

ПОСТНАТАЛЬНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ГАНГЛИОЗНЫХ НЕЙРОНОВ МОЗГА КРЫСЫ

Зиматкин С.М.

*УО «Гродненский государственный медицинский университет»,
г. Гродно, Республика Беларусь*

Гистологическими, электронномикроскопическими, гистохимическими и иммуногистохимическими методами установлены закономерности постнатального морфогенеза ганглиозных нейронов головного мозга крысы.

Ключевые слова: постнатальное развитие, нейроны, мозг, крыса.

POSTNATAL MORPHOGENESIS OF RAT BRAIN NEURONS

Zimatkin S.M.

*Grodno State Medical University,
Grodno, Belarus*

The regularities of postnatal morphogenesis of neurons in different parts of the rat brain were established by histological, electron microscopic, histochemical, and immunohistochemical methods.

Keywords: postnatal development, neurons, brain, rat.

Введение. В работе проведён анализ и обобщение собственных данных, полученных от потомства крыс на 2, 7-10, 15-20, 45, и 90 сутки после рождения с использованием современных микроскопических методов исследования. Исследованы крупные, ганглиозные нейроны головного мозга: внутренние пирамидные нейроны новой (лобной и теменной) коры мозга (холинергические), клетки Пуркинье (КП, ГАМКергические) и гистаминергические нейроны гипоталамуса. Было интересно выяснить общие закономерности и особенности морфогенеза этих типов нейронов в постнатальном онтогенезе.

Методы исследования. Для светоптического исследования образцы соответствующих отделов мозга фиксировали в цинк-этанол-формальдегиде и заключали в парафин (для гистологии и иммуногистохимии), для электронномикроскопического исследования их фиксировали в 1% четырёхоксида осмия, заключали в эпоксидную смолу и готовили полутонкие и ультратонкие срезы, для гистохимического исследования образцы замораживали в жидком азоте и готовили криостатные срезы. Изучение гистологических и гистохимических препаратов, их микрофотографирование и морфометрию проводили с помощью микроскопа Axioskop 2 plus (Zeiss, Германия), цифровой видеокамеры Leica DFC 320 (Leica Microsystems GmbH, Германия) и программы компьютерного анализа изображения Image Warp (Bit Flow, США). Ультраструктуру нейронов изучали с помощью электронного

микроскопа JEM-1011 (JEOL, Япония) и фотографировали цифровой камерой Olympus Mega View III. Ультраструктурную морфометрию проводили с помощью программы для обработки изображения iTEV 1011 (JEOL, Япония). Для анализа полученных цифровых данных использовали методы непараметрической статистики.

Результаты и их обсуждение. Во всех типах изученных ганглиозных нейронов в постнатальном онтогенезе происходит прогрессивное увеличение (в 2-4 раза) размеров и становление дефинитивной формы перикарионов [1-3]. Определённое расположение, размер и форма каждого типа нейронов, по-видимому, необходимы для выполнения ими специфических функций у взрослых животных.

Ядра нейронов растут медленнее, чем цитоплазма перикарионов, в результате чего ядерно/цитоплазматическое отношение постепенно снижается (примерно в 3 раза). Размеры ядрышек во всех типах нейронов мозга в раннем постнатальном онтогенезе интенсивно увеличиваются (в 3-4 раза) [1-3]. Во всех типах нейронов, но особенно наглядно в гистаминергических нейронах гипоталамуса в раннем постнатальном онтогенезе ядрышки приближены к ядерной оболочке и между ними и кариолеммой наблюдаются большие скопления субъединиц рибосом, в виде «облака или тени», которые усиленно образуются ядрышками и мигрируют в цитоплазму через расширенные ядерные поры. При этом в цитоплазме гистаминергических нейронов наблюдались уникальные скопления субъединиц рибосом и информационной РНК - ядрышкоподобные тельца. С возрастом (20-45 день) они постепенно исчезают, а ядрышки увеличиваются в размерах, занимают центральное положение, а поток субъединиц рибосом от них к кариолемме перестаёт выявляться. Кроме того, в ядрах, развивающихся гистаминергических нейронов выявляются особые тельца Кахалья, часто ассоциированные с ядрышками [3]. Всё это демонстрирует становление ядерного аппарата в развивающихся нейронах мозга.

В постнатальный период в цитоплазме нейронов увеличивается длина каналов и цистерн эндоплазматической сети (для клеток Пуркиньи мозжечка с 2-х до 45 суток в 4 раза) [2], они плотно упаковываются, образуя скопления, видимые на светооптическом уровне как хромофильная субстанция (тельца Ниссля). Соответственно увеличивается число связанных рибосом, при неизменном количестве или уменьшении число свободных рибосом [1-3]. Это свидетельствует о переходе биосинтеза белка от обеспечения собственных нужд клетки (для роста перикарионов) к биосинтезу на экспорт, транспорта в терминали, для обеспечения межнейрональных связей и интегративных функций нейронов. При этом определяемое гистохимически содержание РНП в цитоплазме нейронов с возрастом не меняется или несколько снижается. В то же время формируется и комплекс Гольджи, его цистерны постепенно образуются на месте вакуолей, уплощаются, удлиняются и специфическим образом изгибаются, приобретая характерные для взрослых животных цис- и

транс поверхности. В целом, это отражает формирование синтетического аппарата нейронов.

Во всех нейронах в постнатальном онтогенезе наблюдается увеличение размеров митохондрий, длины и плотности расположения в них крист [1-3]. В растущих внутренних пирамидных нейронах изокортекса кроме того возрастает и количество митохондрий, они становятся менее сферичными и удлинёнными [1]. Это сопровождается ростом в цитоплазме ганглиозных корковых нейронов активности маркерных ферментов митохондрий (сукцинатдегидрогеназы и НАДН-дегидрогеназы) и возрастанием экспрессии АТФ-синтазы, ключевого фермента образования АТФ. В постнатальном онтогенезе развиваются и другие, немитохондриальные пути энергетического обеспечения нейронов, которые мы оценивали гистохимически по активности фермента пентозофосфатного цикла (глюкозо-6-фосфат дегидрогеназа) и фермента гликолиза – лактатдегидрогеназы. Всё это демонстрирует становление энергетического аппарата развивающихся нейронов.

В развивающихся нейронах электронномикроскопически наблюдается увеличение числа и размеров лизосом [1-3], что сопровождается и визуализируется гистохимически повышением активности маркерного фермента лизосом – кислой фосфатазы, а иммуногистохимически, ростом экспрессии белка - активатора аутофагии AMBRA-1. Всё это отражает развитие клеточного аппарата переваривания и защиты и свидетельствует о возрастании в нейронах аутофагии, необходимой для удаления изношенных мембран и органелл.

В постнатальном онтогенезе между телами нейронов опережающими темпами растёт и нейропиль. При этом растут как отростки (аксоны и дендриты) самих изучаемых нейронов, так и аксоны афферентных нейронов, а между ними образуются межнейрональные синапсы. Соответственно, расстояние между телами нейронов значительно увеличивается, а плотность расположения тел нейронов уменьшается. Это происходит преимущественно со 2-го по 15-й день постнатального развития для всех изученных типов ганглиозных нейронов [1-3].

В процессе постнатального развития нейронов мозга формируются межнейрональные синапсы, необходимые для передачи информации между нейронами. Синаптогенез электронномикроскопически виден как образование аксосоматических и аксодендритических синапсов, с накоплением в их пресинаптических частях синаптических пузырьков и образованием плотных активных зон, а также шипикового аппарата. Иммуногистохимически синаптогенез визуализируется по накоплению, например, молекулярного маркера синаптических пузырьков, синаптофизина в пресинаптических частях формирующихся синапсов [1, 2]. При этом в молекулярном слое коры мозжечка видно, как прогрессивно увеличивается зона синаптогенеза, в зернистом слое формируются сложные синапсы (клубочки) между

моховидными волокнами и дендритами зернистых нейронов и формируются синапсы между аксонами клеток Пуркинье и нейронами ядер мозжечка [2].

Развитие нейромедиации в развивающихся нейронах в постнатальном онтогенезе мы визуализировали по росту содержания и активности специфических ферментов синтеза и деградации нейромедиаторов в соответствующих типах нейронов. Например, наблюдается прогрессивное повышение содержания фермента синтеза ГАМК - глутаматдекарбоксилазы в развивающихся клетках Пуркинье мозжечка и образованных ими синапсах на нейронах ядер мозжечка [2] или появление и нарастание активности и иммунореактивность фермента деградации гистамина – МАО Б в развивающихся гистаминергических нейронах.

Выводы. Комплексное гистологическое, гистохимическое, иммуногистохимическое и электронномикроскопическое исследование позволяет всесторонне оценить постнатальный морфогенез ганглиозных нейронов, лежащий в основе развития функций головного мозга. При этом удаётся чётко проследить созревание, дифференцировку нейронов, включающую изменения их размеров и формы, формирование их ядерного, энергетического, синтетического, медиаторного и аутофагического аппаратов, рост отростков и терминалей, формирование межнейрональных синапсов (синаптогенез).

Литература

1. Зиматкин, С. М. Строение и развитие коры головного мозга крысы / С. М. Зиматкин, Е. И. Бонь. – Гродно: ГрГМУ, 2019. 156 с.
2. Зиматкин, С.М. Мозжечок крысы: строение, функции, онтогенез / С. М. Зиматкин, О. А. Карнюшко. – Гродно: ГрГМУ, 2019. 132 с.
3. Постнатальное развитие ультраструктуры гистаминергических нейронов мозга крыс / С. М. Зиматкин [и др.] // Тюменский медицинский журнал. – 2019. – Т.21, № 1. – С.50–54.