

Боголепова И.Н., Малофеева Л.И

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ ЗОНЫ БРОКА КОРЫ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

ФГБНУ «Научный центр неврологии», Москва 125367, Волоколамское ш. 80,

В современной науке о мозге бурно развивается учение о межполушарной асимметрии. Целью настоящего исследования было изучение становления межполушарной асимметрии в постнатальном онтогенезе мозга человека. Проводилось исследование объема корковых речедвигательных полей 44 и 45 в левом и правом полушариях мозга человека в постнатальном онтогенезе. Исследовались непрерывные серии фронтальных срезов левого и правого полушарий мозга новорожденного ребенка, ребенка 2 лет, ребенка 7 лет, подростка 12 лет и взрослого. Срезы окрашивались крезилем фиолетовым по методу Ниссля. В работе были использованы морфометрические методы. В результате проведенных исследований остановлено, что у новорожденного ребенка выражена правополушарная асимметрия объема речедвигательных полей 44 и 45. В правом полушарии мозга новорожденного ребенка объем речедвигательных полей 44 и 45 значительно больше, чем в левом полушарии. К 2 годам жизни происходит интенсивный рост корковых формаций мозга ребенка, и у ребенка 2 лет выявляется левополушарная асимметрия речедвигательного поля 44, в то время как в поле 45 остается по-прежнему правополушарная асимметрия. К 7 годам для обоих речедвигательных полей 44 и 45 становится характерной левополушарная асимметрия, которая сохраняется и у взрослого человека.

Ключевые слова: мозг человека, речедвигательные поля 44 и 45, постнатальный онтогенез, межполушарная асимметрия.

Interhemispheric asymmetry of Broca area of the cortex of the human brain during postnatal ontogenesis

Bogolepova I.N., Malofeeva L.I. Research Center of Neurology

The study of interhemispheric asymmetry is rapidly developing in modern brain science. The purpose of this study was to study the formation of interhemispheric asymmetry in postnatal ontogenesis of the human brain. The study was conducted in the volume of cortical areas recidivating 44 and 45 in the left and right hemispheres of the human brain during postnatal ontogenesis. Studied a consecutive series of frontal slices of the left and right hemispheres of the brain of a newborn baby, a child 2 years a child of 7 years, a teenager of 12 years and an adult. The sections were stained cresil by method Nissle. In this study we used morphometric methods. The result of the research is stopped, that a newborn baby pronounced right hemisphere asymmetry of the volume recidivating areas 44 and 45. In the right hemisphere of the brain of a newborn baby, the volume recidivating areas 44 and 45 much greater than in the left hemisphere. To 2 years of life is intense increase of the cortical formations of the brain of the child, and the child of 2 years revealed a left-hemisphere asymmetry recidivating area 44, while in the area 45 remains right hemisphere asymmetry. To 7 years for both recidivating areas 44 and 45 becomes a characteristic left-hemisphere asymmetry, which persists in the adult.

Key words: human brain, motor-speech area 44 and 45, postnatal ontogenesis, interhemispheric asymmetry.

Учение о межполушарной асимметрии мозга человека началось с работ Поля Брока в XIX веке. В 1861 году ведущий французский профессор Поль Брок был приглашен к больному в хирургическое отделение больницы Бисетра. Больной 51 года страдал непонятной болезнью. Он практически не говорил, он мог произнести только односложное слово "тан". Именно поэтому этого больного в больнице все врачи и медицинские сестры звали Тан. Тан активно общался с другими людьми при помощи жестов. Было понятно, что Тан понимал обращенную к нему речь, но сам не говорил. После смерти Тана Поль Брок обнаружил при патологоанатомическом вскрытии большую полость в левой лобной доле. Поль Брок доложил о своих результатах в Антропологическом обществе и сделал вывод, что поврежденный участок в левой лобной доле отвечает за речевые функции человека, за произношение слов. [13] В настоящее время этот неврологический симптом называют афазией, а разрушенную часть нижней лобной извилины в левом полушарии мозга – центром речи Брока.

В 1876 году немецкий нейрофизиолог психоневропатолог

Карл Вернике описал другой неврологический синдром – афазию Вернике, когда больной не может понять обращенную к нему речь, хотя сам может говорить. В этом случае была повреждена часть височной доли тоже левого полушария мозга. Таким образом, Брок и Вернике впервые показали локализацию определенных функций человека в определенных отделах мозга.

Дальнейшее изучение локализации определенных функций человека привело к развитию учения о межполушарной асимметрии мозга человека. В 1861 году за учение о межполушарной асимметрии мозга человека была присуждена Нобелевская премия американскому нейропсихологу Р. Сперри. [28, 29] Сегодня в науке о мозге имеется большое количество доказательств неравнозначности левого и правого полушарий в функциональной деятельности мозга.

Левое полушарие за вербальные и аналитические функции, а также за логическое мышление. Правое полушарие принимает участие в формировании пространственно-образного мышления, целости зрительного восприятия, за обработку несловесной информации, опознания объектов, за музыкальные и художественные способности.

Исследования морфологов убедительно показали, что структурная организация мозга человека различается в левом и правом полушариях мозга по объему и площади корковых формаций, толщины коры и ее отдельных цитоархитектонических слоев, по нейронному и глиальному составу. [3, 6]. Большой вклад в изучение межполушарной асимметрии внесли работы ученых, разрабатывающих новые методы в науке о мозге [11, 12, 14, 15, 16].

Однако до сих пор остается неясным, является ли цитоархитектоническая межполушарная асимметрия постоянной для мозга человека, или она может изменяться по определенным параметрам и критерия. В связи с вышесказанным, задачей наших исследований было изучение становления цитоархитектонической межполушарной асимметрии в процессе постнатального онтогенеза мозга человека.

Материал и методы

Исследовались непрерывные серии фронтальных срезов левого и правого полушарий мозгов новорожденного ребенка, ребенка 2 лет, ребенка 4 лет, ребенка 7 лет, подростка 12 лет и взрослого

человека из коллекции лаборатории анатомии и цитоархитектоники ФГБНУ Научного центра неврологии.

Мозг фиксировался в 10% формалине, после чего мозг фотографировался с увеличением 1:1 в 8 проекциях: 2 проекции - латеральные, 2 проекции - медиальные, 1 - базальная, 1 - дорзальная, 1 - ростральная, 1 - каудальная. Каждое полушарие разделялось на 5 блоков. Линии разрезов наносились на фотографии. Прорисовывались и обозначались все борозды и извилины. Зарисовывались проекции передней и задней поверхности блоков. Затем блоки мозга проводили по спиртам и заливали в парафин. Толщина срезов 20 микрон. Окраска крезиллом фиолетовым в модификации лаборатории анатомии и архитектоники мозга. Изучался каждый 40-й срез.

Границы полей 44 и 45 с другими соседними структурами наносились на проекции срезов с учетом лимитрофных адаптаций, которые, как правило, занимали нижнюю часть стенки той или иной борозды, ограничивающей данную структуру.

Коэффициент усадки мозга вычислялся путем сопоставления высоты и ширины проекций поверхностей блоков мозга с высотой и шириной первых

окрашенных срезов из этих блоков. В среднем он равнялся 1,25.

Проведена реконструкция топографии полей 44 и 45. На фотографии боковых поверхностей полушарий мозга с учетом толщины срезов и коэффициента усадки наносились линии каждого 40 среза, а затем на них с проекций соответствующих срезов переносились границы речедвигательных полей. Объем корковых формаций измерялся с помощью методики Н. Uylings [30, 31].

Результаты исследования

Проведенные совместно с профессором Н. Uylings [30, 31] морфометрические исследования

объема полей 44 и 45 мозга новорожденного показали, что объем полей 44 и 45 в правом полушарии значительно больше, чем в левом полушарии. Так, например, объем поля 45 в правом полушарии мозга новорожденного равняется $1,65 \text{ см}^3$, а в левом полушарии – $1,48 \text{ см}^3$ (рис. 1).

Сравнивая объем поля 44 в правом и левом полушарии, было установлено, что в правом полушарии объем поля 44 также больше, чем в левом. Так, например, объем поля 44 в правом полушарии в мозге новорожденного равняется $1,38 \text{ см}^3$, а в левом – $0,81 \text{ см}^3$ (рис. 2).

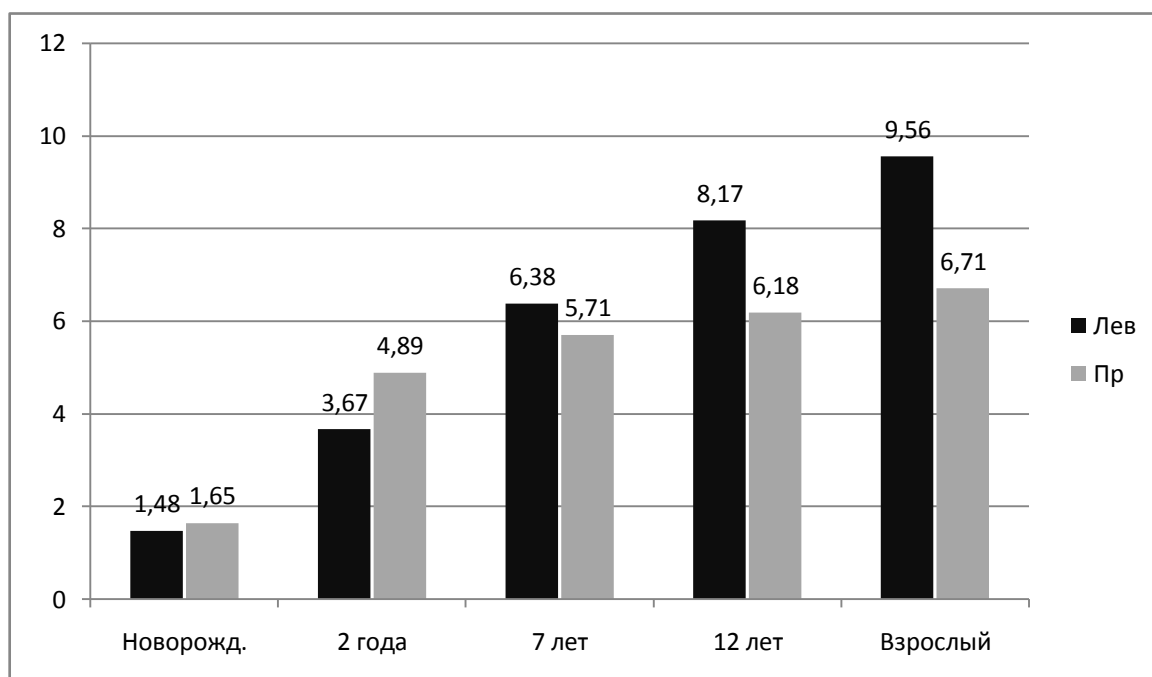


Рис. 1. Объем поля 45 коры мозга человека в постнатальном онтогенезе (см^3).

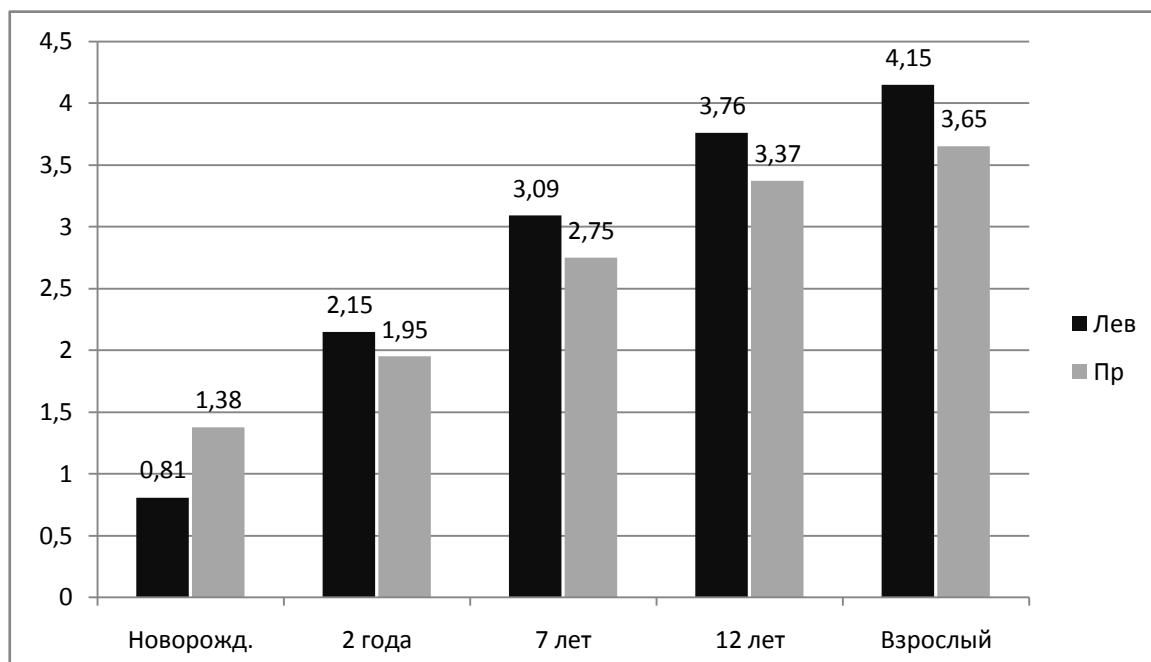


Рис. 2. Объем поля 44 коры мозга человека в постнатальном онтогенезе (см³).

В период от рождения до 2 лет жизни ребенка отмечается интенсивное развитие полей 44 и 45.

Анализ объема полей 44 и 45 мозга ребенка 2 лет показывает гетерохронию развития этих полей. Так, объем поля 45 в правом полушарии мозга 2-летнего ребенка равняется 4,89 см³, а в левом – 3,67 см³, в то время как объем поля 44 становится несколько больше в левом полушарии (2,15 см³), чем в правом (1,95 см³).

К 7 годам жизни продолжается интенсивное развитие полей 44 и 45. Объем поля 44 в правом полушарии мозга 7-летнего ребенка достигает 2,75 см³ и в левом полушарии – 3,09 см³. Эти данные показывают, что к 7 годам жизни объем поля 44 в левом и правом полушариях увеличивается приблизительно в 1,4 раза по сравнению с объемом этого

же поля мозга 2-летнего ребенка. Объем поля 45 в правом полушарии в этом возрасте равняется 5,71 см³ и в левом – 6,38 см³.

Объем поля 45 в правом полушарии мозга к 7 годам жизни увеличивается в 1,2 раза по сравнению с тем же полем мозга ребенка 2 лет, в левом полушарии – в 1,7 раз.

Таким образом, абсолютный объем поля 45 увеличивается значительно больше в левом полушарии, в то время как поле 44 увеличивается приблизительно одинаково как в левом, так и в правом полушарии.

В период от 7 до 12 лет жизни человека речедвигательные поля 44 и 45 продолжают развиваться и к 12 годам практически заканчивают свое цитоархитектоническое развитие. К 12 годам жизни

человека объем поля 44 в правом полушарии равняется $3,37 \text{ см}^3$, а в левом – $3,76 \text{ см}^3$. Объем поля 45 в правом полушарии в этом возрасте равняется $6,18 \text{ см}^3$, а в левом – $8,17 \text{ см}^3$. Таким образом, к 12 годам жизни человека объем полей 44 и 45 значительно больше в левом полушарии по сравнению с правым. Поле 44 в правом и левом полушарии увеличивается в 1,2 раза в период от 7 лет жизни до 12, а поле 45 возрастает в правом полушарии – в 1,1 раза, а в левом – в 1,3 раза.

У взрослого человека объем поля 44 в правом полушарии составляет $3,65 \text{ см}^3$, а в левом – $4,15 \text{ см}^3$. Объем поля 45 в правом полушарии мозга

взрослого человека составляет $6,71 \text{ см}^3$ и в левом – $9,56 \text{ см}^3$. Таким образом, объем корковых полей 44 и 45 мозга взрослого человека значительно больше в левом полушарии по сравнению с правым полушарием.

Анализируя изменения объема полей 44 и 45 в постнатальном онтогенезе, следует отметить, что объем всего речедвигательного центра у новорожденного ребенка больше в правом полушарии по сравнению с левым. Объем речедвигательного центра у новорожденного ребенка в правом полушарии равняется $3,03 \text{ см}^3$ и в левом – $2,29 \text{ см}^3$ (рис. 3).

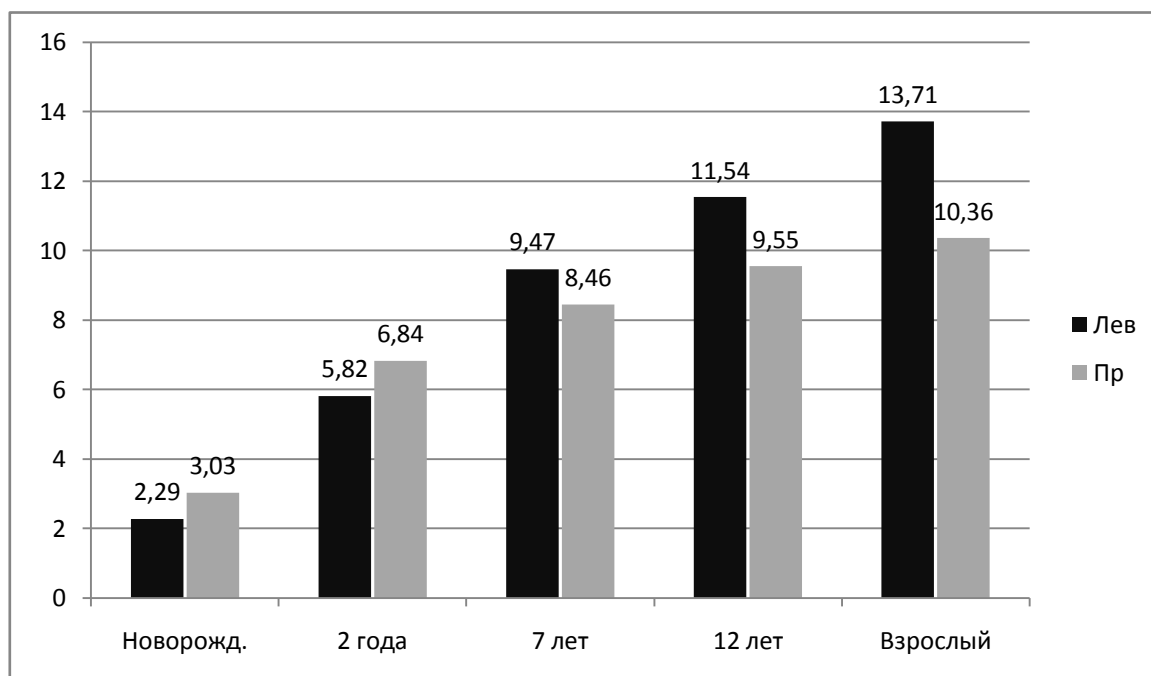


Рис.3. Суммарный объем зоны Брока мозга человека в постнатальном онтогенезе (см^3).

У 2-х летнего ребенка объем речедвигательного центра у ребенка речедвигательного центра также 2-х лет жизни в правом полушарии больше в правом полушарии. Объем

равняется $7,04 \text{ см}^3$ и в левом – $5,62 \text{ см}^3$.

К 7 годам жизни объем речедвигательного центра становится больше в левом полушарии по сравнению с правым. Объем речедвигательного центра у ребенка 7-х лет жизни в правом полушарии равняется $8,46 \text{ см}^3$ и в левом – $9,47 \text{ см}^3$.

У 12-ти летнего ребенка и у взрослого человека объем речедвигательного центра также значительно больше в левом полушарии по сравнению с правым. Объем речедвигательного центра у подростка 12-ти лет жизни в правом полушарии равняется $9,55 \text{ см}^3$ и в левом – $11,930 \text{ см}^3$. Объем речедвигательного центра у взрослого в правом полушарии равняется $10,360 \text{ см}^3$ и в левом – $13,710 \text{ см}^3$.

Обсуждение

Таким образом, в результате проведенного исследования было установлено, что уже у новорожденного ребенка выявлена межполушарная асимметрия речедвигательных полей 44 и 45 лобной области коры. У новорожденного ребенка межполушарная асимметрия речедвигательных полей 44 и 45 лобной области коры носит правополушарный профиль, что подтверждается большей величиной объема полей 44 и 45 в правом

полушарии по сравнению с объемом тех же полей в левом полушарии.

В процессе постнатального онтогенеза интенсивное развитие речедвигательных полей 44 и 45, а также других корковых формаций мозга ребенка. Следует подчеркнуть, что в течение первых лет наблюдается наиболее интенсивное развитие и рост поля 44 в левом полушарии.

Современные исследования мозга человека показали с помощью компьютерной томографии, что в процессе постнатального онтогенеза происходят значительные функциональные изменения в левом и правом полушариях, и только уже в более позднем возрасте формируется их специализация, характерная для взрослого мозга человека. Так, в результате сканирования мозга детей первого возраста было показано, что дети в этом возрасте обрабатывают новые звуки в обоих полушариях. И только к 2 годам восприятие и обработка новых звуков начинает осуществляться в левом полушарии, которое начинает специализироваться на анализе речи и у взрослого человека отвечает за речевые функции.

Развитие межполушарной асимметрии мозга ребенка и специализация полушарий формируется в постнатальном онтогенезе под влиянием внешней среды и под влиянием той культуры языка и общения, с которым ребенок

сталкивается буквально с первых месяцев жизни. Было установлено, что младенцы способны услышать любые различия в различных языках мира. По мере взросления и интенсивного развития слуховой коры мозга дети, воспитанные в одной культуре и одной языковой среде, теряют эту уникальную способность многие из этих звуков, и мозг начинает воспринимать язык, который используется в его среде. Эти данные свидетельствуют о том, что функциональная характеристика правого и левого полушария мозга человека меняется в течение первых лет постнатального онтогенеза под влиянием внешней среды, где живет ребенок. [9] Эти исследования говорят о том, что мозг ребенка является функционально динамичным, и впервые годы жизни происходит его перепрограммирование.

Нейропластичность мозга ребенка в постнатальном онтогенезе очень большая, и в результате этого происходит структурно-функциональная перестройка мозга ребенка. [24] Если ребенок рождается с какими-то генетически обусловленными нарушениями, то развитие его мозга идет совершенно по-другому. [5]

После рождения, когда происходит интенсивное развитие мозга ребенка [7, 17, 18, 26] очень важен сенсорный опыт, Именно в этот период в первые годы жизни

ребенок начинает произносить первые звуки, первые слова и уже к 2 годам жизни начинает строить предложения и начинает говорить. Депривация в детстве может привести к нарушению развития мозга ребенка, к задержке его развития.

Дети проводившие свои первые годы в приютах, часто в своей дальнейшей жизни страдали от различных проблем. [1] Эти дети в приютах, как правило, оставались многие часы в течение дня одни в кровати, к ним подходили только покормить и поменять памперсы. С детьми практически не играли, не читали и не рассказывали сказки. В результате такого неправильного воспитания и ухода у этих детей нарушалось нормальное развитие психики и речи. Большое внимание ученые обращают на роль музыки в воспитании детей. В 1997 году была опубликована работа Дона Кэмпбелла “Эффект Моцарта“, в которой автор писал о большом влиянии классической музыки и особенно музыки Моцарта на развитие ребенка. После этой статьи губернатор штата Джоржия Зелл Миллер исполнил “Оду к радости“ законодательного Бетховина на собрании законодательного органа и потребовал выделения 105 тысяч долларов, чтобы выслать диски с классической музыкой всем родителям новорожденных младенцев этого штата. [1]

К 2 годам жизни происходит смена профиля межполушарной асимметрии, К 2 годам жизни объем поля 44 в левом полушарии больше объема того же поля 44 в правом полушарии, и профиль правополушарной асимметрии поля 44 меняется на левополушарный. С этого периода и до взрослого состояния левополушарная асимметрия поля 44 мозга человека становится постоянной, обуславливая индивидуальную вариабельность мозга человека. [3, 6]

Речедвигательное поле 45 лобной области коры мозга человека также интенсивно развивается в постнатальном онтогенезе. При исследовании развития поля 45 в постнатальном онтогенезе человека также была выявлена смена профиля межполушарной асимметрии, но по сравнению с полем 44 в более поздние годы.

В литературе накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий об измерении функционального и структурного развития мозга животных в условиях обогащенной внешней среды и в условиях сенсорного ограничения. В этих работах было показано, что индивидуальное развитие организма и его поведение зависят от внешней среды. В работах, исследовавших процессы развития животных в сложной среде, было установлено, что ранний зрительный и сенсорный опыт у крыс повышает их общую

двигательную активность и способность к выработке сложных навыков в лабиринте [22, 25]. Было показано, что животные, находящиеся в раннем периоде онтогенеза в более сложном по окраске помещении и имеющие возможность играть в различные игрушки, показывают после 85 дней жизни более совершенные и развитые двигательные реакции. [19, 20, 21, 27]

Сочетание биохимических и цитохимических исследований мозга животных позволили показать влияние сенсорного ограничения на процесс формирования отдельных типов нейронов, нейроглиальных элементов и субклеточных компонентов зрительной системы [10].

Оценивая особенности развития постнатального развития речедвигательных полей 44 и 45 лобной области коры мозга ребенка [23], еще раз следует отметить, что эти поля в целом вместе образуют речедвигательный центр речи Брока, который у новорожденного ребенка характеризуется правополушарной асимметрией. К 7-летнему возрасту ребенка происходит смена профиля межполушарной асимметрии речедвигательного центра Брока. У 7-летнего ребенка была уже установлена левополушарная асимметрия центра Брока, которая сохраняется до взрослого состояния, определяя во многом

индивидуальную вариабельность мозга человека. [2, 4, 8]

Все вышесказанное дает право сделать заключение, что в течение постнатального онтогенеза мозга человека происходит смена показателя структурной межполушарной асимметрии речедвигательных корковых полей 44 и 45 лобной области. Это говорит о том, что в первые два года постнатального онтогенеза правое полушарие принимает активное участие в процессе формирования речевых функций ребенка, а затем в более позднем периоде постнатального онтогенеза ведущую роль в речевых функциях начинает активно играть левое полушарие, которое становится доминантным в речевых функциях человека.

Литература

1. Амодт С., Вонг С. Тайны нашего мозга. – М.: Эскмо, 2010. – 379 с.
2. Боголепова И.Н. Морфологические особенности индивидуального строения мозга человека // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 1982, т. 82, №7, с. 972.
3. Боголепова И.Н., Амуниц В.В., Оржеховская Н.С., Малофеева Л.И. Морфологические критерии структурной асимметрии корковых и подкорковых образований мозга человека // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова, 1983, т. 83, №7, с. 971-975.
4. Боголепова И.Н. Цитоархитектонические критерии индивидуальной вариабельности мозга человека // Морфология, 2000, т. 117, №3, с. 24.
5. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Белогрудь Т.В. Особенности строения речедвигательной коры лобной области мозга глухонемого ребенка // Морфология, 2002, №5, с. 28-31.
6. Боголепова И.Н. Структурные основы индивидуальной вариабельности мозга человека // Вестник Российской академии медицины, 2002, №6, с. 31-35.
7. Боголепова И.Н. Сравнительный онтогенез корковых формаций мозга человека и обезьян: Монография. – М.: Изд-во РУДН, 2005. – 361 с.
8. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Индивидуальная вариабельность цитоархитектоники переднего лимбического поля 24 мозга человека // Морфология, 2007, т. 132, №4, с. 16-20.
9. Дойдж Н. Пластичность мозга. – М.: Эксмо, 2010. – 519 с.
10. Пигарева З.Д., Буснюк М.М., Герштейн Л.М., Доведова Е.Л., Узбеков М.Г. Биохимические аспекты развития зрительной системы мозга животных в условиях сенсорного ограничения.

Развивающийся мозг и среда. – М.: Наука, 1980. – с.142-192.

11. Пирадов М.А., Танащян М.М., Кротенкова М.В., Брюхов В.В., Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н. Передовые технологии нейровизуализации // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*, 2015, т. 9, № 4, с. 11-18.

12. Полунина А.Г., Брюн Е.А. Нейроанатомические особенности головного мозга у мужчин и женщин // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*, 2017, т. 11, №3, с. 68-75.

13. Сеунт С. Коннектом. Как мозг делает нас тем, что мы есть. – М.: Лаборатория знаний, 2015. – 440 с.

14. Фокин В.Ф. Центральнопериферическая организация функциональной моторной асимметрии Автореферат дисс. доктора биол. наук, М., 1982.

15. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Технология исследования церебральной асимметрии // *Неврология XXI века*, 2015, т. 3, с. 350-357.

16. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга – М.: Антидор, 2003. – 288 с.

17. Цехмистренко Т.А. Структурные преобразования коры мозжечка человека в постнатальном онтогенезе. Диссертация на соискание ученой степени доктора биол. наук. 2000, М., 238 с.

18. Bruer J.T. The myth of the first three years: A new understanding of early brain development and lifelong learning. 1999, New York, Free Press, 196 p.

19. Greenough W.T. Experiential modification of the developing brain // *Amer. Sci.*, 1975, v. 40, p. 491-504.

20. Greenough W.T., Volkmar T.R., Pattern of dendritic braching in occipital cortex environments // *Exp. Neurol.*, 1973, v. 40, p. 491-504.

21. He H.Y., Hodos W., Quinlan E.M., Visual deprivation reactivates rapid ocular dominance plasticity in adult visual cortex // *Journal of Neuroscience*, 2006, v. 26, №11, p. 2951-2955.

22. Hebb D.O. The effects of early experience on problem solving at maturity // *Amer. Psychol.*, 1947, v. 2, p. 306-307.

23. Hickok G., Poeppel D., The cortical organization of speech processing // *Nature Reviews neuroscience*, 2007, v.8, №5, p. 393-402.

24. Murphy T.H., Corbett D., Plasticity during stroke recovery: From synapse to behavior // *Nature Reviews Neuroscience*, 2009, v.10, №12, p. 861-872.

25. Nielson T.C. Early experience and explorative behavior in the white rat-Scan // *J. psycho*, 1970, v.11, №11, p. 1-6.

26. Pena-Melian A., Development of human brain // *Human*

Evolution, 2000, v. 15, №1-2, p. 99-112.

27. Semiginovsky B., Sobotka P., Chaloupka Z., Salauda J., Late consequences of different ontogeny in behavior and brain metabolism of rats // Ontogenesis of brain, 1974, v. 2, p. 273-283.

28. Sperry R.W. Cerebral organization and behavior // Science, 1961, v. 133, № 3466, p. 13-22.

29. Sperry R. Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres // Biosci. Rep., 1982, v. 2, № 5, p. 265-276.

30. Uylings H.B.M., Malofeeva L.I., Bogolepova I.N. Variability in cortical location of Broca's area // Neuroimage, 1997, v.4, № 5, p. 354-354.

31. Uylings H.B.M., Malofeeva L.I., Bogolepova I.N., Zille K., Amunz K. Broca's language area from a neuroanatomical and developmental perspective // The neurocognition of language Editors: Colin M. Brown and Peter Hagoort.. Oxford, 1999. p. 413-436.