

ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ (КОГНИТИВНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

УДК 159.91

АНАЛИЗ АКТИВНОСТИ МОЗГА ПО ДАННЫМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МРТ ПРИ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ СЕБЯ И ДРУГИХ ЛЮДЕЙ

© 2020 г. Г. Г. Князев^{1,*}, А. В. Бочаров^{1,2}, А. Н. Савостьянов^{1,2}, Е. А. Левин³, П. Д. Рудыч¹

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

“Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины”, Новосибирск, Россия

² Национальный Исследовательский Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

³ ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина Минздрава РФ, Новосибирск, Россия

* e-mail: knyazev@physiol.ru

Поступила в редакцию 26.03.2019 г.

После доработки 11.04.2019 г.

Принята к публикации 03.06.2019 г.

Задачей данной работы было исследование активности мозга по фМРТ-данным в процессе оценивания себя и других людей. Испытуемым предъявляли прилагательные, описывающие позитивные, нейтральные, или негативные характеристики, и предлагали оценить, в какой степени эти характеристики свойственны самому испытуемому, любимому, мало-знакомому или неприятному человеку. Главный эффект фактора объект оценивания выявился в правой верхней теменной доле, входящей в дефолт-систему мозга и перекрывающейся с височно-теменной областью. Активация в этой области была наибольшей при оценивании себя. Главный эффект фактора “тип прилагательных” также выявлен в структурах, входящих в задний центр дефолт-системы. Поскольку эти области участвуют в построении перспективы с точки зрения других людей, можно предположить, что собственное “Я” воспринимается в неразрывной связи с социальным окружением и оценивается с учетом предполагаемого мнения других людей.

Ключевые слова: социальный мозг, фМРТ, височно-теменная область

DOI: 10.31857/S0044467720010062

ВВЕДЕНИЕ

Жизнь человека всецело определяется его взаимодействием с другими людьми. Успех или неуспех этих взаимодействий влияет не только на жизнь и психическое здоровье каждого индивида, но и на здоровье и, в конечном счете, успешность общества в целом. В последние годы в социальной психологии наметилась отчетливая тенденция к все более широкому использованию идей и данных естественных наук. Возникшие на стыке этих дисциплин науки, такие как эволюционная психология и социальные нейронауки, в значительной степени революционизировали наши представления о причинах, механизмах и последствиях многих форм социального поведения [Buss, 2005; Decety, Cowell, 2016; Falk, Scholz, 2018]. По современным представлениям, социальность — это не просто компонент человеческого поведения и созна-

ния, а то, что формировало человеческий мозг. В ранних работах по эволюции мозга подчеркивалась его роль в сенсорном восприятии и технической компетентности (способы добывания пищи, пространственные способности и инновации), однако, исследования последних лет показывают, что ведущим фактором была способность жить в больших сложных сообществах [Dunbar, Shultz, 2007, 2017; Kappeler et al., 2019).

Главной задачей живущего в социуме индивида является нахождение оптимального баланса между личными интересами и интересами группы. Другие люди могут восприниматься либо как союзники и друзья, либо как конкуренты и враги. Два этих типа восприятия могут запустить диаметрально противоположные поведенческие реакции и, соответственно, будут сопровождаться разными паттернами активности мозга. Накоплено

немало данных об участии мозга в регуляции социального поведения. Выявлены области, связанные с обработкой социальной информации и моделированием социальных отношений [McHugh, Stewart, 2012; Qin, Northoff, 2011]. Описаны паттерны активации мозга, сопровождающие процессы эмпатии [Fan et al., 2011], агрессии [Patrick, 2008], принятия моральных решений [Greene et al., 2004]. Однако недостаточно работ, в которых систематически сравнивались бы два противоположных вида социального восприятия, описанные выше, с обработкой информации, относящейся к собственному “Я” [Denny et al., 2012; van der Meer et al., 2010]. При обработке информации, имеющей отношение к собственному “Я”, выявлена активация вентральной области медиальной префронтальной коры, в то время как обработка информации, имеющей отношение к другим людям, сопровождалась активацией дорзальной области медиальной префронтальной коры [Denny et al., 2012; van der Meer et al., 2010]. Однако некоторые авторы считают, что вентральная и дорзальная области медиальной префронтальной коры участвуют не столько в различении стимулов, имеющих отношение к себе или другим людям, сколько к различению действий, имеющих, или не имеющих отношение, к текущей задаче [Cook, 2014; Nicolle et al., 2012]. Кроме того, есть много данных о том, что различение стимулов, имеющих отношение к себе или другим людям, сопровождается активацией и многих других, более латеральных областей мозга, таких как вентро- и дорзолатеральная префронтальная кора, височная кора и височно-теменная область [Morin, Michaud, 2007; Northoff et al., 2006; Vanderwal et al., 2008].

Задачей данной работы было исследование активности мозга по фМРТ-данным в процессе оценивания себя, любимого, мало-знакомо и неприятного человека.

МЕТОДИКА

Выборка включала 47 праворуких человек (21 мужчина, средний возраст 23.6, SD = 4.9) и состояла из студентов и преподавателей Новосибирского государственного университета. Протокол исследования был утвержден этическим комитетом Института физиологии и фундаментальной медицины. Испытуемых просили подумать и выбрать людей, от-

носящихся к трем категориям: любимый человек, малознакомый (нейтральный) человек и неприятный человек. Потом предлагали оценить по шкале от -5 до +5 эмоции, которые вызывает каждый из выбранных объектов. Дальнейший эксперимент состоял из предъявления испытуемым на экране монитора прилагательных, описывающих личностные или другие характеристики. Предлагалось оценить, в какой степени эти характеристики свойственны самому испытуемому или тем людям, которых они выбрали на предварительном этапе. Эксперимент состоял из четырех блоков, которые у разных испытуемых чередовались в случайном порядке. В начале каждого блока на экране монитора появлялась надпись, сообщающая, кого из выбранных объектов предстоит оценивать, и предлагалось в течение одной минуты вспомнить этого человека и подумать о его/ее качествах. Затем на экране монитора в случайном порядке предъявляли прилагательные из списка, и испытуемый должен был выбрать один из вариантов: “да”, или “нет”, нажимая кнопку большим пальцем соответственно правой или левой руки. В течение всего блока в верхней части экрана показывали напоминание, кого в данном блоке оценивают. Перед предъявлением прилагательного и после выбора ответа был представлен пустой экран. Если испытуемый ничего не нажимал в течение 5 с, то прилагательное исчезало, и появлялся пустой экран. Проба начиналась с сигнала готовности, полученного от сканера. После этого была пауза между началом кадра фМРТ и началом предъявления прилагательного, пауза варьировала случайным образом в интервале от 100 до 2350 мс. Следующая проба начиналась через 5 с после начала предъявления прилагательного. Порядок прилагательных в каждом блоке был рандомизирован, и прилагательные не предъявляли дважды.

Предварительно были составлены списки прилагательных русского языка, в среднем отличающиеся по длине и числу гласных для разных сравниваемых категорий. Прилагательные были подобраны таким образом, чтобы оценивать качества позитивные, негативные и нейтральные, число слов во всех категориях было сбалансировано. Некоторые прилагательные взяты из личностных опросников и описывали свойства личности, другие описывали физические характеристики.

Составленный список прилагательных был протестирован группой из 30 экспертов (студенты и преподаватели гуманитарного факультета НГУ), каждое прилагательное было оценено в плане знака и силы эмоций, которые оно вызывает. В результате было отображено 25 “позитивных” прилагательных, имеющих максимальные положительные оценки, 25 “негативных” прилагательных, имеющих максимальные оценки выраженности отрицательных эмоций, и 25 “нейтральных” прилагательных, имеющих минимальные оценки выраженности эмоций.

Запись фМРТ проводилась на сканере Philips Ingenia 3.0 T. (226 объемов для каждого из четырех блоков, TR = 2.5 с, TE = 35 мс, flip angle = 90°, Percent Phase FOV = 100, размер матрицы 96×94, 25 срезов толщиной 5 мм, без зазора). T1-взвешенные структурные сканы высокого разрешения (1 мм) были получены с использованием последовательности 3D MP-GR (TR = 7.8 мс, TE = 3.76 мс, размер матрицы 252 × 227). Продолжительность исследования — около 1 ч.

Предобработка данных и анализ BOLD-ответов производились в пакете SPM-12 (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm12/>). Предварительный анализ фМРТ-данных включал стандартные процедуры выравнивания времени срезов, коррекцию артефактов движений (realignment), корегистрацию, нормализацию к стандартному мозгу и сглаживание (full-width half-maximum, 6 mm). Для анализа вызванных предъядлением стимулов BOLD-ответов использовали связанный с событиями (event-related) дизайн. На первом уровне анализа ответы у каждого испытуемого моделировали путем конволюции локализованных во времени точечных стимулов со стандартным гемодинамическим ответом и двумя его производными, моделирующими вариацию пика и времени ответа [Henson, 2002]. Кроме того, использовали шесть регрессоров, сформированных на стадии предобработки, для удаления артефактов движений испытуемого в процессе записи. На втором уровне, на выборке испытуемых использовали трехфакторный дизайн с факторами “объект оценивания” (четыре уровня), “тип прилагательного” (три уровня) и “выбранный ответ” (два уровня). Пол и возраст испытуемого, а также измеренный на стадии предварительной обработки уровень двигательной активности вводили как кова-

риаты, не представляющие интереса. Контроль ложноположительных эффектов проводили путем комбинации порога достоверности на уровне вокселя (voxel-level height threshold, $p < 0.001$) и на уровне кластера (family-wise-error-corrected cluster-level $p = 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поведенческие данные

Средние (\pm стандартное отклонение) оценки, выставленные выбранным объектам в начале эксперимента, составляли: “любимый” — +4.5 (± 0.7), “малознакомый” — +1.1 (± 0.9), “неприятный” — -3.2 (± 0.8). Дисперсионный анализ показал высокую достоверность главного эффекта фактора “объект оценивания”. Последующие попарные сравнения с помощью Т-теста для связанных выборок показали, что все различия были достоверны на уровне $p < 0.001$.

Использовали дисперсионный анализ для повторных измерений для выявления влияния объекта оценивания (“Я”, “любимый”, “малознакомый”, “неприятный”) на долю выбора отрицательных, нейтральных, или положительных прилагательных. Факторы “объект оценивания” и “тип прилагательных” достоверно взаимодействовали друг с другом [$F(6, 276) = 85.4, p < 0.001$]. Для оценки неприятного человека чаще выбирали негативные прилагательные, а для всех остальных — позитивные. Такой же анализ был проведен с применением времени реакции в качестве зависимой переменной. Достоверный главный эффект фактора “объект оценивания” [$F(3, 138) = 5.7, p < 0.001$] показывал, что испытуемые меньше думали, оценивая любимого человека и себя, чем оценивая малознакомого и неприятного человека.

фМРТ-данные

При анализе вызванных предъядлением стимулов BOLD-ответов достоверный главный эффект фактора “объект оценивания” выявился в кластере, центр которого находился в правой верхней теменной доле (superior parietal lobule) [$27, -64, 50, F(3, 552) = 7.9, k = 238, FWE-corrected p = 0.024$] (рис. 1). Как видно из рис. 2, наибольший по амплитуде ответ в этом кластере обнаружен при оценивании себя. Тестирование контраста “Я” > > все остальные показало достоверность этого

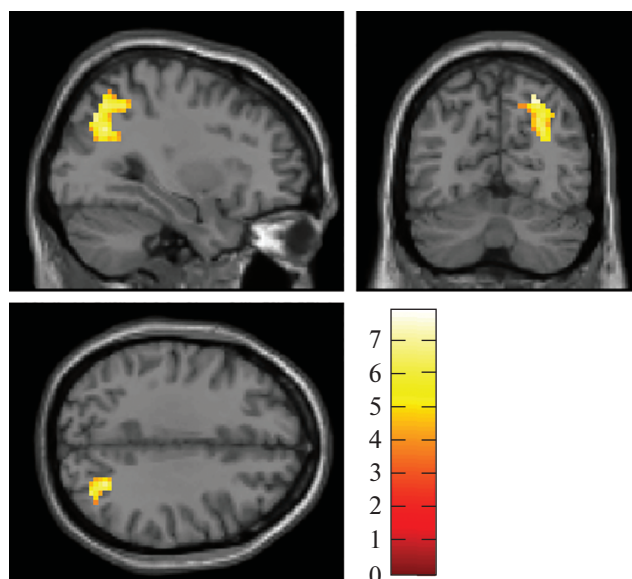


Рис. 1. Гемодинамические ответы на предъявление слов. Локализация главного эффекта фактора “объект оценивания”. Изображение представлено согласно неврологической конвенции. Цветовая шкала показывает значения критерия Фишера (F values).

Fig. 1. Hemodynamic responses to the presentation of words. Localization of the main effect of the factor “object of evaluation”. The image is presented in neurological convention. The color scale shows F values.

эффекта [27, -64, 50, $T(1, 552) = 4.68$, $k = 202$, FWE-corrected $p = 0.002$].

Главный эффект типа прилагательных проявился в четырех кластерах, расположенных в правой постцентральной извилине [36, -19, 50, $F(2, 552) = 29.0$, $k = 163$, FWE-corrected $p < 0.001$], левой [-48, -64, 29, $F(2, 552) = 25.2$, $k = 35$, FWE-corrected $p = 0.002$] и правой [51, -61, 32, $F(2, 552) = 21.4$, $k = 30$, FWE-corrected $p = 0.002$] височно-теменной области (temporo-parietal junction) и в задней поясной извилине [-3, -55, 20, $F(2, 552) = 14.9$, $k = 43$, FWE-corrected $p = 0.001$] (рис. 3). Чтобы расшифровать этот эффект, было протестировано два контраста: 1) позитивные > нейтральные > негативные и 2) негативные > нейтральные > позитивные. Первый контраст оказался достоверным в левой [-48, -64, 29, $T(1, 552) = 7.1$, $k = 59$, FWE-corrected $p = 0.048$] и правой [51, -61, 32, $T(1, 552) = 6.54$, $k = 59$, FWE-corrected $p = 0.048$] височно-теменной области и в задней поясной из-

Оценки контрастов фМРТ

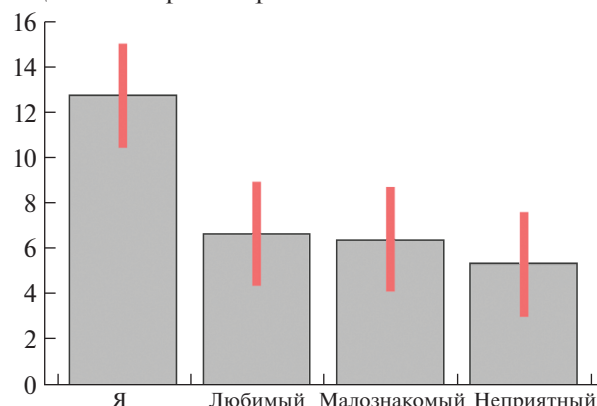


Рис. 2. Средние гемодинамические ответы в правой верхней теменной доле при оценивании разных объектов. Высота столбиков пропорциональна величине эффекта. Вертикальные полосы отмечают 90% доверительные интервалы.

Fig. 2. Average hemodynamic responses in the right superior parietal lobule during evaluation of different objects. Bars' height is proportional to the effect size. Vertical lines show 90% confidence intervals.

вилине [-3, -55, 20, $T(1, 552) = 5.45$, $k = 260$, FWE-corrected $p = 0.001$], а второй в правой постцентральной извилине [36, -19, 50, $T(1, 552) = 7.43$, $k = 251$, FWE-corrected $p = 0.001$] и левой преклиновидной коре (*precuneus*) [-24, -58, 32, $T(1, 552) = 4.49$, $k = 171$, FWE-corrected $p = 0.004$]. На рис. 4 показаны средние гемодинамические ответы в левой височно-теменной области (слева) и в правой постцентральной извилине (справа) при предъявлении прилагательных разной валентности.

Выявлено достоверное взаимодействие факторов “объект оценивания” и “тип прилагательного” в левой [-39, -22, 50, $F(6, 552) = 13.7$, $k = 196$, FWE-corrected $p < 0.001$] и правой [39, -19, 50, $F(6, 552) = 9.2$, $k = 70$, FWE-corrected $p < 0.001$] области центральной борозды и охватывает первичные моторную и соматосенсорную зоны. В левом кластере при оценивании себя, любимого и малоизвестного человека амплитуда ответа была наибольшей при предъявлении положительных и наименьшей при предъявлении отрицательных стимулов. При оценивании же неприятного человека, наоборот, амплитуда ответа в этом кластере была наибольшей при предъ-

явлении негативных и наименьшей при предъявлении позитивных прилагательных. В правом кластере картина была зеркально противоположной (рис. 5).

Главный эффект фактора “выбранный ответ” обнаружен в соответствующих моторных областях коры левого и правого полушария (рис. 6). Взаимодействия фактора “выбранный ответ” с фактором “объект оценивания” и с фактором “тип прилагательного”, так же, как и тройное взаимодействие, оказались незначительными.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Оценки, выставленные выбранным объектам в начале эксперимента, подтверждают, что испытуемые правильно поняли задание и выбрали соответствующие объекты для сравнения. Такой же общий паттерн просматривается и в процессе оценивания выбранных объектов. Как и следует ожидать, неприятный объект в среднем получает максимальные негативные и минимальные позитивные оценки, а любимый, наоборот, максимальные позитивные и минимальные негативные. Анализ времени реакции показывает, что принятие решений при оценивании малознакомого и неприятного человека в среднем требовало больше времени, чем принятие решений при оценивании себя и любимого человека, что объясняется, вероятно, большей неопределенностью выбора в первом случае.

Локализация главного эффекта фактора “выбранный ответ” (рис. 6) соответствует моторной области коркового представительства той руки, с помощью которой испытуемый сообщал о своем утвердительном или отрицательном ответе, что можно рассматривать как подтверждение валидности процедуры записи и анализа фМРТ-данных. Нужно отметить, что активность в этих областях коры проявляется в той или иной степени практически во всех выявленных эффектах. Наиболее показателен в этом смысле эффект взаимодействия факторов “объект оценивания” и “тип прилагательного” (рис. 5). Важно подчеркнуть, что выявленные градации в силе активации соответствующих областей правой и левой двигательной коры по времени предшествуют ответу и характеризуют таким образом общее восприятие испытуемыми соответствующих

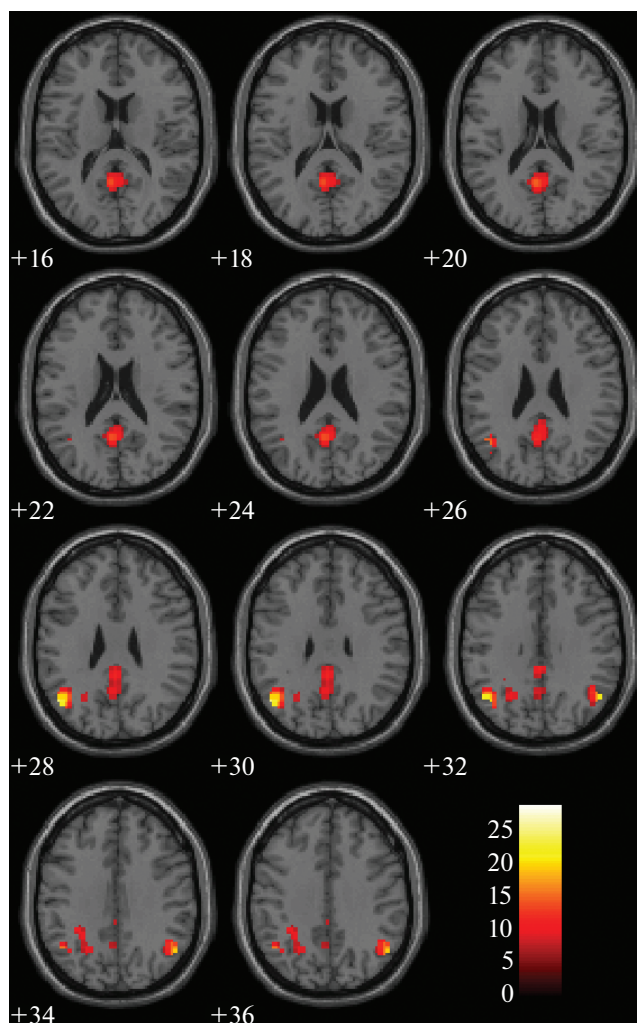


Рис. 3. Гемодинамические ответы на предъявление слов. Локализация главного эффекта фактора “тип прилагательных”. Изображение представлено согласно неврологической конвенции. Цифры над срезами показывают уровень среза в координатах MNI. Цветовая шкала показывает значения критерия Фишера (F values).

Fig. 3. Hemodynamic responses to the presentation of words. Localization of the main effect of the factor “type of adjectives”. The image is presented in neurological convention. Slice numbers are in MNI coordinates. The color scale shows F values.

объектов. Когда испытуемый видит эпитеты, конгруэнтные с его/ее представлением об оцениваемом объекте (например, положительные для любимого человека и отрицательные для неприятного), это вызывает большую активацию в двигательной коре левого полушария, то есть, готовность ответить “да”. Восприятие же диссонлирующих эпитете-

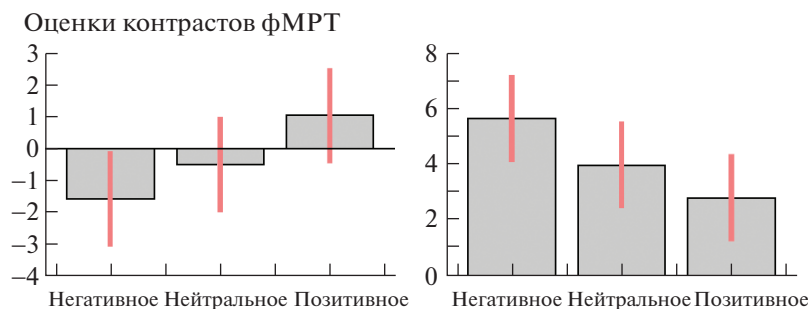


Рис. 4. Средние гемодинамические ответы в левой височно-теменной области (слева) и в правой постцентральной извилине (справа) при предъявлении прилагательных разной валентности. Высота столбиков пропорциональна величине эффекта. Вертикальные полосы отмечают 90% доверительные интервалы.

Fig. 4. Average hemodynamic responses in the left temporoparietal junction (left panel) and right postcentral gyrus (right panel) during on presentation of adjectives of different emotional valence. Bars' height is proportional to the effect size. Vertical lines show 90% confidence intervals.

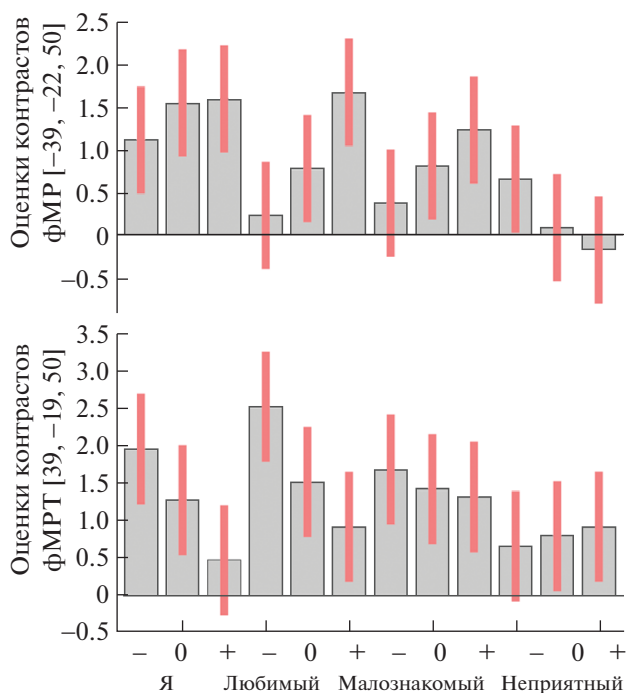


Рис. 5. Взаимодействие факторов “объект оценивания” и “тип прилагательных” на гемодинамические ответы в левой (верхняя диаграмма) и правой (нижняя диаграмма) постцентральной извилине. Символы под шкалой абсцисс (–, 0, +) показывают тип прилагательного (негативная, нейтральная и позитивная оценка), надписи ниже показывают объект оценивания. Высота столбиков пропорциональна величине эффекта. Вертикальные полосы отмечают 90% доверительные интервалы.

Fig. 5. The interaction of factors “object of evaluation” and “type of adjectives” on hemodynamic responses in the left (upper diagram) and right (lower diagram) postcentral gyrus. Symbols under the scale (i.e., –, 0, +) show emotional valence of adjectives; inscription below show the object of evaluation. Bars' height is proportional to the effect size. Vertical lines show 90% confidence intervals.

тов сопровождается большей активацией гомологичной структуры в правом полушарии, то есть, готовностью ответить “нет”. Можно отметить, что наиболее четкая градация ценностей выстраивается в отношении любимого человека.

Все остальные, кроме моторной коры, области, в которых обнаружены достоверные эффекты, лежат в пределах заднего центра дефолт-системы, участие которой в процессах социального сознания хорошо известно [Buckner et al., 2008; Beer, Ochsner, 2006; Li et al., 2014; Mitchell, 2006; Raichle et al., 2001]. Так, главный эффект типа прилагательных также включает двигательные области коры, но, кроме этого, выявляется в левой и правой височно-теменной области и в задней части поясной извилины. Важно помнить, что оценочные прилагательные в данном случае прилагались к социальным объектам. Неудивительно поэтому, что их эффект проявляется в структурах социального мозга [Dunbar, 1998; Mars et al., 2012]. Наиболее важной в этом смысле структурой является височно-теменная область (temporo-parietal junction), которая участвует в процессах “модели психического” (theory of mind) и активируется при интерпретации намерений других людей, эмпатии и социальных взаимодействиях [Decety, Lamm, 2007; Saxe, 2006; Van Overwalle, Baetens, 2009; Zaitchik et al., 2010].

Главный эффект фактора “объект оценивания” также выявился в области париетальной коры в непосредственной близости от правой височно-теменной области. Наибольший по амплитуде ответ в этой области обна-

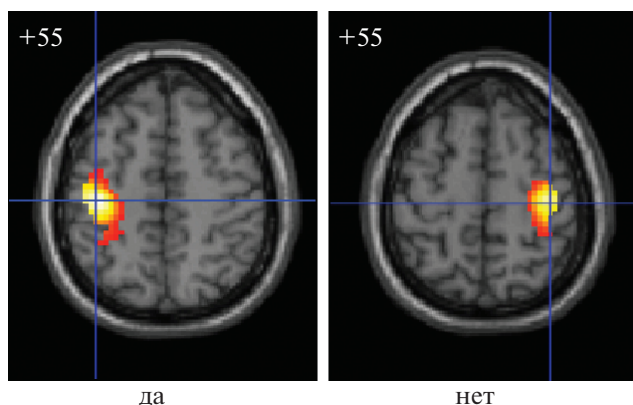


Рис. 6. Гемодинамические ответы на предъявление слов. Главный эффект фактора “выбранный ответ”. Изображение представлено согласно неврологической конвенции.

Fig. 6. Hemodynamic responses to the presentation of words. The main effect of the factor “selected response”. Images are presented in neurological convention.

ружен при оценивании себя. Поскольку эта область коры участвует в построении перспективы с точки зрения других людей [Saxe, 2006; Van Overwalle, Baetens, 2009], можно предположить, что собственные качества оценивались путем представления собственного образа с позиции других людей, хотя проверка этого предположения требует дополнительных данных.

Хорошо известно, что ассоциативные области коры, такие как височно-теменная область и задняя часть поясной извилины, не связаны с узкой и ясно очерченной функцией и участвуют в большом числе разнородных процессов. Так, височно-теменная область интегрирует информацию от таламуса, лимбической системы, зрительной, слуховой и соматосенсорной коры и кроме социальных процессов участвует в процессах внимания, памяти и семантических процессах [Abu-Akel, Shamay-Tsoory, 2011; Blakemore et al, 2002]. Возникает вопрос, насколько специфичны эффекты, выявляемые в таких областях коры? К сожалению, невозможно поставить эксперимент, в котором моделировались бы социальные процессы, но при этом не участвовали бы процессы внимания, памяти и семантические процессы. Поэтому всегда остается сомнение, в какой именно

роли та или иная структура участвовала в данном случае. Однако, поскольку при анализе сравнивались экспериментальные условия, которые отличались друг от друга лишь по одному (сравниваемому) аспекту и были похожи во всех остальных, можно думать, что выявленные эффекты отражают именно эти различия. Например, процессы памяти и внимания участвуют при оценивании всех объектов, и если выявляется достоверный главный эффект фактора “объект оценивания” в правой верхней теменной доле, то можно думать, что он отражает участие этой области коры в социальных аспектах задачи, а не в процессах памяти и внимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Это исследование является одним из первых, в котором сравнивалось восприятие противоположных по валентности социальных объектов с восприятием собственного “Я”. Сравнение активности мозга при оценивании этих объектов показывает вовлеченность хорошо известных областей социального мозга [Mars et al., 2012], таких, как височно-теменная область. Важно подчеркнуть, что эти области активировались в наибольшей степени при оценивании собственной персоны.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 17-18-01019.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abu-Akel A., Shamay-Tsoory S.* Neuroanatomical and neurochemical bases of theory of mind. *Neuropsychologia*. 2011. 49: 2971–2984.
- Beer J.S., Ochsner K.N.* Social cognition: a multi level analysis. *Brain research*. 2006. 1079(1): 98–105.
- Blakemore S.J., Wolpert D.E., Frith C.D.* Abnormalities in the awareness of action. *Trends in Cognitive Sciences*. 2002. 6: 237–242.
- Buckner R.L., Andrews-Hanna J.R., Schacter D.L.* The brain’s default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2008. 1124: 1–38.
- Buss D.M.* The handbook of evolutionary psychology. John Wiley and Sons, 2005.
- Cook J.L.* Task-relevance dependent gradients in medial prefrontal and temporoparietal cortices suggest solutions to paradoxes concerning self/other

- control. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2014. 42: 298–302.
- Decety J., Cowell J.M.* Developmental Social Neuroscience. In *Developmental Psychopathology*. 2016. D. Cicchetti (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9781119125556.devpsy220>
- Decety J., Lamm C.* The role of the right temporoparietal junction in social interaction: how low-level computational processes contribute to meta-cognition. *The Neuroscientist*. 2007. 13(6): 580–593.
- Denny B.T., Kober H., Wager T.D., Ochsner K.N.* A meta-analysis of functional neuroimaging studies of self and other judgments reveals a spatial gradient for mentalizing in medial prefrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2012. 24: 1742–1752.
- Dunbar R.I.* The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews: Issues, News, and Reviews*. 1998. 6 (5): 178–190.
- Dunbar R.I., Shultz S.* Evolution in the social brain. *Science*. 2007. 317 (5843): 1344–1347.
- Dunbar R.I., Shultz S.* Why are there so many explanations for primate brain evolution? *Phil. Trans. R. Soc. B*. 2017. 372.
- Falk E., Scholz C.* Persuasion, Influence, and Value: Perspectives from Communication and Social Neuroscience. *Annual Review of Psychology*. 2018. 69: 329–356.
- Fan Y., Duncan N.W., de Greck M., Northoff G.* Is there a core neural network in empathy? An fMRI based quantitative meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2011. 35 (3): 903–911.
- Greene J.D., Sommerville R.B., Nystrom L.E., Darley J.M., Cohen J.D.* An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*. 2001. 293: 2105–2108.
- Henson R.* Analysis of fMRI timeseries: Linear time-invariant models, event-related fMRI and optimal experimental design. In: *Frackowiak R.S.J., Friston K.J., Frith C., Dolan R., Price C.* (eds.) *Human Brain Function*. Elsevier: London, pp. 793–822.
- Kappeler P.M., Clutton-Brock T., Shultz S., Lukas D.* Social complexity: patterns, processes, and evolution. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 2019. 73: 5.
- Li W., Mai X., Liu C.* The default mode network and social understanding of others: what do brain connectivity studies tell us. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. 8: 74.
- Mars R.B., Neubert F.X., Noonan M.P., Sallet J., Toni I., Rushworth M.F.* On the relationship between the “default mode network” and the “social brain”. *Frontiers in human neuroscience*. 2012. 6: 189.
- McHugh L., Stewart I.* The self and perspective taking: Contributions and applications from modern behavioral science. New Harbinger Publications, 2012.
- Saxe R.* Uniquely human social cognition. *Current opinion in neurobiology*. 2006. 16 (2): 235–239.
- Mitchell J.P.* Mentalizing and Marr: an information processing approach to the study of social cognition. *Brain Research*. 2006. 1079: 66–75.
- Morin A., Michaud J.* Self-awareness and the left inferior frontal gyrus: Inner speech use during self-related processing. *Brain Research Bulletin*. 2007. 74: 387–396.
- Nicolle A., Klein-Flügge M.C., Hunt L.T., Vlaev I., Dolan R.J., Behrens T.E.J.* An agent independent axis for executed and modeled choice in medial prefrontal cortex. *Neuron*. 2012. 75: 1114–1121.
- Northoff G., Heinzl A., de Greck M., Bermpohl F., Dobrowolny H., Panksepp J.* Self-referential processing in our brain –A meta-analysis of imaging studies on the self. *NeuroImage*. 2006. 31: 440–457.
- Patrick C.J.* Psychophysiological correlates of aggression and violence: an integrative review. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008. 363 (1503): 2543–2555.
- Raichle M.E., MacLeod A.M., Snyder A.Z., Powers W.J., Gusnard D.A., Shulman G.L.* A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2001. 98 (2): 676–682.
- Qin P., Northoff G.* How is our self related to midline regions and the default-mode network? *Neuroimage*. 2011. 57 (3): 1221–1233.
- van der Meer L., Costafreda S., Aleman A., David A.S.* Self-reflection and the brain: A theoretical review and meta-analysis of neuroimaging studies with implications for schizophrenia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 2010. 34: 935–946.
- Vanderwal T., Hunyadi E., Grupe D.W., Connors C.M., Schultz R.T.* Self, Mother and Abstract Other: an fMRI study of reflective social processing. *Neuroimage*. 2008. 41: 1437–1446.
- Van Overwalle F., Baetens K.* Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: a meta-analysis. *Neuroimage*. 2009. 48 (3): 564–584.
- Zaitchik D., Walker C., Miller S., LaViolette P., Feczko E., Dickerson B.C.* Mental state attribution and the temporoparietal junction: an fMRI study comparing belief, emotion, and perception. *Neuropsychologia*. 2010. 48 (9): 2528–2536.

fMRI CORRELATES OF EMOTIONAL EVALUATION OF SELF AND OTHERS**G. G. Knyazev^{a,#}, A. V. Bocharov^{a,b}, A. N. Savostyanov^{a,b}, E. A. Levin^c, and P. D. Rudych^a**^a *Federal State Budgetary Scientific Institution "Scientific Research Institute of Physiology and Basic Medicine, Novosibirsk, Russia*^b *Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*^c *E.N. Meshalkin National Medical Research Center, Novosibirsk, Russia*[#] *e-mail: knyazev@physiol.ru*

In this study, using fMRI BOLD signal, we aimed to compare patterns of brain activity during self-evaluation and evaluation of other objects. Participants were presented with adjectives describing desirable, neutral, or undesirable characteristics and were asked to judge whether they are appropriate for the description of self, close friend, stranger, or unpleasant person. The main effect of 'object' was revealed in the right superior parietal lobule, which is a part of the default mode network (DMN) and overlaps with the right temporoparietal junction. In this cluster, BOLD signal was highest during self-evaluation comparing to evaluation of other people. The main effect of adjective was also revealed in brain areas associated with the posterior DMN hub. Since temporoparietal junction is involved in taking the perspective of others and inferring their mental states, our data suggest that self is perceived as intimately linked to social environment and is evaluated taking into account the perspective of others.

Keywords: social cognition, fMRI, temporoparietal junction