентаций рабочей памяти, торможении (подавлении) непосредственных или привычных реакций (Курганский, 2021). У детей когнитивный компонент эмпатии развивается при функциональном созревании нервных связей между верхней височной извилиной, префронтальной и теменной корой (Decety, Holvoet, 2021). Нужно, однако, отметить, что, хотя и аффективный, и когнитивный компоненты эмпатии могут работать независимо друг от друга, в любой естественной социальной ситуации эмпатический ответ включает оба компонента.

По мере взросления у детей в ответ на предъявление изображений болезненных ситуаций, в которых находятся другие люди, происходит постепенное замещение висцеральной эмоциональной реакции, важной для анализа аффективной значимости стимулов, более выраженной оценочной функцией, характерной для когнитивной эмпатии. Регистрация МЭГ у детей и подростков при предъявлении подобных стимулов демонстрирует переход с возрастом от реакций, ограниченных диапазоном альфа-ритма, к реакциям, включающим бета- и гамма-диапазоны (Levy et al., 2018). У подростков эти реакции выявляются в сенсомоторной области коры и средней части поясной извилины — структурах, предполагающих перекрытие аффективной и когнитивной эмпатии (Levy et al., 2019). Такие изменения считают отражением становления когнитивных процессов высокого уровня, включающих ментализа-

цию, дифференциацию себя и других, модуляцию обратной связи при восприятии состояния окружающих.

Способность регулировать собственные эмоциональные переживания при столкновении с бедственным положением других людей является важным компонентом эмпатии. Если уровень эмоциональной эмпатии слишком низок, человек не чувствует беспокойства. Слишком высок — человек игнорирует страдания другого, чтобы справиться со своими эмоциями. Дети, способные оптимально регулировать свое возбуждение, чтобы избежать чрезмерного беспокойства перед лицом эмоций другого человека, легче выражают заботу и чаще помогают (Decety, Holvoet, 2021; Stevens, Taber, 2021). Изучение нейронных коррелятов регуляции эмоций при воздействии аверсивных стимулов выявило повышенную префронтальную активацию, коррелирующую с модуляцией активности миндалевидного тела (Verboth, Morawetz, 2021). Учитывая, что регуляция эмоций является когнитивной функцией высокого порядка, основанной на вовлечении нейронных сетей префронтальных областей, ее становление у детей протекает медленнее, чем развитие других компонентов эмпатии, и продолжается в подростковом возрасте (Tousignant et al., 2017).

Ж. Десети и соавт. (Decety, Svetlova, 2012; Decety, Holvoet, 2021) указывают, что, хотя корни эмпатии филогенетически древние, она не развивается у детей автоматически. По их мнению, люди рождаются со способностью к эмпатии, но развитие ее функциональных компонентов требует опыта социальных взаимодействий. Первые реакции на проявления эмоций других появляются у детей рано и основаны на древних филогенетических механизмах, обнаруженных у многих видов животных. Они связаны с активностью сенсорных областей коры, миндалевидного тела и ствола мозга. Способности понимать психические состояния других, а также контролировать внимание и подавлять нежелательные мысли и поведение (т.е. исполнительные функции) зависят от когнитивных функций, которые возникают позже в филогенезе. Эти когнитивные функции основаны на лобно-теменных сетях и отличаются более поздним онтогенетическим развитием, чувствительным к социальному окружению.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОСОЦИАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ. РОЛЬ СИСТЕМЫ ЗЕРКАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ МОЗГА

Одним из первых исследований нейронных механизмов, лежащих в основе различения младенцами про- и антисоциальных действий, является работа Г. Гредебек и соавт. (Gredebäck et al., 2015). Сначала 6-месячных детей знакомили с действиями персонажей в парадигме “холма”, а затем исследовали их ССП в ответ на предъявление изображений помогающего и мешающего персонажей. При восприятии младенцами изображения помогающего агента амплитуда компонента P400 (временной интервал 250–400 мс) в задней части височной коры обоих полушарий была больше, чем при предъявлении персонажа, действующего антисоциально. Авторы указанной работы предположили, что выявленные нейронные корреляты обработки стимулов с разной социальной валентностью представляют собой первые стадии нейронного процесса, приводящего к выражению младенцами просоциальных предпочтений.

В недавней работе с использованием той же экспериментальной парадигмы (Tan, Hamlin, 2022) также выявлены различия компонентов ССП у 6-месячных младенцев при предъявлении изображений помогающих и мешающих персонажей, хотя направленность их изменений отличалась от результатов предшествующих исследований. Регистрация текущей ЭЭГ показала, что наблюдение за сценкой помощи, в отличие от наблюдения за причинением вреда, приводило у младенцев к большему снижению мощности альфа-ритма во фронтальных отведениях левого, чем правого полушария.

В работе Дж. Ковелл и Ж. Десети (Cowell, Decety, 2015) изучали ЭЭГ-реакции и движения глаз у более старших детей (возраст от 12 до 24 месяцев) при наблюдении за мультипликационными персонажами в парадигме “холма”, а также при восприятии серии изображений, на которых персонажи намеренно совершали другие просоциальные либо антисоциальные действия (делились едой, помогали другому персонажу после падения, либо наоборот — били или толкали другого персонажа). Амплитуда негативного компонента ССП, зарегистрированного в отведении Cz во временном окне 300–500 мс (компонент Nc), была выше при восприятии изображений

просоциальных взаимодействий. Данный компонент у маленьких детей связывают с автоматическим распределением когнитивных ресурсов внимания на выделяющиеся стимулы. Дети с большей разницей амплитуд Nc при восприятии просоциальных сценок по сравнению с антисоциальными также проявляли поведенческое предпочтение положительным персонажам, демонстрируя большую продолжительность фиксации взгляда. Мощность альфа-ритма при демонстрации сценок с причинением вреда была меньше в лобных отведениях правого полушария, что указывает на его большую активацию при восприятии антисоциальных действий. Асимметрию лобной активации рассматривают как важный маркер регуляции эмоций: большая активность левой лобной коры связана с позитивным аффектом и мотивацией приближения, тогда как преобладание активности правой лобной коры связано с определенными негативными аффектами и мотивацией избегания/отстранения (Saby, Marshall, 2012). Таким образом, ряд исследований (Cowell, Decety, 2015; Tan, Hamlin, 2022) показывают, что просоциальные взаимодействия вызывают у детей в возрасте до 24 месяцев активацию нейронных систем, лежащих в основе мотивации приближения, а антисоциальные действия — избегания/отстранения.

М. Паулус и соавт. (Paulus et al., 2013) изучали, существует ли один-единственный нейрокогнитивный механизм, обслуживающий различные формы просоциального поведения, или в их основе лежат разные механизмы. Была выявлена прогностическая связь между особенностями ЭЭГ, зарегистрированной у детей в возрасте 14 месяцев в состоянии активного бодрствования, со способностью этих же детей к оказанию в возрасте 18 месяцев инструментальной помощи и эмпатической — в 24 месяца. Оказалось, что особенности выполнения разных действий, имеющих просоциальный характер, коррелируют с активностью разных областей неокортекса, которую оценивали по мощности альфа-ритма. Большая активация правой височной области была свойственна тем, кто в дальнейшем чаще оказывал простейшую инструментальную помощь экспериментатору (подавал упавший предмет). Авторы предположили наличие связи между активацией правых височных областей и способностью детей понимать действия других. Большая активация левой лобной коры по сравнению

с правой была характерна для детей, склонных к проявлению эмпатической помощи (попытки утешить человека, испытывающего боль). Как уже отмечалось, предполагается, что дети с более сильной активацией правой лобной коры предрасположены к негативным эмоциям и мотивации отстранения. Не справляясь с собственным дистрессом, они не могли помочь в ситуации эмоционального напряжения. Это исследование предоставляет доказательства того, что инструментальная помощь и эмпатическая помощь развиваются в значительной степени независимо и могут поддерживаться частично разными механизмами.

В экспериментальной ситуации, объединяющей парадигмы “холма” и распределения ресурсов среди кукольных персонажей, участвующих в сценках с холмом, анализировали динамику ЭЭГ у детей в возрасте от 16 до 42 месяцев (Orekhova et al., 2020). После наблюдения за действиями кукол малышам демонстрировали “добрую” и “злую” куклы, поведение которых необходимо было оценить раздачей “печений”, сделанных из картона. Чем больше печений ребенок давал просоциальному персонажу, тем выше был его индекс моральных оценок. Была обнаружена значимая корреляция между показателями асимметрии альфа-ритма в лобной коре во время принятия решения о распределении вознаграждения и значением индекса. Те дети, у которых в процессе оценивания поведения кукол выявлялась преобладающая активация лобной коры левого полушария, демонстрировали наиболее адекватные, соответствующие социальным нормам оценки действий персонажей.

В возрасте 4–5 лет у детей выявлена корреляция между амплитудой позднего (800–1000 мс) положительного компонента ССП, зарегистрированного в центральных отведениях в ответ на предъявление изображений, ассоциирующихся с болью, и склонностью делиться ресурсами с окружающими. Считают, что амплитуда данного компонента отражает процессы когнитивной оценки событий и эмоциональной регуляции (Decety et al., 2018).

Результаты приведенных выше исследований показывают, что восприятие младенцами и детьми раннего возраста про- и антисоциальных действий, направленных на кукольных персонажей или окружающих людей, принятие детьми моральных решений вызывает специфический паттерн активации

различных корковых регионов. Эти результаты также свидетельствуют в пользу концепции, сформулированной Ю.И. Александровым и его коллегами в рамках системно-эволюционного подхода, согласно которой в период перехода от младенчества и раннего детства к более старшему возрасту происходит снижение активности мозговых структур и нейронных систем, связываемых с аффективной оценкой событий, и увеличивается активность, связываемая с рациональной моральной оценкой (Знаменская и др., 2013; Артюнова и др., 2020).

Роль системы зеркальных нейронов мозга в организации просоциального поведения. В последние годы многие исследователи отводят важную роль в механизмах социального поведения человека зеркальным нейронам головного мозга. В информативных отечественных и зарубежных обзорных работах, опубликованных в последние несколько лет (Лебедева и др., 2017; Базян, 2019; Salo et al., 2019; Kemmerer, 2021; Bonini et al., 2022; Heyes, Catmur, 2022), представлено описание появления и развития основных положений концепции ЗСМ. В связи с этим мы лишь кратко остановимся на современных представлениях о ЗСМ и ее функциях, уделив особое внимание ее возможной роли в развитии просоциального поведения детей раннего возраста.

В 1990-х годах в мозгу макак была обнаружена группа специализированных нейронов, которые были активны как при выполнении обезьянами простых объектно-направленных действий, так и при наблюдении за сородичами или людьми, выполняющими те же самые действия. Такая активность была названа зеркальной, а нейроны — зеркальными (di Pellegrino et al., 1992; Bonini et al., 2022). Позднее в исследованиях с участием людей с помощью различных методов нейровизуализации и регистрации ЭЭГ в ситуациях выполнения испытуемыми целенаправленных действий и зрительным или слуховым восприятием подобных действий других индивидов было показано, что зеркальная активность широко распространена в человеческом мозге. Принято считать, что *ядро* ЗСМ человека состоит из областей коры, расположенных билатерально в нижней теменной доле и вентральной премоторной коре (обзоры (Лебедева и др., 2017; Kemmerer, 2021)). Описана и т. н. *расширенная* ЗСМ (см. обзор (Bonini et al., 2022)), которая состоит из сенсомотор-

ной сети (включающей, помимо указанных областей, верхнюю часть верхней височной извилины, префронтальную, первичную моторную и вторичную соматосенсорную кору), а также из эмоциональной сети (включает переднюю поясную кору, миндалевидное тело и островок). В другом обзоре (Salo et al., 2019) отмечают, что обширные связи ядра ЗСМ с префронтальной корой у человека могут лежать в основе возможных отличий от системы зеркального отображения обезьян, обеспечивая расширенные возможности коммуникативных навыков и планирования действий.

В опытах на макаках-резусах установлено, что разряды зеркальных нейронов сопровождаются десинхронизацией ЭЭГ в диапазонах альфа- и бета-ритмов ЭЭГ (Bimbi et al., 2018). Имеются данные, что и у человека активность ЗСМ отражается в модуляциях сенсомоторных ритмов — мю-ритма (разновидность альфа-активности) и бета-ритма (см. обзоры (Fox et al., 2016; Ларионова и др., 2022)), наиболее выраженных над центральными областями коры. Это позволяет проводить исследования особенностей функционирования данной системы у детей младенческого или раннего возраста с использованием регистрации ЭЭГ (Nyström et al., 2011; Debnath et al., 2019; Михайлова и др., 2020).

Наличие у человека реальных нейронов с зеркальными свойствами подтверждено микроэлектродной регистрацией у больных эпилепсией (Mukamel et al., 2010). Нужно отметить, что расположение электродов было выбрано исключительно на основании клинических критериев, в связи с чем изучались области мозга, которые не являются двигательными и не были первоначально отнесены к зеркальной системе. Тем не менее оказалось, что среди зарегистрированных нейронов медиальной части лобной доли, гиппокампа, парагиппокампальной извилины и энторинальной коры значительная часть нервных клеток обладала зеркальными свойствами — активировалась, когда пациенты выполняли хватательные движения руками или меняли выражение лица, а также когда наблюдали за такими действиями. Это еще раз указывает на вовлеченность в ЗСМ нейронов многих областей мозга человека. Интереснейшим открытием явилось обнаружение т. н. “антизеркальных” нейронов, которые активировались во время собственных движений, но тормозились при наблюдении за такими движениями. По мнению Р. Мукамеля и его соавт., антизеркальные клет-

ки могут помогать в различении своих и чужих действий, а также противодействовать нежелательному подражанию, которое часто выявляется у пациентов с поражением лобных долей мозга (De Renzi et al., 1996).

За последние 30 лет было проведено большое количество эмпирических исследований, посвященных изучению того, как ЗСМ способствует восприятию и пониманию действий. Одни из крупнейших исследователей данной системы, Д. Ризцоллатти и К. Синигалья, пришли к выводу, что, хотя существует несколько механизмов, с помощью которых можно понять поведение других индивидов, именно ЗСМ является единственным механизмом, который позволяет индивидууму понять действие других “изнутри” и дает наблюдателю понимание двигательных целей и намерений (для чего предпринято действие?) других людей (Rizzolatti, Sinigaglia, 2010). Для этого наблюдателем производятся два вида сенсомоторных преобразований: одно отображает наблюдаемые движения в собственной двигательной репрезентации этих движений (зеркальное отражение движения), другое отображает цель наблюдаемого двигательного акта на собственную двигательную репрезентацию (зеркальное отражение цели). Путем сопоставления в теменно-лобной сети цели наблюдаемого моторного акта с моторным актом, имеющим ту же цель, наблюдатель может понять, что делает агент.

Однако большинство исследователей считают, что зеркальные нейроны являются лишь частью механизма понимания действий других людей и их намерений. По их мнению, ЗСМ необходима для идентификации или различения разного рода действий, уже имеющих в собственном двигательном репертуаре. Информация, закодированная зеркальными нейронами, затем используется различными областями мозга для предсказания дальнейшего хода и цели действия, определения психического состояния, лежащего в его основе. При этом задействуются и моторные области – сенсорные и ассоциативные зоны коры. Особо подчеркивается роль латеральной затылочно-височной и медиальной префронтальной коры, которые традиционно считаются участвующими в ментализации, а также базальных ганглиев. Следовательно, понимание действий и намерений других людей – это результат многоуровневого процесса и совместной деятельности указанных структур (Kosonogov, 2012; Southgate,

2013; Khalil et al., 2018; Thompson et al., 2019; Heyes, Catmur, 2022). Выдвинуто также предположение (Бушов и др., 2021), что ЗСМ обладает “посреднической” функцией, обеспечивая взаимодействие между префронтальной корой (участвующей в планировании, постановке целей и инициации действия), сенсорными и двигательными областями коры, местами хранения в мозге двигательных программ.

Считают, что, хотя развитие зеркальных нейронов у обезьян и человека предопределено или “канализовано” генетически, они формируются в онтогенезе посредством сенсомоторного обучения, в основе которого лежит условнорефлекторная деятельность ребенка (Heyes, 2010, 2018; Heyes, Catmur, 2022). Первоначально эти клетки играют роль двигательных нейронов, активных только во время выполнения действия. Затем, благодаря опыту восприятия и выполнения одних и тех же действий, при которых определенные движения неоднократно наблюдаются и выполняются, двигательные нейроны становятся прочно связанными со зрительными нейронами, настроенными на аналогичные действия. В конечном счете нервная клетка становится зеркальным нейроном, реагирующим как на восприятие, так и на выполнение действия. Большая часть этого обучения происходит в результате взаимодействия с близкими, значимыми для ребенка людьми. Следовательно, ЗСМ, будучи включена в процесс социального взаимодействия, сама является его продуктом.

Подобным образом возникают взаимосвязи между двигательным поведением и соответствующими эмоциональными переживаниями (Bekkali et al., 2021). Эти ассоциации развиваются на протяжении развития ребенка во всеобъемлющую “карту”, которая постоянно уточняется в процессе социальных взаимодействий. Такая “карта” обеспечивает необходимые элементы для сопереживания другим и позволяет делать прогнозы относительно их психических состояний.

Какова роль зеркальных нейронов в реализации ПП у детей раннего возраста? К сожалению, насколько нам известно, в настоящее время отсутствуют работы, в которых выявлены изменения мю-ритма или иных индикаторов активности ЗСМ детей непосредственно в процессе оказания ими инструментальной, эмпатической или альтруистической помощи. Движения, которые со-

вершают малыши непроизвольно или в рамках экспериментальной парадигмы, приводят к подавлению сенсомоторных ритмов ЭЭГ, что затрудняет анализ и интерпретацию связи таких изменений с теми или иными этапами социальных взаимодействий. Перспективными являются исследования, в которых синхронно с регистрацией ЭЭГ ребенка ведется видеозапись, а также контролируется ЭМГ, что позволяет исключить из анализа временные отрезки с движениями. Важно учитывать, что активация ЗСМ происходит значительно в ситуации личного социального взаимодействия (Лебедева и др., 2020). Следовательно, для малышей важно создавать экспериментальные ситуации, в которых различные сценки разыгрывают живые люди или, по крайней мере, куклы. Также абсолютно необходимо установить и поддерживать спокойный и доброжелательный контакт с участвующими в экспериментах детьми. Тревожное состояние ребенка может привести к подавлению реакций мю-ритма ЭЭГ и проявлений эмпатии, как это показано у взрослых тревожных женщин (Karimova et al., 2022). Возникают также сложности с дифференциацией реакций мю-ритма и затылочного альфа-ритма, который чувствителен к колебаниям уровня внимания (Marshall, Meltzoff, 2011; Hobson, Bishop, 2016). Тем не менее ряд исследований дает полезную информацию о возможной роли ЗСМ младенцев и детей раннего возраста в становлении у них различных форм просоциального поведения.

Как отмечалось выше, для того, чтобы оказать ту или иную помощь, ребенок нуждается в понимании цели выполняемого действия, должен владеть соответствующими навыками и иметь мотивацию, которая зависит от отношения к нуждающемуся.

Определение цели действия. В пользу возможной роли ЗСМ в этом процессе у детей свидетельствуют данные об отличии реакций мю-ритма ЭЭГ при восприятии целенаправленных и нецеленаправленных движений. П. Нистрем и соавт. (Nyström et al., 2011) регистрировали ЭЭГ у восьмимесячных детей во время наблюдения за движениями экспериментатора, который либо сталкивал с пандуса игрушечную машинку, либо просто прикасался к пандусу (целенаправленное и нецеленаправленное действие соответственно). При наблюдении за манипуляциями с машинкой, в отличие от ситуации наблюдения

за нецеленаправленным движением, у детей наблюдалась значительная десинхронизация мю-ритма в центральных отведениях правого полушария. Полученные результаты расценили как свидетельство наличия активности ЗСМ у младенцев. В экспериментальной ситуации с пандусом и машинкой у детей постарше (от 17 до 41 месяцев) регистрировали ЭЭГ при реализации трех видов задач, которые важны для анализа активности ЗСМ, — наблюдении за нецеленаправленным, целенаправленным действием и его самостоятельном выполнении (Михайлова и др., 2020). При собственном действии была обнаружена супрессия мю-ритма во фронтальных, центральных и париетальных областях, а в ситуации наблюдения за целенаправленным действием по сравнению с нецеленаправленным — большая десинхронизация мю-ритма в медианных фронтальном и париетальном отведениях. Другими авторами (Warreyn et al., 2013) у детей в возрасте от 18 до 30 месяцев также обнаружены отличия в реакциях на целенаправленные и нецеленаправленные движения (движения рук с игрушками и без них). Однако при этом выявлена большая десинхронизация мю-ритма при наблюдении за движениями, не направленными на объект, по сравнению с действиями, включающими манипуляции с реальными предметами. По нашему мнению, несмотря на подобные отличия в направленности реакций, результаты приведенных исследований свидетельствуют, что ЗСМ детей раннего возраста может участвовать в определении цели поведенческого акта.

В исследовании с участием более старших детей (3–5 лет) лучшие показатели при решении задач, оценивающих развитие “теории сознания” и способность к внутреннему представлению сложных движений, выявлены у тех испытуемых, которые демонстрировали наибольшую десинхронизацию мю-ритма при наблюдении за действиями экспериментатора и при их самостоятельном выполнении (Bowman et al., 2017). По мнению авторов указанного исследования, его результаты свидетельствуют об основополагающей роли восприятия и анализа наблюдаемых действий в понимании сложных моделей поведения.

Таким образом, понимание детьми конкретных целей других людей при восприятии их действий протекает, по всей видимости, с участием ЗСМ. Это обеспечивает потенци-

альную возможность оказания им необходимой помощи. Разумеется, понять цели людей, столкнувшихся с трудностями, дети могут и из их речевых сообщений. Действительно, чем лучше дети раннего возраста понимали речь, тем чаще и быстрее помогали экспериментатору (Kochukhova et al., 2021). Важным фактором, который может лежать в основе связи между языковыми способностями и ПП, является зависимость между речевым развитием и развитием “теории сознания”. В этом отношении важно отметить, что и само формирование коммуникативных способностей детей, по всей видимости, связано с развитием ЗСМ. Дети, которые демонстрировали более высокий уровень активации ЗСМ, обладали более высокими показателями рецептивной речи (Михайлова и др., 2020). У таких детей лучше развито общее пространство действий со взрослыми, эффективнее протекают процессы обучения, что и обеспечивает более высокий уровень речевого развития.

Овладение навыками ПП. Подражание (*imitation*) или обучение путем наблюдения является мощным механизмом, с помощью которого дети осваивают новые навыки. Была выявлена роль такого обучения в запуске инструментального ПП у детей в возрасте 16 месяцев (Schuhmacher et al., 2019). Если малыши наблюдали за взрослым, который оказывал помощь, подавая детали для постройки игрушечной башни, то позже демонстрировали более высокие показатели спонтанного помогающего поведения по сравнению с той ситуацией, когда взрослый вел себя пассивно.

Другим коллективом (Williamson et al., 2013) обнаружено, что двухлетние малыши, желая утешить своих родителей, якобы ударивших руку, не только чаще помогают, посмотрев видеоролик со сценкой эмоциональной помощи, но подражают конкретному способу эмоционального ПП. Видео демонстрировало, как человека утешают, надевая варежку на руку и хлопая ею по голове, вслед за чем пострадавший сразу “выздоровливает” и улыбается. Наблюдение за новым просоциальным действием привело к тому, что малыши воспроизвели его, утешая своих родителей.

Поведение подражания отражается в динамике сенсомоторных ритмов ЭЭГ, ассоциирующихся с активностью ЗСМ. Так, развитие десинхронизации мю-ритма у семимесячных младенцев при наблюдении за манипуляциями взрослого с какой-либо из

игрушек предсказывало, что ребенок в последующем выберет именно ее, причем будет пытаться повторить действие взрослого (Filippi et al., 2016). Десинхронизация мю-ритма при имитации действий взрослого выявлена и у девятимесячных младенцев (Debnath et al., 2019). При этом, используя метод пространственной фильтрации ЭЭГ на основе оператора Лапласа, удалось доказать, что, несмотря на то, что изменения данного ритма в центральных отведениях и альфа-ритма в затылочной области коррелируют между собой, эти ритмы имеют отдельные источники активности. Авторы исследования указывают: наблюдение за движением вызывает активацию ЗСМ, а не только активацию затылочной коры при усилении зрительного внимания. Сходные результаты получены в экспериментах с детьми в возрасте четырех лет (Meyer et al., 2020). Было установлено, что если малыши получали задание повторить действие взрослого, то при наблюдении за этим действием развивалась десинхронизация альфа- и бета-ритмов в лобных, центральных и теменных областях. Если же ставилась задача назвать цвет игрушки, таких изменений не было.

В исследованиях с участием 14-месячных малышей, которые наблюдали за целенаправленным действием, выполняемым рукой или ногой, а затем повторяли его, было установлено, что десинхронизация мю-ритма при наблюдении за движениями носит соматотопический характер (Marshall, Meltzoff, 2014). По мнению П. Маршалл и Э. Мельцофф, в ходе повседневной практики у детей вырабатывается подробная и всеобъемлющая “карта” ассоциаций между наблюдаемыми и собственными физическими действиями. При этом человеческие дети в младенческом и раннем возрасте являются более “плодовитыми” подражателями, чем детеныши любого другого биологического вида. Они могут подражать широкому спектру двигательных и вокальных действий, причем действовать избирательно — выбирая, кому и чему подражать, а также когда именно выполнять подражательный акт. Таким образом, большая часть подражания у детей не является автоматическим, неконтролируемым импульсом, а находится под преднамеренным контролем. Подражание обеспечивает основу для социального познания и овладения разнообразными навыками до освоения ребенком речи. Кроме того, как указывают некоторые авто-

ры (Rauchbauer, Grosbras, 2020), подражание действиям окружающих у детей и подростков является своеобразным “социальным клеем”, улучшающим взаимоотношения, что увеличивает вероятность оказания взаимной помощи. Наконец, как отмечал П.В. Симонов (Симонов, 1987), именно на базе подражания положительным примерам, которые ребенок находит в своем микросоциальном окружении, осуществляется та интериоризация социальных норм, которая превращает эти внешние по своему происхождению нормы во внутренние регуляторы поведения, именуемые совестью, чувством долга, зовом сердца и т.п.

Мотивация к оказанию помощи. Как уже отмечалось выше, эмпатия является одним из мотивов запуска разных форм помогающего поведения у детей. В свою очередь, формирование эмпатических реакций связывают с восприятием эмоций и боли окружающих. Когда люди сталкиваются с серьезными затруднениями или неудачами, испытывают физическую боль или психический дискомфорт, они могут проявлять свои эмоции и внутренние психические состояния в мимике, жестикуляции, изменениях позы либо вербально сообщать о своих переживаниях. Имеются свидетельства активации ЗСМ взрослых испытуемых при предъявлении ситуаций, которые ассоциируются с причинением боли другим людям (Arnett et al., 2019), при наблюдении за эмоциональными реакциями других (Лебедева и др., 2018), а также при формировании выводов о том, какие именно эмоции переживает человек (Genzer et al., 2022). Нарушение функционирования компонентов ЗСМ при травмах, неврологических и психических заболеваниях, а также под влиянием транскраниальной магнитной стимуляции приводит к затруднению или невозможности распознавания эмоций (см. обзоры (Bastiaansen et al., 2009; Heyes, Catmur, 2022)). Поскольку способность к восприятию чужой боли и эмоций является одним из ключевых факторов для формирования эмпатии, этим объясняют наличие связи между активностью ЗСМ и степенью проявления эмпатических реакций (Bekkali et al., 2021).

Нужно отметить, что эмпатические реакции возникают в условиях определенного социального контекста. Маловероятно, что мы будем сопереживать человеку, причинившему зло нам или нашим близким, совершающему антисоциальные действия. Связь мо-

ральных особенностей действия с моторным резонансом была установлена в исследовании с использованием транскраниальной магнитной стимуляции (Craighero and Mele, 2018). У взрослых испытуемых с помощью регистрации моторных вызванных потенциалов мышц кисти в ответ на магнитную стимуляцию оценивали корково-спинномозговую возбудимость в то время, когда они наблюдали, как актер на видеозаписи манипулирует резиновой грушей, соединенной трубкой с манжетой на плече человека. При этом в одних случаях испытуемым поясняли, что актер нагнетает воздух в манжету, вызывая дискомфорт, в других — выпускает воздух из манжеты, снимая болевые ощущения. Результаты показали, что наблюдение за действием, совершаемым с намерением вызвать неприятные ощущения, вызывало снижение моторного резонанса, в отличие от действий с позитивной моральной окраской. Таким образом, если наблюдатель считает, что определенное действие является плохим, потому что оно причиняет вред кому-то другому, это этическое суждение может вмешиваться в зеркальные реакции. Результаты этого исследования Д. Кеммерер (Kemmerer, 2021) объясняет с точки зрения субъективной значимости и приемлемости действий для наблюдателя. Зеркальные нейроны моторной коры получают сигналы от областей мозга, которые служат для восприятия эмоций окружающих (таких как миндалевидное тело, передняя часть островка и передняя поясная кора), что делает ее чувствительной к моральным аспектам происходящего.

В условиях описанной выше экспериментальной парадигмы (Orekhova et al., 2020) анализировали динамику сенсомоторных ритмов ЭЭГ во время наблюдения детьми за сценками с участием “доброй” и “злой” кукол (Михайлова и др., 2022). При наблюдении за положительным социальным действием у детей с высоким уровнем моральных оценок преобладала десинхронизация сенсомоторного бета-ритма, а у детей с низким уровнем — синхронизация. Выдвинуто предположение, что такая направленность реактивности бета-ритма связана с отождествлением ребенком себя с игровым персонажем, совершающим просоциальное действие, следствием чего является активация ЗСМ. Вероятно, дети с низкими значениями указанного индекса не отождествляли себя с действиями положительного персонажа

вследствие недостатка опыта подобных социальных взаимодействий. Наблюдение за анти-социальным действием не вызывало значимых изменений сенсомоторных ритмов ЭЭГ. Таким образом, реактивность ЗСМ у детей связана с уровнем сформированности моральных оценок, моральной окраской наблюдаемых действий и возможностью отождествления себя с персонажем, совершающим эти действия.

Приведенные результаты исследований свидетельствуют о важной роли ЗСМ в реализации ПП у типично развивающихся детей. В рамках данной статьи мы не ставили цели провести развернутый анализ особенностей просоциального поведения у детей с нарушениями развития, такими как *расстройства аутистического спектра* (РАС). Однако нужно отметить, что проявление различных форм ПП у детей с РАС по сравнению с типично развивающимися сверстниками значительно изменено (Paulus, Rosal-Grifoll, 2017; Dunfield et al., 2019). Было высказано предположение (Iacoboni, Dapretto, 2006), что нарушение социальных взаимодействий у детей с РАС связано с искажениями в развитии зеркальных нейронов. Однако, как отмечает в своей обзорной работе А.С. Базян (Базян, 2021), связь между дисфункцией зеркальных нейронов и аутизмом является проблемной, и еще предстоит продемонстрировать, как зеркальные нейроны связаны со многими важными характеристиками аутизма. Другие авторы также указывают на многочисленные противоречия результатов исследований роли ЗСМ в нарушениях социального поведения у аутистов (Heyes, Catmur, 2022). Тем не менее тренинги с применением биологической обратной связи по ЭЭГ, включающие задачи на десинхронизацию мю-ритма у детей с РАС в игровой социальной ситуации и усиление его в иных ситуациях, показали определенную эффективность в коррекции проявлений данного заболевания (Friedrich et al., 2015; Datko et al., 2018). Таким образом, дальнейшие исследования в этой области будут, несомненно, актуальными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования закономерностей и механизмов становления просоциального поведения ребенка в раннем возрасте представляет значительный научный интерес, т.к. к исходу третьего года жизни большинство детей уже

способны оказывать окружающим, прежде всего близким людям, инструментальную, эмпатическую и альтруистическую помощь. Для осуществления ПП детям необходимо понимать, каких целей люди пытаются достичь, нуждаются ли они при этом в помощи, могут ли быть способными ее оказать и иметь для этого мотивацию.

Резюмируя приведенные в основной части обзора результаты исследований многих авторов, мы попытаемся кратко изложить, в какой последовательности, на основе каких потребностей и мотивов развиваются разные формы просоциального поведения у детей раннего возраста, каковы их предполагаемые нейрофизиологические механизмы. В первые годы жизни ребенка одной из важнейших социальных потребностей является врожденная потребность в принадлежности к группе. Без принадлежности к группе, без заботы значимых взрослых невозможно удовлетворение витальных потребностей, приобретение умений и навыков, которые необходимы для дальнейшего развития ребенка. Для удовлетворения этой потребности развивается поведение, мотив которого — добиться внимания и привязанности окружающих. В первые месяцы жизни, помимо проявления негативных аффектов в случае недостатка внимания и заботы со стороны взрослых, важное значение имеют реакции ребенка на эмоции окружающих, разделение аффективных состояний с родителями, что усиливает эмоциональные связи в семье. Разделение аффективных состояний берет начало во врожденной реакции эмоционального резонанса, реализация которой запускается и поддерживается распределенной нейронной сетью, включающей нервные клетки гипоталамуса и других структур ствола мозга, миндалевидного тела, стриатума, островка, сенсорных областей неокортекса, передней поясной и орбитофронтальной коры. Во втором полугодии первого года жизни чувствительность к эмоциональным сигналам окружающих становится более дифференцированной благодаря включению в обработку таких сигналов нейронных систем фронтальных, центральных и парietальных областей неокортекса, в составе которых имеются зеркальные нейроны. Таким образом, возникает нейрофизиологическая основа для сопереживания другим.

Социальная природа человека также обуславливает ожидание ребенком заботы и помощи со стороны окружающих тому, кто в

них нуждается. Вероятно, это лежит в основе предрасположенности к развитию социально-моральных оценок. О нейрофизиологической основе таких оценок у маленьких детей известно мало. Ею может являться активация тех же структур мозга, которые реагируют на эмоции окружающих, а также отделов префронтальной коры и других корковых регионов, связанных с социальным познанием. Благодаря этому просоциальные взаимодействия вызывают у детей раннего возраста активацию нейронных систем, лежащих в основе мотивации приближения, а антисоциальные действия — избегания/отстранения.

Укрепление социальных связей с членами своей группы происходит при появлении и развитии у ребенка раннего возраста инструментального, эмоционального и альтруистического ПП. Способность к инструментальному ПП появляется на рубеже первого и второго года жизни. К этому времени ребенок не только способен воспринимать эмоции и понимать потребности других, но достигает определенного уровня развития мелкой моторики. Дополнительными мотивами такого вида ПП у детей являются стремление к подражанию, совместному выполнению и завершению незавершенного действия, радость от совместной деятельности со взрослым. Благодаря реализации инструментального ПП малыш из объекта забот превращается в субъекта деятельности и занимает более значимое место в своей социальной группе, а также удовлетворяет потребность в освоении умений и навыков, которые пригодятся в будущем. Предполагается, что в развитии инструментального ПП важную роль играют нейроны ЗСМ, участвующие в понимании целей и намерений других, подражании их действиям.

Примерно с полутора лет у детей происходит становление эмпатического ПП. Первоначально этот вид просоциального поведения связан с аффективным компонентом эмпатии, нейрофизиологическим субстратом которого являются структуры лимбической системы мозга. Затем в 3—4 года при функциональном созревании нервных связей между верхней височной извилиной, префронтальной и теменной корой у ребенка развивается когнитивный компонент эмпатии. В результате появляется способность на основе ментализации понимать не только свои собственные состояния и переживания, но и психические состояния другого человека.

Лобно-теменные сети также обеспечивают способность справиться с собственными эмоциями, для того чтобы оказать в стрессовой ситуации эмоциональную поддержку.

Примерно в два с половиной года у детей становится выраженным альтруистическое ПП. Его становление особенно зависит от воспитания и общения с близкими, интериоризации социальных норм на базе примеров такого вида поведения у близких людей. Нейрофизиологической основой этих процессов является развитие латеральной затылочно-височной и медиальной префронтальной коры, нейроны которых традиционно считаются участвующими в формировании “теории сознания”, развитие ЗСМ и созревание связей ядра ЗСМ с префронтальной корой, развитие речевых областей неокортекса. По мере созревания этих нейронных систем у ребенка под влиянием процесса воспитания происходит дальнейшее становление потребности следовать поведенческим и нравственным нормам общества, развивается способность к рациональным моральным оценкам. Помощь, которую оказывает ребенок окружающим, начинает зависеть от этих оценок.

По мнению большинства исследователей, которое мы также разделяем, дети имеют врожденные задатки к развитию просоциальности. Ранние проявления просоциального поведения детей генетически детерминированы, а дальнейшее его развитие является продуктом социальной среды, в том числе присвоением культурных моделей поведения. По мере взросления дети в процессе социального взаимодействия все в большей степени учитывают нормы морали и принципы справедливости. Развитие просоциального поведения детей невозможно без активного воздействия родителей. Полезные действия малышей, эмоциональная помощь с их стороны и альтруистические поступки поддерживаются положительными эмоциональными реакциями и поощрением со стороны значимых взрослых. На реализацию ПП влияют особенности их социально-эмоционального развития. Так, дети, воспитывающиеся в детском доме, реже оказывают помощь, чем дети, растущие в семьях. Исключительно важным фактором является также адекватное развитие ЦНС ребенка. ПП у детей с РАС по сравнению с типично развивающимися сверстниками значительно изменено, что, возможно, является следствием дисфункции зеркальных нейронов.

Нужно отметить, что исследование нейрофизиологических механизмов запуска и реализации ПП у детей раннего возраста сталкивается с многочисленными трудностями и работы в этой области относительно немногочисленны. В связи с этим предположение о важной роли нейронов ЗСМ в становлении просоциального поведения все еще нуждается в подтверждении. К настоящему времени установлено, что запуск различных видов и этапов ПП, как правило, сопровождается у детей десинхронизацией мю-ритма ЭЭГ, считающегося индикатором активности ЗСМ. Однако, как уже отмечалось, не всегда возможно отделить десинхронизацию сенсомоторных ритмов, связанную с активацией ЗСМ, от реакций, связанных с запуском и выполнением движений. На наш взгляд, перспективным в дальнейших исследованиях роли ЗСМ в просоциальном поведении является анализ ЭЭГ детей в моменты принятия ими решения об оказании той или иной помощи.

Результаты работ, анализирующих нейрофизиологические механизмы становления просоциального поведения, крайне важны с практической точки зрения. Если мы хотим, чтобы дети выросли доброжелательными, способными понимать и разделять эмоциональные состояния других, оказывать помощь близким и не только близким людям в трудных ситуациях, процесс воспитания и обучения должен учитывать следующее. Детям нужно больше рассказывать об эмоциональных переживаниях героев их любимых сказок и других художественных произведений, стараясь включать ребенка в процесс обсуждения. Такие беседы не только развивают речевые функции ребенка, но и служат формированию его “теории сознания”. Взрослым необходимо постоянно подавать примеры разных форм помощи, начиная с собственного семейного круга. В последние годы из-за недостатка времени или по другим причинам родители чуть ли не с самого рождения доверяют “воспитание” ребенка телевизору или разнообразным “гаджетам”. Поскольку активация ЗСМ детей происходит прежде всего в ситуации личного социального взаимодействия, живой пример ПП намного эффективней, чем демонстрация просоциального поведения даже в качественных художественных или мультипликационных фильмах, не говоря уже о компьютерных играх, где позитивные примеры взаимоотношений скорее исключение, чем правило. Нужно, однако,

учитывать, что эти рекомендации являются мнением авторов, основанным прежде всего на теоретических выводах из лабораторных экспериментов. Для полноценных практических рекомендаций необходимо проведение специальных экспериментов, направленных на “воспитание” просоциального поведения у детей в условиях реальной образовательной среды.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-00720, <https://rscf.ru/project/22-28-00720/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арутюнова К.Р., Созинова И.М., Александров Ю.И. Мозговые основы моральной оценки действий. Современная зарубежная психология. 2020. 9 (2): 68–81.
- Базян А.С. Зеркальные нейроны, физиологическая роль, особенности функционирования и эмоционально насыщенная когнитивная карта мозга. Успехи физиол. наук. 2019. 50 (2): 42–62.
- Бушов Ю.В., Ушаков В.Л., Светлик М.В., Карташов С.И., Орлов В.А. Роль зеркальных нейронов в интерпретации действий и намерений. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. 56: 86–107.
- Знаменская И.И., Созинова И.М., Александров Ю.И. Интуитивные и рациональные компоненты морального выбора у детей 3–11 лет. Теоретическая и экспериментальная психология. 2013. 6 (2): 57–70.
- Курганский А.В. Оценка управляющих функций у детей 3–6 лет: состояние, проблемы и перспективы. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2021. 71 (4): 468–484.
- Ларионова Е.В. Гарах Ж.В., Зайцева Ю.С. Мю-ритм в современных исследованиях: теоретические и методологические аспекты. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2022. 72 (1): 11–35.
- Лебедева Н.Н., Зуфман А.И., Мальцев В.Ю. Система зеркальных нейронов мозга: ключ к обучению, формированию личности и пониманию чужого сознания. Успехи физиологических наук. 2017. 48 (4): 16–28.
- Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д., Карнычев В.В., Мальцев В.Ю. Зеркальная система мозга при наблюдении, выполнении и представлении моторных задач — нейрофизиологическое отражение восприятия чужого сознания. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2018. 2: 204–215.

- Лебедева Н.Н., Буркитбаев С.Е., Каримова Е.Д. Активация зеркальной системы мозга зависит от способа предъявления стимулов: непосредственно экспериментатором или как видеоролик. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2020. 70 (4): 460–472.
- Михайлова А.А., Орехова Л.С., Махин С.А., Павленко В.Б. Реактивность сенсомоторных ритмов ЭЭГ при наблюдении за про- и антисоциальными действиями у детей в раннем возрасте. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2022. 72 (2): 217–226.
- Михайлова А.А., Орехова Л.С., Дягилева Ю.О., Мухтаримова Т.И., Павленко В.Б. Реактивность мю-ритма ЭЭГ при наблюдении и выполнении действий у детей раннего возраста, имеющих разный уровень развития рецептивной речи. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2020. 70 (3): 422–432.
- Симонов П.В. Мотивированный мозг. М.: Наука, 1987. 269 с.
- Юдина Т.О., Котова Т.Н. Развитие просоциального поведения у детей раннего возраста. Шаги/Steps. 2015. 1 (1): 108–121.
- Юдина Т.О. Эмпатия и мораль: место встречи (обзор зарубежных исследований). Шаги/Steps. 2017. 3 (1): 28–39.
- Addabbo M., Bolognini N., Turati C. Neural time course of pain observation in infancy. Dev Sci. 2021. 24 (4): 13074.
- Arnett K., Roach A., Elzy M., Jelsone-Swain L. Childhood emotional invalidation and right hemispheric mu suppression during a pain empathy task: An EEG study. Soc Neurosci. 2019. 14 (2): 236–250.
- Bastiaansen J.A., Thioux M., Keysers C. Evidence for mirror systems in emotions. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. 2009. 364 (1528): 2391–2404.
- Bekkali S., Youssef G.J., Donaldson P.H., Albein-Urios N., Hyde C., Enticott P.G. Is the putative mirror neuron system associated with empathy? A systematic review and meta-analysis. Neuropsychol Rev. 2021. 31 (1): 14–57.
- Berboth S., Morawetz C. Amygdala-prefrontal connectivity during emotion regulation: A meta-analysis of psychophysiological interactions. Neuropsychologia. 2021. 153: 107767.
- Bimbi M., Festante F., Coudé G., Vanderwert R.E., Fox N.A., Ferrari P.F. Simultaneous scalp recorded EEG and local field potentials from monkey ventral premotor cortex during action observation and execution reveals the contribution of mirror and motor neurons to the mu-rhythm. Neuroimage. 2018. 175: 22–31.
- Bonini L., Rotunno C., Arcuri E., Gallese V. Mirror neurons 30 years later: implications and applications. Trends Cogn Sci. 2022. 26 (9): 767–781.
- Bowman L.C., Thorpe S.G., Cannon E.N., Fox N.A. Action mechanisms for social cognition: behavioral and neural correlates of developing Theory of Mind. Dev Sci. 2017. 20 (5). <https://doi.org/10.1111/desc.12447>
- Brownell C.A., Svetlova M., Anderson R., Nichols S., Drummond J. Socialization of early prosocial behavior: parents' talk about emotions is associated with sharing and helping in toddlers. Infancy. 2013. 18 (1): 91–119.
- Cowell J.M., Decety J. Precursors to morality in development as a complex interplay between neural, socio-environmental, and behavioral facets. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2015. 112: 12657–12662.
- Craighero L., Mele S. Equal kinematics and visual context but different purposes: Observer's moral rules modulate motor resonance. Cortex. 2018. 104: 1–11.
- Dahl A., Killen M. A Developmental perspective on the origins of morality in infancy and early childhood. Front Psychol. 2018. 9: 1736.
- Dahl A., Brownell C.A. The social origins of human prosociality. Curr Dir Psychol Sci. 2019. 28 (3): 274–279.
- Dahl A., Goeltz M.T., Brownell C.A. Scaffolding the emergence of infant helping: A longitudinal experiment. Child Dev. 2022. 93 (3): 751–759.
- Datko M., Pineda J.A., Müller R.A. Positive effects of neurofeedback on autism symptoms correlate with brain activation during imitation and observation. Eur. J. Neurosci. 2018. 47 (6): 579–591.
- De Freitas J., Thomas K., DeScioli P., Pinker S. Common knowledge, coordination, and strategic mentalizing in human social life. PNAS. 2019. 116 (28): 13751–13758.
- De Renzi E., Cavalleri F., Facchini S. Imitation and utilisation behavior. J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry. 1996. 61 (4): 396–400.
- Debnath R., Salo V.C., Buzzell G.A., Yoo K.H., Fox N.A. Mu rhythm desynchronization is specific to action execution and observation: Evidence from time-frequency and connectivity analysis. Neuroimage. 2019. 184: 496–507.
- Decety J., Svetlova M. Putting together phylogenetic and ontogenetic perspectives on empathy. Dev Cogn Neurosci. 2012. 2 (1): 1–24.
- Decety J., Bartal I.B., Uzefovsky F., Knafo-Noam A. Empathy as a driver of prosocial behaviour: highly conserved neurobehavioural mechanisms across species. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2016. 371 (1686): 20150077.
- Decety J., Meidenbauer K.L., Cowell J.M. The development of cognitive empathy and concern in preschool children: A behavioral neuroscience investigation. Dev Sci. 2018. 21 (3): e12570.
- Decety J., Holvoet C. The emergence of empathy: A developmental neuroscience perspective. Dev Rev. 2021. 62: 100999.

- di Pellegrino G., Fadiga L., Fogassi L., Gallese V., Rizzolatti G.* Understanding motor events: a neurophysiological study. *Exp. Brain Res.* 1992. 91 (1): 176–180.
- Drummond J., Paul E.F., Waugh W.E., Hammond S.I., Brownell C.A.* Here, there and everywhere: emotion and mental state talk in different social contexts predicts empathic helping in toddlers. *Front Psychol.* 2014. 5: 361.
- Dunfield K., Kuhlmeier V.A., O'Connell L., Kelley E.* Examining the Diversity of Prosocial Behavior: Helping, Sharing, and Comforting in Infancy. *Infancy.* 2011. 16 (3): 227–247.
- Dunfield K., Kuhlmeier V.A.* Classifying prosocial behavior: Children's responses to instrumental need, emotional distress, and material desire. *Child Development.* 2013. 84 (5): 1766–1776.
- Dunfield K.A.* A construct divided: prosocial behavior as helping, sharing, and comforting subtypes. *Front Psychol.* 2014. 5: 958.
- Dunfield K.A., Best L.J., Kelley E.A., Kuhlmeier V.A.* Motivating moral behavior: helping, sharing, and comforting in young children with Autism Spectrum Disorder. *Front Psychol.* 2019. 10: 25.
- Eisenberg N., Fabes R.A., Spinrad T.* Prosocial development. In *Handbook of Child Psychology*. Ed. Eisenberg N. N.Y.: Wiley, 2006. 646–718 p.
- Filippi C.A., Cannon E.N., Fox N.A., Thorpe S.G., Ferrari P.F., Woodward A.L.* Motor system activation predicts goal imitation in 7-month-old infants. *Psychol Sci.* 2016. 27 (5): 675–684.
- Fox N.A., Bakermans-Kranenburg M.J., Yoo K.H., Bowman L.C., Cannon E.N., Vanderwert R.E., Ferrari P.F., van IJzendoorn M.H.* Assessing human mirror activity with EEG mu rhythm: A meta-analysis. *Psychol Bull.* 2016. 142 (3): 291–313.
- Friedrich E.V., Sivanathan A., Lim T., Suttie N., Louchart S., Pillen S., Pineda J.A.* An effective neurofeedback intervention to improve social interactions in children with Autism Spectrum Disorder. *J. Autism. Dev. Disord.* 2015. 45 (12): 4084–4100.
- Genzer S., Ong D.C., Zaki J., Perry A.* Mu rhythm suppression over sensorimotor regions is associated with greater empathic accuracy. *Soc. Cogn. Affect Neurosci.* 2022. 17 (9): 788–801.
- Giner Torrens M., Dreizler K., Kärtner J.* Insight into toddlers' motivation to help: From social participants to prosocial contributors. *Infant Behav Dev.* 2021. 64: 101603.
- Gredebäck G., Kaduk K., Bakker M., Gottwald J., Ekberg T., Elsner C., Reid V., Kenward B.* The neuropsychology of infants' pro-social preferences. *Dev. Cogn. Neurosci.* 2015. 12: 106–113.
- Green A., Siposova B., Kita S., Michael J.* Stopping at nothing: Two-year-olds differentiate between interrupted and abandoned goals. *J. Exp. Child Psychol.* 2021. 209: 105171.
- Grueneisen S., Warneken F.* The development of prosocial behavior—from sympathy to strategy. *Curr Opin Psychol.* 2022. 43: 323–328.
- Hamlin J.K., Wynn K., Bloom P.* Three-month-olds show a negativity bias in their social evaluations. *Dev sci.* 2010. 13 (6): 923–929.
- Heyes C.* Where do mirror neurons come from? *Neurosci Biobehav Rev.* 2010. 34 (4): 575–583.
- Heyes C.* Empathy is not in our genes. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018. 95: 499–507.
- Heyes C., Catmur C.* What happened to Mirror Neurons? *Perspect Psychol Sci.* 2022. 17 (1): 153–168.
- Hobson H.M., Bishop D.V.M.* Mu suppression – A good measure of the human mirror neuron system? *Cortex.* 2016. 82: 290–310.
- Iacoboni M., Dapretto M.* The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci.* 2006. 7 (12): 942–51.
- Jauniaux J., Khatibi A., Rainville P., Jackson P.L.* A meta-analysis of neuroimaging studies on pain empathy: investigating the role of visual information and observers' perspective. *Soc. Cogn. Affect Neurosci.* 2019. 14 (8): 789–813.
- Karimova E.D., Gulyaeva A.S., Katermin N.S.* The degree of mu rhythm suppression in women is associated with presence of children as well as empathy and anxiety level. *Soc. Neurosci.* 2022. 1–15.
- Kärtner J., Schuhmacher N., Collard J.* Socio-cognitive influences on the domain-specificity of prosocial behavior in the second year. *Infant Behav Dev.* 2014. 7 (4): 665–675.
- Kemmerer D.* What modulates the Mirror Neuron System during action observation?: Multiple factors involving the action, the actor, the observer, the relationship between actor and observer, and the context. *Progr Neurobiol.* 2021. 205: 102128.
- Kenward B., Dahl M.* Preschoolers distribute scarce resources according to the moral valence of recipients' previous actions. *Dev Psychol.* 2011. 47 (4): 1054–1064.
- Khalil R., Tindle R., Boraud T., Moustafa A.A., Karim A.A.* Social decision making in autism: On the impact of mirror neurons, motor control, and imitative behaviors. *CNS Neurosci Ther.* 2018. 24: 669–676.
- Knafo-Noam A., Uzevovsk F., Israel S., Davidov M., Zahn-Waxler C.* The prosocial personality and its facets: genetic and environmental architecture of mother-reported behavior of 7-year-old twins. *Front psychol.* 2015. 6: 112.
- Kochukhova O., Dyagileva Yu., Mikhailova A., Orekhova L., Makhin S., Pavlenko V.* Better language – faster helper: the relation between spontaneous instrumental helping action and language ability in family-reared and institutionalized toddlers. *Psychol Russia: State of the Art.* 2021. 14 (4): 79–94.

- Kosonogov V.* Why the mirror neurons cannot support action understanding. *Neurophysiology*. 2012. 44: 499–502.
- Köster M., Ohmer X., Nguyen T.D., Kärtner J.* Infants understand others' needs. *Psychol Sci*. 2016. 27: 542–548.
- Köster M., Kärtner J.* Why do infants help? A simple action reveals a complex phenomenon. *Developmental Rev*. 2019. 51: 175–187.
- Köster M., Itakura S., Omori M., Kärtner J.* From understanding others' needs to prosocial action: Motor and social abilities promote infants' helping. *Developmental Sci*. 2019. 22: e12804.
- Levy J., Goldstein A., Pratt M., Feldman R.* Maturation of pain empathy from child to adult shifts from single to multiple neural rhythms to support interoceptive representations. *Scientific Rep*. 2018. 8: 1810.
- Levy J., Goldstein A., Feldman R.* The neural development of empathy is sensitive to caregiving and early trauma. *Nat Commun*. 2019. 10: 1905.
- Marshall P.J., Meltzoff A.N.* Neural mirroring systems: exploring the EEG μ rhythm in human infancy. *Dev Cogn Neurosci*. 2011. 1 (2): 110–123.
- Marshall P.J., Meltzoff A.N.* Neural mirroring mechanisms and imitation in human infant. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2014. 369 (1644): 20130620.
- Meyer M., Endedijk H.M., Hunnius S.* Intention to imitate: Top-down effects on 4-year-olds' neural processing of others' actions. *Dev Cogn Neurosci*. 2020. 45: 100851.
- Miller J.G.* Physiological mechanisms of prosociality. *Curr Opinion in Psychology*. 2018. 20: 510–54.
- Mukamel R., Ekstrom A.D., Kaplan J., Iacoboni M., Fried I.* Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Curr Biol*. 2010. 20: 750–756.
- Nyström P., Ljunghammar T., Rosander K., von Hofsten C.* Using mu rhythm desynchronization to measure mirror neuron activity in infants. *Dev Sci*. 2011. 14 (2): 327–335.
- Olivo D., Di Ciano A., Mauro J., Giudetti L, Pampalona A., Kubera K.M., Hirjak D., Wolf R.C., Sambataro F.* Neural responses of benefiting from the prosocial exchange: the effect of helping behavior. *Front Psychol*. 2021. 4 (12): 606858.
- Orekhova L.S., Makhin S.A., Mikhailova A.A., Pavlenko V.B.* EEG patterns in early childhood differ between children prone to reward "Bad" or "Good" actors. *Psychol Russia: State of the Art*. 2020. 13 (2): 84–95.
- Paulus M., Moore C.* Producing and understanding prosocial actions in early childhood. *Adv Child Dev Behav*. 2012. 42: 271–305.
- Paulus M., Kühn-Popp N, Licata M., Sodian B., Meinhardt J.* Neural correlates of prosocial behavior in infancy: different neurophysiological mechanisms support the emergence of helping and comforting. *Neuroimage*. 2013. 66: 522–530.
- Paulus M.* The emergence of prosocial behavior: Why do infants and toddlers help, comfort, and share? *Child Development Perspectives*. 2014. 8: 77–81.
- Paulus M., Rosal-Grifoll B.* Helping and sharing in preschool children with autism. *Exp Brain Res*. 2017. 235 (7): 2081–2088.
- Paulus M.* The multidimensional nature of early prosocial behavior: a motivational perspective. *Curr Opin Psychol*. 2018. 20: 111–116.
- Rauchbauer B., Grosbras M.H.* Developmental trajectory of interpersonal motor alignment: Positive social effects and link to social cognition. *Neurosci Biobehav Rev*. 2020. 118: 411–425.
- Rizzolatti G., Sinigaglia C.* The functional role of the parieto-frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nat Rev Neurosci*. 2010. 11 (4): 264–274.
- Saby J.N., Marshall P.J.* The utility of EEG band power analysis in the study of infancy and early childhood. *Dev Neuropsychol*. 2012. 37: 253–273.
- Salo V.C., Ferrari P.F., Fox N.A.* The role of the motor system in action understanding and communication: Evidence from human infants and non-human primates. *Dev Psychobiol*. 2019. 61 (3): 390–401.
- Schuhmacher N., Collard J., Kärtner J.* The Differential role of parenting, peers, and temperament for explaining interindividual differences in 18-month-olds' comforting and helping. *Infant Behav Dev*. 2017. 46: 124–134.
- Schuhmacher N., Köster M., Kärtner J.* Modeling prosocial behavior increases helping in 16-month-olds. *Child Dev*. 2019. 90 (5): 1789–1801.
- Siposova B., Grueneisen S., Helming K., Tomasello M., Carpenter M.* Common knowledge that help is needed increases helping behavior in children. *J. Experimental. Child. Psychol*. 2021. 201: 104973.
- Song Y., Broekhuizen M.L., Dubas J.S.* Happy Little Benefactor: Prosocial Behaviors Promote Happiness in Young Children From Two Cultures. *Front Psychol*. 2020. 11: 1398.
- Southgate V.* Do infants provide evidence that the mirror system is involved in action understanding? *Conscious Cogn*. 2013. 22 (3): 1114–1121.
- Steckler C.M., Liberman Z., Van de Vondervoort J.W., Slevinsky J., Le D.T., Hamlin J.K.* Feeling out a link between feeling and infant sociomoral evaluation. *Br. J. Dev. Psychol*. 2018. 36 (3): 482–500.
- Stevens F., Taber K.* The neuroscience of empathy and compassion in pro-social behavior. *Neuropsychol*. 2021. 20 (159): 107925.
- Svetlova M., Nichols S.R., Brownell C.A.* Toddlers' prosocial behavior: from instrumental to empathic to

- altruistic helping. *Child Dev.* 2010. 81 (6): 1814–1827.
- Tan E., Hamlin J.K. Infants' neural responses to helping and hindering scenarios. *Dev Cogn Neurosci.* 2022. 54: 101095.
- Thompson E.L., Bird G., Catmur C. Conceptualizing and testing action understanding. *Neurosci Biobehav Rev.* 2019. 105: 106–114.
- Ting F., Buyukoyer Dawkins M., Stavans M., Baillargeon R. Principles and concepts in early moral cognition. In: *The Social Brain: A Developmental Perspective*. Ed. Decety J. Cambridge: MIT Press, 2020. 41–65 p.
- Tomasello M. The adaptive origins of uniquely human sociality. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2020. 375 (1803): 20190493.
- Tousignant B., Eugène F., Jackson P.L. A developmental perspective on the neural bases of human empathy. *Infant Behav. Dev.* 2017. 48 (Pt A): 5–12.
- Vaish A., Carpenter M., Tomasello M. Sympathy through affective perspective taking and its relation to prosocial behavior in toddlers. *Dev Psychol.* 2009. 45 (2): 534–43.
- Varma M.M., Chen D., Lin X., Aknin L.B., Hu X. Prosocial behavior promotes positive emotion during the COVID-19 pandemic. *Emotion. Advance online publication.* 2022.
- Warneken F., Tomasello M. The roots of human altruism. *Br J Psychol.* 2009. 100 (Pt 3): 455–471.
- Warneken F. Insights into the biological foundation of human altruistic sentiments. *Curr Opinion in Psychol.* 2016. 7: 51–56.
- Warreyn P., Ruysschaert L., Wiersema J.R., Handl A., Pattyn G., Roeyers H. Infants' mu suppression during the observation of real and mimicked goal-directed actions. *Dev Sci.* 2013. 16 (2): 173–185.
- Williamson R.A., Donohue M.R., Tully E.C. Learning how to help others: Two-year-olds' social learning of a prosocial act. *J. Exp. Child. Psychol.* 2013. 114 (4): 543–550.
- Zahn-Waxler C., Radke-Yarrow M., Wagner E., Chapman M. Development of concern for others. *Dev Psychol.* 1992. 28 (1): 126–136.
- Zahn-Waxler C., Schoen A., Decety J. An interdisciplinary perspective on the origins of concern for others: Contributions from psychology, neuroscience, philosophy, and sociobiology. In: *Forms of fellow feeling: Empathy, sympathy, concern and moral agency*. Eds. Roughley N., Schramme T. Cambridge: Cambridge University Press, 2018. 184–215 p.

FORMATION OF PROSOCIAL BEHAVIOR AND ITS NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS IN EARLY CHILDHOOD

V. B. Pavlenko^{a, #}, L. S. Orekhova^a, A. A. Portugalskaya^a, and A. A. Mikhailova^a

^a V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

[#] e-mail: vpav55@gmail.com

From a very early age children are capable on prosocial acts: giving objects, comforting and sharing with other people. This review considers modern research on the patterns and neurophysiological mechanisms of helping behavior (HB) formation in early childhood, including the results of the authors' own work. Methods for HB researching in infants and young children are presented. The factors of development and neurophysiological mechanisms of instrumental, empathic and altruistic HB, and the role of empathy in these kinds of behaviors are analyzed. We also described data about involvement of various brain structures (for example, the mirror system as extended part of sensorimotor and emotional neural networks) in implementation of HB. The importance of research into the mechanisms of prosocial behavior for the full-fledged upbringing and education of children in the conditions of modern society is emphasized.

Keywords: children, prosocial behavior, helping behavior, EEG mu-rhythm, mirror neurons