

Омар Сами

**СТРУКТУРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗАДНЕЙ АССОЦИАТИВНОЙ КОРЫ
БОЛЬШОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ**

3.3.1 Анатомия и антропология

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Москва – 2025

Работа выполнена на кафедре анатомии человека медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский Университет Дружбы Народов» имени Патриса Лумумбы

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Цехмистренко Татьяна Александровна

Официальные оппоненты:

Боголепова Ирина Николаевна, академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, руководитель лаборатории цитоархитектоники и эволюции мозга (с музеем эволюции мозга) в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научный центр неврологии».

Николенко Владимир Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии и гистологии человека Института клинической медицины им. Н.В.Склифосовского в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М.Сеченова».

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И.Пирогова» Минздрава России, г. Москва.

Защита состоится «29» января 2025 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета ПДС 0300.018 при ФГАОУ ВО «Российский Университет Дружбы Народов» им. П.Лумумбы (адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8.)

С текстом диссертации можно ознакомиться в научной библиотеке при ФГАОУ ВО «Российский Университет Дружбы Народов» им. П.Лумумбы (адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6.)

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
профессор, доктор биологических наук



Т.А.Цехмистренко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Задняя ассоциативная кора (ЗАК) - это мультимодальная зона неокортекса, которая объединяет смежные участки коры височной, теменной и затылочной долей полушарий большого мозга. Она играет решающую роль в зрительно-моторной интеграции и ориентировании в пространстве (Hotson J.R., Anand S., 1999; Johnson S.P., 2019), семантическом обучении (Atir-Sharon T. et al., 2015; Nieuwenhuis I.L. et al., 2012), в механизмах рабочей, долговременной и эпизодической памяти (Grilli M.D. et al., 2023; Takashima A. et al., 2006). ЗАК также участвует в реализации сложных когнитивных процессов, включая внимание, восприятие, письмо, чтение, коммуникативную деятельность и социальное поведение (Ardila A. et al., 2015; Giacobbe C. et al., 2022; Long N.M., Kuhl B.A., 2018; Manassi M. et al., 2023).

Нарушением структуры и функций ЗАК сопровождается ряд таких неврологических и психических расстройств, как шизофрения (Ferracuti S. et al., 2023; Zhu J. et al., 2018), эпилепсия (Phuong T.H. et al., 2021), биполярное расстройство (Verdolini N. et al., 2023), расстройства аутистического спектра (Nickl-Jockschat T. et al., 2015), а также речевые нарушения (Николенко В.Н. и соавт., 2022; Stefaniak J.D. et al., 2022), расстройства памяти и мышления (Huang C. et al., 2013; Irish M. et al., 2016), двигательные и сенсорные расстройства (Ciufolini S. et al., 2018). Поскольку многие из этих патологий и расстройств возникают в детском возрасте (Rosenthal M. et al., 2013), изучение морфогенеза ЗАК необходимо для понимания атипичного развития высших психических функций и разработки адекватных коррекционных методик.

В состав ЗАК входит височно-теменно-затылочная подобласть (*subarea temporoparieto-occipitalis*, ТРО), прилежащее к ней ассоциативное поле 19 затылочной области, поля 39 и 40 с подполями, относящиеся к нижней теменной области коры, а также поля 5 и 7 в верхней теменной области (Атлас цитоархитектоники..., 1955). Топографические и цитоархитектонические особенности полей и подполей ЗАК устанавливаются при рождении, однако дифференциальные паттерны развития нейронов, морфологического созревания микроструктур и миелинизации волокон наблюдаются на протяжении всего детского возраста (Семенова Л.К. и соавт., 2010). Возрастная структурная динамика неокортекса проявляется в виде изменений толщины коры и ее цитоархитектонических слоев, строения и размеров нейронов, удельных объемов структурных компонентов нервной ткани, усложнения нейро- и фиброархитектоники (Боголепова И.Н. и соавт.,

2018, 2019; Шемяков С.Е., Николенко В.Н. и соавт., 2019а, 2019б; Gilmore J.H. et al., 2018; Vijayakumar N. et al., 2018).

Результаты современных электрофизиологических исследований, а также данные структурной магнитно-резонансной томографии (sMRI) позволили существенно продвинуться в понимании приуроченности функций к отдельным зонам ЗАК и выявлении особенностей их морфофункционального развития (Фарбер Д.А. и др., 2023; Backhausen L.L. et al., 2022). Однако сведения о структурных преобразованиях ЗАК в процессе постнатального онтогенеза немногочисленны (Цехмистренко Т.А. и др., 2009), фрагментарны (Landing V.H. et al., 2002), часто получены на небольшом количестве наблюдений в каждой возрастно-половой группе с использованием произвольной возрастной периодизации (Conel J.L.R., 1939-1967), что затрудняет аналитическое сопоставление данных разных авторов для формирования системных представлений о ее возрастных преобразованиях у детей.

Цель исследования состояла в изучении структурных преобразований функционально отличающихся зон задней ассоциативной коры в области височной и затылочной долей большого мозга человека в постнатальном онтогенезе с применением гистологических и количественных методов исследования.

Задачи исследования:

1) изучить возрастную динамику стратификации коры в подполях 37ас, 37а и 37d височно-теменно-затылочной подобласти и в поле 19 затылочной области в составе задней ассоциативной коры большого мозга у детей первого года жизни в месячных интервалах, у детей от рождения до 12 лет - в годовых интервалах;

2) с применением морфометрии изучить возрастные изменения цито- и фиброархитектоники в подполях 37ас, 37а и 37d височно-теменно-затылочной подобласти и в поле 19 затылочной области коры большого мозга;

3) с применением стереометрии изучить возрастные изменения относительного содержания микроструктурных компонентов (нейронов, волокон, кровеносных сосудов и глиоцитов) в задней ассоциативной коре большого мозга;

4) с применением морфокинетического синтеза результатов морфометрии и стереометрии выявить этапы структурных преобразований задней ассоциативной коры у детей от рождения до 12 лет.

Научная новизна полученных результатов. На основе комплексного исследования подполей 37ac, 37a и 37d височно-теменно-затылочной подобласти и поля 19 затылочной области в составе задней ассоциативной коры большого мозга человека в широком онтогенетическом плане (от рождения до 12 лет) в годовых интервалах получены новые данные о гетерохронном развитии толщины коры, ее цитоархитектонических слоев и подслоев в каждой исследованной зоне задней ассоциативной коры. Установлены общие и специфические черты развития функционально отличающихся подполей поля 37 и поля 19. Впервые показано, что наиболее интенсивное увеличение толщины коры и ее пирамидных пластинок (слои III и V) происходит в разных зонах задней ассоциативной коры в разные сроки.

Впервые получены данные (первый год жизни – по месяцам, от рождения до 12 лет - в годовых интервалах) о возрастной динамике площади профильных полей пирамидных нейронов, а также удельных объемов нейронов, волокон, глиоцитов и микрососудов. Впервые описаны особенности возрастных изменений фиброархитектоники в разных отделах задней ассоциативной коры в постнатальном онтогенезе. Впервые с применением морфокинетического синтеза обоснованы 4 этапа ее морфофункционального развития, значимо отличающихся по комплексу морфометрических и стереометрических показателей: I – от рождения до 3 лет, II – от 4 до 5 лет, III – от 6 до 7 лет и IV - от 8 до 12 лет.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Новые данные о возрастных изменениях цито- и фиброархитектоники задней ассоциативной коры, полученные на основе изучения обширного гистологического материала (фрагменты ткани мозга 105 мальчиков и 6 девочек от рождения до 12 лет) с применением объективных методик исследования, проведенного в месячных (1-й год жизни) и годовых (от рождения до 12 лет) интервалах, позволяют расширить теоретические представления о структурных преобразованиях коры большого мозга человека и способствуют лучшему пониманию закономерностей ее морфофункционального развития в постнатальном онтогенезе.

Полученные данные представляют интерес для специалистов, работающих по проблемам нейроанатомии, возрастной морфологии, нейрофизиологии, неврологии, психологии и рассчитаны на использование в курсах анатомии, физиологии и психологии в медицинских вузах, а также образовательных учреждениях

биологического и педагогического профиля. Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедре анатомии человека РУДН и на кафедре цитологии и гистологии Санкт-Петербургского государственного университета.

Практическое значение для широкого круга специалистов, работающих с детьми, имеют данные о возрастных границах этапов морфофункционального развития задней ассоциативной коры как мультимодальной и полифункциональной зоны неокортекса, непосредственно участвующей в реализации высших психических функций мозга ребенка в процессе его обучения, воспитания и социальной адаптации.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. В период от рождения до 12 лет в задней ассоциативной коре большого мозга человека в различные по темпам роста и дифференцировки сроки осуществляются следующие структурные преобразования: увеличивается толщина коры, ее слоев и подслоев, площадь профильных полей пирамидных нейронов, изменяется количество и спектр размерных классов пирамидных нейронов, увеличиваются удельные объемы глиоцитов и внутрикорковых волокон, уменьшаются удельные объемы нейронов и кровеносных сосудов.

2. Комплексное морфофункциональное исследование цито- и фиброархитектоники, а также анализ относительного содержания микроструктурных компонентов позволили количественно охарактеризовать гетерохронное и гетеродинамическое развитие подполей 37ac, 37a и 37d височно-теменно-затылочной подобласти и поля 19 затылочной области в составе задней ассоциативной коры и обосновать 4 этапа ее морфофункционального развития, значимо отличающихся по ряду морфометрических и стереометрических показателей.

Степень достоверности. Достоверность полученных результатов и выводов базируется на анализе достаточного числа фрагментов подполей 37ac, 37a, 37d и поля 19, полученных из ЗАК левого полушария большого мозга детей мужского пола (105 наблюдений) и женского пола (6 наблюдений) в возрасте от рождения до 12 лет, в основном практически здоровых и погибших от травм без повреждений головного мозга, а также на применении адекватных задачам методов и методик исследования.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Достижения современной

морфологии», приуроченной к 95-летию профессора П.И.Лобко (Минск, Беларусь, 2024); V Санкт-Петербургском симпозиуме по морфологии, биохимии, нормальной и патологической физиологии ребенка, посвященном 135-летию со дня рождения К.В.Ромодановского в рамках конгресса «Здоровые дети – будущее страны» (СПб, 2024); Semmelweis International Students' Conference (Budapest, Hungary, 2023); XVIII Международном междисциплинарном конгрессе «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, Крым, Россия, 2022); III Международной научно-практической конференции «Бородинские чтения», посвященной 90-летию академика РАН Ю.И. Бородина (Новосибирск, 2022); Всероссийской научной конференции «Инновационные технологии в исследованиях, диагностике и преподавании» (СПб, 2022), Всероссийской конференции «Современная нейробиология: фундаментальные исследования и практические аспекты», посвященной памяти профессора Л.Б.Калимуллиной (Уфа, 2022); Всероссийской научной конференции с международным участием «Однораловские морфологические чтения» (Воронеж, 2022); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Морфологические школы сегодня», посвященной 110-летию со дня рождения академика РАМН В.В.Куприянова (Москва, 2022); Всероссийской научной конференции «Гистогенез, реактивность и регенерация тканей» (СПб, 2021), Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора А.К. Косоурова (СПб, 2021); Научной конференции «Научное наследие российских морфологических школ», посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.М.Иосифова (Воронеж, 2020), Научной конференции «Современные проблемы морфологии», посвященной памяти академика РАН, профессора Л.Л.Колесникова (Москва, 2020).

Личное участие автора. Личный вклад автора состоит в подборе тематических информационных источников, анализе и обобщении материалов исследования. Автором лично проведены обработка и интерпретация данных исследования, а также подготовка основных публикаций по диссертации. Автор вел всю необходимую документацию, готовил статьи к публикации и выступал с докладами на конференциях. Гистологические, морфометрические и стереометрические исследования, а также микрофотографирование и монтаж цифровых изображений выполнены лично автором. Также автор использовал в своей работе часть коллекции гистологических препаратов ТРО детей в возрасте от рождения до 12 мес (60 шт.), предоставленной кафедре

анатомии человека РУДН Институтом возрастной физиологии РАО в рамках Договора о научном сотрудничестве от 15.04.2021г. По его результатам была опубликована научная статья с указанием принадлежности использованных препаратов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 23 работы, из них в журналах, входящих в Международные базы данных и Перечень ВАК РФ - 9 работ (ИФ РИНЦ от 4,673 до 0,246; K1 - 2, K2 - 2), в том числе Scopus – 1, RSCI – 1, WoS (Emerging sources citation index, h₁₀-индекс 34) – 3.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 194 страницах машинописного текста, включая введение и 4 главы: обзор литературы, материал и методы исследования, результаты собственных исследований, обсуждение, а также выводы, практические рекомендации, список цитируемой литературы, состоящий из 338 источников, из них 85 отечественных и 253 зарубежных публикаций, и 1 приложение. Работа иллюстрирована 11 таблицами и 42 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования. Материалом послужили левые полушария детей мужского пола (105 наблюдений) и женского пола (6 наблюдений) в возрасте от рождения до 12 лет. Основную группу составили практически здоровые люди, погибшие насильственной смертью без повреждений головного мозга. Секционный материал был собран в судебно-медицинских моргах отделов № 2 и 4 Бюро судебно-медицинской экспертизы Московской области, а также в прозектурах Морозовской детской ГКБ и Городской детской КБ № 13 им. Н.Ф.Филатова г. Москвы. Сбор биоматериала производился в Институте возрастной физиологии РАО, разрешен этической комиссией института (решение № 4 от 15 февраля 1996 года) и предоставлен для исследования по договору о научном сотрудничестве от 15.04.2021 г. Материал от новорожденных и лиц грудного возраста группировали в месячных интервалах, а от лиц в возрасте от 1 года до 12 лет - в годовых интервалах (табл. 1).

При выборе участков ЗАК для исследования руководствовались топографическими ориентирами и описанием цитоархитектоники конкретной корковой зоны, приведенными в Атласе цитоархитектоники коры большого мозга человека (Атлас цитоархитектоники..., 1955), а также Атласом коннектома мозга человека (Rolls E.T. et al., 2022).

Распределение материала по возрасту и полу

Возрастная группа*	Возраст	Число левых полушарий большого мозга	
		мальчики	девочки
Новорожденные	От 1 до 10 дней	7	1
Грудной возраст	От 11 дней до 11,5 месяцев	32	4
	1 год	3	
	2 года	7	
Раннее детство	3 года	6	
	4 года	3	1
	5 лет	3	
Первое детство	6 лет	8	
	7 лет	5	
	8 лет	5	
	9 лет	6	
Второе детство	10 лет	7	
	11 лет	7	
	12 лет	6	
	Всего:	105	6

Примечание: * - возрастные группы сформированы в соответствии со схемой возрастной периодизации Академии педагогических наук СССР (Москва, 1966) (Цит. по: Физиология развития ребенка..., 2010).

Отбор фрагментов коры большого мозга также определялся их функциональной значимостью и производился в подполе 37ас (зона МТ – зрительно-пространственное восприятие движущихся объектов), подполе 37а (зона FFC – опознание лица, невербальная коммуникация, различение графем), подполе 37d (зоны VMV1+VMV2 – распознавание сложных визуальных объектов, кодирование рабочей памяти, реализация наглядно-действенного мышления) височно-теменно-затылочной подобласти и в поле 19 (зона LO3 – интеграция информации дорсального и вентрального зрительных потоков) затылочной области коры. Все фрагменты коры для изучения выбирали на плоской поверхности извилины в ее апикальной части (рис. 1).

Гистологические методики. После фиксации в 10% нейтральном формалине из отобранных фрагментов ткани мозга изготавливали парафиновые срезы толщиной 10 мкм и окрашивали крезильным фиолетовым по Нисслю (Ромейс Б., 1954), а также импрегнировали нитратом серебра методом Петерса в модификации Антоновой А.М. и

соавт. (1973) с последующей докраской клеток по Нисслю. Нейроны и глиальные клетки выявляли в соответствии с протоколами для их различения, предложенными М.Á.García-Cabezas et al. (2016).

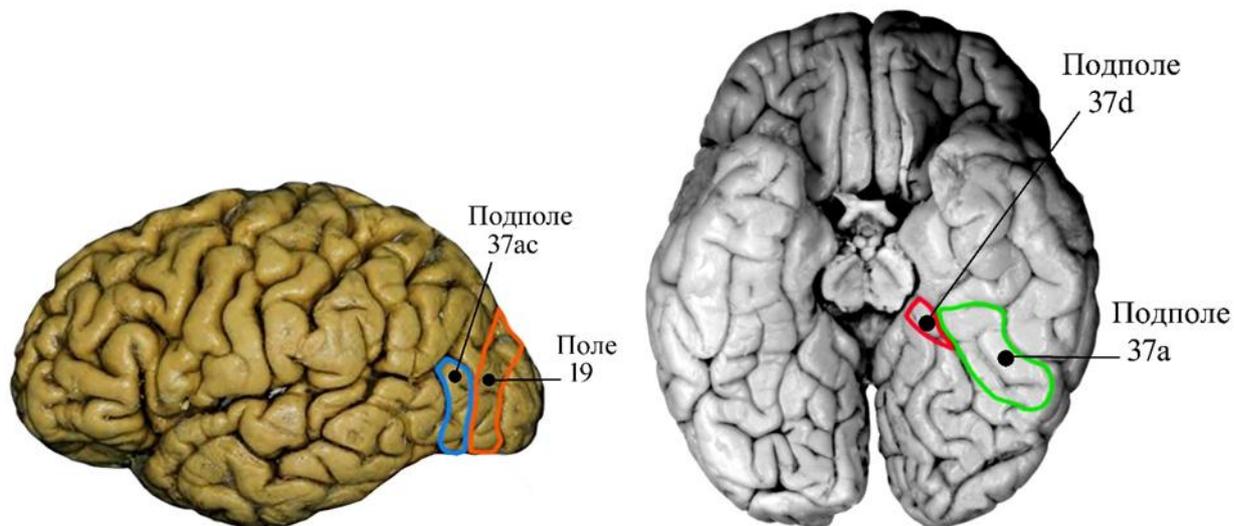


Рис. 1. Схема отбора фрагментов задней ассоциативной коры для гистологического анализа: линии – границы цитоархитектонических подполей 37ac, 37a, 37d и поля 19; точки – места отбора нервной ткани.

Часть материала импрегнировали нитратом серебра по методу Гольджи в модификации Антоновой А.М. (1967) и изготавливали целлоидиновые срезы толщиной 100 мкм. Компьютерную визуализацию гистологических препаратов и их фотографирование производили с использованием микроскопов Биолам-15 ЛОМО (Россия), Olimpus bx41 (Япония) и Optika B-810/B-1000 (Италия), а также видеокамер UCMOS01300KPA (Altami, Россия) и C-P5GS (Италия) с применением технологий Altami VideoKit 3.5 (Россия), а также Image Tools (National Institutes of Health, USA, GNU General Public License версии 2.0) и ImageJ 1.46r (Schneider C. et al., 2012).

Морфометрия и методы математической обработки результатов. На виртуальных изображениях гистологических препаратов измеряли толщину коры (T_k) и цитоархитектонических слоев, толщину радиарных пучков волокон (T_p) и расстояние между ними (P_p), площадь профильных полей пирамидных нейронов ($S_{пн}$) в слоях III и V, для чего применяли алгоритмы программ Altami Studio 3.5.0 (Россия) и ImageExpert™ Gauge (NEXSYS, Россия, госреестр № 46532-11). Удельные объемы (УО) нейронов, волокон, глиоцитов и внутрикорковых кровеносных микрососудов в слоях III и V коры в различных возрастах определяли с помощью стереологического метода (Стефанов С.Б. и соавт., 1989) в его модификации для виртуальных изображений. С помощью

пакета SigmaPlot\SPW14 (SYSTAT Software, USA) для изучаемых показателей вычисляли среднюю (M) и стандартную ошибку средней (m) при $p\text{-value} \leq 0,05$. Нормальность распределения вариационных рядов проверяли на основе теста Шапиро-Уилка. Различия между среднегрупповыми показателями выявляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с определением F-критерия при $\alpha = 0,01$ и $p\text{-value} \leq 0,05$, а также теста Тьюки-Крамера.

Морфокинетический синтез. На заключительном этапе работы для получения интегральной характеристики структурных преобразований задней ассоциативной коры в процессе постнатального развития у детей был использован метод морфокинетического синтеза по С.Б.Стефанову и соавт. (1974, 1989), позволяющий получить объективные критерии для выделения возрастных этапов ее развития.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Возрастные изменения толщины коры и слоев. У младенцев в подполе 37ас и поле 19 на латеральной поверхности височной и затылочной долей толщина коры увеличивалась к 3, 6 и 9 мес, в подполях 37а и 37d на нижнемедиальной и медиальной поверхностях височной доли соответственно – к 5 и 12 мес. Различия между корковыми зонами по толщине коры оказались значимыми у детей в возрасте 3 мес, а также от 5 до 7 мес и в 9 мес. По темпам нарастания толщины коры у детей от 3 до 9 мес поле 19 заметно опережало подполя ТРО (рис.2, А). У детей в возрасте 1-2 лет в поле 19 толщина коры была больше по сравнению с подполями 37а и 37d, а у детей 3 лет – больше по сравнению со всеми подполями ТРО. Нарастание коры в толщину выявлено в поле 19 затылочной области к 4 годам, к 6 годам – в подполе 37а, к 7 годам – в подполях 37ас и 37d ТРО. По отношению к показателям детей в возрасте 12 мес наибольший прирост толщины коры наблюдался в подполе 37d (в среднем на 22,3%), наименьший – в поле 19 (на 8,6%), а в подполях 37ас и 37а прирост толщины коры составлял соответственно 12,3% и 14,9% (рис. 2, Б).

У детей первого года жизни толщина слоя III нарастала быстрее коркового поперечника в подполях 37ас и 37d – к 2 и 5-6 мес, а в подполе 37а и поле 19 – к 3 и 8-9 мес. Темпы роста слоя V в толщину были почти в 1,5-1,8 раза ниже по сравнению со слоем III. Его значимый прирост происходил в подполе 37ас в течение первых 2-х мес,

в подполях 37a и 37d – к 4-5 и 7-8 мес. В поле 19 прирост толщины слоя V осуществлялся интенсивнее и происходил на протяжении всего первого года жизни – к 1, 4, 9 и 11 мес.

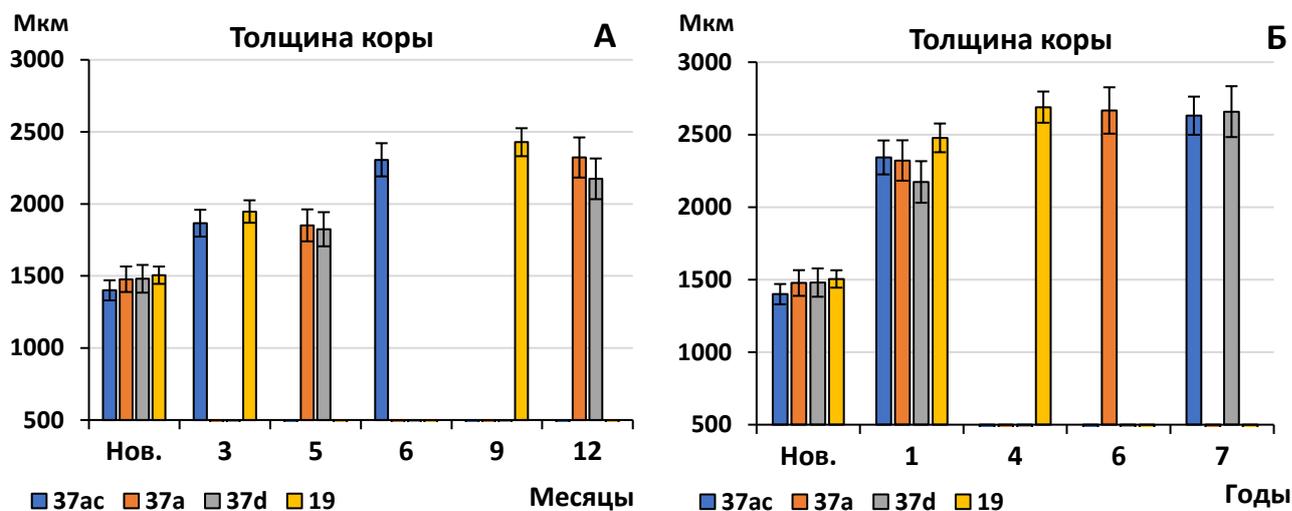


Рис. 2. Изменение толщины задней ассоциативной коры в подполях 37ac, 37a и 37d, а также в поле 19 у детей в возрасте: А – от рождения до 12 мес; Б – от рождения до 12 лет. Здесь и рис. 3: Нов. – новорожденные. Вертикальные отрезки – доверительный интервал при $p < 0,05$.

У детей старше 12 мес увеличение коркового поперечника происходило, в основном, за счет слоя III, темпы роста которого во всех корковых зонах были различными, но более высокими, чем коры в целом. Наибольший прирост отмечался в подполе 37a (на 26,2%), наименьший – в подполе 37ac (на 19,2%), в подполе 37d и поле 19 – соответственно на 20,7% и 21,0% по сравнению детьми 12 мес. На возрастном промежутке от 4 до 7 лет нарастание слоя V, в отличие от слоя III, отмечалось только в подполе 37a, которое продолжалось до 6 лет (рис. 3).

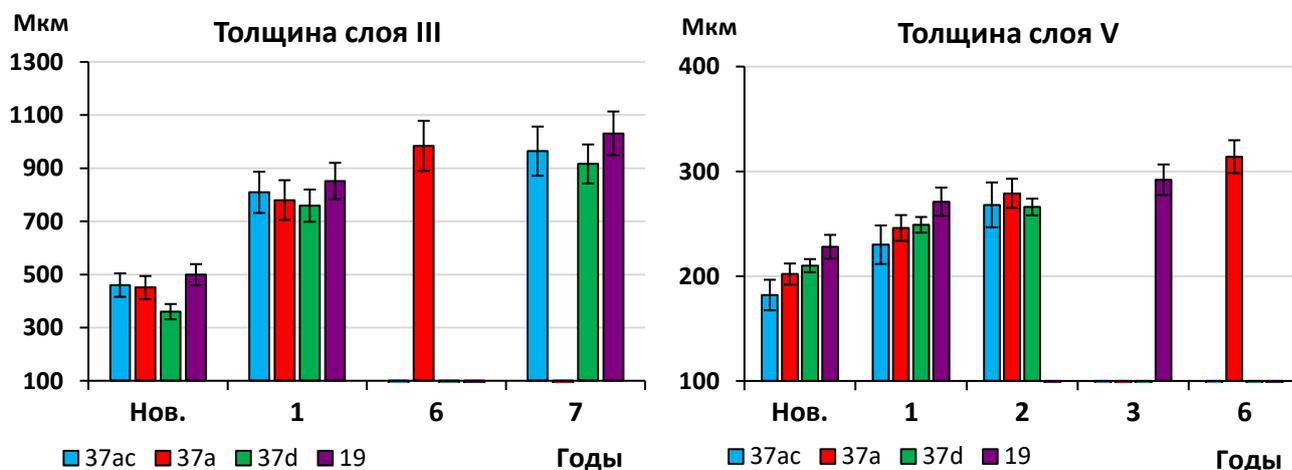


Рис. 3. Изменение толщины слоев III и V задней ассоциативной коры в подполях 37ac, 37a и 37d, а также в поле 19 у детей в возрасте от рождения до 12 лет.

В то же время во всех остальных корковых зонах к 6 годам наблюдался значимый прирост толщины слоя VI. Таким образом, нарастание ЗАК в толщину от 4 до 7 лет происходило, в основном за счет слоя III и в меньшей степени – благодаря нарастанию толщины слоев V и VI. От 8 до 12 лет у детей толщина коры и ее наиболее значимых слоев III и V не изменялась, различия по толщине коры между исследованными зонами ЗАК сглаживались. Уменьшения с возрастом среднегрупповых показателей толщины коры в подполях ТРО и в поле 19 не отмечалось.

Возрастные изменения цито- и фиброархитектоники. Во всех слоях в коре у новорожденных нейроны отличались незрелостью формы, относились к мелкоклеточным размерным классам и имели в большинстве своем слабое развитие дендритных арборизаций. Наиболее дифференцированные нейроны пирамидной формы с закругленным основанием наблюдались в слое V и прилежащем к нему слое VI. Среднегрупповые показатели S_{пн} в ТПО новорожденных варьировали от $70,8 \pm 2,4$ мкм² в подполе 37a до $86,1 \pm 2,3$ мкм² в подполе 37d и не имели статистически значимых различий. В поле 19 коры наблюдались особенно мелкие нейроны размером $41,8 \pm 1,4$ мкм². У младенцев значимые приросты S_{пн} в слое III происходили в 3, 4-5 и 8-9 мес, а в подполе 37d и поле 19 – и в 12 мес, что в основном совпадает по срокам с нарастанием поперечника слоя III и толщины коры в целом (рис. 4). При этом в подполях 37ас и 37а, а также в поле 19 рост нейронов был интенсивнее, чем в слое V.

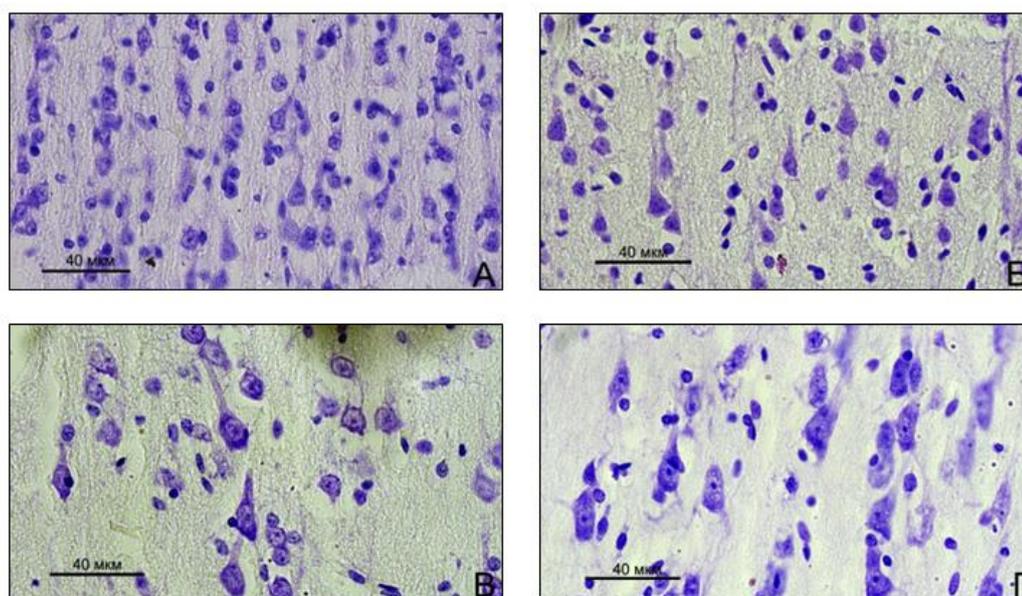


Рис. 4. Пирамидные нейроны в слое III подполя 37ас височно-теменно-затылочной подобласти коры большого мозга у мальчиков первого года жизни: А – новорожденный, Б – 3 мес, В – 5 мес, Г – 12 мес.

Окраска крезиловым фиолетовым по Нислю. Ув.20x10.

В слое III Спн значительно нарастала к 3 годам в подполях 37а, 37d ТРО и поле 19, к 7 годам - в подполе 37ас, к 8 годам – в подполе 37а, к 10 годам – в поле 19. В слое V Спн увеличивалась к 3 годам в поле 19, к 6 годам - в подполе 37ас, к 7 годам – в подполях 37а и 37d, к 8 годам - в поле 19. После 10 лет наблюдалась стабилизация Спн в слоях III и V всех исследованных зон коры. К 12 годам Спн в слое III составила в 37ас $294,5 \pm 15,3$ мкм², в 37а - $277,4 \pm 7,4$ мкм², в 37d - $278,7 \pm 10,0$ мкм² и в поле 19 – $291,7 \pm 13,8$ мкм². В процессе нарастания среднегрупповых размеров пирамидных нейронов в слоях III и V происходило снижение относительного содержания сверхмалых и малых нейронов и увеличение содержания средне- и крупноклеточного размерных классов (рис. 5).

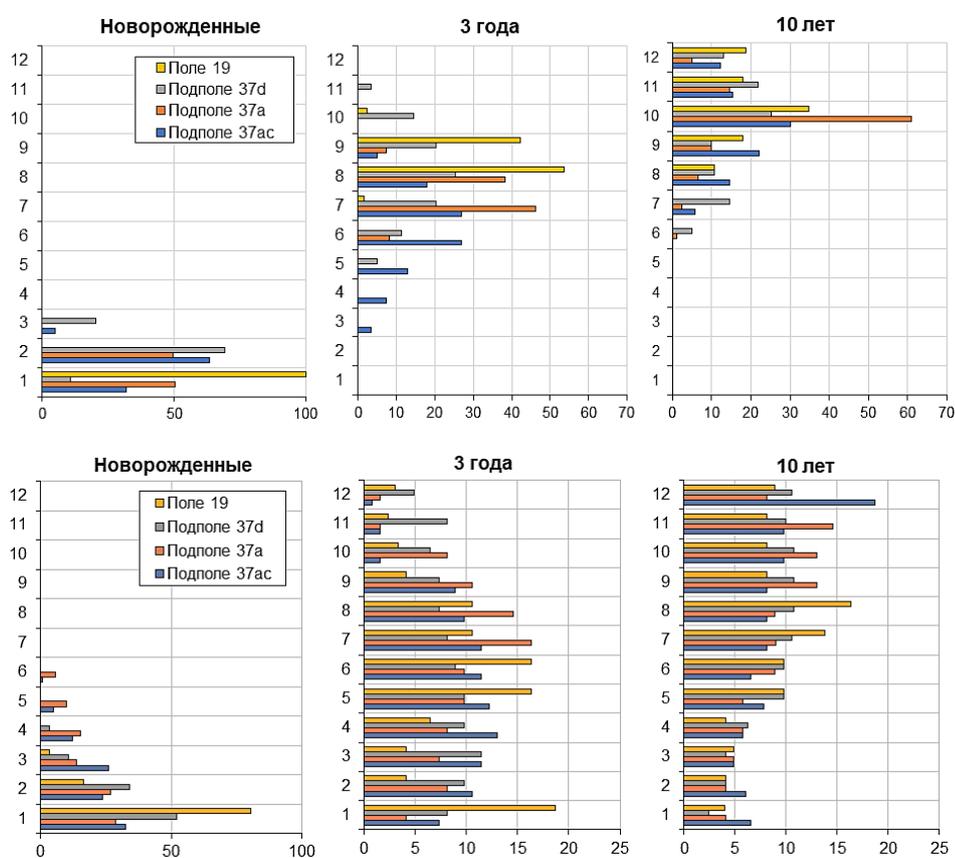


Рис. 5. Возрастные изменения относительного содержания пирамидных нейронов разных размерных классов в слое III (вверху) и слое V (внизу) задней ассоциативной области коры большого мозга у новорожденных, а также у детей 3 и 10 лет.

По оси абсцисс – относительное содержание пирамидных нейронов размерного класса (в %). По оси ординат – размерные классы площадей профильных полей пирамидных нейронов: 1 – до 70 мкм², 2 – от 70,1 до 95 мкм², 3 – от 95,1 до 120 мкм², 4 – от 120,1 до 145 мкм², 5 – от 145,1 до 170 мкм², 6 - от 170,1 до 195 мкм², 7 – от 195,1 до 220 мкм², 8 – от 220,1 до 245 мкм², 9 – от 245,1 до 270 мкм², 10 – от 270,1 до 295 мкм², 11 – от 295,1 до 320 мкм², 12 – более 320,1 мкм².

Во всех исследованных корковых зонах у детей от 5-6 мес до 6-7 лет наблюдалась интенсивная типизация формы пирамидных нейронов, оформлялись вертикальные дендритные пучки. В слоях II-V происходило нарастание размеров интернейронов разных типов, увеличение длины и числа их дендритных ветвлений.

Начиная с конца 1 мес, и особенно в 3-5 мес, во всех корковых зонах задней ассоциативной коры начинали формироваться компактные пучки внутрикорковых радиарных волокон (рис. 6).

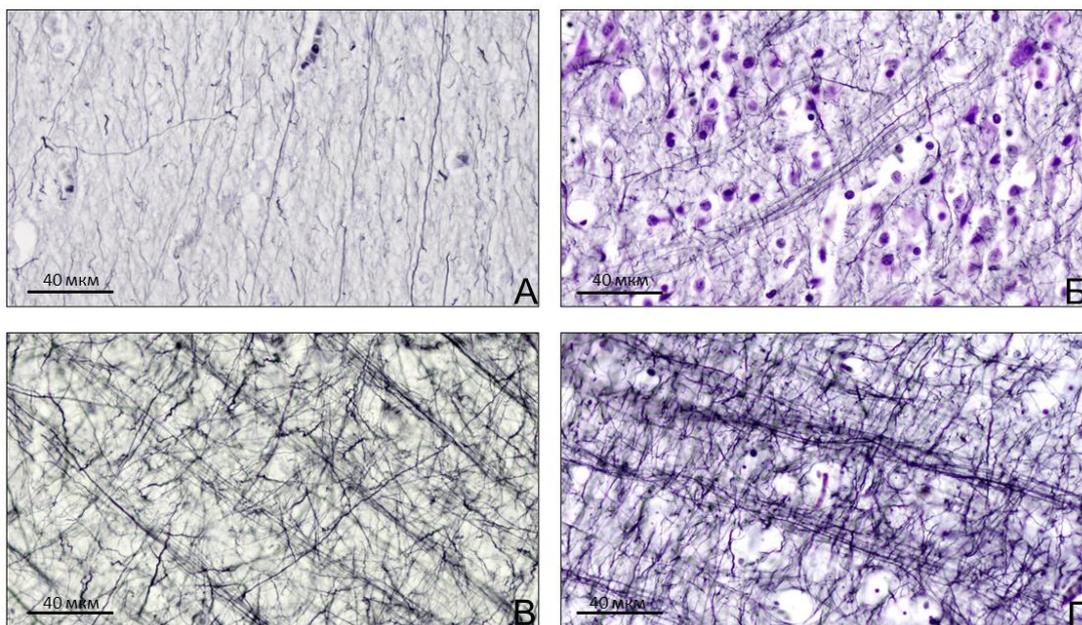


Рис. 6. Фиброархитектоника слоя V в подполе 37ac височно-теменно-затылочной подобласти коры большого мозга детей в возрасте: А – 5 мес; Б – 5 лет; В – 9 лет; Г – 11 лет. Импрегнация азотнокислым серебром по Петерсу. Ув. 20x10.

В ТРО детей 12 мес толщина пучков радиарных волокон в подслое V1 не имела значимых различий между подполями поля 37 и составляла в подполе 37ac $3,6 \pm 0,3$ мкм, в подполе 37a - $2,8 \pm 0,2$ мкм, в подполе 37d - $3,0 \pm 0,3$ мкм. В поле 19 к концу первого года жизни толщина радиарных пучков составляла на срезе в среднем $6,1 \pm 0,2$ мкм. Расстояние между пучками у детей 12 мес в исследованных зонах задней ассоциативной коры не имело значимых различий и составляло в подполе 37ac $22,8 \pm 1,3$ мкм, в подполе 37a - $19,1 \pm 1,1$ мкм, в подполе 37d - $18,4 \pm 1,1$ мкм, в поле 19 - $20,6 \pm 1,2$ мкм.

На возрастном промежутке от 1 до 12 лет Тп значительно увеличивалась во всех подполях ТРО в 4 этапа. В 37ac Тп нарастала по среднегрупповым показателям к 3 годам в 1,4 раза, к 5 годам в 1,8 раза, к 7 годам в 2,3 раза и к 12 годам в 2,9 раза по сравнению с детьми 12 мес. В 37a Тп увеличивалась к 3 годам в 1,5 раза, к 5 годам в 2,0 раза, к 6

годам в 2,7 раза и к 10 годам в 3,6 раза. В 37d Тп нарастала к 3 годам в 1,8 раза, к 5 годам в 2,4 раза, к 7 годам в 3,0 раза и к 12 годам в 3,7 раза. В поле 19 затылочной области коры Тп нарастала в 3 этапа: к 2 годам в 1,3 раза, к 6 годам в 1,6 и к 12 годам в 1,9 раза по сравнению с детьми в возрасте 12 мес. Увеличение толщины пучков радиарных волокон в подполе 37ас на латеральной поверхности височной доли в подполе 37d на ее медиальной поверхности происходило синхронно и продолжалось до 12 лет. нарастание Рп происходило параллельно с ростом толщины самих пучков и не имело значимых количественных различий между изученными корковыми зонами. К 12 годам Рп составляло в подполе 37ас $42,0 \pm 4,6$ мкм, в подполе 37а - $41,8 \pm 3,6$ мкм, в подполе 37d - $39,3 \pm 4,4$ мкм, в поле 19 - $40,8 \pm 4,1$ мкм.

Возрастные изменения удельных объемов микроструктурных компонентов.

В процессе постнатального онтогенеза УО микроструктурных компонентов в разных зонах ЗАК и в ее слоях III и V изменяются гетерохронно, но с одинаковой направленностью. Нарастание УО волокон (в основном, до 8-11 лет) происходит за счет уменьшения УО нейронов (преимущественно до 5-6 лет) и УО кровеносных сосудов. Постепенное уменьшение удельных объемов внутрикорковых сосудов сопровождается нарастанием удельного объема глиоцитов (рис. 7). Магистрализация микрососудистого русла, компенсаторное нарастание глиального компонента, снижение удельного объема нейронов, и значительное нарастание относительного содержания внутрикорковых волокон в каждом из подполей ТРО и поле 19 затылочной области коры отличались по срокам и интенсивности изменений, что, вероятно, связано с дальнейшей функциональной специализацией корковых зон и адаптацией к функциональным нагрузкам по мере роста и развития мозга ребенка (Ишунина Т.А., Боголепова И.Н. и соавт., 2020).

Этапы постнатальных структурных преобразований задней ассоциативной коры у детей по данным морфокинетического синтеза. Биометрическая методика морфокинетического синтеза (Стефанов С.Б. и соавт., 1974, 1989) позволяет провести комплексное обобщение результатов измерений количественных параметров, характеризующих динамику изменений различных признаков биологического объекта через определенные промежутки времени.

Методика морфокинетического синтеза позволяет определить значимые временные точки комплексных изменений макро- и микроструктурной организации

задней ассоциативной коры у детей в процессе постнатального развития и тем самым выявить временные границы этапов ее системных морфофункциональных преобразований на основе объективных количественных критериев (Козлов В.И. и соавт., 2006).

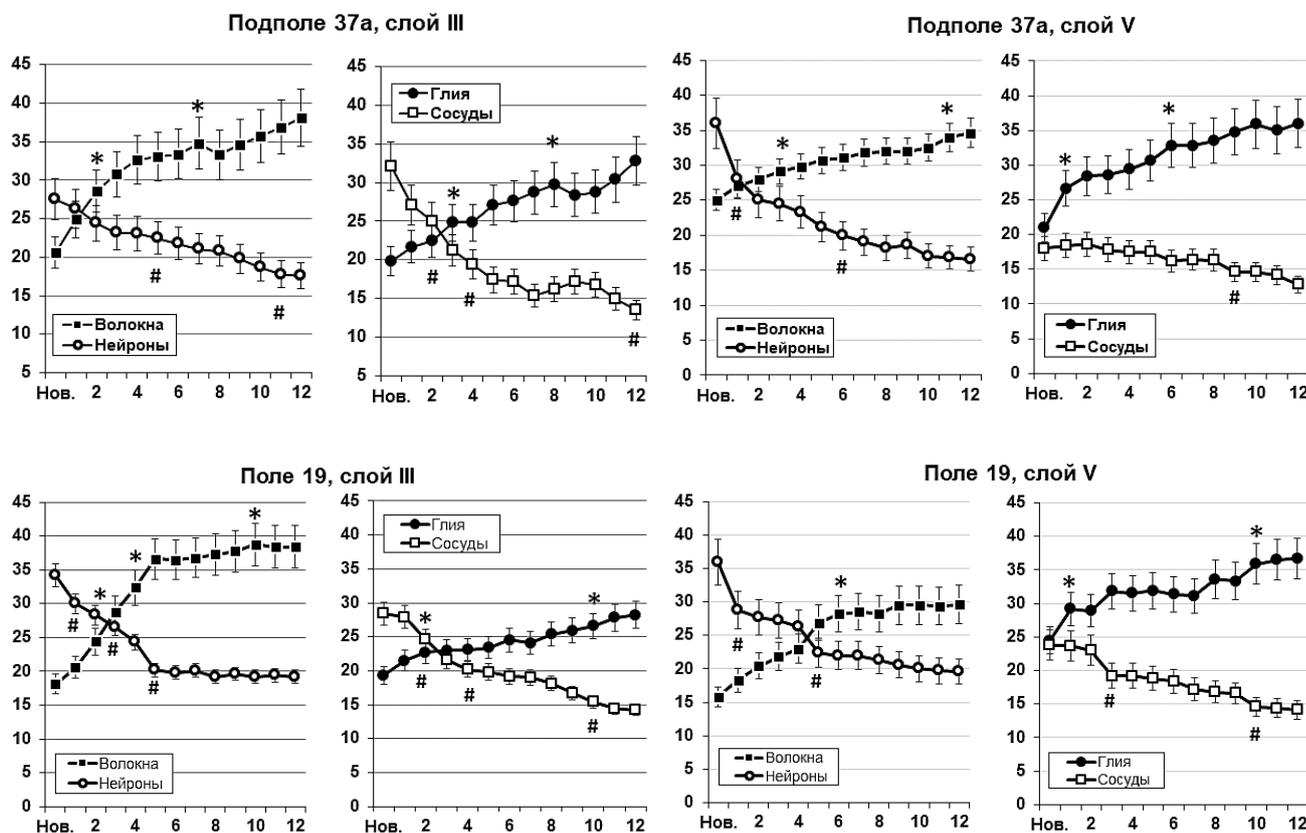


Рис. 7. Возрастные изменения удельных объемов нейронов, внутрикорковых волокон, кровеносных сосудов и глиоцитов в III и V слоях задней ассоциативной коры на примере относительного содержания микроструктурных компонентов в подполе 37а и поле 19 неокортекса у детей от рождения 12 лет.

По оси абсцисс – возраст в годах, по оси ординат – удельные объемы в %, вертикальные отрезки – доверительный интервал при $p < 0,05$; *,# - изменения значимы по сравнению с новорожденными или значимыми изменениями в предыдущей возрастной группе.

Значимым интегральным параметром морфокинетического синтеза является коэффициент когерентности (Ког, или коэффициент связи по С.Б.Стефанову) всей совокупности морфометрических показателей, рассчитанный для задней ассоциативной коры по результатам тотального сравнения 780 показателей.

Как показало изучение интегральной характеристики, отражающей возрастную динамику изменения коэффициента связи всей совокупности морфометрических показателей, постнатальное формирование структурной организации задней ассоциативной коры проходит в 4 этапа, отличающихся между собой по интенсивности и характеру микроструктурных постнатальных преобразований. В постнатальном онтогенезе для задней ассоциативной коры большого мозга детей в возрасте от рождения до 12 лет можно выделить 4 этапа ее морфофункционального развития, значительно отличающихся по комплексу количественных показателей: I – от рождения до 3 лет, II – от 4 до 5 лет, III – от 6 до 7 лет и IV - от 8 до 12 лет (рис. 8).

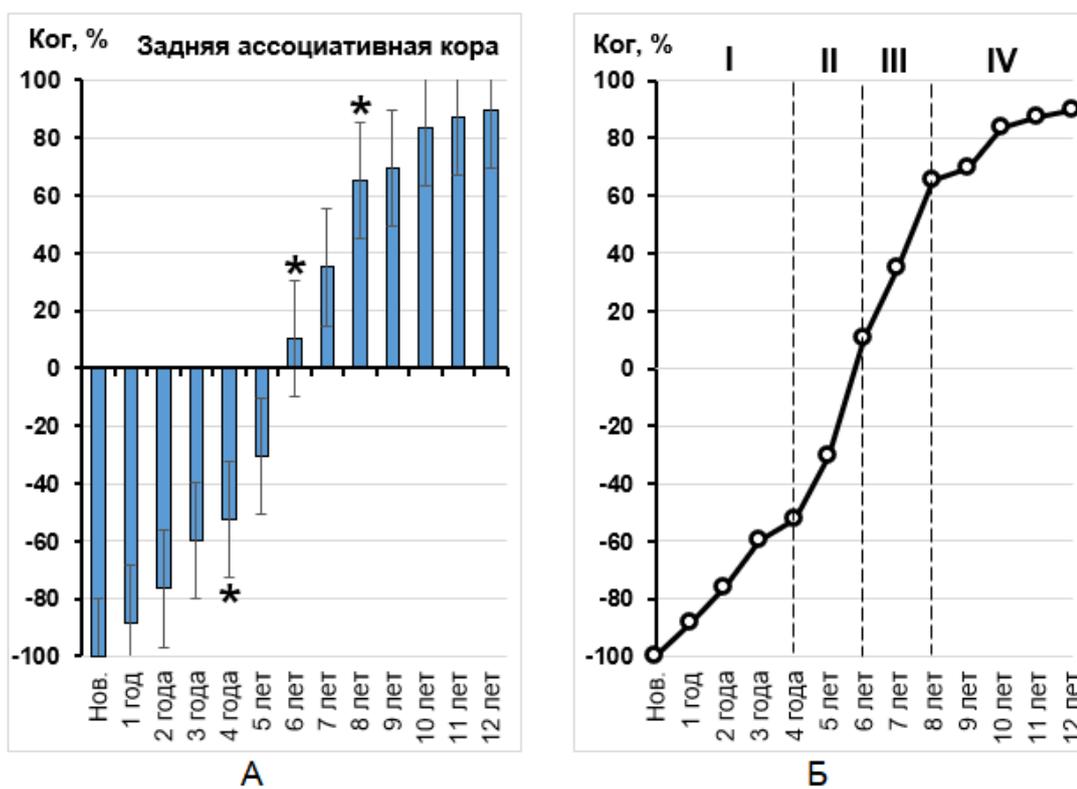


Рис. 8. Изменение интегрального коэффициента когерентности (Ког) всей совокупности морфометрических показателей (признаков) структурной организации задней ассоциативной коры большого мозга в постнатальном онтогенезе.

Примечание. А: Нов. – новорожденные, * - значимые различия при уровне значимости $P=95\%$ ($p<0,05$), вертикальные отрезки – доверительный интервал не менее 30% (С.Б.Стефанов и соавт., 1988). Б: римские цифры – этапы возрастных преобразований, вертикальные пунктирные линии – границы возрастных этапов.

На I этапе реализуются процессы роста и дифференцировки макро- и микроструктур, доминируют системные связи по вертикали; структурные изменения

протекают, в основном, синхронно, высокими темпами и с большой интенсивностью. На II этапе продолжают процессы роста и дифференцировки микроструктурных компонентов цито- и фиброархитектоники, более четко выявляется региональная морфофункциональная специализация в развитии подполей поля 37 и поля 19 ЗАК; структурные преобразования в разных зонах коры носят преимущественно асинхронный характер и происходят разными темпами и с разной интенсивностью. На III этапе продолжается дифференцировка микроструктур, но преобладают процессы специализации на локальном и региональном уровнях, интенсивно формируются гибкие (вероятностные) внутрикорковые связи по горизонтали; детерминировано поливариантное развитие и гетерохронный характер структурных изменений коры. На IV этапе доминирует специализация как на микроструктурном, так и на региональном уровнях, преобладают вероятностные системные связи, обеспечивающие широкий спектр участия в специализированных нейросетях; микроструктурные изменения постепенно стабилизируются.

ВЫВОДЫ

1. В период от рождения до 12 лет структурные преобразования в различных зонах задней ассоциативной коры большого мозга детей осуществляются неидентично по срокам, темпам роста и тканевой дифференцировки:

а) в течение первого года жизни наиболее значимые изменения толщины коры происходят в подполе 37ас и поле 19 к 3, 6 и 9 мес, в подполях 37а и 37d – к 5 и 12 мес;

б) у детей старше 12 мес нарастание коры в толщину осуществляется в среднем до 4 лет - в поле 19, до 6 лет – в подполе 37а, до 7 лет – в подполях 37ас и 37d;

в) рост коры в толщину происходит во всех слоях и подслоях и в разные сроки, но главным образом за счет слоя III до 6-7 лет и слоя V - до 2-3 лет.

2. Увеличение площади профильных полей пирамидных нейронов в слоях III и V происходит к концу 1 года жизни ребенка, в 3 года, а также на возрастном промежутке от 7 до 10 лет (слой III) и от 6 до 8 лет (слой V). Нарастание размеров пирамидных нейронов по среднегрупповым показателям осуществляется в подполе 37ас до 6-7 лет, в подполе 37а – до 7-8 лет, в подполе 37d – до 3-7 лет и в поле 19 – до 8-10 лет.

3. Состав размерных классов пирамидных нейронов задней ассоциативной коры в процессе постнатального онтогенеза нарастает, но отличается в слоях III и V:

а) в слое III у новорожденных все пирамидные нейроны относятся к сверхмалым и малым клеткам (до 145 мкм²); к 3 годам от 55,3 до 92,6% составляют нейроны среднего размера (от 145,1 до 245 мкм²); к 10-12 годам от 38,2 до 44,7% - нейроны крупноклеточных классов (от 245,1 до 320,1 мкм² и более);

б) в слое V у новорожденных все пирамидные нейроны относятся к сверхмалым, малым, а в подполях 37ас и 37а до 15,5% - к средним размерным классам; к 3 годам – ко всем размерным классам, в том числе до 26,8 % – к крупным и сверхкрупным клеткам; к 10-12 годам содержание крупноклеточных классов составляет от 33,0 до 48,7%.

4. Нарастание толщины пучков радиарных волокон в задней ассоциативной коре продолжается до 12 лет, расстояние между радиарными пучками увеличивается в разных корковых зонах до 6-7 лет. Возрастные изменения фиброархитектоники задней ассоциативной коры (увеличение порядков ветвлений дендритов нейронов, усложнение композиции и протяженности дендритных пучков, формирование асимметричных базальных и боковых дендритных букетов пирамидных нейронов) наиболее интенсивно осуществляется до 6-7 лет, но продолжается вплоть до 12 лет.

5. В процессе постнатального онтогенеза у детей удельные объемы микроструктурных компонентов в слоях III и V разных зон задней ассоциативной коры изменяются гетерохронно, но с одинаковой направленностью: нарастание удельного объема волокон до 8-11 лет происходит за счет уменьшения удельного объема нейронов (преимущественно до 5-6 лет) и удельного объема кровеносных сосудов. Постепенное уменьшение удельных объемов внутрикорковых сосудов сопровождается нарастанием удельного объема глиоцитов.

6. В постнатальном онтогенезе для задней ассоциативной коры большого мозга детей в возрасте от рождения до 12 лет можно выделить 4 этапа морфофункционального развития, значимо отличающихся по комплексу количественных показателей: I – от рождения до 3 лет, II – от 4 до 5 лет, III – от 6 до 7 лет и IV - от 8 до 12 лет.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для обеспечения необходимого соответствия внешних воздействий и требований, предъявляемых типично развивающемуся ребенку при оценке его интеллектуального статуса (уровня развития базовых когнитивных процессов и социальной адаптации), педиатрам, детским психиатрам, врачам-неврологам, врачам общей практики, а также врачам других специальностей, работающим с детьми, необходимо принимать во внимание этапы морфофункционального развития задней ассоциативной коры, обеспечивающей интеграцию мультимодальной сенсорной информации, и особенности функций мозга, реализуемых с ее участием на каждом этапе развития.

Следует учитывать, что у типично развивающихся детей на этапе раннего детства от рождения до 3 лет структурные изменения задней ассоциативной коры протекают с большой интенсивностью и характеризуются высокой пластичностью в ответ на любые информационные и внешнесредовые воздействия, что имеет большое значение для освоения речи, а также для психоэмоционального развития ребенка. На этапе от 4 до 5 лет уровень морфофункционального развития заднеассоциативных корковых формаций позволяет формировать интеллектуальные предпочтения и интересы ребенка в зависимости от условий жизни и информационных воздействий. С началом систематического обучения в школе на фоне поливариантного морфофункционального развития задней ассоциативной коры у детей 6-7 лет могут проявляться особенности, связанные с трудностями сенсорного восприятия в обучении, нуждающиеся в своевременных коррекционных воздействиях. Наконец, на этапе от 8 до 12 лет у типично развивающихся детей структурно-функциональная зрелость задней ассоциативной коры позволяет эффективно осуществлять мультисенсорную интеграцию информации и включаться в различные нейросети, обеспечивающие когнитивные процессы широкого спектра, что создает благоприятные условия для различных форм систематического обучения при соблюдении санитарно-гигиенических норм организации учебного процесса, дозирования учебных нагрузок и адекватного медицинского сопровождения жизнедеятельности ребенка.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Омар С., Обухов Д.К., Цехмистренко Т.А.** Структурные преобразования задней ассоциативной коры большого мозга мальчиков от рождения до 12 лет // Мат-лы V Санкт-Петербургского симпозиума по морфологии, биохимии, нормальной и патологической физиологии ребенка, посвященного 135-летию со дня рождения К.В.Ромодановского в рамках конгресса «Здоровые дети – будущее страны». – СПб: СПбГПМУ, 2024. С. 150-152. (РИНЦ).
2. **Омар С., Цехмистренко Т.А., Козлов В.И., Обухов Д.К.** Особенности морфофункционального развития заднеассоциативных зон неокортекса человека на первом году жизни // Мат-лы международной научно-практической конференции «Достижения современной морфологии», приуроченной к 95-летию профессора П.И.Лобко. – Минск: БГМУ, 2024. С. 85-89 (РИНЦ).
3. **Цехмистренко Т.А., Обухов Д.К., Омар С.** Возрастные изменения микроструктурной организации задней ассоциативной коры большого мозга человека от рождения до 12 лет // *Морфология*. 2023. Том 161, № 1. С. 5-17. DOI: <https://doi.org/10.17816/morph.562844> (Перечень ВАК - K1; RSCI; рейтинг Science Index - 5,332; РИНЦ - ИФ 4,673).
4. **Цехмистренко Т.А., Омар С., Обухов Д.К., Козлов В.И., Галейся Е.Н., Гурова О.А., Кучук А.В., Митрофанова Е.С.** Структурные преобразования слоя V задней ассоциативной коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе // *Морфологические ведомости*. 2023. Т. 31, вып 4. С. 7-17 (Перечень ВАК - K2, РИНЦ, ИФ РИНЦ - 0,425).
5. **Kakhovskaya T., Omar S.** Morphometric analysis of changes in cytoarchitectonics of the temporo-parieto-occipital (ТРО) subregion of the cortex in children from birth to 12 years // *ORVOSKÉPZÉS*. 2023. Vol. 1. P.38. (Scopus, Q-free).
6. **Цехмистренко Т.А., Омар С., Обухов Д.К.** Возрастные структурные преобразования ассоциативных корковых зон большого мозга человека, участвующих в зрительном опознании лица // Актуальные проблемы морфологии на современном этапе: сборник научных статей, посвященный 85-летию С.П. Ярошевича. – Минск: БГМУ, 2023. С. 539-543. (РИНЦ).
7. **Омар С., Цехмистренко Т.А., Козлов В.И., Гурова О.А., Ключкова С.В., Васильева В.А., Артеменко О.И., Обухов Д.К.** Микроструктурные изменения задней ассоциативной коры большого мозга у детей в течение первого года жизни // *Журнал анатомии и гистопатологии*, 2022. Т. 11, № 3. С. 39-48. DOI:

- 10.18499/2225-7357-2022-11-3-39-48. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49525070> (Перечень ВАК – К1, рейтинг Science Index – 4,121; РИНЦ - ИФ 1,402).
8. Omar S., Tsekhmistrenko T., Vasilyeva V., Astashov V., Obukhov D., Magomedova P. Comparative morphometric analysis of age-related changes in the pyramidal neurons of the human prefrontal and posterior associative cortex from birth to 7 years // Archiv Euromedica. European Scientific Society. 2022. Vol. 12, N 1. P. 11-15. <http://dx.doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/1.3> (WoS, Emerging sources citation index; РИНЦ; h₁₀-индекс 34).
9. Tsekhmistrenko T.A., Kozlov V.I., Vasilyeva V.A., Omar S., Astashov V.V., Obukhov D.K., Chernykh N.A., Azymi M. Stereometric analysis of glial and vascular components in the microstructure of human neocortex regions involved in visual-spatial perception // Archiv Euromedica. European Scientific Society. 2022. Vol. 12. N 3. С. 3-9. <http://dx.doi.org/10.35630/2199-885X/2022/12/3.3> (WoS, Emerging sources citation index; РИНЦ; h₁₀-индекс 34).
10. Омар С., Бородина И.Ю., Мазлоев А.Б., Кучук А.В., Азими М. Возрастные микроструктурные изменения задней ассоциативной коры большого мозга и коры мозжечка детей и подростков по данным стерео- и морфометрического анализа // Естественные и технические науки. 2022, № 1. С. 133-138. (Перечень ВАК – К2; рейтинг Science Index – 3,397; РИНЦ – ИФ 0,246).
11. Омар С., Васильева В.А., Галейся Е. Н., Каховская Т.О., Козлов В.И., Кокорева Т.В., Рыжакин С.М., Цехмистренко Т.А. Изменения фиброархитектоники в височно-теменно-затылочной подобласти коры большого мозга у типично развивающихся детей от рождения до 12 лет // Однораловские морфологические чтения. Мат-лы Всероссийской научной конференции с международным участием / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко" Минздрава России; Научное медицинское общество анатомов, гистологов и эмбриологов России. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2022. – С. 222-226. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49881173> (РИНЦ).
12. Омар С., Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Обухов Д.К. Количественный анализ содержания микроструктурных компонентов в височно-теменно-затылочной подобласти коры большого мозга детей от рождения до 12 лет // В сб.: «Современная нейробиология: фундаментальные исследования и практические аспекты». Мат-лы Всероссийской конференции, посвященной памяти профессора Л.Б.Калимуллиной. – Уфа: Изд-во «Башкирский государственный университет», 2022. С. 203-213. DOI: 10.33184/snfipa-2022-10-19.22. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49570881> (РИНЦ).

13. **Омар С.** Количественный анализ микроструктурных компонентов в V слое задней ассоциативной коры у детей и подростков // Морфологические школы сегодня. Мат-лы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И.Пирогова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2022. С. 281-285 (РИНЦ).
14. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., **Омар С.** Возрастные изменения толщины цитоархитектонических слоев в височно-теменно-затылочной подобласти коры большого мозга у детей от рождения до 12 лет // Вопросы морфологии XXI века. Выпуск 7. Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции «Инновационные технологии в исследованиях, диагностике и преподавании». – СПб: Изд-во ДЕАН, 2022. С.203-209 (РИНЦ).
15. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., **Омар С.**, Мазлоев А.Б., Джавадов Б., Черных Н.А. Морфологические основы формирования интегративных функций мозга у детей от рождения до 6 лет // Мат-лы III Международной научно-практической конференции «Бородинские чтения», посвященной 90-летию академика РАН Ю.И. Бородин. - Новосибирск: ИПЦ НГМУ, 2022. С. 510-517. https://drive.google.com/file/d/14ltPIYftL0jbvEap_51gcmYsOcCm3ltR/view?pli=1 (РИНЦ).
16. Цехмистренко Т.А., Мазлоев А.Б., **Омар С.А.** Возрастные структурные преобразования областей коры большого мозга и мозжечка, участвующих в управлении моторной речью у детей // Нейронаука для медицины и психологии: XVIII Международный междисциплинарный конгресс / Под ред. Е.В.Лосевой и Н.А.Логиновой. – Москва: МАКС Пресс, 2022. С. 372-373. <https://doi.org/10.29003/m2985.sudak.ns2022-18/372-373> (РИНЦ).
17. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Обухов Д.К., **Омар С.**, Рыжакин С.М., Черных Н.А. Морфофункциональные изменения префронтальной и задней ассоциативной коры большого мозга у детей от рождения до 6 лет // Естественные и технические науки. 2021. № 4 (155). С 134-138. DOI: 10.25633/ETN.2021.04.13. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45976689> (Перечень ВАК – К2; рейтинг Science Index – 3,397; РИНЦ – ИФ 0,246).
18. Васильева В.А., **Омар С.**, Цехмистренко Т.А. Возрастные изменения микроструктуры височно-теменно-затылочной подобласти неокортекса у подростков // В сб.: Мат-лы Всероссийской научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения профессора А.К. Косоурова. – Воронеж: Изд-во "Научная книга", 2021. С. 54-57. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45786260> (РИНЦ).

19. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Мазлоев А.Б., **Омар С.** Особенности микроструктурной организации областей коры большого мозга и мозжечка, участвующих в эмоциональном контроле поведения у детей дошкольного и младшего школьного возраста // В сб.: Нейронаука для медицины и психологии: XVII Международный междисциплинарный конгресс / Под ред. Е.В. Лосевой, А.В. Крючковой, Н.А. Логиновой. – Москва: МАКС Пресс, 2021. С. 410-411. <https://doi.org/10.29003/m2390.sudak.ns2021-17/410-411> (РИНЦ).
20. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Обухов Д.К., **Омар С.**, Шумейко Н.С. Микроструктурный стереометрический анализ наружной пирамидной пластинки коры большого мозга детей, подростков и юношей // Вопросы морфологии XXI века. Выпуск 6. Сборник научных трудов Всероссийской научной конференции «Гистогенез, реактивность и регенерация тканей» / Под. ред. И.А.Одинцовой, С.В. Костюкевича. - СПб.: Изд-во ДЕАН, 2021. С. 182-190 (РИНЦ).
21. **Tsekhmistrenko T.A., Mazloev A.B., Chernykh N.A., Vasilyeva V.V., Obukhov D.K., Omar S.** Analysis of age-related changes in the cortical thickness of the human cerebral and cerebellar cortex in areas associated with face recognition // *Archiv Euromedica. European Scientific Society. 2020. Vol. 10, N 3. P. 44-47.* http://ewg-board.eu/archiv-euromedica/archiv-euromedica-03-2020/archiv_euromedica_03_2020_maket_001_141_READY_FOR_WEB_splited_N_EW_article_10.pdf (WoS, Emerging sources citation index; РИНЦ; h₁₀-индекс 34).
22. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Гапкайров В.И., Мазлоев А.Б., **Омар С.**, Павлов Г.В., Хумгаева Х.Р., Шумейко Н.С. Соотношение микроструктурных компонентов внутренней пирамидной пластинки коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе // Научное наследие российских морфологических школ: мат-лы научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.М.Иосифова / ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н.Н.Бурденко; ФГБОУ ВО СибГМУ. - Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2020. С. 141-145. http://nmoage.ru/?page_id=366 <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44284640> (РИНЦ).
23. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Мазлоев А.Б., Обухов Д.К., **Омар С.** Количественный анализ изменений толщины коры в областях большого мозга и мозжечка, вовлеченных в глазодвигательный контроль, у детей разного возраста // Современные проблемы морфологии: мат-лы научной конференции, посвященной памяти академика РАН, профессора Л.Л. Колесникова / ФГБОУ ВО МГМСУ им. А. И. Евдокимова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2020. – С. 237-240 (РИНЦ).

РЕЗЮМЕ

кандидатской диссертации Омара Сами «Структурные преобразования задней ассоциативной коры большого мозга человека в постнатальном онтогенезе»

В диссертационном исследовании с применением гистологических и количественных методов изучали структурные преобразования функционально отличающихся зон неокортекса в области височной и затылочной долей большого мозга человека в постнатальном онтогенезе. На основе комплексного исследования подполей 37ac, 37a и 37d височно-теменно-затылочной подобласти и поля 19 затылочной области получены новые данные о гетерохронном развитии толщины коры, ее цитоархитектонических слоев и подслоев, а также микроструктурных компонентов в каждой из исследованных зон задней ассоциативной коры. Показано, что рост коры в толщину происходит во всех слоях и подслоях и в разные сроки, но главным образом за счет слоя III до 6-7 лет и слоя V - до 2-3 лет. Увеличение площади профильных полей пирамидных нейронов в слоях III и V происходит к концу 1 года жизни ребенка, в 3 года, а также на возрастном промежутке от 7 до 10 лет (слой III) и от 6 до 8 лет (слой V). Нарастание толщины пучков радиарных волокон продолжается до 12 лет, расстояние между ними увеличивается в разных корковых зонах до 6-7 лет. Увеличение удельного объема волокон до 8-11 лет происходит за счет уменьшения удельного объема нейронов (преимущественно до 5-6 лет) и кровеносных сосудов, при этом постепенное уменьшение удельных объемов внутрикорковых сосудов сопровождается нарастанием удельного объема глиоцитов. Показано, что для задней ассоциативной коры большого мозга детей в возрасте от рождения до 12 лет можно выделить 4 этапа морфофункционального развития, значительно отличающихся по комплексу количественных показателей: I – от рождения до 3 лет, II – от 4 до 5 лет, III – от 6 до 7 лет и IV - от 8 до 12 лет.

SUMMARY

PhD dissertation by Omar Sami "Structural transformations in the posterior association cortex of the human brain in postnatal ontogenesis"

In our dissertation research, using histological and quantitative methods, we studied the structural transformations of functionally distinct zones of the neocortex in the temporal and occipital lobes of the human brain during postnatal ontogenesis. Based on a comprehensive study of subfields 37ac, 37a and 37d of the temporo-parietal-occipital subarea and field 19 of the occipital area, we obtained new data on the heterochronic development of the cortical thickness, cytoarchitectonic layers and sublayers, as well as microstructural components in each of the studied zones of the posterior association cortex. We have shown that the increase in cortical thickness occurs in all cortical layers and sublayers at different times, mainly due to layer III up to 6-7 years and layer V up to 2-3 years. An increase in the area of the profile fields of pyramidal neurons in layers III and V occurs by the end of the first year of life, at 3 years, as well as in the age range from 7 to 10 years (layer III) and from 6 to 8 years (layer V). The increase in the thickness of the radial fiber bundles continues up to 12 years, the distance between them increases in different cortical zones up to 6-7 years. An increase in the specific volume of fibers up to 8-11 years occurs due to a decrease in the specific volume of neurons (mainly up to 5-6 years) and blood vessels, while a gradual decrease in the specific volumes of intracortical vessels is accompanied by an increase in the specific volume of gliocytes. We have shown that for the posterior association cortex it is possible to distinguish 4 stages of morphofunctional development in children, significantly differing in a set of quantitative indicators: I - from birth to 3 years, II - from 4 to 5 years, III - from 6 to 7 years and IV - from 8 to 12 years.