

Из книги Н.М. Сланевской «Мозг, мышление и общество», Санкт-Петербург, Центр междисциплинарной нейронауки, 2012, стр. 82-86.

6.2.1. *Нейрогенезис.*

Регенерация происходит естественно и быстро в поврежденной коже, ногтях, волосах, крови, печени, эпителиях кишечника благодаря механизму гомеостаза (сохранение равновесия). Самый активный процесс регенерации протекает в клетках эпителия и кроветворных органах. Но есть клетки, в которых гены, отвечающие за размножение делением, заблокированы – это клетки сердечной мышцы и нейроны мозга. В этом случае регенерация в мозге основывается на присутствии в мозге региональных нейрональных стволовых клеток, которые начинают превращаться в определенного типа нейроны, необходимые для восстановления поврежденного участка.¹ Этот процесс называется нейрогенезисом. Непрерывное обновление нейронов происходит в обонятельных луковицах мозга и зубчатой извилине гиппокампа, расположенной на внутренней поверхности височной доли мозга (Харченко, Клименко, 2004).

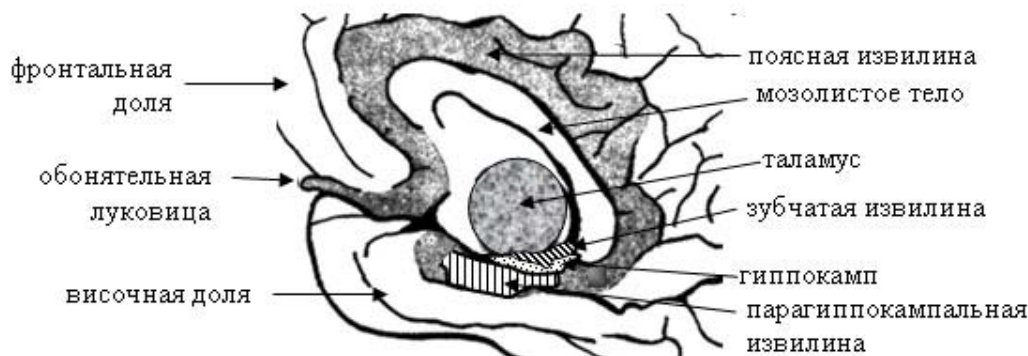
Раньше считалось, что так как нейроны в головном мозге не размножаются, потому что не делятся, потеряв нейроны, человек остается с тем, что осталось, и спасает его только нейропластичность, благодаря которой другие выжившие клетки берут на себя функцию погибших, если они структурно подходят к выполнению функций бывших клеток (существуют нейроны разного типа). Однако современная наука доказала, что происходит пополнение ряда нейроцитов в течение всей жизни в результате нейрогенезиса (Galbraith, Subrin, Ross, 2008; Goldberg, 2005).

Нейрогенезис связан с возможностью особых областей мозга (зубчатой извилины гиппокампа - hippocampal dentate gyrus, и обонятельной луковицы - olfactory bulb) производить новые нейроны. Этот процесс можно усиливать через когнитивную стимуляцию, учебу, аэробику и т.д. (Galbraith, Subrin, Ross, 2008; Horner, Gage 2002; Kozorovitskiy, Gould 2003; Snowdon, 2001).

Хронический стресс, сопровождаемый повышенным уровнем кортизола, тормозит нейрогенезис, повреждая гиппокамп и способность к долговременной памяти (Galbraith, Subrin, Ross, 2008; Snowdon, 2001). Дисфункция нейронов в результате хронического стресса ведет к

¹ Считается, что клетки сердца тоже обновляются примерно один раз полностью на протяжении человеческой жизни (Харченко, Клименко, 2004).

подавлению роста дендритов и уменьшению дендритового дерева, дефициту в эпизодической и пространственной памяти. Обогащенное окружение (физическая активность, учеба, социальные контакты) производит функциональные и структурные изменения в мозгу вместе с производством новых нейронов и выживанием старых (Galbraith, Subrin, Ross, 2008; Scarmeas et al., 2001).



Нейрогенезис. Обонятельная луковица и зубчатая извилина.

На рисунке изображена внутренняя часть правого полушария. В обонятельной луковице (лимбическая система) и в зубчатой извилине (зубчатая фасция гиппокампа) происходит непрерывное обновление нейронов из стволовых региональных клеток, находящихся около боковых желудочков мозга. Парагиппокампальная извилина и зубчатая извилина относятся к коре головного мозга и связаны с гиппокампом – парной лимбической структурой (в форме морского конька).

Для того, чтобы понять какие факторы влияют на превращение стволовых клеток в нейроны, профессор Гейдж из университета Салка (США) запустил мышей в построенный для них маленький город, где мыши играли, занимались физкультурой, отыскивали выходы из лабиринтов, другие же, контрольные мыши, жили в виварии, ничем особым не занимаясь (Гриневич, 2004). Оказалось, что у “городских” мышей новые нейроны возникали в гораздо большем количестве.

Итак, нервные клетки погибают и восстанавливаются, как и все клетки. Но в отличие от других клеток, в нейронах (как и в клетках сердечной мышцы) гены размножения делением заблокированы (Гриневич, 2004). Функцию погибших клеток могут брать на себя другие клетки, которые увеличиваются в размере, формируют новые связи, таким образом компенсируют погибшие (нейропластичность). В мозге есть два основных механизма: нейрогенезис и нейропластичность, которые помогают сохранить полноценный интеллект до глубокой старости.

Средний диаметр тела нейрона около 0,01 мм, общее количество нейронов – 100 миллиардов. Если тела всех нейронов головного мозга выстроить в одну линию, то ее длина получится около 1000 километров (Гриневич, 2004). Гриневич утверждает, что пока в головном мозге не погибнет около 90% нейронов, клинические симптомы заболевания Паркинсона не проявляются, то есть человек выглядит практически здоровым (нет дрожания конечностей, слабоумия, ограничения подвижности и т.д.) благодаря нейропластичности

мозга. Значит, одна живая нервная клетка может заменить девять погибших (Гриневич, 2004).

Развитие нейробиологии в начале 1990х годов привело к обнаружению нейрогенеза в мозгу у взрослых крыс и мышей, а именно: в обонятельных луковицах и гиппокампе, которые отвечают за эмоциональное поведение, реакцию на стресс и регуляцию половых функций млекопитающих. Так как нейроны этих структур несут основную нагрузку, то требуется пополнение, если они гибнут. Как и у птиц и низших позвоночных, у млекопитающих нейрональные стволовые клетки находятся около боковых желудочков мозга и готовы, когда нужно, превратиться в определенные клетки нервной системы. У взрослых крыс за месяц образуются 250000 нейронов, замещая 3% нейронов гиппокампа.

Нейрогенез свойственен как детям, так и взрослым людям. Стволовые нейрональные клетки, располагаясь около желудочков мозга, могут пройти длинный путь (около 2 см), мигрируя, например, в обонятельную луковицу и превращаясь там в нейроны (Гриневич, 2004).

Стволовые клетки могут быть (1) эмбриональными стволовыми клетками (их можно выделить из эмбрионов на очень ранней стадии развития, когда еще не сформированы ткани и органы), (2) эмбриональными стволовыми клетками, когда ткани и органы уже сформированы у эмбриона, и (3) региональными стволовыми клетками, находящимися в органах взрослых особей. Таким образом, в различных органах и тканях взрослого организма, включая мозг, существуют частично созревшие стволовые клетки, готовые быстро дозреть и превратиться в клетки нужного типа под воздействием как внутренних, так и внешних факторов. Стволовые клетки отличаются от обычных тем, что они могут делиться неограниченно.

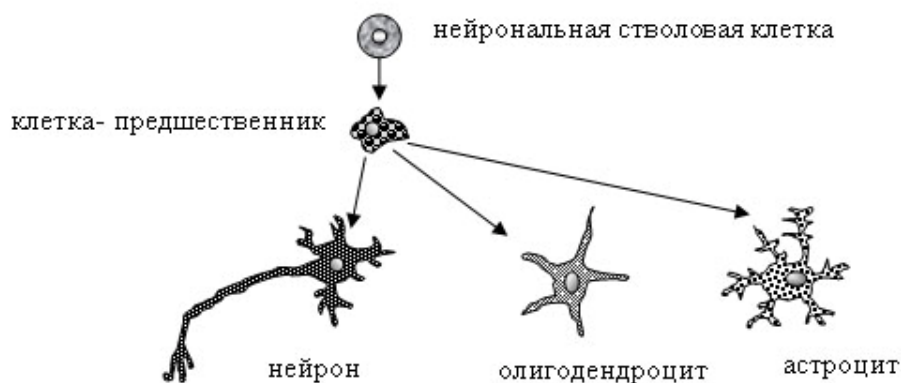
Нейрональные стволовые клетки можно извлечь из мозга и пересадить в другой участок нервной системы. Гриневич приводит пример с экспериментом профессора Гейджа (Гриневич, 2004). Гейдж и коллеги пересадили участок мозговой ткани, содержащий стволовые клетки, в разрушенную сетчатку глаза слепшей крысы. Пересаженные стволовые клетки мозга превратились в нейроны сетчатки, и крыса прозрела. Однако при пересадке стволовых клеток в здоровую сетчатку, стволовые клетки не превращаются в нейроны. Очевидно, нет нужных факторов для деления стволовых клеток и создания нужных для организма нейронов.

Исследование Гейджа в одной из онкологических клиник США показало также, что процесс нейрогенеза происходит в мозгу взрослого человека, и, очевидно, охватывает более обширные зоны головного мозга, включая кору больших полушарий (Гриневич, 2004). Некоторые исследователи также утверждают, что новые нейроны могут образовываться не только из нейрональных стволовых клеток, но и из стволовых клеток крови. Однако в этом случае, когда стволовые клетки крови проникают в мозг, они не превращаются в нейроны, а сливаются со старыми нейронами, образуя двуядерные клетки. Затем старое ядро нейрона разрушается и его замещает новое ядро, появившееся из стволовой клетки крови (Гриневич, 2004).



Нейрогенез.

Новый нейрон не может образовываться с помощью деления, как другие клетки, так как ген деления в нейроне заблокирован. Новый нейрон естественным путем образуется за счет стволовых клеток. Стволовые клетки могут быть (1) эмбриональными стволовыми клетками (их можно выделить из эмбрионов на очень ранней стадии развития, когда еще не сформированы ткани и органы), (2) эмбриональными стволовыми клетками, когда ткани и органы уже сформированы у эмбриона, и (3) региональными стволовыми клетками, находящимися в органах взрослых особей. Результат естественного нейрогенеза – естественная норма. При искусственной пересадке стволовых клеток, результат может быть двойким: либо норма и прекращение деления стволовой клетки, либо безостановочное деление клетки и возникновение опухоли.



Стволовые нейрональные клетки.

Нейрональные стволовые клетки превращаются сначала в клетку-предшественник, а потом в нейроны или клетки глии (олигодендроциты и астроциты) при определенных условиях.

Гриневич пишет в своей статье: “Препараты стволовых клеток для трансплантации получают двумя способами. Первый – это использование нейрональных стволовых клеток, которые и у эмбриона и у взрослого человека располагаются вокруг желудочков головного мозга. Вторым подходом – использование эмбриональных стволовых клеток. Эти клетки располагаются во внутренней клеточной массе на ранней стадии формирования зародыша. Они способны превращаться практически в любые клетки организма. Наибольшая сложность в работе с эмбриональными клетками – заставить их трансформироваться в нейроны. Новые технологии позволяют сделать это” (Гриневич, 2004). Но существует одна серьезная проблема. Дело в том, что при пересадке стволовых клеток, которые используются при таких нейродегенеративных заболеваниях, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона, они могут начать безостановочное деление и размножение, поэтому в 30-40% случаев трансплантации наблюдается образование злокачественных опухолей (Гриневич, 2004).

Библиография

Гриневич, В. (2004) “Нервные клетки восстанавливаются” в *Наука и жизнь* №. 4.

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

Galbraith, A., Subrin, R., Ross, D. (2008) “Alzheimer’s Disease: Art, Creativity and the Brain” in Noah Hass-Cohen and Richard Carr (eds.) *Art Therapy and Clinical Neuroscience*, Jessica Kingsley Publishers, London: 254- 269.

Goldberg, E. (2005) *The Wisdom Paradox: How Your Mind Can Grow Stronger as Your Brain Grows Older?* New York, Gotham Books.

Scarmeas, N., Levy, G., Tang, M.-X., Manly, J., Stern, Y. (2001) “Influence of Leisure Activity on the Incidence of Alzheimer’s Disease” in *Neurology*, 57: 2236-2242.

Snowdon, D. (2001) *Aging with Grace?* New York, Bantam Books.