

Из книги Н.М. Сланевской «Мозг, мышление и общество», часть 2, Санкт-Петербург, Центр Междисциплинарной Нейронауки, 2012, стр. 86-91.

### *6.2.2. Нейропластичность.*

Многие годы нейрочеловек полагали, что мозг взрослого человека, по сути, не изменяется, но потом были обнаружены два природных биологических механизма, которые помогают мозгу измениться, восстановиться, перестроить функционирование и сохранить интеллект до глубокой старости: нейрогенез и нейропластичность. При нейропластичности мозг сам реорганизуется, пытаясь восполнить пробел, то есть выполнить нужную функцию поврежденного участка мозга с помощью других участков мозга. Это положительная сторона нейропластичности. Но есть и отрицательная – мозг также реорганизуется, нарушая свое нормальное функционирование, в силу нервно-психического сдвига, вызванного, в том числе и социальными факторами, т.е. помимо положительного эффекта нейропластичности, есть и отрицательный. Например, при заболевании шизофренией часто уменьшается кора фронтальной области мозга, и, соответственно, вся система подвергается изменению (Харченко, Клименко, 2004).

Харченко и Клименко выделяют два уровня нейропластичности – макроуровень и микроуровень. Макроуровень связан с изменением сетевой структуры мозга, обеспечивающей сообщение между полушариями и между различными областями в пределах каждого полушария. На микроуровне же происходят молекулярные изменения в самих нейронах и в синапсах (Харченко, Клименко, 2004). Нейропластичность проявляется, когда:

(1) поврежден один участок мозга и его функция распределяется на другие участки мозга; (2) повреждена конечность или какой-то орган и соответствующие отделы мозга, связанные с этими конечностями или органами, перестают функционировать, так как не получают сигналов от них; (3) изменяется функционирование мозга в связи с нервно-психическими расстройствами, вызванными различными факторами (Харченко, Клименко, 2004).

Если нейронные пути или нейросети получают много трафика, то они растут. Если мало, то они остаются такими же или уменьшаются.

Количество трафика, которое получают нейроны, зависит от нашего внимания к определенной области, то есть от нашего решения быть внимательным, или социальных условий (обязательное образование; организация кружков творческого досуга в области искусств; тип показываемых фильмов по телевизору; массовая безработица и страх потерять работу и т.д.). При постоянной концентрации внимания человека на какой-то одной идее, паттерн нейронной активности в мозге изменяется. И этот паттерн затем становится удобным полуавтоматическим шаблоном для поведения в похожих ситуациях.

Некоторые нейрочеловеки используют законы квантовой физики при объяснении влияния внимания на нейропластичность. Существует серия возможностей, а решение (выбор одной возможности) вызывает квантовый коллапс, при котором одна из этих возможностей становится реальностью, а другие исчезают. Причина влияния внимания на нейропластичность лежит в ментальной фокусировке наподобие продолжающегося наблюдения физика в квантовой физике и квантового эффекта Зенона. Эта причина не механическая и не материальная и не является эквивалентом функционирования мозга, так как именно активность мышления с концентрацией внимания заставляет мозг функционировать по-разному, согласно поставленной цели.

Рассмотрим нейропластичность на примере работы коры головного мозга.

Одна из широко применяемых классификаций областей коры головного мозга – это классификация по Бродману<sup>1</sup>. Каждое поле Бродмана, пронумерованное на карте, представляет собой участок коры, которая характеризуется особым составом нейронов, их расположением в слоях и связями между нейронами. Кора состоит из слоев и в каждом слое свой тип нейронов, а в некоторых слоях имеется похожий тип. Другими словами, участок первичной моторной коры будет отличаться от участка сенсорной коры по архитектуре. Если в первичной моторной коре преобладают пирамидные по форме нейроны, то в сенсорном участке – гранулярные, похожие на гранулы (Харченко, Клименко, 2004).

Для нейропластичности важную роль играют ассоциативные области коры, где интегрируется информация от разных областей коры, и которые занимают значительную часть поверхности коры. Нейроны ассоциативной коры обладают следующими важными особенностями: (1) высокой пластичностью, обеспечивающей их вовлечение в реакции в зависимости от конкретных условий; (2) конвергенцией стимулов разной модальности, что необходимо для полного опознания объекта; (3) способностью реагировать избирательно на сложные объекты, приобретающие определенную значимость.

Нейронная организация ассоциативной коры обладает разветвленной системой межнейронных связей и имеет нейроны, которые характеризуются полимодальными свойствами. На стимулы разных

---

<sup>1</sup> Немецкий невролог и анатом Корбиньян Бродман (Korbinian Brodmann, 1868 –1918) разделил кору на 52 различных области согласно их цитоархитектонике, то есть строению на клеточном уровне.

модальностей один и тот же нейрон в ассоциативной коре реагирует определенным рисунком (паттерном) разряда, отражающим их специфические признаки. Однако реакция нейронов ассоциативной коры имеет меньшую стабильность по сравнению с ответами мономодальных нейронов проекционных зон (первичные сенсорные). Чем дальше удалена ассоциативная область от первичных сенсорных зон коры, тем больше она обладает способностью к интеграции информации от разных областей мозга (Харченко, Клименко, 2004).

К первичным сенсорным областям коры прилегают первичные ассоциативные зоны, а более отдаленные ассоциативные области интегрируют информацию от этих первичных ассоциативных зон, прилегающих к первичным сенсорным. Заднеассоциативная кора, которая находится на стыке теменной, височной и затылочной областей, имеет нейроны, обладающие полимодальными свойствами и воспринимающие информацию разной модальности: зрительную, слуховую, тактильную, кинестетическую.

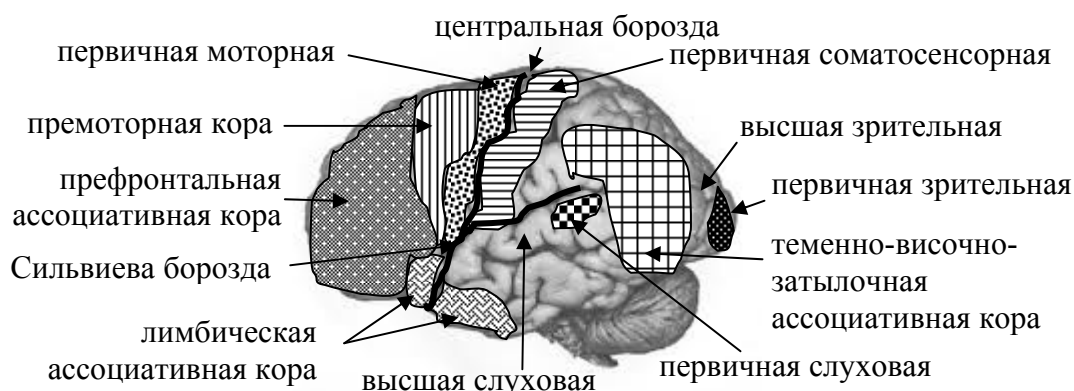


Рис. 69. Ассоциативные области коры.

На рисунке боковая сторона левого полушария, лоб слева, затылок справа. Сильвиева борозда отделяет височную долю от фронтальной и теменной. Центральная борозда отделяет фронтальную долю от теменной. Соматосенсорная полоска - в теменной доле, а первичная моторная - во фронтальной доле. На рисунке обозначена первичная слуховая кора и рядом с ней – высшая слуховая (или первичная ассоциативная), а также первичная зрительная и рядом с ней высшая зрительная (или первичная ассоциативная). Слева от центральной борозды находится первичная моторная и чуть левее - премоторная кора. Более сложные ассоциативные области коры с полимодальными свойствами нейронов следующие: теменно-височно-затылочная ассоциативная кора (или заднеассоциативная область) на стыке затылочной, теменной и височной долей; лимбическая ассоциативная кора на стыке височной и префронтальной долей и префронтальная ассоциативная кора (или переднеассоциативная область) во фронтальной доле рядом с премоторной областью коры.

Переднеассоциативная кора, расположенная в префронтальной коре (иногда ее подразделяют на префронтальную и лимбическую), интегрирует информацию, поступающую из лимбической системы и сенсорных систем. В каждом полушарии отдаленные и близлежащие области коры взаимодействуют друг с другом, но сенсорные области коры не сообщаются между собой напрямую. Симметричные структуры мозга и симметричные

участки коры в двух полушариях связаны между собой. Кора также связана с подкорковыми структурами мозга. Харченко и Клименко выделяют следующие факторы, определяющие восстановительные способности мозга: возраст пациента (незрелый детский мозг справляется лучше), длительность воздействия повреждающего агента (если процесс медленный, успевают включиться компенсаторные механизмы), локализация повреждения мозга (если затронута область плотного скопления нервных волокон, идущих к разным отделам организма, например, внутренние капсулы пирамидного тракта, то наступает серьезная болезнь), обширность поражения (чем больше очаг поражения, тем больше функций мозга затронута), а также индивидуальные особенности мозга (Харченко, Клименко, 2004).

Нейропластичность мозга хорошо продемонстрировал Хейер (Haier), используя игру в Тетрис (Tetris). Исследовались изменения в коре головного мозга в зависимости от практики (Haier et al., 1992).

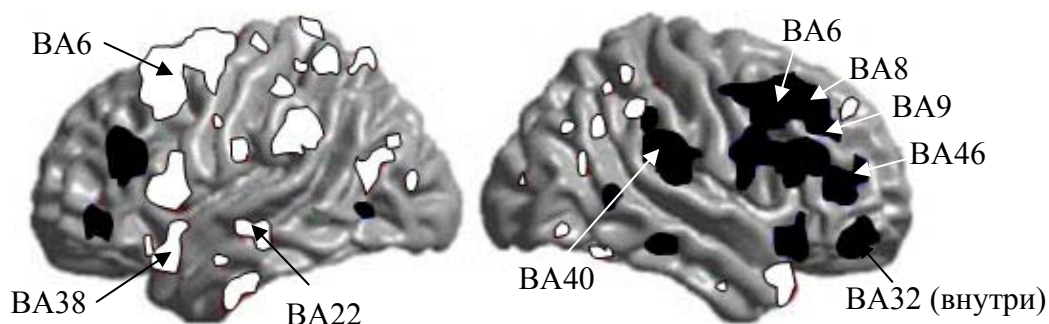


Рис. 70. Нейропластичность: изменение коры мозга после практики игры в Тетрис<sup>2</sup>.

Слева на рисунке – левое полушарие, а справа – правое полушарие, затылками друг к другу. Белые области показывают места, где практика игры в Тетрис привела к утолщению коры (например ВА 6 в левой фронтальной доле, ВА 22 и ВА 38 в левой височной доле). Черные области на рисунке показывают более эффективное функционирование некоторых областей мозга после практики игры в Тетрис (в основном в правой фронтальной доле и теменной доле: ВА 32, 6, 8, 9, 46, 40). На рисунке показано приблизительное нахождение полей Бродмана. Поле Бродмана ВА 32 (поясная извилина) находится внутри мозга.

В 1992 году Хейер (Haier) и коллеги исследовали влияние игры в Тетрис на кору головного мозга девочек (Haier et al., 1992). Исследователи отобрали 26 девочек. Изменения более заметны в коре, которая находится в развитии и быстрее изменяется, а также эти девочки в отличие от мальчиков не увлекались компьютерными играми, что тоже было важно для выявления изменений в зависимости от практики игры в Тетрис. Через некоторое время они обнаружили увеличение эффективности функционирования в некоторых областях и утолщение коры в других в результате практики. Исследователи

<sup>2</sup> Модификация рисунка из статьи “Brain Imaging Shows Playing Tetris Leads to Both Brain Efficiency and Thicker Cortex” на сайте The Mind Research Network (MRN) (<http://www.themindinstitute.org/>) и BMC Research Notes на основе исследований Хейера (Haier et al., 1992) (<http://www.biomedcentral.com/1756-0500/2/174>).

также были удивлены, что утолщение в коре произошло не в тех областях, которые стали более эффективными.

Утолщение коры наблюдалось в ВА 6 в левой фронтальной доле и ВА 22 и ВА 38 в левой височной доле. Полагают, что ВА 6 играет роль в планировании сложных координированных движений. А ВА 22 и ВА 38 в левой височной доле – это область многосенсорной интеграции или координации зрительной, тактильной, слуховой и внутренней физиологической информации. Функциональная магнитно-резонансная томография выявила области, которые стали более эффективно функционировать после практики игры в Тетрис, в основном, в правой фронтальной доле и теменной доле: ВА 6, 8, 9, 32, 40, 46. Эти области связывают с критическим мышлением, аргументированием, языком и обработкой данных.

Архитектура коры определяет функциональную особенность области и служит препятствием для нейропластичности, так как, например, функцию поврежденной первичной моторной коры у взрослого человека может взять на себя премоторная кора, но не могут сенсорные области, находящиеся рядом. Может произойти смещение в другое полушарие в симметрично расположенную область, но иногда смещение не происходит, очевидно, в зависимости от загруженности области и важности функции. В работу включаются и другие области, перераспределяя нагрузку. Происходит, действительно, реорганизация мозга.

В медицинской литературе приводится пример методики восстановления активности парализованной руки через 17 лет после инсульта. Здоровая рука фиксировалась неподвижно, а больной человек пытался выполнить движения в течение 2х недель парализованной рукой в серии специальных упражнений. Вместо пораженной части мозга в результате инсульта сканирование показало, что работают многие другие области мозга, чтобы привести в нормальное двигательное состояние больную руку (обычно при движении правой рукой, работает левое полушарие и наоборот). Эту методику предложил американский исследователь Эдвард Тауб (Edward Taub) в Университете Алабамы (Tancredi, 2005). *Это ментальное лечение паралича.* Мысль и воображение заставили работать мозг по-другому, и, реорганизовав свою работу, мозг заставил работать парализованную руку.

Может быть и прямо противоположный случай: с мозгом все в порядке, но повреждена конечность, и какой-то участок мозга перестает получать стимул, теряя в результате свою работоспособность.

Сканируя мозг (позитронно-эмиссионная томография) слепых, читающих текст, набранный брайлевским шрифтом, было замечено, что при чтении активируются не только те зоны мозга, которые связаны с тактильным ощущением, но и зрительная кора. А глухие при жестикуляции использовали слуховую кору. Есть предположение, что такое перераспределение происходит из-за того, что информация, проходя через подкорковые структуры, занимает свободные пути, переключаясь, возможно, в таламусе (Харченко, Клименко, 2004). Описывая один из американских экспериментов в Массачусетском технологическом институте, Хомченко и

Клименко сообщают, что в результате операции на хорьках по подсоединению зрительных нервов к таламокортикальным путям, слуховая кора морфологически и функционально стала похожей на зрительную. Исследователи в Калифорнийском университете (Канн и Крубитцер) удалили глаза опоссумам на 4-ый день после рождения. В результате зрительная кора сильно уменьшилась в размере, и появилась структурно новая кора, которая содержала нейроны, воспринимающие слуховую и соматосенсорную информацию, как это происходит в ассоциативной коре, но не типично для первичных сенсорных областей. Харченко и Клименко, взяв за основу идею, что можно вызвать регенерацию, создав новое состояние в системе с помощью перемешивания ее элементов, предложили следующее: “Поскольку большинство молекул в живых организмах несет заряд, подобное возмущение в мозге можно было бы вызвать с помощью внешних слабых импульсных токов, приближающихся по своим характеристикам к биотокам самого мозга”. Они взяли медленноволновую (0,5-6 герц) биоактивность мозга маленьких детей (детский мозг способен к восстановлению функций) и достигли определенного терапевтического эффекта. Например, при инсульте можно предотвратить апоптоз (запрограммированную гибель нейронов в зоне поражения) и восстановить нейроны, подавленные интоксикацией. Возможно также лечить опийный абстинентный синдром, появившийся после многократного приема наркотиков, так как процесс еще протекает на микроуровне и относится скорее к нейропластичности, и структуры мозга еще незначительно изменены. Харченко и Клименко подчеркивают, что их метод микроэлектростимуляции слабыми токами запускает эндогенные собственные механизмы пластичности мозга в отличие от методов заместительной клеточной и генной терапии, при которой погибают до 97% клеток, трансплантированных в мозг (Харченко, Клименко, 2004).

#### Библиография

Харченко, Е.П., М.Н.Клименко (2004) “Пластичность мозга” в *Химия и жизнь - XXI век*, № 6: 26-33.

Haier, R. J., Spiegel, B. V., MacLachlan, A., Soderling, E., Lottenberg, S., Buchsbaum, M.S. (1992) “Regional Glucose Metabolic Changes After Learning a Complex Visuospatial/Motor Task: a PET Study” in *Brain Research*, 570(1-2): 134-143.

Tancredi, L. (2005) *Hardwired Behavior: What Neuroscience Reveals about Morality*, Cambridge University Press.