

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИТОАРХИТЕКТониКИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ И ЗАДНЕЙ АССОЦИАТИВНОЙ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ БОЛЬШОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА ОТ РОЖДЕНИЯ ДО 20 ЛЕТ

В.А.Васильева¹, Н.С.Шумейко²

Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Методом компьютерного анализа установлены возрастные и индивидуальные особенности цитоархитектоники полей 4p и 37ac, периоды интенсивного и замедленного роста площади профильных полей пирамидных нейронов и отличия в распределении нейронов по размерным классам в функционально различных полях коры большого мозга человека.

Ключевые слова: двигательная область, задняя ассоциативная область, кора большого мозга, пирамидный нейрон, компьютерная морфометрия.

Computer analysis was used to determine age-related and individual peculiarities of cyto-architectonics of 4p and 37ac fields, periods of intensive and slow growth of profile field area of pyramidal neurons and differences in distribution of the neurons between size classes in functionally different fields of the human brain cortex.

Key words: motor area, posterior association cortex, cerebral cortex, pyramidal neuron, computer morphometry

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что индивидуальная вариабельность мозга является одной из важных проблем современной нейроморфологии.

Основополагающими исследованиями индивидуальной вариабельности строения мозга человека являются работы нейроморфологов Института мозга [1, 5, 6, 7, 9, 10]. Была показана большая вариабельность макроскопического строения мозга, топографии и площади поверхности некоторых корковых полей у разных индивидуумов. Однако все эти работы выполнены на небольшом количестве наблюдений и в ограниченных возрастных интервалах, чаще на взрослых людях. Недостаточно исследована вариабельность нейронов и ее изменение в онтогенезе. Рядом авторов пирамидный нейрон рассматривается как главный универсальный тип коркового нейрона, у которого структура рецептивной поверхности обеспечивает передачу на него широкого диапазона полимодальных сигналов. Крупные пирамидные нейроны III и V слоев могут устанавливать связи со всеми нейронами клеточной колонки, чем, очевидно достигается полная и надежная реализация

Контакты: ¹ В.А.Васильева

² Н.С.Шумейко

функционального взаимодействия нейронов [2]. Внедрение в нейроморфологию современных компьютерных технологий [3, 4, 11, 12] позволяет автоматизировать наиболее трудоемкий этап извлечения первичных количественных характеристик и получить новые объективные данные по специфическим особенностям структурных компонентов мозга у разных индивидуумов.

Целью настоящего исследования является изучение возрастных и индивидуальных различий размеров пирамидных нейронов в III слое поля 4р двигательной и поля 37ас задней ассоциативной областей коры большого мозга человека от рождения до 20 лет с применением метода компьютерной морфометрии.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено 52 левых полушария большого мозга человека от рождения до 20 лет в погодных интервалах. На установке «Биоскан-АТ» (система обработки и анализа изображений) по специальной программе при увеличении микроскопа 20х определяли площади профильных полей (ППП) пирамидных нейронов в III слое поля 4р сенсомоторной зоны и поля 37ас височно-теменно-затылочной подобласти коры на препаратах, окрашенных по Нисслю. На каждую возрастную группу приходилось по 2–3 случая, на каждый случай измерено от 70 до 180 клеток, т.е. всего измерено свыше 6000 клеток. Анализ оптических изображений унифицирован для всех препаратов по глубине, яркости и контрастности изображения, а также по методам количественной обработки изображения нейронов. Рассчитаны средняя арифметическая, ошибка средней и критерии достоверности. Были также построены гистограммы распределения нейронов по 15 классам в зависимости от величины профильных полей (ППП), начиная от $0,01 \text{ мкм}^2$ с интервалом в 17 мкм^2 , т.е. к 1-му классу относились клетки размером от $0,01$ до 17 мкм^2 , ко 2-му – от 18 до 35 мкм^2 и т.д.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Цитоархитектоническое поле 4р, расположенное в предцентральной области коры большого мозга, является центральным полем двигательной коры, где происходит обработка и сопоставление сигналов, поступающих по каналам периферической и центральной обратной связи.

У новорожденного площади профильных полей (ППП) пирамидных нейронов в III слое поля 4р составляют $29,50 \pm 1,05 \text{ мкм}^2$, индивидуально варьируя от $22,35 \pm 0,68$ до $36,65 \pm 1,24 \text{ мкм}^2$. Значимые изменения средних величин ППП пирамидных нейронов отмечены к 6 мес в 1,6 раза, к 1 году – в 2,4 раза и к 3 годам – в 2,8 раза, что совпадает с данными о размерах и объемах пирамидных нейронов, полученными нами методами морфометрии [13]. В постнатальном онтогенезе имеются определенные этапы в росте и развитии пирамидных клеток: до 3 лет наблюдается наиболее быстрый рост клеток, разрежение коры, до 12 лет отмечается стабилизация количественных показателей, когда преобладают процессы дифференцировки нейронов, затем значительный подъем к 14 годам, когда значения средних величин ППП превышают таковые в 3 года за счет увеличения количества крупных нейронов, и заметное снижение этих показателей после 17 лет,

когда увеличивается класс малых клеток за счет уменьшения классов средних и крупных клеток. Согласно концепции Г.И Полякова [8], увеличение числа сверхмалых и малых нейронов можно рассматривать в связи с усложнением афферентной сигнализации.

К 20 годам ППП пирамидных нейронов достигают $66,68 \pm 2,31$ мкм², варьируя от $56,27 \pm 1,95$ до $77,08 \pm 3,32$ мкм² (рис.1).

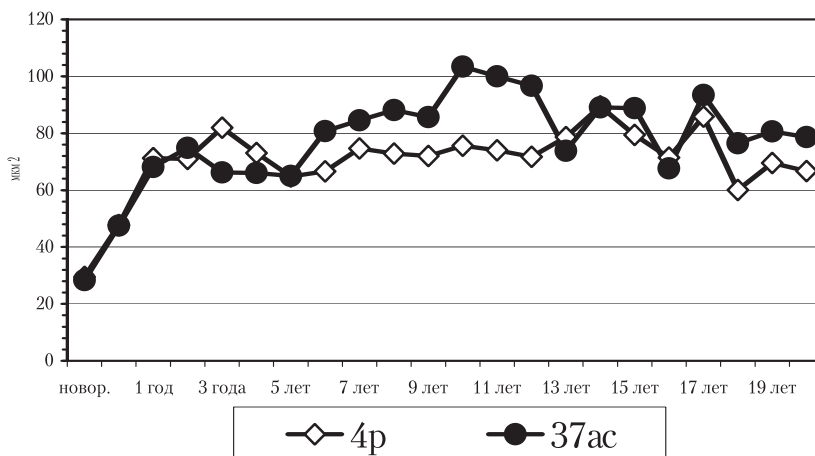


Рис.1. Изменение с возрастом площади профильных полей пирамидных нейронов в слое III поля 4p двигательной коры и поля 37ac задней ассоциативной коры большого мозга человека.

Изучение средних величин ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4p коры мозга у разных индивидуумов обнаружило определенные колебания этих показателей во всех возрастных группах. В большей степени индивидуальные различия по размерам нейронов выражены в период от рождения до 6 лет, в 8, 12–14 и 19–20 лет. Сопоставление гистограмм профильного поля нейронов III слоя в поле 4p показало, что в большинстве случаев, даже там, где не наблюдалось отличий по среднему значению ППП, отмечались индивидуальные различия в процентном составе нейронов по классам на всех этапах постнатального развития и увеличение с возрастом количества размерных классов. Наибольшие различия наблюдались по классам малых и средних пирамидных нейронов. Степень выраженности индивидуальной вариабельности мозга человека, вероятно, связана с функциональными характеристиками изученного поля. В период от рождения до 1 года наибольшие различия между индивидуумами наблюдались в классах сверхмалых и малых нейронов (до 100 мкм²), в период от 1 до 12 лет и от 18 до 20 лет – в классах малых и средних клеток (до 150 мкм²), а в период от 13 до 17 лет – ещё и в классе крупных (до 200 мкм²) пирамидных нейронов. Преобладающими нейро-

нами III слоя поля 4р являются пирамидные нейроны 3–7 классов (от 35 до 119 мкм²).

Ассоциативное поле 37ас, расположенное в височно-теменно-затылочной подобласти, осуществляет анализ и синтез зрительной информации, связанной с опознанием формы (лица и других сложных объектов) [14].

У новорожденных ППП пирамидных нейронов в III слое поля 37ас составляет $28,40 \pm 0,40$ мкм², индивидуально варьируя от $25,60 \pm 0,80$ мкм² до $31,30 \pm 0,70$ мкм². К 6 мес постнатальной жизни, к 1 году и 2 годам отмечается увеличение размерных параметров пирамидных нейронов в 1,7, в 2,4 и 2,6 раза соответственно. В период от 2 до 5 лет темпы роста снижаются и вновь увеличиваются к 7 и 10 годам (в 3,0 и 3,6 раза по сравнению с новорожденными), достигая максимальных значений в 10 лет – $103,40 \pm 2,30$ мкм² (от $85,30 \pm 3,60$ до $117,30 \pm 4,40$ мкм²). К 13 годам отмечается некоторое снижение среднего размера пирамидных нейронов и колебание этого показателя до 17 лет. От 18 до 20 лет отмечается относительная стабилизация размерных параметров пирамидных нейронов, которые в среднем составляют $80,60 \pm 2,10$ мкм² (от $75,40 \pm 2,60$ до $81,90 \pm 3,70$ мкм²) (рис.1).

В процессе онтогенеза изменяется распределение нейронов по размерным классам: у новорожденных преобладают нейроны 2-го класса, в 1 год – 3–4 классов, с 2 до 7 лет – 4–5 классов (от 51 до 85 мкм²), что составляет 40–48% от общего числа клеток. К 10 годам увеличивается число пирамидных нейронов 8 и 9 классов (от 119 до 153 мкм²), что составляет 22%. В 12 лет отмечается наибольшее количество размерных классов нейронов – 14, из которых в среднем 10% составляют клетки крупноклеточных классов – 10–12 (от 153 до 204 мкм²). Однако преобладающими нейронами III слоя поля 37ас являются нейроны 4–6 классов (от 51 до 102 мкм²).

Исследование средних значений ППП пирамидных нейронов III слоя поля 37ас у разных индивидуумов показало, что наибольшая индивидуальная вариабельность по этому показателю отмечалась в 1 год, 7, 10, 12–13 и 15–17 лет. Индивидуальные особенности структурной организации поля 37ас выявились также и в распределении нейронов по размерным классам, что, по-видимому, свидетельствует о функциональных особенностях и разной степени зрелости этого поля у разных детей одного и того же возраста.

Анализ индивидуальных гистограмм показал, что у новорожденных в одном случае (А) нейроны распределены по четырем классам с преобладанием 2 и 3 классов, а во втором (Б) – по трем классам с преобладанием 2 класса и с равным числом клеток в 1 и 3 классах, что указывает на разную степень зрелости нейронного состава у этих индивидуумов (рис.2). Индивидуальные гистограммы распределения пирамидных нейронов по размерным классам у детей одного года значительно различаются: в одном случае (А) нейроны распределены по пяти классам с преобладанием 3–5 классов (от 34 до 85 мкм²), в другом (Б) – по восьми классам с преобладанием 4–6 классов (от 51 до 102 мкм²). В 7 лет также наблюдаются индивидуальные различия по количеству размерных классов (рис.2).

Таким образом, с возрастом увеличивается количество размерных классов пирамидных нейронов, а после 7 лет нарастает число крупноклеточных классов.

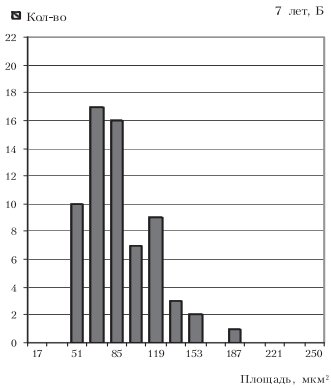
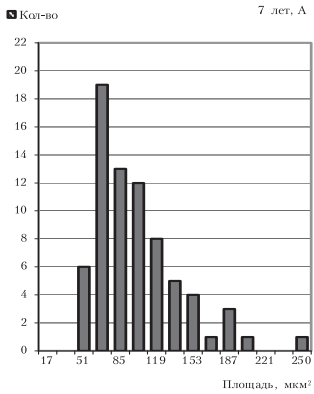
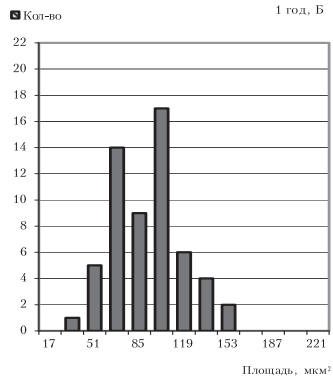
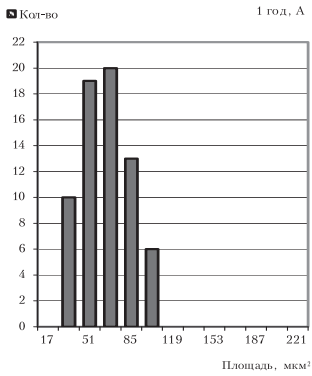
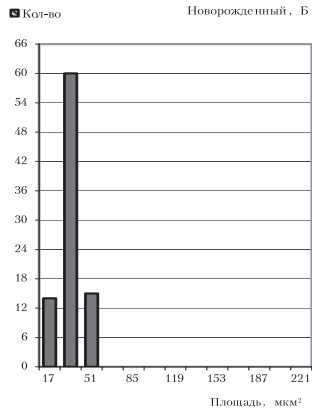
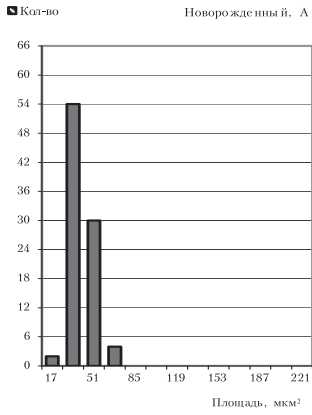


Рис.2. Индивидуальные гистограммы распределения пирамидных нейронов по размерным классам в слое III поля 37ас задней ассоциативной коры большого мозга новорожденных, детей 1 года и 7 лет

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение компьютерного анализа позволило установить достоверное увеличение ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4р к 6 мес, 1 году и 3 годам, стабилизацию количественных показателей до 12 лет, значительный подъем к 14 и 17 годам и заметное снижение к 20 годам. В поле 37ас увеличение ППП пирамидных нейронов отмечается к 6 мес, 1 году, 2, 7 и 10 годам. Анализ темпов роста пирамидных нейронов в поле 37ас позволяет выделить периоды интенсивного увеличения площади профильных полей пирамидных нейронов: от рождения до 2 лет, от 5 до 7 и от 9 до 10 лет, периоды временной стабилизации размерных параметров – от 3 до 5 и от 7 до 9 лет, когда преобладают процессы дифференцировки нейронов, период от 12 до 17 лет, когда отмечается неустойчивость количественных показателей, обусловленная увеличением гетероморфности клеточного состава, и период стабилизации количественных показателей – от 18 до 20 лет.

Исследование средних значений ППП пирамидных нейронов III слоя поля 4р коры мозга у разных индивидуумов показало, что индивидуальные различия по размерам нейронов более выражены в период от рождения до 6 лет, в 8, 12–14 и 19–20 лет, а в поле 37ас индивидуальная вариабельность по этому показателю отмечалась в 1 год, 7 лет, 10 лет, 12–13 и 15–17 лет.

Возможно, разная степень выраженности индивидуальной вариабельности мозга человека в различных корковых полях и подкорковых структурах связана с их функциональными характеристиками и с филогенетическим уровнем их развития [5].

Анализ гистограмм ППП пирамидных нейронов у разных индивидуумов одного возраста показал индивидуальные различия в распределении нейронов по размерным классам.

Таким образом, установлены возрастные и индивидуальные особенности цитоархитектоники полей 4р и 37ас, периоды интенсивного и замедленного роста площади профильных полей пирамидных нейронов и отличия в распределении нейронов по размерным классам в двигательной и задней ассоциативной областях коры большого мозга человека в период от рождения до 20 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианов О.С. Архитектура мозга и индивидуальность личности (к постановке проблемы)//Успехи физиол.наук.–1993.Т.24, №3.–С.25–35.
2. Антонова А.М. Структурные особенности функциональной организации нейро-глио-сосудистых ансамблей коры большого мозга: Автореф. дис...докт. биол.наук.–М.,1985.–32с.
3. Боголепова И.Н. Особенности цитоархитектоники речедвигательных полей мозга одаренных людей в плане изучения индивидуальной вариабельности строения мозга человека//Морфология.–1994.–Т.106, №4–6.–С.31–37.
4. Боголепова И.Н., Белогрудь Т.В. Некоторые количественные показатели структурной асимметрии полей 41 и 22 слуховой коры мозга человека//Морфология.–2004.–Т.125, №2.–С.7–9.

5. Боголепова И.Н., Оржеховская Н.С., Малофеева Л.И. Морфологические критерии variabilityности мозга человека//Архив анат.,гистол. и эмбриологии.–1982.–Т.83, №8.–С.5–9.
6. Зворыкин В.П. Нейроморфологическое свидетельство индивидуальных различий в зрении человека//Архив анат.,гистол. и эмбриологии.–1981.–№10.–С21–23.
7. Кононова Е.П. Variabilityность строения коры большого мозга. Нижняя фронтальная извилина у взрослого человека//Тр.Института мозга.–М.–Л.:Биомедгиз,1935.–С.49–118.
8. Поляков Г.И. Основы систематики нейронов новой коры большого мозга человека.–М.:Медицина,1973.–308с.
9. Саркисов С.А. Индивидуальная variabilityность структурных особенностей коры мозга человека//Структурные основы деятельности мозга.–М.,1980.–С.27–34.
10. Филимонов И.Н. Избранные труды.–М.:Медицина,1974.
11. Челубеев В.Е., Лапша В.И., Кучун К.К. Применение системы текстурного анализа изображений Лейтц-ТАС для цитофотометрического исследования некоторых ферментов в нервных клетках//Архив анат., гистол. и эмбриологии.–1987.–№5.–С.63–67.
12. Черток В.М., Афанасьев А.А., Коцюба А.Е. Применение автоматизированной системы анализа изображений Allegro-МС для морфометрических исследований//Морфология.–2003.–Т.124, №4.–С.88–93.
13. Шумейко Н.С. Возрастные особенности цитоархитектоники сенсомоторной коры человека//Морфология.–1997.–Т.111, №2.–С.31–34.
14. Essen D.S., Drury H.A., Joshi S., Miller M.I. Functional and structural mapping of human cerebral cortex: Solutions are in the surfaces//Proc.Nat.Acad.Sci.USA. February 1998.–Vol.95.–P.788–795.