

В.М. Поляков, Л.И. Колесникова

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МОЗГА В ОНТОГЕНЕЗЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ АВТОРОВ)

Научный центр медицинской экологии ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)

*Работа посвящена актуальной теме становления межполушарной асимметрии в онтогенезе человека. Анализируются основные теории и гипотезы формирования, динамики МПА, начиная с раннего периода развития и до позднего онтогенеза. Рассматриваются мануальная, тактильная, слуховая и зрительная асимметрии.*

**Ключевые слова:** онтогенез, функциональная асимметрия мозга, моторные и сенсорные асимметрии человека

## FUNCTIONAL INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY OF THE BRAIN IN ONTOGENESIS (LITERATURE REVIEW)

V.M. Polyakov, L.I. Kolesnikova

Scientific Center of Medical Ecology ESSC SB RAMS, Irkutsk

*The review is devoted to formation of interhemispheric asymmetry of the brain in ontogenesis. Main hypotheses describing appearance and dynamics of interhemispheric asymmetry in whole the course of human development are considered in this article.*

**Key words:** ontogenesis, interhemispheric asymmetry of the brain, motor and sensory asymmetry

Одной из перспективных линий в изучении проблемы межполушарной асимметрии (МПА) являются исследования, посвященные ее становлению в процессе онтогенеза человека. Они позволяют проанализировать механизмы формирования и динамики МПА на протяжении всей жизни, начиная с самых ранних этапов развития. Одним из наиболее интересных, но и наименее изученных аспектов этой проблемы является популяционный уровень развития асимметрии в детских сообществах.

В настоящее время не существует единой теории онтогенеза функциональной асимметрии полушарий, несмотря на многочисленные попытки создать ее. Тем не менее, в последние десятилетия здесь фактически произошла смена парадигмы — от теории тотального доминирования левого полушария исследователи перешли к гипотезе парциальной доминантности и взаимодействия полушарий [27]. В то же время, крайние типы латерализации рассматриваются как варианты асимметрии, отрицательно влияющие на дальнейшее психическое развитие ребенка [11, 44, 48, 81]. Сейчас принято выделять доминантность по речи, слуху, зрению и мануальному предпочтению, которая и создает множество вариантов латерализации функций или паттерны асимметрий. В процессе онтогенетического развития появляются направление и степень выраженности асимметрии, происходит усовершенствование и усложнение механизмов межполушарного взаимодействия, а задержка латерализации функций нарушает эмоциональное и когнитивное развитие ребенка и может являться основой для возникновения трудностей в школьном обучении, а также для формирования психо-

соматических и некоторых других нарушений [7, 11, 26, 30]. Сам процесс латерализации ВПФ в онтогенезе имеет нелинейный характер, он отличается сменой доминирования то одного, то другого полушария и постепенным переходом от дублирования функций к их межполушарной специализации. Латерализация функций головного мозга постепенно формируется в онтогенезе примерно до 14–16 лет, достигая максимума к зрелому возрасту, и затем начинает постепенно нивелироваться по мере старения [3, 8, 24, 25]. В конечном итоге происходит становление индивидуального профиля межполушарной функциональной асимметрии, который представляет собой изменчивое в онтогенезе образование, имеющее половые различия и закономерную возрастную динамику. Однако такая точка зрения не поддерживается некоторыми исследователями, которые считают, что существует неизменность основных параметров межполушарной асимметрии во всех возрастных группах [44, 67, 80, 82]. Более того, М. Hiscock [64] в своем обзоре не только не находит убедительных доказательств в пользу увеличения латерализации в онтогенезе у детей 2–12 лет в слуховой, зрительной, осязательной и двигательной сферах, но и подвергает сомнению результаты тех работ, где такое увеличение было найдено.

Специфическими показателями формирования межполушарных функциональных взаимодействий в онтогенезе можно считать наличие определенного количества левосторонних латеральных (как сенсорных, так и моторных) признаков, наряду с правосторонними латеральными предпочтениями у детей, и флуктуации моторного и сенсорного предпочтений ребенка при различных

нагрузках, что может свидетельствовать о недостаточной сформированности доминантности по руке, глазу, уху и т.д. [30, 32].

Поэтому процесс формирования межполушарной организации психических функций имеет определенную нормативную онтогенетическую последовательность прогрессирующей латерализации вплоть до периода взрослости (18 лет) [18, 29, 30, 36, 37]. Общим правилом для всех асимметрий человека является постоянное развитие функциональной асимметрии от более простых проявлений в начале жизни к более сложным. Однако единства в объяснениях возможных механизмов нарастания асимметрии мозга на начальных этапах онтогенеза до сих пор не существует.

#### ОСНОВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ И ФАКТЫ

Первые представления о развитии межполушарной асимметрии были связаны в основном с клиническими наблюдениями, в которых отмечалось, что даже обширные поражения головного мозга в детском возрасте не приводят к тяжелым нарушениям речи, которые характерны для взрослых, а полное удаление полушария не сказывается на овладении ребенком речи в дальнейшем [36, 83]. Отсюда широкое распространение получила идея эквипотенциальности полушарий и постепенного развития латерализации речевых функций по мере овладения языком [70, 88]. О. Зангвилл [88] считал, что у маленьких детей любое из полушарий может принимать на себя речевые функции и что при мозговых поражениях функцию погибших нервных клеток левого полушария берут на себя сохранившиеся клетки правого. В дальнейшем, по мере развития сложных функциональных систем и складывания доминантности полушарий, возможности компенсаций психических функций путем викариата в симметричные участки другого полушария резко снижаются. Наиболее полно концепцию эквипотенциальности и прогрессивной латерализации функций сформулировал Э. Леннеберг [70], согласно которому в раннем онтогенезе оба полушария в равной степени участвуют в осуществлении речевых функций, но по мере созревания мозговых структур в сочетании с воздействием окружающей среды и обучения языковые функции и речевые процессы постепенно сосредоточиваются в левом (доминантном) полушарии. Следовательно, латерализация психических функций в мозге развивается постепенно, её начало относится к периоду овладения языком и завершается в период полового созревания. Сходной позиции придерживался и M.S. Gazzaniga [60], который считал, что примерно до 4 лет и левое, и правое полушарие хорошо развиты в отношении функций языка и речи, и формирование энграмм у ребенка происходит независимо в обоих полушариях, и лишь затем вследствие преимущественного использования правой руки лидирующая роль переходит к левому полушарию, доминирование которого усиливается с созреванием мозолистого тела, а зрительно-пространственные функции,

представленные билатерально, вытесняются в правое полушарие. М. Kinsbourne [67], напротив, считал, что мозговая доминантность по речи не результат развития, а существует при рождении и начинает проявляться задолго до того, как начинает формироваться речь и ребенок усваивает язык. Природа такой асимметрии описывается как запрограммированная способность структур левого полушария обслуживать речевую функцию и проявляется в большей активации этого полушария при речевой стимуляции. В противовес концепции О. Зангвилла и Э. Леннеберга [70], ряд авторов, разделяющих позицию М. Кинсборна [67] об инвариантности межполушарной асимметрии, делают упор на существование ранней специализации полушарий [64, 80, 82], тем более, что целая серия поведенческих, электрофизиологических, анатомических исследований, проведенных на детях первых месяцев жизни, продемонстрировала существование определенной структурной и функциональной асимметрии полушарий уже к моменту рождения. В то же время, признавая факт наличия некоторой специализации при рождении, Н. Нецаен [62] и S. Witelson [85] рассматривали ее только как предпосылку для дальнейшего становления и развития полушарной асимметрии. Они предполагали, что в левом полушарии существует генетически запрограммированный нервный субстрат, приспособленный для переработки быстрой последовательности дискретных единиц, составляющих основу языка. Это и рассматривалось как потенциальная возможность локализации речевых функций преимущественно в левом полушарии, причем дальнейшее развитие специализации идет параллельно психическому развитию ребенка, связанному с дальнейшим развитием навыков и умений, которые основываются на переработке информации по аналитическому принципу.

В настоящее время вопрос о сроках возникновения функциональных асимметрий не вызывает больших разногласий и связывается большинством исследователей с периодом новорожденности и даже внутриутробного развития [31]. Справедливой было бы говорить о зачатках латерализации функций при рождении в виде анатомических, физиологических и функциональных феноменов, которые могут в дальнейшем формироваться в различные виды функциональных межполушарных асимметрий. Поэтому оправдано то внимание, которое уделяется особенностям проявления функциональной асимметрии на этапах онтогенеза и описанию критических периодов в процессе её становления.

Асимметрии у новорожденных отмечают уже с первых дней жизни. Они соотносятся с морфологическими различиями между правым и левым полушариями — сильвиева борозда слева значительно больше, чем справа, межполушарные различия обнаружены и в корковых зонах, непосредственно связанных в левом полушарии с речью, ее восприятием и моторной функцией [80]. Дети первых дней жизни чаще реагирует на слуховые,

тактильные, зрительные раздражения, наносимые справа, чем на стимулы левой стороны. Правостороннее преобладание у новорожденных имеют спонтанные повороты головы, движения ног в ответ на тактильное раздражение и шагательный рефлекс [55, 72, 80]. К ранним постнатальным латеральным признакам можно отнести также асимметрию коленных рефлексов, «позу фехтовальщика», хватательные рефлексы и рефлекс Моро. У 90 % младенцев в первую неделю жизни при звуках человеческой речи амплитуда вызванных потенциалов в левом полушарии была заметно больше, чем в правом, в то время как при невербальных звуках у всех младенцев амплитуда ВП была выше в правом полушарии [73]. Существуют и пренатальные признаки функциональной асимметрии. Например, R.H. Previc [76] выдвинул предположение о том, что на латерализацию мозга оказывает влияние асимметричное развитие у плода внутреннего уха и лабиринта. Уже на 20 – 22 неделе беременности ультразвуковое исследование у 102 беременных женщин показало значимое различие в величине мозговых полушарий – диаметр левого полушария оказался больше, чем правого, и у мальчиков, и у девочек [46]. Были описаны и другие пренатальные признаки функциональной асимметрии: правостороннее предпочтение поворота головы плода, сосание большого пальца «ведущей» в будущем руки, контакт лица с ладонью ипсилатеральной руки.

А.Б. Пальчик [21] считает, что только мягкая межполушарная асимметрия является признаком зрелости биоэлектрической активности головного мозга новорожденного, а чрезмерное увеличение или уменьшение представленности отдельных видов активности в определенных областях полушарий приводит, по его мнению, к формированию клинических синдромов.

В формировании функциональной межполушарной асимметрии в ранний постнатальный период могут определенную роль играть и социальные факторы. Так, у большинства матерей, независимо от принадлежности к той или иной культуре, выявляется тенденция держать ребенка слева, то есть с самого начала социального взаимодействия ребенок испытывает неодинаковую стимуляцию левых и правых рецепторов положения головы в его вестибулярном аппарате и более выраженное воздействие слуховых и осязательных сигналов на левое полушарие, что и приводит к асимметричной стимуляции мозга. Правда, вопрос о связи ранних проявлений асимметрии у младенцев с последующим развитием моторной и других форм асимметрии в более позднем возрасте остается до сих пор открытым.

Менее единодушны авторы в вопросе о сроках критических периодов в формировании МПА. Так, E. Lenneberg [70], основываясь преимущественно на клиническом материале, одним из первых выдвинул идею о критическом периоде становления доминантности полушарий. По его мнению, этот период охватывает возрастной диапазон

от 2 лет до периода полового созревания, причем в первые два года развитие мозга подготавливает соответствующие церебральные функциональные системы для быстрого овладения языком. После двух лет параллельно овладению языком начинает формироваться межполушарная асимметрия. Затем идет более медленное созревание, продолжительностью примерно до 14 лет, когда достигается уровень взрослого и теряется возможность функциональной адаптации и реорганизации мозговых структур. Уже после наступления половой зрелости происходит и окончание процесса латерализации. Гипотеза М. Газзаниги [60] также относит начало истинной специализации полушарий к возрасту двух лет, связывая процессы формирования межполушарной асимметрии с созреванием мозолистого тела. S.D. Krashen [69], заново пересмотрев результаты клинических наблюдений и опираясь на данные дихотических исследований, пришел к другому выводу – окончательное становление латерализации происходит не в пубертатном возрасте, а гораздо раньше, примерно в 5 лет. S. Witelson (1977, 1987) связывает критические периоды латерализации с критическими периодами развития когнитивных функций и уточняет, что они приходятся на возраст 5 лет и на пубертатный период. Другие авторы также склонны рассматривать возраст 5 лет как критический для становления мозговой доминантности [62]. На относительную разобщенность полушарий до 4-летнего возраста указывают исследования A. Salamy (1978). Возможно, ранние признаки латерализации могут отражать функциональные взаимодействия на уровне подкорковых образований, которые играют значительную роль в обеспечении процесса межполушарного переноса у детей и предшествуют формирующейся позже функциональной специализации полушарий [15, 17].

На дальнейшее развитие функциональной межполушарной асимметрии существуют три точки зрения. Согласно одной из них, формирование латерализации заканчивается рано и, начиная с 6-летнего возраста, отмечается неизменность основных параметров асимметрии во всех возрастных группах [44]. По другой версии, усложнение и усовершенствование процессов асимметрии продолжается далее, примерно до 14 – 17 лет [19, 30, 36, 41, 70, 79]. Причем, если в первые годы жизни развитие межполушарных отношений в основном определяется структурным созреванием мозолистого тела, то после 10 лет доминирующим фактором является, вероятно, формирование «биполушарной функциональной организации мозга». И, наконец, некоторые авторы считают, что функциональная асимметрия полушарий – это не состояние, а процесс, который реализуется в течение всей жизни и определяется особенностями психического развития.

Справедливость этого предположения подтверждают данные о динамике латерализации и изменении межполушарных взаимодействий при нормальном старении [8, 24, 25]. Прежде всего,

было установлено, что при нормальном старении происходит закономерное снижение полушарной асимметрии, на которое накладываются стохастические изменения, связанные с нарушением энергетического обеспечения того или иного полушария. Кроме того, в когнитивной сфере отмечались феномены, свидетельствующие о снижении уровня функционирования правого полушария мозга при одновременном увеличении в психической деятельности удельного веса реализуемых функциональных звеньев, традиционно связываемых с работой левой гемисферы. Этим достигалась компенсация утрачиваемых возможностей психической деятельности в связи с дисфункцией правого полушария.

#### РАЗВИТИЕ МАНУАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ

Более полной и конкретизированной картина онтогенеза функциональной межполушарной асимметрии предстает при обзоре особенностей формирования у детей латеральных признаков в моторной и сенсорной сферах.

Поскольку в развитии ног асимметрия выражена менее отчетливо и ни одна из нижних конечностей не обладает такими преимуществами, которые имеет правая рука, мы остановимся на проблеме онтогенеза асимметрии рук.

Большая роль в процессе латерализации отводится мануальной асимметрии, которая рассматривается как обобщенный индекс индивидуальных вариаций в функциональной асимметрии мозга и является одной из наиболее устойчивых индивидуальных характеристик, которая может с определенной вероятностью сочетаться с морфологическими и функциональными асимметриями и латеральной организацией нейропсихологических функций [84, 39]. Доминантной руке принадлежит также решающая роль в формировании асимметрии полушарий головного мозга по речи [37]. Как утверждают некоторые авторы, любой полноценный анализ асимметрии мозга должен включать в себя проблему рукописи [39]. Тем не менее, жесткой связи между ведущей рукой и доминантностью полушарий по речи нет, несмотря на некоторые исследования, утверждающие обратное. По разным данным, доминирование речевых центров левого полушария выявляется примерно у 90–95 % правой и у 65–70 % левой. Более того, в последнее время появились исследования, в которых подвергается сомнению закономерная связь латерализации моторных функций и межполушарной асимметрии у детей, и на этом основании мануальную асимметрию предлагают не считать маркером межполушарной асимметрии [5].

Сейчас принято выделять два относительно независимых показателя мануальной асимметрии: направление и степень. Направление латерализации (установление ведущей руки) рассматривают как нормативную или видоспецифическую характеристику, а степень латерализации — как количественную индивидуально-специфическую характеристику, обладающую непрерывной измен-

чивостью в широком диапазоне. Оба этих показателя, имея разную онтогенетическую динамику, являются относительно независимыми. Выбор ведущей руки определяется к трем годам, степень (интенсивность) ее использования существенно возрастает от 3 до 9 лет [51, 79], но разная степень выраженности доминирования руки в популяции остается в течение всего периода развития. Поэтому у большинства детей по результатам разных проб выявляется как бы «скрытое левшество» [11].

Первые признаки мануальной латерализации выявляются уже у новорожденных в виде корреляции предпочтения руки с направлением тонических шейных рефлексов. У новорожденных детей обе руки равноценны, но предпочтение руки начинает развиваться довольно рано, и уже младенцы, начиная указывать, используют в основном правую или левую руку, которая становится у них в дальнейшем доминантной. Этот вид деятельности можно рассматривать как невербальную символическую коммуникацию, предшествующую речевому развитию, поэтому важна связь этой активности с левым полушарием. Однако такие предпочтения не бывают продолжительными и могут многократно меняться. Так, исследование динамики мануальных предпочтений у младенцев-близнецов 8, 12 и 18 месяцев показало, что в 8 месяцев 40 % из них предпочитали правую руку, 40 % — левую, а у 20 % не было выраженного предпочтения. В 12 месяцев, соответственно, 70 % — правая рука и 30 % — левая. В возрасте 18 месяцев мануальные предпочтения представлены следующим образом: 50 % — правая рука, 40 % — левая и 10 % амбидекстрия. Практически во всех случаях младенцы демонстрировали индивидуальную динамику формирования мануальной асимметрии [9]. Между тем, распространено мнение, что первые проявления предпочтения руки обнаруживаются у детей 4–9 месяцев, и разница между сторонами увеличивается и становится отчетливой в три года, а затем стабилизируется [48]. Например, было показано, что предпочтение руки для манипуляции предметами в одном направлении развивается в возрасте от 5 до 7 месяцев, а в заданиях, требующих манипуляций в двух направлениях, мануальное предпочтение развивается только к году [64]. Мозговой механизм, обуславливающий возникновение предпочтения руки на втором полугодии жизни ребенка, связан с появлением коркового тормозного контроля над моторными действиями и с созреванием фронтального неокортекса [14]. У детей 10–11 месяцев были выявлены два асимметричных смещения: общегрупповой тренд к преимущественному использованию правой руки в задачах на моторный контроль и тенденция к преобладанию выраженности сенсомоторного ритма (мю) в левом полушарии [42].

Вероятно, в этот возрастной период в детской популяции происходит постепенное накопление латеральных признаков, которые начинают определять направление мануальной асимметрии и вместе с развивающейся речевой деятельностью

и произвольностью психических процессов с высокой степенью вероятности формировать функциональную межполушарную асимметрию. Обоснованность такого развития асимметрии находит подтверждение в гипотезе S. Witelson [86] о связи между формированием предпочтения руки и развитием речи и в фактах, показывающих, что возникновение мозговой латерализации функции моторного контроля дотягивания связано с параллельным скачком в латерализации речевых функций у детей в конце первого года жизни [42].

Время становления моторной асимметрии по разным источникам достаточно сильно варьирует: часть авторов считает, что у детей мануальная асимметрия формируется в основном в 4–5 лет [11, 34], другие раздвигают этот период от 3 до 9 лет [79]. Б.Г. Ананьев и Е.Ф. Рыбалко [3], исследуя процесс обучения письму, объясняют некоторые типичные ошибки неустойчивостью праворукости у детей 7–8 лет. Есть также мнение, что возраст 11–12 лет является критическим периодом в развитии двигательной асимметрии у человека. Во всяком случае, D. Salmasso и A.M. Longoni [78] обнаружили большой процент праворуких среди взрослых по сравнению с детьми.

Исследование детей 10–16 лет на преимущественное использование руки выявило несколько форм мануальной асимметрии, образующих непрерывный континуум распределения признаков от крайне праворуких до крайне леворуких. Распределение рукости в субпопуляциях праворуких и леворуких описывалось нормальными кривыми распределения. Наиболее представленной оказалась группа праворуких (50–75 %) и леворуких со средне выраженными характеристиками рукости. Между ними располагалась довольно большая группа детей-амбидекстров с невыраженными или слабо выраженными предпочтениями той или иной руки. Распределение рукости в этой группе сливалось с кривой распределения выраженности признака у праворуких, делая распределение асимметричным [10].

Интересно, что в дошкольном и младшем школьном возрасте сама амбидекстрия во многих случаях является проявлением неполной латерализации функций, и дети, имея большое количество неправосторонних латеральных предпочтений, не могут быть квалифицированы как истинные амбидекстры [30, 56, 75]. Кроме того, амбидекстрия в ряде случаев может быть связана, как и леворукость, с генетическими факторами. О. Зангвилл [88] полагает, что у части левшей и амбидекстров речь и связанные с ней процессы не являются достаточно локализованными ни в одном из полушарий. В результате развитие речевых функций, пространственного восприятия и некоторых других психических процессов может легко нарушаться при любых неблагоприятных обстоятельствах. Мозговую организацию этого типа О. Зангвилл [88] обозначил как мозговую амбилатеральность. R.S. Dean [56] подтвердил, что отстающие в

учебе школьники в возрасте 9–11 лет с амбидекстрией или леворукостью хуже справляются и с вербальными, и со зрительно-пространственными заданиями., а A. Carmon [53] показал, что у леворуких и амбидекстров, по сравнению с праворукими, межполушарная асимметрия менее выражена, мозг леворуких в целом обладает меньшей анатомической асимметрией, чем мозг праворуких, а у детей-амбидекстров найдено более симметричное межполушарное распределение амплитуды альфа-активности [42]. Но и высокая степень праворукости (леворукости) также отрицательно сказывается на психическом развитии детей младшего школьного возраста: у них хуже показатели школьной успеваемости, и, в частности, наблюдается некоторое отставание в развитии речевого мышления [11].

Длительное формирование мануальной асимметрии ставит вопрос о роли средовых воздействий и генетических факторов в этом процессе. Мнения исследователей здесь расходятся. Одни отрицают ведущую роль социальных влияний в становлении ведущей руки [61] или объявляют их единственной причиной доминантности той или иной руки. Другие, а их большинство, считают, что в онтогенезе мануальная латерализация складывается под действием как генетических, так и средовых факторов. Средовые воздействия, влияющие на развитие особенностей мануальной асимметрии, в онтогенезе связываются обычно с климатическими, социально-культурологическими и популяционными факторами [4, 22, 23, 28]. Общепринятой генетической модели, которая бы объясняла сложный процесс возникновения и развития асимметрии рук, до сих пор нет. Да и все существующие генетические гипотезы не могут это сделать [16]. И все же необходимо отметить, что некоторые из них, например, теория «правого сдвига» M. Annett [45], теория возрастной нестабильности S.W. Gangestad и R.A. Yeo [59] и генетико-культурная гипотеза К. Лэлэнда с соавторами [43] хорошо согласуются, на наш взгляд, с данными популяционных исследований развития мануальной и речевой асимметрии в онтогенезе.

#### СЕНСОРНЫЕ АСИММЕТРИИ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Основные данные по изучению слуховой асимметрии в онтогенезе были получены с помощью метода дихотического прослушивания, с которого начался новый этап в изучении функциональной межполушарной асимметрии.

Предпосылки слуховой латерализации, так же, как и мануальной, обнаруживаются уже в период внутриутробного развития. Во всяком случае, к такому выводу пришли авторы, изучавшие особенности слуховых ВП у недоношенных детей [74]. Новорожденные уже в первые часы жизни демонстрируют характерную асимметрию при дихотическом восприятии речевых и неречевых сигналов, а у младенцев недельного возраста поздние компоненты усредненных выз-

ванных потенциалов в ответ на вербальные стимулы (слоги, слова) были выше в левом по сравнению с правым полушарием мозга. Увеличение поздних компонентов слуховых вызванных потенциалов в правом полушарии наблюдалось при предъявлении невербальных (шумов, тонов) стимулов [73, 74].

Преимущество правого уха при дихотическом прослушивании начинало отчетливо проявляться уже у трехлетних детей. D. Kimura [66] установила, что у 4-летних детей числительные, подаваемые в правое ухо, воспроизводятся значительно полнее, чем тот же материал, предъявленный в левое ухо. При восприятии звуков окружающей среды соотношения оказываются обратными, но этот эффект для невербальных стимулов оказывается устойчивым в 5 лет. D.J. Vakker [47] установил еще более поздние сроки формирования асимметрии полушарий с помощью метода моноурального предъявления стимулов: стойкий «эффект правого уха» (ЭПУ) имел место только у детей старше 10 лет. M. Bryden [50] после обследования группы детей 8–13 лет пришел к выводу, что об ЭПУ с определенностью можно говорить только в возрасте 12–13 лет, а до этого эффект незначим и имеет тенденцию к нарастанию у правшей и к спаду — у левшей. Дальнейшие исследования показали, что в возрасте от 5 до 12 лет величина слуховой асимметрии увеличивалась, хотя в других работах были получены данные о стабильности асимметрии в этот же возрастной период [77]. Факт отсутствия возрастной динамики асимметрии слуха подтверждали в своих исследованиях Th. Borowu, R. Goebel [49] и D. Ingram [65]. В большом обзоре M. Hiscock [64] также не нашел убедительных данных об увеличении слухоречевой асимметрии с возрастом. Вместе с тем, в ряде работ были получены результаты, которые указывали на прогрессивное возрастание ЭПУ с возрастом [2, 50, 54]. Такое расхождение может объясняться разным подходом к интерпретации результатов, получаемых методом дихотического прослушивания [35, 50]. Лонгитюдное исследование с применением этого метода у детей от 5 до 12 лет показало, что только при групповом анализе тенденция преобладания правого уха сохранялась во всех возрастах, а для индивидуального развития характерным являлась неустойчивость межполушарной асимметрии, связанная с обучением и развитием, вплоть до перемены знака асимметрии на обратный [47]. Достоверное увеличение преобладания правого уха по числу правильно воспроизводимых стимулов при дихотическом предъявлении числительных и пар слов в этот же возрастной период нашли M. Bryden и F. Allard [52]. В своей работе P. Satz et al. [57] уточнили, что у детей 6–14 лет все-таки имелся рост величины слуховой асимметрии, но степени достоверности эти различия достигали только в группах 12–14-летних испытуемых.

Возможным объяснением имеющихся противоречий является тот факт, что, несмотря на то,

что межполушарные различия появляются в раннем детском возрасте достаточно отчетливо, левое полушарие еще не играет ведущей роли в осуществлении речевых функций, как у взрослых [33]. Э.Г. Симерницкая [37], сопоставляя результаты дихотического прослушивания у детей разных возрастных групп, показала, что объем воспроизведения с левого уха достигает «взрослого» уровня уже к 10–11 годам и в дальнейшем практически не изменяется. В отличие от этого, увеличение объема воспроизведения с правого уха наблюдается до 15 лет, но и в этом возрасте оказывается достоверно ниже взрослого уровня. Таким образом, нарастание продуктивности воспроизведения в процессе перехода от детского к взрослому возрасту, особенно выраженное в отношении стимулов, поступающих в правое ухо, является одним из объективных показателей возрастающей роли левого полушария в осуществлении речевых функций. С изменением психологической структуры речи и формированием на ее основе произвольных, сознательных форм деятельности, происходит изменение и мозговой организации речевых процессов [36].

В процессе формирования слуховой асимметрии большую роль могут играть средовые воздействия. Здесь очень важен адекватный языковой опыт, получаемый в период онтогенеза, так как отсутствие полноценной речевой стимуляции у детей приводит к снижению степени выраженности межполушарной асимметрии по сравнению с нормой [58]. Вероятно, здесь также важен фактор появления произвольной психической деятельности, связанной с развитием речи.

Опережающее развитие правого полушария в раннем онтогенезе человека и связь его с невербальными функциями, позволили выдвинуть предположение о правополушарном приоритете в латерализации мозга. Онтогенетические исследования показали лучшую выраженность механизмов первичного сенсорного анализа в возрасте 6–7 лет в правом полушарии, что обеспечивается сформированностью в этом возрасте структурного способа опознания и что, по мнению исследователей, определяет ведущую роль правого полушария в зрительной перцепции на данном этапе онтогенеза [6]. Асимметрия в тактильном восприятии, демонстрирующая преимущество левой руки при одновременном ощупывании пары бессмысленных геометрических фигур обеими руками, обнаруживается уже у детей 6 лет, что указывает на относительно раннее ее формирование [87]. Превосходство левого зрительного поля в восприятии изображений лиц начинает проявляться в 4–8 лет [85], то есть доминантность правого полушария в обеспечении перцептивных процессов отчетливо видна уже в дошкольном возрасте. В то же время, Д.А. Фарбер и Т.Г. Бетелева [40] показали, что при реализации зрительно-пространственной деятельности детьми 7 лет со средними показателями интеллектуального развития не наблюдается выражен-

ной функциональной специализации полушарий, а от 7 к 10 годам возрастает избирательность и дифференцированность функциональных взаимосвязей в правом полушарии. Вообще, в детском возрасте правое полушарие обеспечивает более широкий круг пространственных представлений, чем у взрослых. Это и топологические представления, и представления о перемещении и трансформации объектов в пространстве, о системе координат, а также проективные представления [37]. В свою очередь зрительно-пространственные представления являются неотъемлемой составляющей общего развития ребенка и отправной точкой в овладении навыками письма и чтения, а уровень их развития имеет высокую прогностическую ценность в отношении школьных достижений [38]. Однако с возрастом преобладание правого полушария исчезает и наступает ослабление функциональных возможностей образного компонента мышления [1, 41, 63].

Предполагается, что реализация зрительно-пространственной деятельности у леворуких детей 6–7 лет обеспечивается дублированием функций в левом и правом полушариях, так как у них отмечается более низкая степень зрелости коры, а показатели интегративной зрительной деятельности у них достоверно ниже, чем у праворуких [6].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отсутствие единой теории появления и развития функциональной асимметрии мозга в онтогенезе компенсируется многочисленными гипотезами, обобщающими огромный фактический материал, накопленный в этой области. В большинстве работ, посвященных функциональной асимметрии мозга в детском возрасте, исследователи так или иначе пытаются ответить на вопрос о времени появления латерализации и особенностях ее формирования в последующем развитии. Одни из них считают, что мозговая асимметрия развивается постепенно в детстве, достигает максимума во взрослом состоянии и нивелируется в процессе старения. Другие доказывают инвариантность асимметрии, которая может обнаруживаться еще до рождения, несмотря на развитие психических функций, когнитивной деятельности и поведения в целом. Третьи рассматривают признаки латерализации, выявленные в раннем онтогенезе, лишь как предпосылки для дальнейшего формирования полушарной асимметрии. И тем не менее, исследования, проведенные в последние годы, позволяют выстроить единую схему формирования функциональной межполушарной асимметрии в процессе онтогенеза.

Во-первых, выделяется онтогенетический фактор, определяющий характер функциональной асимметрии [18]. Отсюда предполагается постоянное развитие мозговой асимметрии по мере взросления ребенка в рамках «нормативной онтогенетической последовательности становления прогрессирующей латерализации» [30], причем это развитие идет от простых проявлений феномена

асимметрии к сложным. Однако возможные механизмы нарастания межполушарной асимметрии до сих пор не совсем ясны.

Во-вторых, состояние и динамика функциональной межполушарной асимметрии в значительной степени определяются структурно-функциональной организацией мозга, психологической и мозговой организацией психических процессов на разных этапах онтогенеза. С этой точки зрения внешне противоречивые концепции развития асимметрии — инвариантная и прогрессивной латерализации — равноправны и описывают «различные функциональные и процессуальные уровни, этапы психического цереброгенеза» [19].

В-третьих, сама асимметрия мозга как устойчивое функциональное образование складывается из многих факторов в процессе онтогенетического развития, и только их комплексное действие приводит к появлению эффекта межполушарной асимметрии человека. В каком-то смысле, асимметрия — побочный феномен полушарной специализации, характерный для мозговой организации человеческой психики. Важнейшими факторами, формирующими МПА, являются мануальное доминирование, развитие речи и произвольная регуляция психических процессов. Поэтому появление истинной межполушарной асимметрии можно отнести лишь к периоду созревания регулирующей функции речи в психической деятельности (от 7 до 12 лет), тогда как в предшествующем периоде онтогенеза формируются только ее предпосылки. Сам процесс становления сенсомоторных показателей проходит через этапы направления и степени латерализации [79]. Направление латерализации является наиболее ранним онтогенетическим признаком, степень (интенсивность) — более поздний и изменяющийся на протяжении всего онтогенеза латерализационный признак. Например, мануальное предпочтение выявляется уже у плода и у новорожденных в ранний постнатальный период, во время как степень доминирования руки отчетливо возрастает в возрасте от 3–4 до 16–18 лет и далее может изменяться под влиянием многих факторов (средовых, профессиональных, спортивных, стрессовых, патологических).

Популяционные исследования онтогенетического становления функциональной межполушарной асимметрии у детей позволяют проследить основные закономерности ее формирования, выявить критические периоды развития и связь с состоянием ВКФ и локальных (функциональных) систем мозга.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетянц В.А. Особенности функциональных асимметрий мозга здоровых детей / В.А. Айрапетянц // Асимметрия мозга и память. — Пущино, 1987. — С. 3–18.
2. Алле А.Х. Изучение формирования доминантности полушарий по речи методом дихотического

кого прослушивания: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / А.Х. Алле. — М., 1980.

3. Ананьев Б.Г. Особенности восприятия пространства у детей / Б.Г. Ананьев, Е.Ф. Рыбалко. — М.: Просвещение, 1964. — 302 с.

4. Аршавский В.В. Межполушарная асимметрия в системе поисковой активности: к проблеме адаптации человека в приполярных районах Северо-Востока СССР / В.В. Аршавский. — Владивосток, 1988. — 135 с.

5. Безруких М.М. К вопросу о функциональной межполушарной асимметрии и латерализации моторных функций / М.М. Безруких // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы II всероссийской научной конференции. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 27—28.

6. Безруких М.М. Психофизиологические и нейрофизиологические особенности организации зрительно-пространственной деятельности у праворуких и леворуких детей 6—7 лет / М.М. Безруких, А.В. Хрянин // Физиология человека. — 2000. — Т. 26, № 1. — С. 14—20.

7. Дзятковская Е.Н. Информационное пространство и здоровье школьников / Е.Н. Дзятковская, Л.И. Колесникова, В.В. Долгих. — Новосибирск: Наука, 2002. — 132 с.

8. Доброхотова Т.А. Левши / Т.А. Доброхотова, Н.Н. Брагина. — М.: Книга Лтд, 1994. — 232 с.

9. Дозорцева А.В. Латеральные мануальные предпочтения младенцев в исполнительных действиях / А.В. Дозорцева, Е.А. Сергиенко // А.Р. Лурия и психология XXI века: Тезисы сообщений Второй международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Р. Лурия / Под ред. Т.В. Ахутиной, Ж.М. Глозман, Д. Тапера. — М.: МГУ и др., 2002. — С. 46.

10. Драганова О.А. Индивидуально-психологические особенности детей с разными формами мануальной асимметрии / О.А. Драганова, В.С. Сычев // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы второй всероссийской научной конференции. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 117—118.

11. Еремеева В.Д. Мальчики и девочки. Два разных мира / В.Д. Еремеева, Т.П. Хризман. — СПб., 2001. — 184 с.

12. Казначеев В.П. Очерки теории и практики экологии человека / В.П. Казначеев. — М.: Наука, 1983.

13. Князева М.Г. Формирование межполушарного взаимодействия в онтогенезе. Электрофизиологический анализ / М.Г. Князева, Д.А. Фарбер // Физиология человека. — 1991. — Т. 17, № 1. — С. 5—17.

14. Латерализация моторных функций в раннем онтогенезе человека / Т.А. Строганова, И.Н. Посикера, Н.П. Пушина и др. // Физиология человека. — 2003. — Т. 29, № 1. — С. 48—50.

15. Манелис Н.Г. Нейропсихологические закономерности нормального развития / Н.Г. Манелис // Школа здоровья. — 1999. — Т. 6. — С. 8—25.

16. Марютина Т.М. Роль наследственности в формировании мануальной асимметрии / Т.М. Марютина // Вопросы психологии. — 1999. — № 3. — С. 75—83.

17. Московичюте Л.И. Асимметрия полушарий мозга на уровне коры и подкорковых образований / Л.И. Московичюте // Сб. докл. Первой Межд. конф. памяти А.Р. Лурия. — М.: Изд-во Российское психологическое общество, 1998. — С. 96—101.

18. Нейропсихологический анализ межполушарной асимметрии мозга / Отв. ред. Е.Д. Хомская. — М.: Наука, 1986. — 206 с.

19. О формировании межполушарного взаимодействия в онтогенезе / А.В. Семенович, Б.А. Архипов, Т.Г. Фролова и др. // Материалы Первой Межд. конф. памяти А.Р. Лурия // Под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной. — М.: Российское психологическое общество, 1998. — С. 215—224.

20. Онтогенез функциональной межполушарной асимметрии / Д.А. Фарбер, В.В. Алферова, Т.Г. Бетелева и др. // Принципы и механизмы деятельности мозга. — Л.: Наука, 1985. — С. 80—82.

21. Пальчик А.Б. Эволюционная неврология / А.Б. Пальчик. — СПб.: Питер, 2002. — 383 с.

22. Половые различия структуры распределения латеральности у тувинских школьников / В.П. Леутин, М.Д. Ройфман, А.М. Пичкуров и др. // Физиология человека. — 1997. — Т. 23. — С. 132—137.

23. Поляков В.М. Нейропсихология в скрининговых исследованиях детских популяций / В.М. Поляков // Сб. докл. Второй межд. конф., посвященной 100-летию со дня рождения А.Р. Лурия / Под ред. Т.В. Ахутиной, Ж.М. Глозман. — М.: ООО Федоровец, 2003. — С. 199—209.

24. Пономарева Н.В. Межполушарная асимметрия при нормальном старении и болезни Альцгеймера / Н.В. Пономарева, Н.Д. Селезнева // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Матер. Второй всероссийской научной конференции. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 220—222.

25. Прахт Н.Ю. Межполушарная асимметрия и межполушарное взаимодействие в позднем возрасте / Н.Ю. Прахт, Н.Л. Корсакова // Тезисы сообщений Второй межд. конф., посвященной 100-летию со дня рождения А.Р. Лурия // Под ред. Т.В. Ахутиной, Ж.М. Глозман, Д. Тапера. — М.: МГУ и др., 2002. — С. 115.

26. Проблемы психосоматической патологии детского возраста / Л.И. Колесникова, В.В. Долгих, В.М. Поляков и др. — Новосибирск: Наука, 2005. — 222 с.

27. Равич-Щербо И.В. Психогенетика / И.В. Равич-Щербо, Т.М. Марютина, Е.Л. Григоренко. — М.: Аспект Пресс, 2004. — С. 347—362.

28. Ротенберг В.С. Поисковая активность и адаптация / В.С. Ротенберг, В.В. Аршавский. — М.: Наука, 1984. — 192 с.



29. Ротенберг В.С. Мозг. Обучение. Здоровье: Книга для учителя / В.С. Ротенберг, С.М. Бондаренко. — М.: Просвещение, 1989. — С. 158—177.
30. Семаго Н.Я. Теория и практика оценки психического развития ребенка. Дошкольный и младший школьный возраст / Н.Я. Семаго, Н.Н. Семаго. — СПб.: Речь, 2005. — 384 с.
31. Семенова К.А. К оценке развития структуры и функции правой и левой гемисферы у детей при внутриутробном или родовом поражении мозга / К.А. Семенова, Т.Г. Шамарин // Функциональная асимметрия и адаптация человека. — М.: Московский НИИ психиатрии, 1976. — С. 96—98.
32. Семенович А.В. Проблемы онтогенеза межполушарных взаимодействий: нейропсихологический подход / А.В. Семенович // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы Второй всерос. научной конф. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 276—285.
33. Семенович А.В. Модель анализа межполушарных взаимодействий в онтогенезе (на материале дихотического прослушивания) / А.В. Семенович, Г.С. Лев // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы Второй всерос. научной конф. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 285—291.
34. Сергеев Б.Ф. Асимметрия мозга / Б.Ф. Сергеев. — М.: Знание, 1981. — 64 с.
35. Симерницкая Э.Г. Изучение доминантности полушарий у детей методом дихотического прослушивания / Э.Г. Симерницкая, А.Х. Алле, А.Б. Хавин // Вестн. Моск. ун-та. — 1977. — № 2. — С. 76—81.
36. Симерницкая Э.Г. Доминантность полушарий. Нейропсихологические исследования / Э.Г. Симерницкая // Под ред. А.Р. Лурия. — М.: Изд-во МГУ, 1978. — Вып. 10. — 95 с.
37. Симерницкая Э.Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе / Э.Г. Симерницкая. — М.: Изд-во МГУ, 1985. — 190 с.
38. Скороходова Т.А. Асимметрия функциональной организации правого и левого полушарий при зрительно-пространственной деятельности у детей младшего школьного возраста / Т.А. Скороходова // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы Второй всерос. научной конф. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 291—297.
39. Спрингер С. Левый мозг, правый мозг / С. Спрингер, Г. Дейч: пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 256 с.
40. Фарбер Д.А. Межполушарные различия механизмов зрительного опознания в онтогенезе / Д.А. Фарбер, Т.Г. Бетелева // Сенсорные системы: сенсорные процессы и асимметрия полушарий. — Л.: Наука, 1985. — С. 127—136.
41. Фарбер Д.А. Возрастные особенности функциональной специализации полушарий при когнитивной деятельности / Д.А. Фарбер, Т.Г. Бетелева, Р.И. Мачинская // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: Материалы Второй всерос. научной конф. — М.: НИИ мозга РАМН, 2003. — С. 317—318.
42. Функциональная асимметрия мозга и индивидуальные различия в предпочтении руки в раннем онтогенезе / Т.А. Строганова, Н.П. Пушина, Е.В. Орехова и др. // Физиология человека. — 2004. — Т. 30, № 1. — С. 20—30.
43. A gene-culture model of human handedness / K.N. Laland, J. Kumm, J.D. Van Horn et al. // Behavior genetics. — 1995. — Vol. 25, N 5. — P. 433—445.
44. Annett M. The distribution of manual asymmetry / M. Annett // Brit. J. Psychol. — 1972. — Vol. 63. — P. 343.
45. Annett M. In defence of the right shift theory / M. Annett // Percept. motor. skills. — 1996. — Vol. 82. — P. 115—137.
46. Asymmetry of fetal cerebral hemispheres: in utero ultrasound study / R. Hering-Hanit, R. Achiron, S. Lipitz et al. // Arch. Child. Fetal Neonatal. — 2001. — N 85. — P. 194—196.
47. Bakker D.J. Hemispheric specialization in children as reflected in the longitudinal development of ear asymmetry / D.J. Bakker, M. Hoefkens, H. Van der Vlugt // Cortex. — 1979. — Vol. 15. — P. 619—625.
48. Bishop D.V.M. Handedness and developmental disorders / D.V.M. Bishop. — Mac Keith Press, 1990. — 378 p.
49. Borowy T. Cerebral Lateralization of Speech: The Effects of Age, Sex, Race and Socioeconomic Class / T. Borowy, R. Goebel // Neuropsychologia. — 1976. — Vol. 14. — P. 363—370.
50. Bryden M.P. Laterality effects in dichotic listening: Relation with handedness and reading ability in children / M.P. Bryden // Neuropsychologia. — 1970. — Vol. 8. — P. 443—450.
51. Bryden M.P. Genetics as analogy / M.P. Bryden // Current Psychol. Cognit. — 1995. — Vol. 14, N 5. — P. 508—515.
52. Bryden M.P. Do auditory perceptual asymmetries develop? / M.P. Bryden, F.A. Allard // Cortex. — 1981. — Vol. 17, N 2. — P. 313—318.
53. Carmon A. Spatial and temporal factors in visual perception of patients with a lateral cerebral lesions / A. Carmon // Asymmetrical functional of the brain. — Cambridge, 1978. — P. 87—98.
54. Chasty H.T. Bilateral asymmetry and linguistic acquisition in children of school age / H.T. Chasty, I. Turner, G. Seth // Irish J. Psychol. — 1976. — Vol. 3. — P. 137—145.
55. Cioni G. Lateralization of sensory and motor functions in human neonates / G. Cioni, G. Pellegrinetti // Percept. motor skills. — 1982. — Vol. 54, N 3. — P. 1151—1158.
56. Dean R.S. Lateral preference patterns as a discriminator of learning difficulties / R.S. Dean // J. of Consult. And Psychol. — 1981. — Vol. 49. — P. 227—235.
57. Developmental parameters of the ear asymmetry: A multivariate approach / P. Satz, D.J. Balkker, J. Tenunissen et al. // Brain and language, 1975. — Vol. 2. — P. 171—185.

58. Evidence of minimal cerebral asymmetries for the processing of English words and American sign language in the congenitally deaf / W.F. McKeever, H.W. Hoemann, V.A. Florian // *Neuropsychologia*, 1976. — Vol. 14. — P. 413–423.
59. Gangestad S.W. Parental handedness and relative hand skill: A test of developmental instability hypothesis / Gangestad S.W., Yeo R.A. // *Neuropsychologia*. — 1994. — Vol. 8 — P. 572–578.
60. Gazzaniga M.S. Cerebral dominance viewed as a decision system / M.S. Gazzaniga // *Hemisphere function in the human brain*. — L., 1974. — P. 111–123.
61. Geschwind N. Cerebral dominance in biological perspective / N. Geschwind // *Neuropsychologia*. — 1984. — Vol. 22, N 6. — P. 675.
62. Hecaen H. Acquired aphasia in children and the ontogenesis of hemispheric functional specialization / H. Hecaen // *Brain and Language*. — 1976. — Vol. 3. — P. 114–134.
63. Hemispheric efficiency in middle and later adulthood / R.S. Johnson, R.E. Coie, J.K. Bowers et al. // *Cortex*. — 1979. — Vol. 15. — P. 109–119.
64. Hiscock M. Brain lateralization across the Life Span / M. Hiscock // *Handbook of Neurolinguistics*. — Academic Press, 1998. — P. 357–368.
65. Ingram D. Cerebral speech lateralization in young children / D. Ingram // *Neuropsychologia*. — 1975. — Vol. 13. — P. 103–106.
66. Kimura D. Speech lateralization in young children as determined by an auditory test / D. Kimura // *J. Comp. Physiol. Psychol.* — 1963. — Vol. 56. — P. 899–902.
67. Kinsbourne M. The ontogeny of cerebral dominance / M. Kinsbourne // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* — 1975. — Vol. 263. — P. 244–250.
68. Krachsen S.D. Lateralization, language learning, and the critical period: some new evidence / S.D. Krachsen // *Language Learning*. — 1975. — Vol. 23, N 1. — P. 63–74.
69. Krachsen S.D. The critical period for language acquisition and its possible bases / S.D. Krachsen // *Ann. N.Y. Acad. Scien.* — 1975. — Vol. 263. — P. 211–224.
70. Lenneberg E.H. *Biological foundations of language* / E.H. Lenneberg. — New York: Wiley, 1967.
71. Levy J. Psychobiological implications of bilateral asymmetry / J. Levy // *Hemisphere function in the human brain* // Eds. S. Dimonf, D. Beanmont. — London, 1974. — P. 114–127.
72. Melekian B. Lateralization in the human newborn at birth: asymmetry of the stepping reflex / B. Melekian // *Neuropsychologia*. — 1981. — Vol. 19, N 5. — P. 707–711.
73. Molfese D.L. The ontogeny of brain lateralization for speech and nonspeech stimuli / D.L. Molfese, R.B. Freeman, D.S. Palermo // *Brain language*, 1975. — Vol. 2. — P. 356–368.
74. Molfese D.L. Cortical responses of preterm infants to phonetic and non-phonetic speech stimuli / D.L. Molfese, V.J. Molfese // *Develop. Psychol.* — 1980. — Vol. 16. — P. 574–581.
75. Pathological left handedness and familial sinistrality in relation to degree of mental retardation / J.L. Bradshaw, McAnulty, R.E. Hicks et al. // *Brain and cogn.* — 1984. — Vol. 3. — P. 349–356.
76. Previc F.H. General theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralizations in humans / F.H. Previc // *Psychological review*. — 1991. — Vol. 98. — P. 299–334.
77. Right Ear Advantage in Children 5 to 13 / C. Berlin, L. Hughes, S. Lowwe-Bell et al. // *Cortex*. — 1973. — Vol. 9. — P. 394–402.
78. Salmasso D. Problems in the assessment of hand preference / D. Salmasso, A.M. Longoni // *Cortex*. — 1985. — Vol. 21. — P. 533.
79. The development of Handedness in children / I.C. McManus, G. Silk, D.R. Cole et al. // *British Journal of Developmental Psychology*. — 1988. — Vol. 6, N 3. — P. 257–273.
80. Turkewitz G. The development of lateral in the human infant / G. Turkewitz // *Lateralization in the nervous system* // Eds. S. Harnad, R. Doty, J. Jaynes, L. Goldstein, G. Krauthamer. — New York — San Francisco — London: Acad. Press, 1977. — P. 251–259.
81. Turkheimer E. Extreme handedness developmental instability, and the heritability of behavior / E. Turkheimer, S. Wilkniss, R.A. Yeo // *Amer. J. Med. Genet.* — 1997. — Vol. 74, N 6. — P. 572.
82. Wada J.A. Pre-language and fundamental asymmetry of the infant brain / J.A. Wada // *Ann. N.Y. Acad. Scien.* — 1977. — Vol. 299. — P. 370–379.
83. Wilson P.J.E. Cerebral hemispherectomy for infantile hemiplegia / P.J.E. Wilson // *Brain*. — 1970. — Vol. 93. — P. 147–180.
84. Witelson S.F. Sex and single hemisphere: Specialization of the right hemisphere for spatial processing / S.F. Witelson // *Science*, 1976. — Vol. 193, N 4251. — P. 425–427.
85. Witelson S.F. Early hemisphere specialization and interhemisphere plasticity: An empirical and theoretical review / S.F. Witelson // *Language development and neurological theory*. — N.-Y.: Acad. Press, 1977. — P. 213–287.
86. Witelson S.F. Neurobehavioral aspects of language in children / S.F. Witelson // *Child development*. — 1987. — Vol. 58. — P. 653.
87. Witelson S.F. Left out axons make men right: a hypothesis for the origin of handedness and functional asymmetry / S.F. Witelson, R.S. Novakovski // *Neuropsychologia*. — 1991. — Vol. 29, N 4. — P. 327.
88. Zangwill O.L. *Cerebral dominance and its relation to psychological function* / O.L. Zangwill. — London: Oliver and Boyd, 1960. — 31 p.