

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОЦИТОВ ПОЯСНИЧНЫХ СПИНОМОЗГОВЫХ УЗЛОВ ЧЕЛОВЕКА В ПЛОДНОМ ПЕРИОДЕ И У НОВОРОЖДЕННЫХ

Е. И. Кравчук, В. Н. Кравчук

ГБОУ ВПО “Кемеровская государственная медицинская академия”
Минздрава России, г. Кемерово, Россия

Изучали морфологические изменения нервных клеток поясничных спинномозговых узлов человека на материале плодов трех – девяти месяцев внутриутробного развития и новорожденных. На целлоидиновых срезах, окрашенных гематоксилином–эозином, проводили морфометрические исследования, на основании которых выявлены три типа нейроцитов и их процентное соотношение. Установлено, что рост нервных клеток имеет циклический характер, который проявляется чередованием периодов усиленного роста и относительной стабилизации размеров нейроцитов, что сопровождается типичными изменениями соотношения количества нейронов разного типа.

Ключевые слова: нейроцит, спинномозговые узлы, человек, пренатальный период развития, новорожденные, количественный анализ.

© Ye. I. Kravchuk, V. N. Kravchuk, 2012

Quantitative Analysis of Lumbar Spinal Ganglia Neurons in Human Fetal Period and in Neonates

Morphological changes of neurons of lumbar spinal ganglia were studied in the human fetuses of three to nine months and neonates. On morphometric study, carried out on celloidin histological sections stained by hematoxyline–eosine, three types of neurons and their percentage were revealed. It was stated that the growth of neurocytes has a cyclical nature, which manifests itself by alternating periods of intensive growth and periods of relative stabilization of the size of neurocytes, accompanied by typical changes in the proportion of different types of neurons.

Keywords: neuron, spinal ganglia, human, antenatal period of ontogenesis, neonates, quantitative analysis.

Введение

Спинномозговой узел входит в состав периферического звена многих анализаторных систем организма, каждая из которых имеет свои характерные черты развития. Возрастная перестройка совершается в нервной системе в течение всей жизни индивидуума, причем каждый возраст характеризуется особенностями строения нервной системы [1]. Достаточно плодотворным является путь онтогенетического изучения структуры и функции анализаторов, особенно во внутриутробном периоде, когда быстрыми темпами происходит развитие важнейших функциональных систем как единиц физиологической интеграции [2] и переход от примитивных форм к более зрелым. Возрастные изменения нейронов спинномозговых узлов, особенно на этапах внутриутробного развития человека, до настоящего времени изучены недостаточно полно. Следует отметить, что ни одно из звеньев анализаторных систем не состоит из единообразных элементов, даже в массе нейроцитов. Большое количество классификаций нейроцитов спинно-

мозговых узлов [3, 4] и собственные наблюдения показывают, что в чувствительных ганглиях неоднородность нервных клеток выражена очень отчетливо и стабильно, а также заметна гетерохронность их развития. В отечественной и зарубежной научной литературе мы не встретили многочисленных публикаций, посвященных количественной оценке нейроцитов спинномозговых узлов. Подавляющее большинство этих исследований проводилось на спинномозговых узлах животных: собак [5, 6], крыс [7], кошек [8, 9]. Также было проведено сравнительно-анатомическое исследование взрослого человека и нескольких видов животных [10]. Мы полагаем, что количественная оценка основных параметров нейроцитов позволит объективно описать и дополнить картину морфологических преобразований спинномозговых узлов человека в пренатальном развитии.

Цель исследования – изучить изменения нервных клеток поясничных спинномозговых узлов человека в плодном периоде и у новорожденных и с использованием количественных характеристик установить закономерности их развития.

Материал и методы исследования

Проведено изучение линейных размеров, объема, плотности, распределения и процентного соотношения различных типов нервных клеток поясничных спинномозговых узлов у плодов и новорожденных. С этой целью у трупов плодов трех – девяти месяцев внутриутробного развития и новорожденных были извлечены поясничные спинномозговые узлы. После фиксации материала в 10%-ном растворе формалина, обезвоживания в спиртах возрастающей концентрации и заливки в целлоидин, изготавливались горизонтальные серийные гистологические срезы толщиной 20 мкм, так как срезы такой толщины считаются оптимальными для подсчета количества нейроцитов [11]. Изготовленные срезы окрашивали гематоксилином–эозином. Линейным окуляр-микрометром измеряли два взаимно перпендикулярных диаметра нервной клетки. По формуле эллипсоида вращения рассчитывали объем тела нейроцита [12]. С целью предотвращения ошибок, связанных с различным уровнем сечения нейронов, измерялись только те нервные клетки, где визуализировались ядро с ядрышком. На срезе измерялось 100 нервных клеток: по 25 нейроцитов у дистального и проксимального полюсов, а также у вентральной и дорсальной поверхностей спинномозговых узлов. В исследуемых возрастных группах было измерено от 300 до 600 нейроцитов. Значения объемов тел нервных клеток в каждой возрастной группе распределялись по классам, на основании которых строилась вариационная кривая [13]. Согласно вариационной кривой выделялись “главные” классы, вокруг которых группировались промежуточные. Таким образом, в каждой возрастной группе выявлялись три типа нейроцитов: мелкие, средние и крупные. Определение плотности распределения нейроцитов в одном мм² проводилось на горизонтальных срезах, полученных в средней трети узла по [14]. Полученные цифровые данные обрабатывали стандартными методами вариационной статистики: определяли среднюю арифметическую с ее стандартной ошибкой. Оценку статистической значимости различий полученных данных проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

Различия считались статистически значимыми при $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждение

Исследование показало, что в спинномозговых узлах плодов и новорожденных нервные клетки располагаются в виде тяжей и отдельных групп, идущих от одного полюса к другому и разделенных между собой пучками нервных волокон. Под капсулой узла нейроциты, как правило, располагаются сплошным слоем. Такое чередование групп, тяжей нервно-клеточных элементов и пучков нервных волокон придает узлу ячеистое строение.

В узлах плодов трех лунных месяцев внутриутробного развития выявляются 3 группы нейронов: мелкие, средние и крупные. Среди всех типов значительно преобладают мелкие нейроциты, которые составляют 55% от числа всех нервных клеток (рис.).

В этом возрастном периоде Б. А. Слука обнаружил подобное соотношение нейроцитов в нижнем ганглии блуждающего нерва и на основе информационного анализа предположил, что выявленные количественные характеристики “соответствуют критическому периоду в развитии нейрона и ганглия в целом” [15]. Мы полагаем, что подобные закономерности развития характерны и для спинномозговых узлов, относящихся к группе чувствительных узлов тела человека. В течение четвертого лунного месяца внутриутробного развития доля мелких нейроцитов несколько снижается за счет увеличения количества средних нервных клеток. В этом возрастном периоде происходит увеличение линейных размеров всех типов нейронов (табл. 1.). Объем мелких, средних и крупных нейронов также возрастает и составляет 941 ± 27 мм³ ($p < 0.001$), 2348 ± 36 мм³ ($p < 0.001$) и 3984 ± 74 ($p < 0.001$), соответственно (табл. 2).

У плодов пяти лунных месяцев процесс изменения соотношения числа разных типов нервных клеток происходит однотипно с таковым у плодов трех и четырех лунных месяцев однако увеличение доли средних нейроцитов более заметно. Их содержание составляет 42% от общего числа нервных клеток (рис.). Доля крупных нейроцитов в описанных трех возрас-



Рис. Соотношение мелких, средних и крупных нейроцитов в поясничных спинномозговых узлах человека в плодном периоде и у новорожденных (%). Обозначения: по оси абсцисс: 3–9 – лунные месяцы, нов – новорожденные; по оси ординат – процентное соотношение различных групп нервных клеток.

Таблица 1

Изменение линейных размеров тел нейроцитов поясничных спинномозговых узлов человека в плодном периоде и у новорожденных (мкм)

Возрастные периоды		Нейроциты		
		мелкие	средние	крупные
Плодный период (лунные месяцы):	3-й	6–11×9–15	11–13×13–20	13–17×16–24
	4-й	9–13×10–18	13–17×16–22	17–20×20–26
	5-й	11–16×14–22	16–22×22–30	24–27×27–35
	6-й	14–19×16–27	22–24×24–35	24–32×30–43
	7-й	14–19×16–27	22–24×24–35	24–32×30–43
	8-й	14–24×19–35	24–30×30–43	30–43×35–54
	9-й	14–24×19–35	24–30×30–43	30–43×35–54
Новорожденные		16–30×19–41	30–38×35–54	38–46×43–62

Таблица 2

Изменение объема тел нейроцитов поясничных спинномозговых узлов человека в плодном периоде и у новорожденных, в мкм³ (X±Sx; p)

Возрастные периоды		Нейроциты		
		мелкие	средние	крупные
Плодный период (лунные месяцы):	3-й	450±13	1199±20	2388±74
	4-й	941±27; p<0.001	2348±36; p<0.001	3984±74; p<0.001
	5-й	1912±48; p<0.001	5110±75; p<0.001	11099±215; p<0.001
	6-й	3242±85; p<0.001	7663±84; p<0.001	15361±307; p<0.001
	7-й	3408±70; p>0.05	7683±85; p>0.05	16079±297; p>0.05
	8-й	5770±144; p<0.001	14641±172; p<0.001	30469±808; p<0.001
	9-й	5883±150; p>0.05	14700±180; p>0.05	30702±744; p>0.05
Новорожденные		9228±256; p<0.001	25013±451; p<0.001	45532±900; p<0.001

тных группах остается практически неизменной и колеблется в пределах 16–18%. Выраженный линейный рост нейронов в названных группах характерен для клеток всех типов (табл. 1), что отражается в статистически достоверном увеличении их объемов (табл. 2).

Последующие два лунных месяца, шестой и седьмой, по соотношению различных групп нейронов, величине линейных размеров и объема их тел в поясничных спинномозговых узлах сходны между собой, но существенно отличаются от аналогичных показателей в более раннем возрасте плодного периода. Если в течение третьего – пятого месяцев внутриутробной жизни наблюдается прогрессивный рост нервных клеток (табл. 1), то динамика роста линейных размеров и объема нейроцитов всех типов в течение шестого – седьмого лунных месяцев значительно замедляется. В течение седьмого лунного месяца рост всех нервных клеток стабилизируется, что проявляется в том, что различия в объеме тел нейронов у плодов шести и семи лунных месяцев очень незначительна (табл. 2). Объем мелких нейроцитов в названных возрастных группах составляет 3242 ± 85 мм³ и 3408 ± 70 мм³; для средних – 7663 ± 84 мм³ и 7683 ± 85 мм³; для крупных – 15361 ± 307 и 16079 ± 297 мм³ соответственно. Изменения объема нейроцитов всех групп у плодов шести и семи лунных месяцев статистически не достоверны ($p > 0.05$).

Плотность расположения в веществе узла нейроцитов, имеющая обратную зависимость от величины этих клеток, в течение шестого – седьмого лунных месяцев остается практически неизменной (табл. 3.) и составляет у плодов шести лунных месяцев 34950 ± 1149 , семи лунных месяцев – 33760 ± 1416 . Разница между этими показателями так же статистически не достоверна ($p > 0.05$). При этом, на фоне стабилизации размеров нейроцитов происходят значительные изменения соотношения числа различных типов нейроцитов, не наблюдавшиеся ранее. В течение шестого лунного месяца происходит двукратное увеличение числа крупных нейроцитов, число же средних и мелких соответственно уменьшается. В результате этого число мелких, средних и крупных нервных клеток в поясничных спинномозговых узлах плодов шести лун-

Таблица 3

Изменение плотности нейроцитов поясничных спинномозговых узлов человека во второй половине плодного периода и у новорожденных, в одном мм³ ($X \pm Sx$; p)

Возрастные периоды		Плотность нейроцитов
Плодный период (лунные месяцы):	5-й	60647±3145
	6-й	34950±1149; p<0.001
	7-й	33760±1416; p>0.05
	8-й	18024±712; p<0.001
	9-й	17207±535; p>0.05
Новорожденные		10789±391; p<0,001

ных месяцев оказывается практически на одном уровне и составляет 30%, 34% и 36%, соответственно. В следующем месяце происходят лишь незначительные колебания численности нейроцитов различного размера (рис.).

Восьмой месяц внутриутробного периода характеризуется вновь усилением роста размеров нервных клеток. Возрастание линейных размеров всех типов нейроцитов (табл. 1) приводит к увеличению их объемов почти в 2 раза ($p < 0.001$) (табл. 2) и соразмерному уменьшению плотности их расположения в веществе узла (табл. 3). На этом фоне усиленного роста соотношение типов нейроцитов вновь сдвигается в сторону преобладания мелких клеток и уменьшения количества крупных (рис.).

В течение девятого месяца антенатального периода размеры всех типов нервных клеток поясничных спинномозговых узлов остаются на прежнем уровне, объемы тел мелких нейроцитов плодов восьми и девяти лунных месяцев равны 5700 ± 144 мм³ и 5883 ± 150 мм³, соответственно ($p > 0.05$), средних – 14641 ± 172 мм³ и 14700 ± 180 мм³ ($p > 0.05$), соответственно и крупных – 30469 ± 808 мм³ и 30702 ± 744 мм³, соответственно ($p > 0.05$): не изменяется также и плотность их распределения в узлах (табл. 2, 3). Удельное число мелких, средних и крупных нейроцитов по сравнению с предыдущим лунным месяцем также остается стабильным и составляет 41%, 37% и 22%, соответственно (рис.).

В конце плодного периода нейроциты поясничных спинномозговых узлов вновь значительно увеличиваются в своих размерах (табл. 1), в результате чего уменьшается плотность их распределения

в веществе ганглия ($p < 0,001$) (табл. 3). При этом количество мелких клеток, как и в предыдущие периоды усиленного роста, вновь увеличивается, достигая у новорожденных максимального значения – 57,5%. Число крупных нейроцитов соответственно достигает предельно малой величины и составляет 12,5%.

Заключение

Таким образом, в течение плодного периода нейронный компонент поясничных спинномозговых узлов претерпевает значительные изменения. Количественные характеристики нейроцитов отражают два сочетанных процесса: увеличение размеров и изменение процентного соотношения клеток разных типов. Причем, отмечается циклический характер развития этих процессов. Так в, течение третьего – пятого лунных месяцев происходит интенсивный рост размеров всех клеток. При этом количество мелких клеток заметно преобладает над средними и особенно над крупными нейроцитами.

В течение двух последующих месяцев процесс роста всех нервных клеток значительно замедляется, а число клеток разных типов становится практически одинаковым.

В конце плодного периода и у новорожденных вновь усиливается динамика роста размеров клеток, и тип мелких клеток вновь значительно доминирует.

Следовательно, начало и конец плодного периода являются для поясничных спинномозговых узлов периодами значительных количественных трансформаций и могут быть названы критическими периодами их внутриутробного развития.

Список литературы

1. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем. М.: Медицина, 1975. С. 277.
2. Блинков С. М. Глиальный индекс и густота расположения глиальных клеток в мозговом стволе человека // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. 1963. № 7. С. 42–47.
3. Блинков С. М., Глезер И. И. Мозг человека в цифрах и таблицах. Л.: Медицина, 1964. С. 25.
4. Волчков В. А., Бойкова Н. В., Томсон В. В. Морфофункциональные изменения ней-

- ронов спинномозговых ганглиев при эпидуральном введении клофелина // Морфология. 2004. № 2. С. 42–46.
5. Лобко П. И., Ковалева Д. В., Ковальчук И. Е. и др. Информационный анализ спинномозговых ганглиев // Морфология. 2000. № 4. С. 36–40.
6. Румянцева Т. А. Возрастные преобразования морфометрических и гистохимических характеристик нейроцитов различных ганглиев у белых крыс // Морфология. 2004. № 2. С. 40–45.
7. Сафонова Г. Д., Коваленко А. П. Морфофункциональная характеристика нейронов спинномозговых ганглиев собак в постдистракционном периоде // Морфология. 2005. № 3. С. 44–47.
8. Слук Б. А. Информационный анализ нейроцитов некоторых периферических ганглиев и критические периоды их дифференцировки // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. 1983. № 2. С. 18.
9. Хесин Я. Е. Размеры ядер и функциональное состояние клеток. М., 1967. С. 36.
10. Ярыгин Н. Е., Ярыгин В. Н. Патологические и приспособительные изменения нейрона. М.: Медицина, 1973. С. 11.
11. Castro F., Penfield W. Sensory ganglia of the cranial and spinal nerves, normal and pathological // Cytology and cellular pathology of the nervous system. 1932. V. 1. P. 91–143.
12. Dogiel A. S. Der Bau der Spinalganglien des Menschen und der Säugetieren. Iena, 1908.
13. Garry M. G., Miller K. E., Seybold V. S. Lumbar dorsal root ganglia of the cat: a quantitative study of peptide immunoreactivity and cell size // J. Comp. Neurol. 1989. V. 288, № 4. P. 698.
14. Lee K. H., Chung K., Coggeshall R. E. Correlation of cell body size, axon size and signal conduction velocity for individually labeled dorsal root ganglion cells in the cat // J. Comp. Neurol. 1986. V. 243, № 3. P. 335–346.
15. Tomasch J., Ebnessajjade D. The human nucleus ambiguus. A quantitative study // Anat. Rec. 1961. V. 141, № 3. P. 247–252.

Информация об авторах

Кравчук Елена Игоревна – к.м.н., доцент, доцент кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО «Кемеровская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Кемерово, Россия. 650029, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а. E-mail: elena.cravchuck@yandex.ru

Кравчук Василий Наумович – старший преподаватель кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО «Кемеровская государственная медицинская академия» Минздрава России, г. Кемерово, Россия. 650029, г. Кемерово, ул. Ворошилова, д. 22а. E-mail: elena.cravchuck@yandex.ru

Поступила в редакцию 7.03.2012 г.