

УДК 159.92

Ж. И. Резникова, Е. А. Дорошева

*Институт систематики и экологии животных СО РАН
ул. Фрунзе, 11, Новосибирск, 630091, Россия*

*Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090, Россия*

zhanna@reznikova.net, Elena.dorosheva@mail.ru

**ДУМАЮТ ЛИ ЖИВОТНЫЕ?
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ,
ПРЕДСТАВЛЯЕМЫЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЕЙ ***

Работа посвящена анализу исследований «социального мозга» и системы мозга «по умолчанию», предположительно отвечающей за самореферентные и касающиеся взаимодействий с другими мыслительные процессы, у различных видов животных. Обсуждаются основные результаты, полученные при изучении обезьян, крыс и собак, в сравнении с человеком. Сделан вывод о том, что нейрофизиологические данные, полученные в этих подходах, в будущем могут существенно расширить представления о психических процессах, лежащих в основе самовосприятия и решения сложных задач в области регуляции социальных взаимодействий у животных.

Ключевые слова: нейронная сеть оперативного покоя, «социальный мозг», модель психического, мыслительные процессы, приматы, собаки, крысы.

Вопрос «думают ли животные?» стал почти нарицательным для обозначения круга проблем, связанных с изучением их способностей к решению задач различного характера и уровня сложности.

* Работа выполнена при поддержке Программы ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. (проект № VI.51.1.10. (AAAA-A16-116121410120-0)).

Резникова Ж. И., Дорошева Е. А. Думают ли животные? Новые возможности исследований, представляемые нейрофизиологией // Reflexio. 2018. Т. 11, № 2. С. 134–148.

Reflexio. 2018. Том 11, № 2

© Ж. И. Резникова, Е. А. Дорошева, 2018

Схемы экспериментов ставятся таким образом, чтобы была возможность понять, какие умственные операции необходимы для решения той или иной задачи – достаточен ли перенос опыта, усвоенного ранее, или решение задачи требует понимания физических законов / законов поведения живых объектов. Как правило, ответ на столь широко поставленный вопрос является положительным – многие задачи, требующие вовлечения когнитивных способностей, успешно решаются животными с высокоорганизованным мозгом. «Задумывается ли о чем-либо крыса, когда у нее свободное время?» – сделать такое заключение существенно сложнее.

Наряду с этим стремительное развитие нейрофизиологии в последние десятилетия – совершенствование методов, позволяющих все более детально описать физиологические процессы, происходящие в центральной нервной системе; накопление полученных этими методами данных; разработка на их основе многочисленных моделей, – позволяет заглянуть чуть глубже в область предполагаемой мыслительной активности.

Где рождаются человеческие мысли? Долгое время изучая мысленный поток, исследователи акцентировали внимание на внутренней речи («посредством чего» можно думать) и связанных с нею областях мозга.

Открытие специфической системы мозга, активной в состоянии покоя и деактивирующейся при переходе к решению большинства задач, требующих включения процессов переработки внешней информации, привлекло внимание к процессуальному аспекту размышлений. Default mode system (далее – DMN), название которой переводится как «система мозга по умолчанию», «сеть пассивного режима работы мозга», «нейронная сеть оперативного покоя» и т. д., была первоначально описана на основании нейрофизиологических данных [Shulman et al., 1997] и затем связана с различными аспектами психического функционирования [Andrews-Hanna, 2011]. Было показано, что некоторые задачи (прежде всего, обдумывание своих взаимоотношений с другими людьми, вопросов, касающихся самого себя, решение моральных дилемм) не только не снижают, но, напротив, увеличивают активацию DMN. Нарушения работы DMN отмечают при ряде патологических состояний психики: активность ее компонентов снижается при болезни Альцгеймера, деменциях, расстройствах аутистического спектра, коррелируя с поведенческими нарушениями в социальной сфере; напротив, повышение активности отмечается, например, при депрессии и соответствует усилению ру-

минативного мыслительного потока, «пережевывания» отрицательно окрашенных навязчивых мыслей [Whitfield-Gabrieli, Ford, 2011]. Накопление данных, показывающих связь работы DMN с процессами самоидентификации и саморепрезентации, обдумывания собственного прошлого и будущего, мысленного конструирования социальных взаимоотношений, привело к тому, что пассивный характер работы сети подвергается сомнениям. Она все чаще рассматривается как средство для обдумывания долгосрочных задач во время, свободное от решения оперативных [Andrews-Hanna et al., 2014], при этом мыслительные процессы, связанные с ее активностью, занимают весь спектр от «блуждания мыслей» [Mason et al., 2007] до саморефлексии [Qin, Northoff, 2011]. Активность DMN связывают с процессами воображения и творческим мышлением [Beaty et al., 2018].

О чем животные могут думать? Самоописания людьми своих мыслей включают прежде всего размышления о прошлом и будущем, о себе и о ситуациях социального взаимодействия, имеющих отношение к реальности или фантазийных. Реже отмечаются попытки найти творческое решение инструментальных задач.

Думают ли животные о себе и других? В этом контексте представляет интерес гипотеза социального мозга, предложенная Л. Братерс [Brothers, 1990] и позже популяризированная Р. Данбаром. Согласно ей, для обработки социальных сигналов существует специализированная система мозга. Развивая эту идею, Р. Данбар предполагает, что именно эволюция этой системы объясняет необычно большой размер мозга, по сравнению с размерами тела, у приматов [Barton, Dunbar, 1997]. Позже это предположение было обобщено по отношению ко всем позвоночным животным для объяснения эволюции мозга.

Р. Данбар описывает качественную связь размеров мозга со сложностью системы социальных взаимодействий у млекопитающих – не приматов и птиц: наибольший размер мозга выявляется у видов с моногамными брачными системами, что автор объясняет возрастающей необходимостью в социальном познании при поддержании долговременных взаимоотношений в паре и вовлечении в заботу о потомстве обоих родителей. Для приматов он описывает уникальную прямую монотонную взаимосвязь величины мозга и размеров социальных групп, в которых находятся животные. Он предполагает, что у приматов явление привязанности, проявляющееся в моногамных отношениях, было перенесено на отношения дружбы, и включение их в общую систему социальных отношений приводит к ее суще-

ственному усложнению. Также он предполагает, что итогом эволюции социального мозга становится формирование модели психического (theory of mind) у человека [Dunbar, 2009].

Альтернативной точкой зрения является то, что каждая из многих подсистем мозга решает как социальные, так и не социальные задачи, взаимодействуя друг с другом и формируя функциональные объединения в рамках текущей деятельности [Fodor, 1983]. Как специфику обработки социальных стимулов рассматривают высокую включенность в нее аффективных процессов, что выделяет социальное познание из познания физического мира (см.: [Рычкова, Холмогорова, 2012]).

Представление о модели психического (theory of mind) впервые было предложено Д. Примаком и Г. Вудраффом на основе исследований поведения шимпанзе: животные эффективно решали задачи, в которых им было необходимо понять затруднения и цели актера, оказавшегося в проблемной ситуации, и предложить адекватный вариант ее разрешения [Premack, Woodruff, 1978]. Авторы описали модель психического как способность приписывать себе и другим психические способности, что позволяет прогнозировать поведение других. В дальнейшем фокус внимания исследований модели психического в значительной мере переместился на изучение ее развития в нормальном онтогенезе человека и у людей с различными нарушениями психического функционирования (шизофрения, расстройства аутистического спектра и т. д.). Активно разрабатывается структура модели психического как многомерного образования. Например, С. Г. Шамай-Тсоори выделяет когнитивный и аффективный компоненты модели психического. Первый из них, в свою очередь, включает психические репрезентации первого и второго порядков (представления о психических состояниях других и представления о том, как другие конструируют представления о психических состояниях кого-либо), второй – когнитивную и эмоциональную эмпатию. Показаны нейронные корреляты каждого из выявленных компонентов [Shamay-Tsoory et al., 2010; Perry, Shamay-Tsoory, 2013]. М. Деннис дополняет модель волевым компонентом – это представление о своем влиянии на мысли и чувства других [Dennis et al., 2013].

Многие авторы выделяют уровневую структуру модели психического, например П. Гарденфорс (Gardenfors, 2003) (см.: [Сергиенко и др., 2009]). Существенное внимание уделяется вопросам последовательного развития модели психического в онтогенезе, выявлению базовых, врожденных компонентов и последовательности формирова-

ния уровней понимания психических состояний себя и других. Если первоначально исследовались дети, в последнее время все большее внимание уделяется взрослым и пожилым людям [Мелехин, 2015]. Интересны данные, согласно которым у взрослых людей выявляются две четко различающиеся системы, обеспечивающие реакции в социальных взаимодействиях: в то время как одна работает автоматически, для функционирования второй затрачиваются существенные усилия (Acherly, 2013) (см.: [Сергиенко, 2014]). Нужно отметить, что данные о затрате значительной энергии именно на обработку социальной информации и принятии решений о поведении в социуме встречаются у многих авторов. И именно часть модели психического, требующая при своей реализации детальной обработки информации и поиска сложных решений, связывается с функционированием DMN [Wanqing et al., 2014].

Существуют многочисленные данные о наличии модели психического у животных [Резникова, 2005]. Активно изучаются ее компоненты и сопоставляются с описанными для человека. Нельзя исключать того, что это сходство распространяется и на психические процессы, сопровождающие принятие социальных решений.

Система мозга «по умолчанию» и «социальный мозг» у приматов. В ряде исследований было отмечено существенное перекрытие между человеческой DMN с областями, связанными с социальным познанием (см., например: [Corbetta et al., 2008; Schilbach et al., 2008]). Шильбах предполагает, что именно DMN отвечает за формирование модели психического [Hagmann et al., 2008].

Наряду с этим было показано существование DMN у ряда видов приматов. Дж. Винсент с соавторами показали, что находящиеся под воздействием легкой анестезии (что рассматривалось аналогично состоянию покоя и давало возможность провести измерения у диких животных) два вида макак (*Macaca mulatta* и *Macaca fascicularis*) демонстрируют мозговую активность, схожую с активностью DMN человека [Vincent et al., 2007]. Вслед за этим на домашних бодрствующих макаках была показана активация тех же структур [Kojima et al., 2009]. В 2011 г. был осуществлен метаанализ результатов 15 исследований DMN, проведенных на 10 макаках, и сделано заключение, что вне активного решения задач они, подобно людям, обращаются ко внутренним моделям обработки информации [Mantini et al., 2011]. Была описана DMN у шимпанзе [Rilling et al., 2007], а в последующем показана ее активация при решении социальных задач [Barks et al., 2013]. Некоторые области описанной сети DMN приматов явно отли-

чаются от человеческих, однако аналогия данных сетей также очевидно прослеживается.

В соответствии с гипотезой Р. Данбара, были проведены исследования структурных различий мозга макаки (*Macaca mulatta*) по отношению к двум факторам социальной жизни макак в неволе: число особей в группе и положение животного в социальной иерархии группы. В случаях, когда макаки размещались с большим числом животных, было выявлено увеличение объема серого вещества в сети регионов, включая роstralную часть префронтальной коры, миндалину, переднюю и среднюю части верхней височной борозды [Sallet et al., 2011]. Отмечается, что эти результаты согласуются с данными о прямой взаимосвязи увеличения объема серого вещества, сети социальных контактов и успешности социального познания (модели психического) у людей [Mars et al., 2012]. Те же авторы на основе обзора литературы и метааналитических исследований утверждают, что «социальный мозг» не эквивалентен DMN, но в значительной степени перекрывается с ней, и DMN может отвечать за мысли о социальных взаимодействиях и о себе, а также функционирование модели психического у приматов [Ibid.]. Аналогичные взаимосвязи социального мозга и DMN описываются для людей [Wanqing et al., 2014].

Исследования аналогов DMN у млекопитающих – не приматов. Удобный и поэтому широко распространенный объект исследований, в том числе нейрофизиологических, – это крысы. При изучении их были описаны сети, имеющие сходство с DMN человека и других приматов. Зачастую обозначения этих сетей, приводимые авторами исследований, весьма осторожны и указывают на то, что речь идет не о собственно DMN, а ее аналоге: Default-Mode-Like Network, Resting State Networks и т. д. [Becerra et al., 2011; Upadhyay et al., 2011]. Однако в 2012 г. выходит статья под названием «Rat brains also have a default mode network», где на основе сравнения данных, полученных для человека, обезьян и крыс, утверждается, что обнаруживаемые различия относятся к характеру организации сети, но не являются принципиальными для самого выделения сети. Помимо изучения самих структур, входящих в DMN у крыс, исследовалось их взаимодействие с другими известными функциональными объединениями в составе мозга, и сопоставлялось с аналогичными показателями у человека [Sierakowiak et al., 2015]. Одна из целей проведения таких исследований – эволюционный анализ, попытка выделения структур, специфичных для человека и объясняющих особенности именно человеческих психических процессов. Одновременно с этим анализ от-

личий может быть ориентирован и на особенности задач, решаемых тем видом животных, который выбирается для сравнения. Сопоставляя данные такого рода, мы можем предположить, как строится субъективная реальность крысы и чем она отличается от человеческой. На сегодняшний день получены первичные данные, которые позволяют в будущем ставить подобные задачи.

Второе обоснование того, что исследования такого рода проводятся все чаще – потенциальная возможность моделирования круга заболеваний человека, связанных с нарушениями обработки подобной информации (чрезмерный мысленный поток или его недостаточность, различные нарушения обработки социальной информации и социального реагирования). Авторы зачастую указывают, что в данный момент цели их исследований – это отработка методик, позволяющих создавать сходные условия эксперимента, чтобы разные схемы получения обработки данных не давали артефактов в области наблюдаемых межвидовых различий; последующее выявление аналогий для создания адекватных животных моделей.

Еще одна группа животных, достаточно активно исследуемая в описанной парадигме, – это собаки. Длительная совместная эволюция собак и человека делает их уникальным объектом для изучения физиологических коррелятов коммуникативного поведения, направленного на взаимодействие с другим видом. Кроме того, недавно были разработаны методы, позволяющие получать томографические данные у собак без анестезии, без фиксации, – как при пассивном реагировании на стимулы, так и при активном решении ими каких-либо задач: собак последовательно обучают находиться внутри аппаратов, принимать нужное положение, не реагировать на шум [Berns et al., 2012]. В недавно сделанном обзоре отмечается, что в серии исследований показаны нейрофизиологические основы социального интеллекта собак, изучены специфика реагирования на социальные стимулы иощрения, а также ряд других вопросов социального взаимодействия; описаны особенности систем, отвечающих за обработку социальной информации, в сравнении с приматами и грызунами, расстройства этих систем. Авторы отмечают, что для моделирования патологий психики соответствующего круга у людей также можно использовать собак [Cook et al., 2016]. В то же время сообщается, что исследование мозговых коррелятов процессов обработки социальной информации, построения моделей социальных взаимодействий и прочих вопросов данного круга находится на начальном этапе [Ibid.].

Заключение. Итак, нейрофизиологический подход представляется перспективным для поиска физиологических коррелятов мыслительных процессов у животных. Мы рассмотрели описания нейронной сети оперативного покоя и гипотезу «социального мозга» как возможные подходы, интеграция которых дает возможность исследовать данную проблематику. На настоящий момент в их рамках наиболее изученной группой являются приматы, для которых показано существование DMN, достаточно близкой к человеческой, в значительной степени пересекающейся с «социальным мозгом», вовлеченной в решение социальных задач. Существует ряд исследований, посвященных грызунам (крысам) и собакам, для них показано существование сети DNМ или сходного с ней аналога, описаны ее предполагаемые особенности, которые могут быть соотнесены с различными формами поведения, однако эти данные являются фрагментарными, а в случае грызунов – нуждающимися в дальнейшем обсуждении с методической точки зрения.

Список литературы

Мелехин А. И. Модель психического (theory of mind) при нормальном старении // Социальная психология и общество, 2015. Т. 6 (1). С. 139-150.

Резникова Ж. И. Интеллект и язык животных и человека: основы когнитивной этологии. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005.

Рычкова О. В., Холмогорова А. Б. Концепция «социального мозга» как основы социального познания и его нарушений при психической патологии. Ч. 1: Концепция «Социальный мозг» – продукт современной нейронауки // Культурно-историческая психология, 2012. Т. 3. С. 86–94.

Сергиенко Е. А., Лебедева Е. И., Прусакова О. А. Модель психического как основа становления себя и другого в онтогенезе человека. М.: Изд. ин-та психологии РАН, 2009.

Сергиенко Е. А. Модель психического как парадигма познания социального мира // Психологические исследования, 2014. Т. 7 (36). URL: <http://psystudy.ru/index.php/num/2014v7n36/1017-sergienko36.html> (дата обращения 10.10.2018).

Andrews-Hanna J. R. The Brain's Default Network and Its Adaptive Role in Internal Mentation // The Neuroscientist 2011. Vol. 18 (3). P. 251–270.

Andrews-Hanna J. R., Smallwood J., Spreng R. N. The default network and self-generated thought: component processes, dynamic control, and clinical relevance // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2014. Vol. 1316. P. 29–52.

Barks S. K., Parr L. A., Rilling J. K. The Default Mode Network in Chimpanzees (*Pan troglodytes*) is Similar to That of Humans // *Cerebral Cortex*. 2013. Retrieved from: <http://www.biomedsearch.com/nih/Default-Mode-Network-in-Chimpanzees/24046078.html>

Barton R. A., Dunbar R. I. M. Evolution of the social brain // *Machiavellian intelligence II* / Eds. A. Whiten, R. Byrne. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1997. P. 240–363.

Beatty R. E., Chen Q., Christensen A. P., Qiu J., Silvia P. J., Schacter D. L. Brain networks of the imaginative mind. Dynamic functional connectivity of default and cognitive control networks relates to openness to experience // *Human Brain Mapping*. 2018. Vol. 39. P. 811–821.

Becerra L., Pendse G., Chang P.-C., Bishop J., Borsook D. Robust Reproducible Resting State Networks in the Awake Rodent Brain // *PLoS ONE*. 2011. Vol. 6 (10). Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025701>.

Berns G. S., Brooks A. M., Spivak M. Functional MRI in Awake Unrestrained Dogs // *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7 (5). P. e38027. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038027>

Brothers L. The social brain: a project for integrating primate behavior and neurophysiology in a new domain // *Concepts in Neuroscience*. 1990. Vol. 1. P. 27–51.

Cook P. F., Brooks A., Spivak M., Berns G. S. Regional brain activations in awake unrestrained dogs // *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 2016. Vol. 16. P. 104–112.

Corbetta M., Patel G., Shulman G. L. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind // *Neuron*. 2008. Vol. 58. P. 306–324.

Dennis M., Simic N., Bigler E. D., Abildskov T., Agostino A., Taylor H. G., Rubin K., Vannatta K., Gerhardt C. A., Stancin T., Yeates K. O. Cognitive, Affective, and Conative Theory of Mind (ToM) in Children with Traumatic Brain Injury // *Dev Cogn Neurosci*. 2013. No. 5. P. 25–39.

Dunbar R. The Social Brain Hypothesis and Its Implications for Social Evolution // *Annals of Human Biology*, 2009. Vol. 36 (5). P. 562–572.

Fodor J. A. Modularity and Mind. Cambridge, 1983.

Hagmann P., Cammoun L., Gigandet X., Meuli R., Honey C. J., Weiden V. J., Sporns O. Mapping the structural core of the human cerebral cortex // PLoS Bioljgy. 2008. Vol. 6. P. e159. Received from: doi: 10.1371/journal.pbio.0060159

Kojima T., Onoe H., Hikosaka K., Tsutsui K., Tsukada H., Watanabe M. Default mode of brain activity demonstrated by positron emission tomography imaging in awake monkeys: higher rest-related than working memory-related activity in medial cortical areas // Journal of Neuroscience. 2009. Vol. 29. P. 14463–14471.

Mantini D., Gerits A., Nelissen K., Durand J. B., Joly O., Simone L., Sawamura H., Wardak C., Orban G. A., Buckner R. L., VanDuffel W. Default mode of brain function in monkeys // Journal of Neuroscience. 2011. Vol. 31. P. 12954–12962.

Mason M. F., Norton M. I., Van Horn J. D., Wegner D. M., Grafton S. T., Macrae C. N. Wandering minds: the default network and stimulus-independent thought // Science. 2007. Vol. 315. P. 393–395.

Mars R. B., Neubert F.-X., Noonan M. A. P., Sallet J., Toni I., Rushworth M. F. S. On the relationship between the «default mode network» and the «social brain» // Front. Hum. Neurosci. 2012. Vol. 6. Received from: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00189>.

Perry A., Shamay-Tsoory S. Understanding emotional and cognitive empathy: neuropsychological perspective // Understanding other minds / Eds. S. Baron-Cohen, H. Tager-Flusberg, M. V. Lombardo. Oxford: Oxford Univ. Press, 2013. P. 178–195.

Premack D., Woodruff G. Does the chimpanzee have a «Theory of Mind»? // Behavioural and Brain Sciences. 1978. Vol. 4. P. 515–526.

Qin P., Northoff G. How is our self-related to midline regions and the default-mode network? // Neuroimage. 2011. Vol. 57. P. 1221–1233.

Rilling J. K., Barks S. K., Parr L. A., Preuss T. M., Faber T. L., Pagononi G., Bremner J. D., Votaw J. R. A comparison of resting-state brain activity in humans and chimpanzees // PNAS. 2007. Vol. 104 (43). P. 17146–17151.

Sallet J., Mars R. B., Noonan M. P., Andersson J., O'Reilly J. X., Jbabdi S., Croxson P. L., Miller K. L., Jenkinson M., Rushworth M. F. S. Social network size affects neural circuits in macaques // Science. 2011. Vol. 334. P. 697–700.

Schilbach L., Eickhoff S. B., Rotarska-Jagiela A., Fink G. R., Vogeley K. Minds at rest? Social cognition as the default mode of cognizing and

its putative relationship to the default system of the brain // *Consciousness and Cognition*. 2008. Vol. 17. P. 457–467.

Sierakowiak A., Monnot C., Aski S. N., Uppman M., Tie-Qiang L., Damberg P., Brene S. Default Mode Network, Motor Network, Dorsal and Ventral Basal Ganglia Networks in the Rat Brain: Comparison to Human Networks Using Resting State-fMRI // *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10 (3). P. e0120345. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120345>

Shamay-Tsoory S. G., Harari H., Aharon-Peretz J., Levkovitz Y. The role of the orbitofrontal cortex in affective theory of mind deficits in criminal offenders with psychopathic tendencies // *Cortex*. 2010. Vol. 46 (5). P. 668–677.

Shulman G. L., Fiez J. A., Corbetta M., Buckner R. L., Miezin, F. M., Raichle M. E., Petersen S. E. Common blood flow changes across visual tasks: II.: decreases in cerebral cortex // *Journal of Cognitive Neuroscience*. 1997. Vol. 9. P. 648–663.

Upadhyay J., Baker S.J., Chandran P., Miller L., Lee Y., Marek G. J., Sakoglu U., Chin C.-L., Luo F., Fox G. B., Day M. Default-Mode-Like Network Activation in Awake Rodents // *PLoS ONE*. 2011. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027839>

Vincent J. L., Patel G. H., Fox M. D., Snyder A. Z., Baker J. T., Van Essen D. C., Zempel J. M., Snyder L. H., Corbetta M., Raichle M. E. Intrinsic functional architecture in the anaesthetized monkey brain // *Nature*. 2007. Vol. 447. P. 83–86.

Wanqing L., Xiaoqin M., Chao L. The default mode network and social understanding of others: what do brain connectivity studies tell us // *Front. Hum. Neurosci.* 2014. Received from: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00074>

Whitfield-Gabrieli S., Ford J. M. Default Mode Network Activity and Connectivity in Psychopathology // *Annual Review of Clinical Psychology*. 2011. Vol. 8 (1). P. 49–76.

Zh. I. Reznikova, E. A. Dorosheva,

*Institute of Systematics and Ecology of Animals SB RAS
11 Frunze Str., Novosibirsk, 630091, Russian Federation*

*Novosibirsk State University
1 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation*

zhanna@reznikova.net, Elena.dorosheva@mail.ru

DO ANIMALS THINK? NEW RESEARCH OPPORTUNITIES PRESENTED BY NEUROPHYSIOLOGY

The article is concerned with analysis of investigations into «social brain» and default mode network presumably responsible for self-reference and thought processes involved in interactions with others, in various animal species. Discussed are the principal results obtained by studying apes, monkeys, rats and dogs in comparison with humans. It was concluded that the neurophysiological data obtained in these approaches could be used in future studies to significantly expand conceptions of the mental processes underlying self-perception and solving difficult tasks in the area of social interactions regulation in animals.

Keywords: default mode system, social brain, theory of mind, thinking processes, dog, rates.

References

Melehin, A. I. (2015). Model' psihicheskogo (theory of mind) pri normal'nom starenii [Theory of Mind in Normal Aging]. *Social'naia psihologiya i obshchestvo*, 6 (1), 139–150.

Reznikova, Zh. *Intellekt i iazyk zhivotnyh i cheloveka: osnovy kognitivnoj ehtologii* [Intelligence and language of animals and human]. M.: IKC «Akademkniga», 2005.

Rychkova, O. V., Kholmogorova, A. B. (2012). Koncepciia «social'nogo mozga» kak osnovy social'nogo poznaniia i ego narushenij pri psihicheskoi patologii. [Social Brain Concept as a Basis for Social Cognition and Its Deficits in Mental Disorders. Part I. 'Social Brain': Product of Modern Neuroscience]. *Kul'turno-istoricheskaja psihologiya*, 3, 86–94 (in Russ.)

Sergienko, E. A., Lebedeva, E. I., Prusakova, O. A. (2009). *Model' psicheskogo kak osnova stanovleniia sebia i drugogo v ontogeneze cheloveka* [The Theory of Mind as the basis for the emergence of self and others in the human ontogenesis]. Moskva: Izdatel'stvo Instituta psihologii RAN (in Russ.)

Sergienko, E. A. (2014). Model' psicheskogo kak paradigma poznaniia social'nogo mira [Theory of Mind as a paradigm of social cognition]. *Psichologicheskie issledovaniia*, 7 (36). Received from: <http://psystudy.ru/index.php/num/2014v7n36/1017-sergienko36.html> (in Russ.)

Andrews-Hanna, J. R. (2011). The Brain's Default Network and Its Adaptive Role in Internal Mentation. *The Neuroscientist*, 18(3): 251–270.

Andrews-Hanna, J. R., Smallwood, J., Spreng, R. N. (2014). The default network and self-generated thought: component processes, dynamic control, and clinical relevance. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1316, 29–52.

Barton, R. A., Dunbar, R. I. M. (1997). Evolution of the social brain. In: A. Whiten, R. Byrne (eds.), *Machiavellian intelligence II* (pp. 240–363). Cambridge: Cambridge University Press.

Barks, S. K., Parr, L.A., Rilling, J. K. (2013). The Default Mode Network in Chimpanzees (*Pan troglodytes*) is Similar to That of Humans. *Cerebral cortex*. Retrieved from <http://www.biomedsearch.com/nih/Default-Mode-Network-in-Chimpanzees/24046078.html>

Beaty, R. E., Chen, Q., Christensen, A. P., Qiu, J., Silvia, P. J., Schacter, D. L. (2018). Brain networks of the imaginative mind. Dynamic functional connectivity of default and cognitive control networks relates to openness to experience. *Human Brain Mapping*, 39, 811–821.

Becerra, L., Pendse, G., Chang, P.-C., Bishop, J., Borsook, D. (2011). Robust Reproducible Resting State Networks in the Awake Rodent Brain. *PLoS ONE*, 6 (10). Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0025701>.

Berns, G. S., Brooks, A. M., Spivak, M. (2012). Functional MRI in Awake Unrestrained Dogs. *PLoS ONE*, 7(5), e38027. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038027>

Brothers, L. (1990). The social brain: a project for integrating primate behavior and neurophysiology in a new domain. *Concepts in Neuroscience*, 1, 27–51.

Cook, P. F., Brooks, A., Spivak, M., Berns, G. S. (2016). Regional brain activations in awake unrestrained dogs. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*, 16, 104–112.

Corbetta, M., Patel, G., Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 58, 306–324.

Dennis, M., Simic, N., Bigler, E. D., Abildskov, T., Agostino, A., Taylor, H. G., Rubin, K., Vannatta, K., Gerhardt, C. A., Stancin, T., Yeates, K. O. (2013). Cognitive, Affective, and Conative Theory of Mind (ToM) in Children with Traumatic Brain Injury. *Developmental cognitive neuroscience*, 5, 25–39.

Dunbar, R. (2009). *The Social Brain Hypothesis and Its Implications for Social Evolution*. *Annals of Human Biology*, 36 (5), 562–572.

Fodor, J. A. *Modularity and Mind*. Cambridge, 1983.

Hagmann, P., Cammoun, L., Gigandet, X., Meuli, R., Honey, C. J., Wedeen, V. J., and Sporns, O. (2008). Mapping the structural core of the human cerebral cortex. *PLoS Biol*, 6, e159. Received from: doi: 10.1371/journal.pbio.0060159

Kojima, T., Onoe, H., Hikosaka, K., Tsutsui, K., Tsukada, H., Watanabe, M. (2009). Default mode of brain activity demonstrated by positron emission tomography imaging in awake monkeys: higher rest-related than working memory-related activity in medial cortical areas. *Journal of Neuroscience*, 29, 14463–14471.

Mantini, D., Gerits, A., Nelissen, K., Durand, J. B., Jol, O., Simone, L., Sawamura, H., Wardak, C., Orban, G. A., Buckner, R. L., VanDuffel, W. (2011). Default mode of brain function in monkeys. *Journal of Neuroscience*, 31, 12954–12962.

Mason, M. F., Norton, M. I., Van Horn, J. D., Wegner, D. M., Grafton, S. T., Macrae, C. N. (2007). Wandering minds: the default network and stimulus-independent thought. *Science*, 315, 393–395.

Mars, R. B., Neubert, F.-X., Noonan, M.A.P., Sallet, J., Toni, I., Rushworth, M. F. S. (2012). On the relationship between the “default mode network” and the “social brain”. *Front. Hum. Neurosci.*, 6. Received from: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00189>.

Perry, A., Shamay-Tsoory, S. (2013). Understanding emotional and cognitive empathy: neuropsychological perspective. In: S. Baron-Cohen, H. Tager-Flusberg, M. V. Lombardo (eds.), *Understanding other minds. Perspectives from developmental social neuroscience* (pp. 178–195). Oxford: Oxford University Press.

Premack, D., Woodruff, G. (1978). Does the chimpanzee have a «Theory of Mind»? *Behavioural and Brain Sciences*, 4, 515–526.

Qin, P., Northoff, G. (2011). How is our self-related to midline regions and the default-mode network? *Neuroimage*, 57, 1221–1233.

Rilling, J. K., Barks, S. K., Parr, L. A., Preuss, T. M., Faber, T. L., Pagononi, G., Bremner, J. D., Votaw, J. R. (2007). A comparison of resting-state brain activity in humans and chimpanzees. *PNAS*, *104* (43), 17146–17151.

Sallet, J., Mars, R. B., Noonan, M. P., Andersson, J., O'Reilly, J. X., Jbabdi, S., Crosson, P. L., Miller, K. L., Jenkinson, M., Rushworth, M. F. S. (2011). Social network size affects neural circuits in macaques. *Science*, *334*, 697–700.

Schilbach, L., Eickhoff, S. B., Rotarska-Jagiela, A., Fink, G. R., Vogeley, K. (2008). Minds at rest? Social cognition as the default mode of cognizing and its putative relationship to the default system of the brain. *Consciousness and Cognition*, *17*, 457–467.

Sierakowiak, A., Monnot, C., Aski, S. N., Uppman, M., Tie-Qiang, L., Damberg, P., Brene, S. (2015). Default Mode Network, Motor Network, Dorsal and Ventral Basal Ganglia Networks in the Rat Brain: Comparison to Human Networks Using Resting State-fMRI. *PLoS ONE*, *10* (3), e0120345. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120345>

Shamay-Tsoory, S. G., Harari, H., Aharon-Peretz, J., Levkovitz, Y. (2010). The role of the orbitofrontal cortex in affective theory of mind deficits in criminal offenders with psychopathic tendencies. *Cortex*, *46* (5), 668–677.

Shulman, G. L., Fiez, J. A., Corbetta, M., Buckner, R. L., Miezin, F. M., Raichle, M. E., Petersen, S. E. (1997). Common blood flow changes across visual tasks: II.: decreases in cerebral cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *9*, 648–663.

Upadhyay, J., Baker, S. J., Chandran, P., Miller, L., Lee, Y., Marek, G. J., Sakoglu, U., Chin, C.-L., Luo, F., Fox, G. B., Day, M. (2011). Default-Mode-Like Network Activation in Awake Rodents. *PLoS ONE*. Received from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027839>

Vincent, J. L., Patel, G. H., Fox, M. D., Snyder, A. Z., Baker, J. T., Van Essen, D. C., Zempel, J. M., Snyder, L. H., Corbetta, M., Raichle, M. E. (2007). Intrinsic functional architecture in the anaesthetized monkey brain. *Nature*, *447*, 83–86.

Wanqing, L., Xiaoqin, M., Chao, L. (2014). The default mode network and social understanding of others: what do brain connectivity studies tell us. *Front. Hum. Neurosci.* Received from: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00074>

Whitfield-Gabrieli, S., Ford, J. M. (2011). Default Mode Network Activity and Connectivity in Psychopathology. *Annual Review of Clinical Psychology*, *8* (1), 49–76.