

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ НЕДОМИНАНТНОЙ РУКИ НА НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТЬ

Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, кафедра психологии и поведенческой медицины, г. Воронеж

Самсонов А. С., Турищева В. А., Кудашова Е. А.

E-mail: anton.samsonov@bk.ru

В работе представлен анализ российских и иностранных источников, раскрывающих современную позицию ученых по вопросу факторов, оказывающих влияние на нейрогенез у человека.

В статье ведущую роль занимает проблема индуцирования нейропластичности посредством различных упражнений с использованием недоминантной руки, высказывается предположение об их ограниченном и обратимом влиянии на мозг с объяснением возможных механизмов данных особенностей нейропластичности человека.

Ключевые слова: *нейрогенез, нейропластичность, моторная асимметрия, приобретенная амбидекстрия, латеральное торможение*

Введение

Школа академика И. П. Павлова еще в конце XIX – начале XX века заложила основы современных представлений о взаимосвязи структуры и функции на разных уровнях организации [1]. Действительно, современные методы исследования позволяют подтвердить истинность данной концепции даже на молекулярном уровне. Неразрывность этой связи хорошо была проиллюстрирована словами академика В. Х. Василенко: «Функция без структуры немыслима, а структура без функции бессмысленна».

На сегодняшний день большую популярность набирают различные интернет-сайты и курсы, трактующие современные научные знания о

головном мозге в искаженном виде ввиду малого количества достоверной информации, недостаточной осведомленности авторов и, возможно, попыток со стороны последних достичь с помощью этого собственных целей.

В последнее время появляется множество сайтов и других источников информации, позиционирующих приобретенную амбидекстрию как «путь к гениальности». Авторы данных работ утверждают, что развитие недоминантной руки позволяет не только улучшить двигательные функции, но и повлиять на когнитивные. Возможно ли это на самом деле?

Цель исследования: изучение влияния развития недоминантной руки на нейропластичность головного мозга исследуемых людей.

Материалы и методы

Работа посвящена обзору и анализу русскоязычной и англоязычной литературы, использовались теоретические методы исследования.

Результаты и обсуждения

В головном мозге человека ежедневно происходят миллионы различных процессов, он контролирует функциональную активность органов и тканей, обеспечивая тем самым их адекватную работу в конкретных условиях среды, служит материальной основой для высшей нервной деятельности. Разнообразие и сложность выполняемых им функций объясняет биологическую целесообразность такой уникальной морфологии, биохимии, анатомии и физиологии головного мозга.

Каждый год, используя все новые методы сбора и анализа данных, человек узнает о головном мозге новые факты, которые ставят под сомнение существовавшие до этого догмы. Многие десятилетия неврология рассматривала нейроны в составе нервной ткани как статичную популяцию клеток, которая не способна к восстановлению путем митотической активности, регенерация в данном случае протекает только на субклеточном уровне. Но в 2013 году ученые оценили образование клеток гиппокампа у людей, измерив концентрацию радиоактивного изотопа C14, который был получен исследуемыми людьми

в результате испытания ядерного оружия. Специалисты определили количество клеток, экспрессирующих маркер предшественника нейронов (нейробластов) – даблкортин (DCX) в субвентрикулярной зоне, которая дает начало нейронам обонятельной луковицы, и в зубчатой извилине гиппокампа. Результатом данного исследования явилось обнаружение большой субпопуляции нейронов, которая постнатально продолжает подвергаться обмену, причем снижение интенсивности данного процесса с возрастом имеет малые значения. Таким образом, каждый день образуется около 700 нейронов, что в год составляет 1,75% от общего числа нейроцитов гиппокампа [2]. Данный пример иллюстрирует нейропластичность, которая представляет собой совокупность различных процессов ремоделирования центральной нервной системы [3]. Существует множество механизмов, благодаря которым нервная система способна поддерживать свою целостность и функциональную активность. Молекулярные механизмы, такие как генная транскрипция, биосинтез белка и изменение внутриклеточных сигнальных путей, создают основу для реализации клеточных механизмов (нейрогенез, дендритогенез, синаптогенез) [4].

Немаловажное значение имеют также глиальные компоненты головного мозга, большую часть которых составляют астроциты. Они обеспечивают жизнедеятельность нейронов, а также оказывают на них синаптогенный эффект, который был доказан экспериментом по культивированию ганглиозных клеток сетчатки. Было выяснено, что выращенные отдельно от глии нейроны образуют крайне мало синапсов [5].

На нейропластичность головного мозга возможно влиять. Романовский и соавторы считают, что на данный процесс негативное влияние оказывают: хронический стресс, электромагнитная перегрузка человека, инсомнии, загрязненная питьевая вода, некачественные продукты питания, плохое экологическое состояние окружающей среды и прочие факторы. Также они в своих работах выделяют ряд

комбинированных методов, которые активируют нейрогенез: творчество, позволяющее длительно сохранять информационный поток; гигиена мозга и гимнастика для мозга; хорошая экология; качественная и чистая питьевая вода с повышенным содержанием микроэлементов; нутригеномика и нутригенетика; управление циркадианными ритмами, воздействие на хронобиологические циркадианные процессы; современные персонифицированные геропротекторы; управление уровнем стресса, повышение стрессоустойчивости; достижение и поддержание целевых показателей артериального давления [6].

Наиболее перспективным и контролируемым методом влияния на нейропластичность конкретных структур мозга можно считать специальные упражнения, которые многообразны по способу выполнения и локализации эффекта. Влияние различных упражнений на мозг можно отследить не только по скорости и качеству выполнения определенных действий в динамике, но и по структурным изменениям. В 2004 году Драгански и Гастер в сотрудничестве с другими учеными провели эксперимент. Они разделили испытуемых на две группы, первая обучалась трехмесячному курсу жонглирования, а вторая группа была контрольной. В завершении, когда к концу 3 месяца обучения двигательный навык был полностью сформирован, у всех представителей 1 группы было обнаружено временное двухстороннее расширение серого вещества в средней височной области и в левой задней внутритеменной борозде, а также областях, известных как релевантные [7]. Увеличение объема серого вещества в данном случае происходит из-за несоответствия между структурными и функциональными возможностями существующих нейронных структур и текущими требованиями окружающей среды. Проприоцептивные сигналы, посылаемые мышцами рук, по своей интенсивности не соответствовали функциональной готовности конкретных групп нейронов, отвечающих за выполнение данного набора действий. Повышение активности нейроцитов приводило к возникновению больших энергозатрат данных клеток, для обеспечения которых необходимой стала повышенная васкуляризация

участков и рост глиального компонента, который обеспечил повышенный уровень синтеза BDNF. Нейротрофический фактор мозга, в свою очередь, активировал дендритогенез и синаптогенез. Совокупность данных процессов и привела к расширению коркового вещества у жонглеров [8].

Приложение данных о нейрогенезе к теории функциональной асимметрии полушарий привело к исследованию способов улучшения психических процессов с помощью развития недоминантного полушария через тренировку неведущей руки.

Большинству людей присуща моторная асимметрия, которая сказывается в предпочтении одной руки другой, причем 95% предпочитают выполнение различных повседневных действий правой рукой [9].

На сегодняшний день считается, что ведущая рука определяется полигенно. Одним из задействованных генов является NME7, который также влияет на размещение внутренних органов (сердца, печени и т. д.). Здесь прослеживается возможная связь между асимметрией мозга и тела в эмбриональном развитии.

В последние десятилетия проводится множество экспериментов для нахождения взаимосвязи между «рукостью» и структурной асимметрией коры головного мозга. Одним из самых масштабных можно считать эксперимент, проведенный в 2021 году учеными из Нидерландов, Франции, Испании и Норвегии, в котором приняло участие 31 864 человека. Определение асимметрии проводилось с помощью фМРТ (функциональная магнитно-резонансная томография) и дальнейшего картирования. В результате было выявлено, что на групповом уровне левши имели в среднем больший сдвиг вправо специфической региональной асимметрии площади поверхности или толщины коры, чем правши, распределенный в нескольких областях коры: веретеновидной и передней островковой, предцентральной, постцентральной, передней средней поясной коре и нижней затылочной коре.

Для всех этих областей средние изменения соответствовали относительному смещению нервных ресурсов в правое полушарие, которое контролирует предпочтительную руку у левшей. Вместе задействованные области предполагают распределенную нейронную сеть, связанную с контролем жестикуляции ведущей руки. Подобные закономерности наблюдаются и в левом полушарии у правшей.

Функциональная аннотация областей с измененной асимметрией средней площади поверхности у левшей, основанная на независимых данных фМРТ, указала на их участие в исполнительных функциях, включая рабочую память, а также язык и чтение, настроение и восприятие боли [10].

Исследователи считают, что асимметричное поведение из-за частого использования ведущей руки в большей степени, чем недоминантной, снижает относительную ловкость, уровень тренированности мышц недоминантной руки, а также корковую возбудимость «недоминантной» моторной коры [11].

Тренировать нерабочую руку можно с помощью различных способов. Наиболее сложным является письмо неведущей рукой, но также эффективным методом являются манипуляции с палочками для еды. К примеру, в исследовании Парка и Сола участники эксперимента тренировали недоминантную руку путем перекалывания 10 красных бобов из одной чаши в другую с использованием палочек Хаси. К тому же, ученые в данной работе использовали метод зеркал, который ускорял обучение [12].

При создании оптической иллюзии, когда человек выполняет упражнение доминантной рукой, наблюдая за ней исключительно через зеркало, создается ощущение работы неведущей руки. При этом фМРТ в данный момент фиксирует активацию системы зеркальных нейронов, которые возбуждаются как при самостоятельном выполнении действия, так и при наблюдении за другими. При создании иллюзии работы левой руки у правши отмечалась активность правой верхней височной и затылочной извилин, несмотря на отсутствие движения левой рукой [13].

Отраженные зеркальные изображения одной верхней конечности вызывают те же зрительные стимулы, что и движения, осуществляемые другой верхней конечностью. Эти действия приводят к активации премоторной коры, как бы заменяя истинную проприоцептивную сенсорную информацию от работающей руки [14]. Также стоит отметить, что наблюдение, визуализация и выполнение движения требуют использования зеркальных нейронов, что повышает возбудимость первичной двигательной области коры [15]. Это происходит за счет изменения мембранного потенциала покоя, при повышении которого снижается пороговый потенциал, что в конечном счете приводит к большей возбудимости данных нейронов и увеличению скорости возникновения ответной реакции [16]. Подобные упражнения доказали свою эффективность для развития недоминантной руки, но их влияние на напрямую не связанные с владением рукой функции головного мозга представляется сомнительным в силу наличия процессов торможения, препятствующих неконтролируемой передаче возбуждения по нейронной сети.

Существует множество видов торможения, которые совместно обеспечивают надежную функциональную независимость разных частей мозга. Воздействие на конкретно взятый нейрон делится на пресинаптическое и постсинаптическое. В первом случае влияние оказывается на пресинаптическую часть возбуждающих синапсов посредством снижения высвобождения нейромедиатора в нервных окончаниях, при этом постсинаптическая мембрана не меняет своих свойств. Во втором случае изменения происходят в постсинаптической части синапса из-за тормозных вставочных нейронов, их дендриты и аксоны располагаются обычно на соме нейрона и выделяют медиаторы (в основном эту роль выполняет глицин). Тормозной нейротрансмиттер повышает проницаемость мембраны для ионов хлора и калия, что в итоге приведет к увеличению разности потенциалов и достигнуть критического уровня деполяризации такому нейрону будет значительно сложнее [17].

Если рассматривать головной мозг как интегративную систему, то стоит упомянуть значительную роль тормозных нейронных контуров, которые обеспечивают функциональную обособленность отдельных нервных центров, групп и слоев нейронов. Выделяют 3 вида подобных контуров, но наибольшее значение в данной работе имеют возвратное и латеральное торможение. С помощью возвратного торможения предотвращается перевозбуждение нейронов, которое может стать причиной активации соседних участков коры. Кора больших полушарий имеет в своем строении большое количество нервных центров экранного типа, в которых клетки расположены в виде слоев [18]. В данном случае большое значение для «разделения» слоев несет латеральное торможение. Латеральное торможение возникает в одном слое клеток. Возбужденный центральный нейрон через коллатерали возбуждает тормозные нейроны, которые образуют тормозные синапсы на нейронах, лежащих рядом с возбужденным [17].

«Перескакивание» возбуждения, к примеру, через рядом расположенные аксоны нейронов разных нервных центров также не осуществляется из-за клеток глии, которые обеспечивают миелинизацию нервных путей. Все эти механизмы не позволяют повышать нейропластичность структур, отвечающих за функции, которые не имеют отношения к осуществлению различных действий нерабочей рукой, так как они защищены от возбуждения других нервных центров и не испытывают при этом большой функциональной нагрузки.

Также стоит отметить, что даже те структуры головного мозга, которые напрямую отвечают за выполнение какого-либо упражнения, с прекращением тренировок уменьшаются в объеме практически до исходного уровня. В уже упомянутом эксперименте Драгански и Гастера ученые проводили исследование групп и после окончания трехмесячного курса жонглирования. Через несколько месяцев после прекращения тренировок в исследуемой группе толщина серого вещества в средней

височной области и в левой задней внутритеменной борозде стала практически такой же, как и у людей контрольной группы [7].

То есть структуры, которые долгое время не подвергаются повышенной функциональной нагрузке, перестают нуждаться в поддержании высокого уровня метаболизма, энергозатраты данных нейронов снижаются, что в итоге приводит к снижению васкуляризации данных участков и уменьшению глиального компонента, от которого зависят синаптогенез и дендритогенез.

Выводы

Для того, чтобы активировать нейрогенез, нужно увеличить функциональную нагрузку на структуры мозга, что в ответ спровоцирует сначала молекулярные изменения, а затем изменения на клеточном уровне. Необходимо воздействовать на тот или иной нервный центр напрямую, то есть отдельно упражнять то, что в дальнейшем мы хотим улучшить.

Однако воздействовать косвенно на структуру мозга, которая не участвует в осуществлении движения, не получится из-за различных механизмов торможения в головном мозге, не позволяющих возбуждению иррадиировать на большие расстояния и активировать нейроны, которые отвечают за совершенно другие процессы.

Список литературы:

1. Астраханцев А.Ф., Астраханцев П.А., Крупнов Н.М. Современные представления о взаимосвязи структуры и функции в свете Павловских идей. Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова, серия 1-2. 1999. с. 48-49.

2. Kirsty L Spalding, Olaf Bergmann, Kanar Alkass et al. Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans. Cell. 2013; 153: 1219-1225. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.05.002>

3. Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Сыроежкина Ф.А. Современная концепция нейропластичности (теоретические аспекты и практическая значимость). Журнал неврологии и психиатрии. 2013; 10: 102-103.

4. Анашкина А.А., Ерлыкина Е.И. Молекулярные механизмы аберрантной нейропластичности при заболеваниях аутистического спектра (обзор). *Современные технологии в медицине*. 2021; 13(1): 79-83. <https://doi.org/10.17691/stm2021.13.1.10>

5. Haydon DT, Bastos AD, Knowles NJ, Samuel AR. Evidence for positive selection in foot-and-mouth disease virus capsid genes from field isolates. *Genetics*. 2001; 157: 7-15. <https://doi.org/10.1093/genetics/157.1.7>

6. Романчук Н.П., Пятин В.Ф., Волобуев А.Н. Нейропластичность: современные методы управления. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2016; 9: 92-93.

7. Draganski B, Gaser C, Busch V, Schuierer G, Bogdahn U & May A. Neuroplasticity: changes in grey matter induced by training. *Nature*. 2002; 427(6972): 311-312. <https://doi.org/10.1038/427311a>

8. Sebastian Abrahamsson. Neuroplasticity induced by Exercise. P. 6-9

9. Азарова Е. А., Котик – Фридгут Б. С. Межполушарное взаимодействие у человека: учебное пособие. 2021; 13-22.

10. Zhiqiang Sha et al. Handedness and its genetic influences are associated with structural asymmetries of the cerebral cortex in 31,864 individuals. *PNAS*. 2021; 118(47): 1-9. <https://doi.org/10.1073/pnas.2113095118>

11. Boggio PS, Castro LO, Savagim EA, Braitte R, Cruz VC, Rocha RR, Rigonatti SP, Silva MTA, Fregni F. Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation. *Neurosci. Lett*. 2006; 404: 232-236. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.05.051>

12. Chanhyun Park, Hohee Son. Immediate Effects of Fine-Motor Training on Coordination and Dexterity of the Non-Dominant Hand in Healthy Adults: A Randomized Controlled Trial. *Behav. Sci*. 2022; 12: 1-10. <https://doi.org/10.3390/bs12110446>

13. Matthys K, Smits M, Van der Geest, Seurinck JN, Stam R et al. Mirror-induced visual illusion of hand movements: A functional magnetic resonance imaging study. *Arch. Phys. Med. Rehabil*. 2009; 90: 675–681. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.09.571>

14. Altschuler EL, Wisdom SB, Stone L, Foster C, Galasko D et al. Rehabilitation of hemiparesis after stroke with a mirror. *Lancet*. 1999; 353: 2035–2036. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(99\)00920-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(99)00920-4)
15. Garry M, Loftus A, Summers J. Mirror, mirror on the wall: Viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp. Brain Res.* 2005; 163: 118–122. <https://doi.org/10.1007/s00221-005-2226-9>
16. Яковлев В.Н. и соавт. *Нормальная физиология*. 2017. С. 44-61.
17. Михайлова Н.Л., Чемпалова Л.С. *Физиология центральной нервной системы: учебное пособие*. 2010. С. 34-42.
18. Ахмадеев А.В., Калимуллина Л.Б. Ядерные и экранные центры – базисные конструкции нервной системы. *Современные наукоемкие технологии*. 2007; 7: 11-14.

Дата публикации: 23.10.2023

Как цитировать:

Самсонов А. С., Турищева В. А., Кудашова Е. А. Влияние развития недоминантной руки на нейропластичность. *Барнаул. Scientist*. 2023; 4 (26): 41-51.
