

Дефолтная сеть (сеть пассивного режима работы мозга). Обзор иностранных источников

Е. И. Николаева^{✉1, 2}

¹ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
191186, Россия, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48

² Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 399770, Россия, г. Елец, ул. Коммунаров, д. 28

Сведения об авторе

Николаева Елена Ивановна, SPIN-код: 4312-0718, ORCID: 0000-0001-8363-8496, e-mail: klemtina@yandex.ru

Для цитирования: Николаева, Е. И. (2019) Дефолтная сеть (сеть пассивного режима работы мозга). Обзор иностранных источников. *Комплексные исследования детства*, т. 1, № 1, с. 80–84. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-1-80-84

Получена 29 мая 2019; принята 30 мая 2019.

Права: © Автор (2019). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Default mode network (default state network of the brain) A review of foreign sources

Е. I. Nikolaeva^{✉1, 2}

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika River Emb., Saint Petersburg 191186, Russia

² Bunin Yelets State University, 28 Kommunarov Str., Yelets, 399770, Russia

Author

Elena I. Nikolaeva, SPIN: 4312-0718, ORCID: 0000-0001-8363-8496, e-mail: klemtina@yandex.ru

For citation: Nikolaeva, E. I. (2019) Default mode network (default state network of the brain). A review of foreign sources. *Comprehensive Child Studies*, vol. 1, no. 1, pp. 80–84. DOI: 10.33910/2687-0223-2019-1-1-80-84

Received 29 May 2019; accepted 30 May 2019.

Copyright: © The Author (2019). Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Известно, что мозг активен постоянно, в том числе в периоды, когда человек не проявляет поведенческую активность. Это было показано еще в работах Бергера (Berger 1929), записавшего первую ЭЭГ. Но особое внимание к состоянию мозга в отсутствие активных ментальных действий было привлечено в конце XX столетия (Biswal et al. 1995; Buckner et al. 2008; Rodriguez et al. 2015). Оказалось, что активность такого спокойного мозга влияет на события, которые происходят затем в активном состоянии (He 2013).

Эта система первоначально была названа ‘task-negative’ (система, негативно связанная с решением задач), поскольку ее активность снижалась при решении конкретных задач. Позднее ее стали изучать с точки зрения реше-

ния внутренних задач мозга (Gusnard Raichle 2001; Fox et al. 2005; Laird et al. 2009). Эта система вовлечена во внутренне сфокусированные когнитивные процессы, например, рассеянные мысли, воображение, прошлые воспоминания, ожидания от будущего, анализ своего Я, автобиографические воспоминания (Andrews-Hanna et al. 2010; Mar 2011; Raichle Snyder 2007; Summerfield et al. 2010; Vincent et al. 2006).

Исследователи, записывающие активность мозга в этом пассивном поведенческом состоянии, пользуются двумя подходами: основанном на данных (Spreng, Grady 2010; Feng et al. 2015) и на модели (Wilson, Niv 2016). Оба подхода имеют свои достоинства и недостатки. Методы, основанные на данных, опираются на изменение данных при записи томограммы. Например,

независимый компонентный анализ (Du et al. 2011; Scheidegger et al. 2012) предполагает, что активность разных отделов мозга независима; согласно распределенному анализу (Whitfield-Gabrieli, Ford 2012; Lv et al. 2015), распределенная активность мозга, напротив, имеет единый источник регуляции. Подходы, основанные на модели, связаны с выбором экспериментатором источника исходной активности, хаба. Например, в таком анализе (Kelly et al. 2010; Whitfield-Gabrieli, Ford 2012) предполагается, что точки активности в разных областях мозга могут составлять временные корреляционные связи, и тогда результирующая сеть будет определяться такой точкой отсчета.

Одна из сетей такого пассивного состояния называется дефолтной. Дефолтная сеть — это сеть, объединяющая структуры, активные в состоянии отдыха.

Основными хабами этой системы являются задняя сингулярная кора и медиальная префронтальная кора, прекунеус (предклинье) и медиальная префронтальная кора (Lee et al. 2014; Mulders et al. 2015). Эти области включены в переработку внутреннего опыта, например, построение описания Я, порождение мыслей, планирование будущего, оценка событий прошлого (Whitfield-Gabrieli, Nieto-Castanon 2012). Эта сеть как бы противостоит фронто-париетальной системе, активной при включении человека в задачи внешней направленности.

Дисфункция дефолтной системы, то есть аномальная деятельность хабов или изменение функциональных связей между ними, обнаружены у людей с серьезными расстройствами — депрессией, биполярным расстройством, шизофренией и другими психическими расстройствами (Whitfield-Gabrieli, Nieto-Castanon 2012). Именно поэтому сеть называется дефолтной.

При депрессии обнаружена измененная активность основных узлов, дезинтеграция коммуникации, изменение активности лобной коры, островка, гиппокампа, дорзо-медиальной префронтальной коры (Northoff, Bermpohl 2004; Kaiser et al. 2015). Изменения в этих структурах связаны с появлением умственной жвачки, ухудшением когнитивных функций и нарушением обработки эмоциональных стимулов. Введение же психоделических наркотиков дает противоположный результат: они повышают активность дефолтной сети и снижают число положительных связей между основными узлами (Carhart-Harris et al. 2016; Schmidt et al. 2013).

Выяснилось, что те взрослые, у которых в раннем детстве наблюдалось беспокойное

поведение (плач, плохой сон), имели избегающее поведение. И эта связь между избегающим поведением и проблемами в раннем детстве опосредована состоянием активности дефолтной системы (Bäuml 2019).

Оказалось, что в некоторых случаях даже фронтопариетальная система, которая ранее казалась только антагонистом дефолтной системы, может поддерживать ее своей активностью, если речь идет о планировании жизненного пути, симулировании решения проблем или активации социальной рабочей памяти (Gerlach et al. 2011; Moussa et al. 2012; Spreng 2012).

Часть исследователей полагает, что для исчерпывающего понимания активности дефолтной системы, необходимо описать ее субкортикальную часть (Busckner et al. 2008; Greicius et al. 2009). Ранние работы с мета-анализом не выявили субкортикальные компоненты в системе (Laird et al. 2009; Soch et al. 2017), и состояние отдыха считалось первичной ее функцией (De Luca et al. 2006). Однако сейчас в нее включают гиппокамп (Greicius et al. 2004; Wang et al. 2016). Известно, что кортикальные осцилляции обеспечиваются таламической активностью (Fuentealba, Steriade 2005). Кроме того, и гиппокамп, и медиальная префронтальная кора являются частью лимбической системы, то есть связаны с большим количеством структур, в том числе с амигдало-орбитофронтальной корой и гиппокампадно-сингулярной подсистемой (Mega et al. 1997). Но лимбическая система имеет мощный субкортикальный компонент и связи с медиальной префронтальной корой (Carmichael, Price 1995).

Более того, активность мозга в спокойном состоянии обеспечивается сигналами из таламуса. Известно, что взаимодействие лимбической системы и таламуса обеспечивается кортико-стриато-таламо-кортикальными сетями (Alexander, Crutcher 1990).

Чтобы выявить работу дефолтной системы, обычно начинают анализ активности задней сингулярной коры и выявляют ее активность по отношению к шуму. Но современные технологии оценки относительно еще низки по эффективности, поэтому активность подкорковых структур может быть слишком слабой. Сравнивали сети, которые возникают, если начать анализ с задней сингулярной коры, или медиальной префронтальной коры. Полученные таким образом две дефолтные сети, сформированные от двух разных узлов, были близки, но тем не менее отличались конкретными связями.

Обнаружены данные о связи дефолтной системы с лимбическими функциями, такими

как Я, эмоции и память (Broyd et al. 2009; Gerlach et al. 2011; Summerfield et al. 2010).

Некоторые авторы полагают, что дефолтная система даже может быть некоторым корковым представительством лимбической системы и ее тесно взаимодействующих структур, особенно в трансмодальных областях (Mesulam 1998).

Были сравнены в состоянии отдыха сети, сформированные от задней сингулярной коры, но оцененные двумя разными способами: функциональную магнитно-резонансную томографию (rs-fMRI), чтобы исследовать вклад субкорти-

кальных структур в дефолтную сеть, и динамику уровня кислорода в крови (BOLD) в гиппокампе и таламусе и в субкортикальных ядрах (хвостатое ядро, путамен и бледный шар). Была показана значимая связь дефолтной системы с гиппокампом и таламусом, но не с подкорковыми ядрами (Lee et al. 2017).

Объединив все имеющиеся данные, можно предположить, что особенностью дефолтной системы является ее внесение непрерывности в индивидуальную психическую активность человека, которая, возможно, и является основой формирования личностных смыслов.

References

- Alexander, G. E., Crutcher, M. D. (1990) Functional architecture of basal ganglia circuits: neural substrates of parallel processing. *Trends in Neurosciences*, vol. 13, no. 7, pp. 266–271. (In English)
- Andrews-Hanna, J. R., Reidler, J. S., Sepulcre, J. et al. (2010) Functional-anatomic fractionation of the brain's default network. *Neuron*, vol. 65, no. 4, pp. 550–562. (In English)
- Berger, H. (1929) Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. *Archive of Psychiatry and Nerven System*, vol. 87, no. 1, pp. 527–570. (In German)
- Bäuml, J., Baumann, N., Avram, M. et al. (2019) The default mode network mediates the impact of infant regulatory problems on adult avoidant personality traits. *Biological Psychiatry. Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, vol. 4, no. 4, pp. 333–342. (In English)
- Biswal, B., Yetkin, F. Z., Haughton, V. M., Hyde, J. S. (1995) Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI. *Magnetic Resonance in Medicine*, vol. 34, no. 4, pp. 537–541. (In English)
- Broyd, S. J., Demanuele, C., Debener, S. et al. (2009) Default-mode brain dysfunction in mental disorders: a systematic review. *Neuroscience and Biobehavioral Research*, vol. 33, no. 3, pp. 279–296. (In English)
- Buckner, R. L., Andrews-Hanna, J. R., Schacter, D. L. (2008) The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1124, no. 1, pp. 1–38. (In English)
- Carhart-Harris, R. L., Muthukumaraswamy, S., Roseman, L. et al. (2016) Neural correlates of the LSD experience revealed by multimodal neuroimaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 113, no. 17, pp. 4853–4858. (In English)
- Carmichael, S. T., Price, J. L. (1995) Limbic connections of the orbital and medial prefrontal cortex in macaque monkeys. *Journal of Comparative Neurology*, vol. 363, no. 3, pp. 615–641. (In English)
- De Luca, M., Beckmann, C. F., De Stefano, N. et al. (2006) fMRI resting state networks define distinct modes of long-distance interactions in the human brain. *Neuroimage*, vol. 29, no. 4, pp. 1359–1367. (In English)
- Du W., Li H., Li X. L. et al. (2011) ICA of fMRI data: performance of three ICA algorithms and the importance of taking correlation information into account. In: *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*. Chicago: IEEE, pp. 1573–1576. (In English)
- Feng, B., Yu, Z. L., Gu, Z., Li, Y. (2015) Analysis of fMRI data based on sparsity of source components in signal dictionary. *Neurocomputing*, vol. 156, no. 10, pp. 86–95. (In English)
- Fox, M. D., Snyder, A. Z., Vincent, J. L. et al. (2005). The human brain is intrinsically organized into dynamic, anticorrelated functional networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 102, no. 27, pp. 9673–9678. (In English)
- Fuentealba, P., Steriade, M. (2005) The reticular nucleus revisited: intrinsic and network properties of a thalamic pacemaker. *Progress in Neurobiology*, vol. 75, no. 2, pp. 125–141. (In English)
- Gerlach, K. D., Spreng, R. N., Gilmore, A. W., Schacter, D. L. (2011) Solving future problems: default network and executive activity associated with goal-directed mental simulations. *Neuroimage*, vol. 55, no. 4, pp. 1816–1824. (In English)
- Greicius, M. D., Srivastava, G., Reiss, A. L., Menon, V. (2004) Default mode network activity distinguishes Alzheimer's disease from healthy aging: evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 101, no. 13, pp. 4637–4642. (In English)
- Greicius, M. D., Supekar, K., Menon, V., Dougherty, R. F. (2008) Resting-state functional connectivity reflects structural connectivity in the default mode network. *Cerebral Cortex*, vol. 19, no. 1, pp. 72–78. (In English)
- Gusnard, D. A., Raichle, M. E. (2001) Searching for a baseline: functional imaging and the resting human brain. *National Review of Neurosciences*, vol. 2, no. 10, pp. 685–694. (In English)

- He, B.J. (2013) Spontaneous and task-evoked brain activity negatively interact. *Journal of Neurosciences*, vol. 33, no. 11, pp. 4672–4682. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2922-12.2013 (In English)
- Kaiser, R. H., Andrews-Hannam, J. R., Wager, T. D. et al. (2015) Large-scale network dysfunction in major depressive disorder: a meta-analysis of resting-state functional connectivity. *Journal of American Medical Association in Psychiatry*, vol. 72, no. 6, pp. 603–611. (In English)
- Kelly, Jr. R. E., Wang, Z., Alexopoulos, G. S. et al. (2010) Hybrid ICA-seed-based methods for fMRI functional connectivity assessment: a feasibility study. *International Journal of Biomedical Imaging*, vol. 2010, article ID 868976, pp. 1–24. DOI: 10.1155/2010/868976 (In English)
- Laird, A. R., Eickhoff, S. B., Li, K. et al. (2009) Investigating the functional heterogeneity of the default mode network using coordinate-based meta-analytic modeling. *Journal of Neurosciences*, vol. 29, no. 6, pp. 14496–14505. (In English)
- Lee, T.-W., Xue, S.-W. (2017) Functional connectivity maps based on hippocampal and thalamic dynamics may account for the default-mode network. *European Journal of Neuroscience*, vol. 47, no. 5, pp. 388–398. DOI: 10.1111/ejn.13828 (In English)
- Lee, T. W., Northoff, G., Wu, Y. T. (2014) Resting network is composed of more than one neural pattern: an fMRI study. *Neuroscience*, vol. 274, pp. 198–208. DOI: 10.1016/j.neuroscience.2014.05.035 (In English)
- Lv, J., Jiang, X., Li, X. et al. (2015) Sparse representation of whole-brain fMRI signals for identification of functional networks. *Medical Image Analysis*, vol. 20, no. 1, pp. 112–134. (In English)
- Mar, R. A. (2011) The neural bases of social cognition and story comprehension. *Annual Review in Psychology*, vol. 62, pp. 103–134. DOI: 10.1146/annurev-psych-120709-145406 (In English)
- Mega, M. S., Cummings, J. L., Salloway, S., Malloy, P. (1997) The limbic system: an anatomic, phylogenetic, and clinical perspective. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, vol. 9, no. 3, pp. 315–330. (In English)
- Mesulam, M. M. (1998) From sensation to cognition. *Brain*, vol. 121, pt. 6, pp. 1013–1052. (In English)
- Meyer, M. L., Spunt, R. P., Berkman, E. T. et al. (2012). Evidence for social working memory from a parametric functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 109, no. 6, pp. 1883–1888. (In English)
- Moussa, M. N., Steen, M. R., Laurienti, P. J., Hayasaka, S. (2012) Consistency of network modules in resting-state FMRI connectome data. *Public Library of Science One*, vol. 7, no. 8, art. e44428. DOI: 10.1371/journal.pone.0044428 (In English)
- Mulders, P. C., van Eijndhoven, P. F., Schene, A. H. et al. (2015) Resting-state functional connectivity in major depressive disorder: a review. *Neuroscience and Biobehavioral Review*, vol. 56, pp. 330–344. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2015.07.014 (In English)
- Northoff, G., Bermpohl, F. (2004) Cortical midline structures and the self. *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 8, no. 3, pp. 102–107. (In English)
- Raichle, M. E., Snyder, A. Z. (2007) A default mode of brain function: a brief history of an evolving idea. *Neuroimage*, vol. 37, no. 4, pp. 1083–1090. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.02.041 (discussion: pp. 1097–1099, DOI: 10.1016/j.neuroimage.2007.07.018). (In English)
- Rodriguez, P. A., Anderson, M., Calhoun, V. D., Adali, T. (2015) General nonunitary constrained ICA and its application to complex-valued fMRI data. *Institute of electrical electronics engineers. Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 62, no. 3, pp. 922–929. (In English)
- Scheidegger, M., Walter, M., Lehmann, M. et al. (2012) Ketamine decreases resting state functional network connectivity in healthy subjects: implications for antidepressant drug action. *Public Library of Science One*, vol. 7, no. 4, art. e44799. (In English)
- Schmidt, S. A., Akrofi, K., Carpenter-Thompson, J. R., Husain, F. T. (2013) Default mode, dorsal attention and auditory resting state networks exhibit differential functional connectivity in tinnitus and hearing loss. *Public Library of Science One*, vol. 8, no. 10, art. e76488. DOI: 10.1371/journal.pone.0076488 (In English)
- Shulman, G. L., Fiez, J. A., Corbetta, M. et al. (1997). Common blood flow changes across visual tasks: II. Decreases in cerebral cortex. *Journal of Cognitive Neurosciences*, vol. 9, no. 5, pp. 648–663. (In English)
- Soch, J., Deserno, L., Assmann, A. et al. (2017) Inhibition of information flow to the default mode network during self-reference versus reference to others. *Cerebral Cortex*, vol. 27, no. 8, pp. 3930–3942. DOI: 10.1093/cercor/bhw206 (In English)
- Song, X., Panych, L. P., Chen, N. (2016) Data-driven and predefined ROI-based quantification of long-term resting-state fMRI reproducibility. *Brain Connectivity*, vol. 6, no. 2, pp. 136–151. (In English)
- Spreng, R. N., Grady, C. L. (2010) Patterns of brain activity supporting autobiographical memory, prospection, and theory of mind, and their relationship to the default mode network. *Journal of Cognitive Neurosciences*, vol. 22, no. 6, pp. 1112–1123. DOI: 10.1162/jocn.2009.21282 (In English)
- Spreng, R. N. (2012) The fallacy of a “task-negative” network. *Frontiers in Psychology*, vol. 3, art. 145. DOI: 10.3389/fpsyg.2012.00145 (In English)
- Summerfield, J. J., Hassabis, D., Maguire, E.A. (2010) Differential engagement of brain regions within a ‘core’ network during scene construction. *Neuropsychologia*, vol. 48, no. 5, pp. 1501–1509. (In English)

- Vincent, J. L., Snyder, A. Z., Fox, M. D. et al. (2006) Coherent spontaneous activity identifies a hippocampal-parietal memory network. *Journal of Neurophysiology*, vol. 96, no. 6, pp. 3517–3531. (In English)
- Wang, N., Zeng, W., Chen, D. (2016) A novel sparse dictionary learning separation (SDLS) model with adaptive dictionary mutual incoherence constraint for fMRI data analysis. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 63, no. 11, pp. 2376–2389. DOI: 10.1109/TBME.2016.2533722 (In English)
- Whitfield-Gabrieli, S., Ford, J. M. (2012) Default mode network activity and connectivity in psychopathology. *Annual Review in Clinical Psychology*, vol. 8, no. 1, pp. 49–76. (In English)
- Whitfield-Gabrieli, S., Nieto-Castanon, A. (2012) Conn: a functional connectivity toolbox for correlated and anticorrelated brain networks. *Brain Connectivity*, vol. 2, no. 3, pp. 125–141. (In English)
- Wilson, R. C., Niv, Y. (2015) Is model fitting necessary for model-based fMRI? *Public Library of Science. Computational Biology*, vol. 11, no. 6, art. e1004237, pp. 1–21. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1004237 (In English)