
Глава 7

МЕЖПОЛУШАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРИ НОРМАЛЬНОМ И ОТКЛОНЯЮЩЕМСЯ РАЗВИТИИ: МОЗГОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Ковязина М.С., Балашова Е.Ю.

Асимметрия мозга и межполушарное взаимодействие: история и современное состояние исследований

Проблема межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия

- одна из наиболее актуальных проблем современной нейропсихологии. Одним из путей изучения функциональной асимметрии является дальнейшее накопления знаний о функциях левого и правого полушария, о механизмах, лежащих в основе межполушарных различий и определяющих при этом характер их взаимодействия. Именно наличие функциональных связей между полушариями обеспечивает преимущества мозга как парного органа. Раскрытие нейропсихологических механизмов функционирования комиссуральной системы мозга, ее вклада в реализацию любой психической функции является важной задачей современной нейропсихологии. Хотя нейропсихологи давно говорят о существовании фактора межполушарного взаимодействия (Хомская, 2002), это понятие пока недостаточно наполнено конкретным содержанием. Остается открытым вопрос о качественной специфике нейропсихологических синдромов при различной патологии комиссуральной системы мозга. Будут ли они принципиально отличаться от полушарных синдромов? Или окажутся отчасти сходными с полушарными синдромами и, вместе с тем, будут включать ряд специфических черт? Ответы на эти вопросы дадут возможность приблизиться к пониманию формирующихся в онтогенезе функциональных связей комиссур мозга с правой или левой гемисферой.

Анатомический субстрат межполушарного взаимодействия

Координация многообразных эффектов, вносимых правым и левым

полушарием, возможна лишь при наличии специального механизма межполушарного взаимодействия. Анатомическим субстратом такого взаимодействия являются многочисленные мозговые комиссуры (передняя, дорсальная, вентральная, гиппокампальные, базальная теленцефалическая, гипоталамическая и др.), однако ведущая роль принадлежит самой крупной комиссуре - мозолистому телу (МТ). Оно объединяет лобные, теменные и затылочные области больших полушарий головного мозга и соответственно подразделяется на передние, средние и задние отделы. Передняя часть изогнута несколько вниз и вперед и образует так называемое колено МТ, переходящее в нижних отделах в клюв (рострем). Средняя часть – наиболее длинный отдел МТ – ствол. Задняя часть называется утолщением (спленумом).

При изучении мозга младенцев, детей и взрослых было обнаружено, что миелинизация передней комиссуры и МТ заканчивается только к подростковому возрасту (Yakovlev, LeCours, 1967). Большинство современных МРТ-исследований показывает, что МТ созревает к концу второго десятилетия жизни (Barkovich, Maroldo, 1993; Giedd et al., 1996; Thompson et al., 2000). По другим данным, размер МТ продолжает увеличиваться до середины двадцатилетия (Pujol et al., 1993). Значительное увеличение размера МТ на МРТ-изображениях сагиттального среза выявлено у детей между 4 и 18 годами (Geers et al., 1999). Последующие лонгитюдные исследования показали нелинейное увеличение задней части МТ к 18 годам (Geers et al., 1999). Фронтальная область МТ увеличивается между 3 и 6 годами, его задняя часть - между 6 и 15 годами (Thompson et al., 2000). При изучении приматов было обнаружено, что количество аксонов МТ увеличивается до рождения, но впоследствии уменьшается (Lamantia, Rakic, 1990). Вероятно, увеличение МТ в детском возрасте, скорее всего, связано с миелинизацией, а не с увеличением количества аксонов.

Экспериментальные исследования показали, что через МТ передается уже первично обработанная сенсорная информация (Trevarthen, 1968; Berlucchi et al., 1979; Myers, Sperry, 1985). Информация низшего порядка, отражающая сенсорные и физические характеристики стимула (яркость, световой поток, контур, расположение, движение), поступает в оба полушария через ипсилатеральные или подкорковые пути. Для переноса более сложной информации необходимо интактное МТ. Исследователи также указывают, что роль МТ невелика в переносе моторных команд, но оно является более значимым для переноса латерализованной вербальной или зрительно-пространственной информации (Geffen et al., 1994). Роль меж-

полушарного взаимодействия возрастает при повышении трудности выполняемого задания (Merola., Liederman, 1990; Banich., Belger, 1990; Serepo, Kosslyn, 1991). Одна из важных функций МТ — обеспечение возможности межполушарного торможения для дифференциации активности полушарий и более эффективной обработки информации. От качества межполушарного взаимодействия зависит и уровень интеллекта (Thatcher et al., 1987).

Синдром «расщепленного мозга»

Хотя координирующая роль МТ была известна давно, интерес к изучению его функций резко усилился под влиянием исследований пациентов с перерезанным МТ (каллозотомией). Разработанная американскими нейрохирургами с лечебной целью (для предотвращения генерализации эпилептических припадков), операция перерезки МТ открыла большие возможности для изучения изолированного функционирования каждого из полушарий в условиях нарушения межполушарного взаимодействия. Это позволило, с одной стороны, верифицировать и дополнить сложившиеся представления о функциях правого и левого полушарий мозга; с другой - оценить функциональное значение комиссуральной системы мозга. Больные с каллозотомией стали самой первой клинической моделью в этих исследованиях. Впоследствии стали изучаться и больные с комиссуротомией, у которых, кроме МТ, перерезали переднюю, гиппокампулярную комиссуры, межбугровое сращение или другие комиссуры, связывающие два полушария. Результаты психологических экспериментов и наблюдений показали, что разделение полушарий приводит к возникновению двух видов мозга «в одном черепе»: двух восприятий, двух независимых сфер сознания, двух видов мышления, двух систем понимания языка и т. д. При этом полушария могут «прекрасно уведомлять друг друга» или «обучать друг друга» (Газзанига, 1999).

Данные этих исследований послужили основанием для выделения специфического синдрома «расщепленного мозга» (Газзанига, 1999, Vogen, 1985). К его основным симптомам относятся: аномия (неспособность дать словесный отчет о сигналах, воспринятых правым полушарием); нарушение реципрокных асимметричных движений; дископия-дисграфия (неспособность писать левой рукой, а рисовать - правой); левостороннее игнорирование; «зеркальные» ошибки в письме и рисунке.

После операции по «рассечению мозга» у больных не наблюдается от-

четливых изменений темперамента, личности, общего интеллекта. Кроме того, описанный синдром является нестойким – со временем, в течение нескольких недель, выраженность симптомов существенно уменьшается, а иногда они вообще исчезают (Хомская, 2002).

Отечественные нейропсихологи исследовали больных с частичным рассечением МТ в результате удаления артериовенозных аневризм (Москвичюте и др., 1982; Симерницкая, 1989). Было установлено, что МТ представляет собой сложное образование, различные отделы которого (передние, средние, задние) функционально неравнозначны и вносят специфический вклад в обеспечение межполушарного взаимодействия. Его нарушения при парциальной перерезке МТ имели ряд особенностей. Была констатирована модальная специфичность симптомов в зависимости от локализации повреждения МТ (при поражениях задних отделов нарушался межполушарный перенос зрительной информации, а при поражении средних отделов – кожно-кинестетической). Однако, локальные повреждения комиссур приводили не только к подобным модально-специфичным дефектам, но и вызывали нарушения взаимодействия различных афферентных систем. Например, поражение задних отделов МТ нарушало взаимодействие не только зрительных, но также тактильных и слуховых афферентных систем. Симптомы нарушения межполушарного взаимодействия при частичном повреждении волокон МТ обнаруживали довольно быстрое обратное развитие. Скорость регресса различных нарушений была неодинаковой: функции правого полушария восстанавливались медленнее. Наконец, поражения передних отделов МТ приводили к возникновению мнестических расстройств (дисмнезий), качественно отличающихся от всех описанных в литературе типов нарушений памяти.

Исследования «расщепленного мозга» послужили толчком к изучению функций церебральной комиссуральной системы. Они показали, что мозг работает как парный орган; для нормального функционирования ему необходима система, координирующая взаимодействие двух полушарий.

Врожденные аномалии мозолистого тела и высшие психические функции

Существуют и врожденные аномалии МТ – его полная и частичная агенезия, аплазия и гипоплазия. Они могут возникать вследствие нарушения дифференциации нервной трубки в процессе эмбрионального онтогенеза мозолистого тела, на 2-5 месяце внутриутробного развития. Агенезия

МТ (АМТ) - полное отсутствие основной комиссуральной спайки головного мозга. При этом третий желудочек остается открытым, полностью отсутствуют столбы свода мозга, прозрачные перегородки и артерия МТ (Vergani et al., 1994). Компьютерная и магнитно-резонансная томография выявляют после 18-ой недели широкое стояние боковых желудочков, смещение третьего желудочка кпереди, расширение затылочных рогов боковых желудочков (более 11 мм), отсутствие изображения волокон МТ при фронтальном и сагиттальном сканировании (Vergani et al., 1994; Gille et al., 1994; Kessler et al., 1991). При аплазии столбы свода и прозрачные перегородки обычно сохранены. Гипоплазия - отсутствие только задней спайки и укорочение МТ. Помимо перечисленных выше пороков развития комиссуральной системы мозга, может наблюдаться также утолщение или истончение МТ. Такие клинические модели дают уникальную возможность для исследования межполушарных отношений и роли комиссуральной системы.

Пороки развития МТ могут быть вызваны не только нарушениями эмбриогенеза, но и другими патологическими состояниями мозга (гидроцефалией, кровоизлиянием и др.), а также непосредственными повреждениями МТ. Так как МТ развивается спереди назад, то чаще встречаются пороки его задней части (Corballis, Finlay, 2000). ЯМР-исследования МТ в норме и патологии выявили врожденные аномалии у 2% из 450 больных, обращавшихся по различным поводам (Geers et al., 1999). При ЯМР- томографии, проведенной у 445 детей до 17 лет, была обнаружена гипоплазия МТ у 7 человек, полная агенезия у 5 человек, частичная агенезия — у 2 человек (Lamantia, Rakic, 1990). Таким образом, аномалии МТ выявлены в 3,15% случаев, а гипоплазия МТ встречается так же часто, как частичная и полная агенезии, вместе взятые. По данным других авторов, частота АМТ колеблется от 0,004% до 2,64% в разных популяционных выборках (Banich, Belger, 1990).

Аномальность мозолистого тела или дефицит в его функционировании может играть существенную роль в возникновении отклонений развития, неврологических и психических расстройств - аутизма, шизофрении, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, дислексии и др. (Egaas et al., 1995; David, 1993; Орлова и соавт., 2000; Hynd et al., 1991; Njiokiktjien et al., 1994; Hynd et al., 1995; Markee et al., 1996). Анатомо-физиологические исследования детей с ранней гидроцефалией показывают, что расширение желудочков в этих случаях влечет атрофию мозговой ткани, особенно в области МТ (Chiarello, 1980). Связь аномалий МТ с

шизофренией в последнее время широко обсуждается в литературе (Banich, Brown, 2000). При раннем начале шизофрении отмечается истончение МТ, причем истончаются, в основном, передняя и средняя его части. Утолщение МТ, наоборот, характерно для позднего начала заболевания и сочетается с хорошим прогнозом (Corballis, Finlay, 2000). Прямой связи АМТ с психозами нет, но, возможно, МТ регулирует активность обоих полушарий, а недостаточность регуляции является одним из пусковых механизмов психотических расстройств (Banich, Belger, 1990). Развитие компенсаторных связей при АМТ иногда идет неправильно, что также может сказываться на формировании симптомов психоза. Уменьшение рострума и ростральной части корпуса МТ описано при синдромах дефицита внимания и гиперактивности у детей (Banich et al., 2000). В большинстве (71%) случаев гипоплазии МТ выявлена умственная отсталость (Lamantia, Rakic, 1990).

У большинства пациентов АМТ диагностируется в первые 2 года жизни как тяжелый неврологический и поведенческий синдром. У детей с АМТ в возрасте до года нередко встречается снижение прироста массы тела, отставание в моторном развитии (они позднее начинают держать головку, сидеть, ходить), судороги. Клиническое наблюдение новорожденного ребенка с АМТ позволило выявить такие неврологические нарушения, как мышечная гипотония, малая модуляция крика, угнетение спинальных сегментарных автоматизмов, отсутствие формирования цепного симметричного рефлекса, нарушения сенсорных реакций (зрительной фиксации и слежения, слухового сосредоточения), низкую коммуникабельность (Медведев и соавт., 2001). У старших детей отмечают в ряде случаев нарушения терморегуляции (гипотермию) и отклонения в психическом развитии (дефицит координации, зрительной и слуховой памяти). Если АМТ впервые диагностируется в юношеском или зрелом возрасте, неврологические симптомы и нарушения психических функций могут быть менее выраженными или вообще отсутствовать. Заметим, что исследования психических нарушений при АМТ имеют некоторые ограничения. Во-первых, часто это описания отдельных случаев. Во-вторых, результаты детей с АМТ не всегда сопоставляются с результатами контрольных пациентов с другими неврологическими нарушениями. Однако те исследования, которые включали контрольную группу, не обнаруживали у ее испытуемых дефицит, характерный для больных с АМТ (Ettlinger et al., 1974; Chiarello, 1980). Осложняющим фактором во многих исследованиях является и то, что АМТ часто сопровождается различными

неврологическими нарушениями, которые влияют на характер психического функционирования. Существует более 50-ти расстройств, ассоциированных с АМТ (Jeret et al., 1987). АМТ является необходимой составляющей таких синдромов, как синдром Айкарди, синдром Андерманн, акрокаллозальный синдром, синдром Шапиро и Менкес (Paul et al., 2003).

Остановимся подробнее на анализе особенностей психического функционирования при АМТ. Широко распространено мнение, что взрослые с АМТ не демонстрируют грубых нарушений *межполушарного переноса сенсомоторной информации*, которые характерны для пациентов с комиссуротомией. Например, при измерении времени моторной реакции на тахистоскопически предъявляемые стимулы у юноши 16 лет с АМТ разницы между перекрестной и прямой реакцией выявлено не было (Kinsbourne, Fisher, 1971). О значительных компенсаторных возможностях мозга свидетельствуют эксперименты, в которых лицам с АМТ предлагались тесты на бимануальное сравнение, восприятие глубины и пространственную локализацию (Ettlinger et al., 1974).

Но результаты исследования детей оказываются иными. Например, у детей 4-х и 8-ми лет с полной АМТ была обнаружена неспособность называть объекты, ощупываемые субдоминантной рукой (Field et al., 1978; Koeda, Takeshita, 1993). В других исследованиях 8-летний ребенок с нормальным интеллектом демонстрировал дефицит межполушарного переноса тактильной информации при использовании доминантной руки (Meerwaldt, 1983).

Для выявления нарушений взаимодействия полушарий при АМТ необходимы особым образом организованные эксперименты. Именно в таких условиях пациенты с АМТ демонстрируют дефицит межполушарного взаимодействия. У них отмечают затруднения и дезавтоматизацию при выполнении бимануальных движений, дефицит в межмануальной передаче пространственной информации (например, при тактильном прохождении лабиринта, а также в тактильно-конструктивных задачах типа складывания доски Сегена). Однако, общепризнанным является тот факт, что дефицит межполушарной передачи информации проявляется у испытуемых с АМТ только при усложнении тактильно-пространственной задачи (Sauenvien, Lassonde, 1994; Fisher et al., 1992; Lassonde, Jeeves, 1994).

Систематический подход к тестированию испытуемых позволил проанализировать интеграцию полушарных и межполушарных функций. Дети с АМТ не отличались от нормальных детей и детей с другими неврологическими расстройствами по успешности выполнения мономануальных соматосенсорных тестов, требовавших вербального ответа на тактильные

стимулы, однако им требовалось значительно больше времени для ответа при использовании субдоминантной руки. Напротив, в тесте на идентификацию фигур, требующем анализа перцептивных качеств предметов, дети с АМТ затрачивали значительно больше времени при использовании доминантной руки, чем испытуемые с неврологическими нарушениями (Friefeld et al., 2000).

Более длительное время выполнения некоторых психологических тестов у испытуемых с АМТ было отмечено и в других исследованиях. Считается, что эта особенность является следствием действия компенсаторных механизмов, т.е. функционирования альтернативных путей межполушарного переноса.

При бимануальном восприятии текстуры и распознавании высоких пространственных частот дети с АМТ, в отличие от контрольных испытуемых, испытывали большие трудности.

Несмотря на данные о дефиците переноса тактильной информации у пациентов без передней части мозолистого тела, точность выполнения подобных заданий детьми с полной АМТ незначительно отличается от результатов детей с частичным отсутствием мозолистого тела. Детям с полной АМТ требовалось больше времени для ответа во всех бимануальных тестах на тактильное узнавание. Результаты данного исследования говорят о том, что оценка текстуры может быть единственным навыком, который у пациентов с АМТ недоступен компенсации. Это говорит об определенной ограниченности компенсаторных возможностей при отсутствии мозолистого тела. Лонгитюдные исследования пациентов с АМТ позволяют заключить, что изменения в межполушарном переносе соматосенсорной информации продолжаются в молодости (Friefeld et al., 2000).

Для передачи зрительной информации при АМТ наиболее подходящим кандидатом является передняя комиссура. Известно, что она играет важную роль в межполушарной передаче зрительной информации при распознавании фигур у обезьян (Sullivan, Hamilton, 1973; Black, Myers, 1964). Передняя комиссура играет значительную роль в обеспечении функции зрения и у человека. При АМТ она может быть гораздо меньше по размеру или вообще отсутствовать, а может и увеличиваться (Rauch, Jinkins, 1994). Роль передней комиссуры была продемонстрирована в следующем эксперименте. Было проведено сравнение результатов обследования мальчика с АМТ и без передней комиссуры с результатами обследования мальчика без МТ, но с передней комиссурой. Оно показало, что у первого ребенка был затруднен перенос зрительной информации в левое

полушарие, а тактильной — в правое, чего не наблюдалось во втором случае (Fisher et al., 1992). Эти данные свидетельствуют о возможности компенсации некоторых функций за счет передней комиссуры.

Эта комиссура может служить для межполушарной передачи достаточно сложной зрительной информации, обрабатываемой на корковом уровне (например, о форме букв и цифр). Было обнаружено, что межполушарная передача зрительной информации была нормальной у индивидов с АМТ с сохраненной передней комиссурой, но нарушалась, если при АМТ передняя комиссура отсутствовала (Fisher et al., 1992). Пациенты с АМТ могли точно идентифицировать слова и абстрактные фигуры, предъявляемые в одно из двух полуполей зрения, но показывали явное преимущество левого полуполя при локализации стимулов внутри пространственной структуры (Martin, 1985). По-видимому, у индивидов с АМТ только информация о форме фигуры передается через переднюю комиссуру, а информация о положении - нет.

Способность интегрировать зрительную информацию была исследована на 3-х испытуемых с АМТ (Corballis, Finlay, 2000). Этот случай интересен тем, что является семейным случаем АМТ. Испытуемыми были 39-летняя мать и две ее дочери, 11-ти и 12-ти лет. Им предлагалось называть и сравнивать цвета, цифры от 0 до 9 и буквы, предъявляемые попеременно в левое/правое зрительные полуполя или билатерально, а также называть слова из 6-ти букв (например, BARROW, SEALED, COTTON), половины которых предъявлялись также попеременно в левое/правое зрительное полуполе или билатерально. Выявилось, что все испытуемые способны называть цвета, буквы и цифры, предъявляемые в оба зрительных полуполя, а также способны определить, похожи или отличаются буквы и цифры, предъявляемые билатерально. Но у них наблюдались большие трудности при сравнении предъявляемых билатерально цветов. При этом сравнение было значительно успешнее в случаях, когда цветовые стимулы находились ближе к средней линии (на расстоянии 3,44 см), чем при их большем удалении от центра (на расстояние 5,15 см). Возможно, при АМТ информация о цвете не передается в противоположное полушарие вообще или передается в искаженном виде.

При распознавании разделенных по центру 6-ти буквенных слов, испытуемые были склонны воспринимать их целиком. Эти данные отличаются от результатов выполнения аналогичного задания пациентами с комиссуротомией, которые имеют тенденцию называть такие слова как пару самостоятельных слов (Gazzaniga et al., 1984). Можно предположить, что пациенты с АМТ зрительно воспринимают окружающий мир, как

континуум, перцептивную последовательность.

Дети с АМТ могут осуществлять межполушарное сравнение одиночных букв, но обнаруживают значительный дефицит при сравнении пространственных паттернов, состоящих из 5-ти точек и предъявляемых поочередно в правое и левое зрительные полуполя. Эти данные свидетельствуют о том, что при отсутствии МТ лишь ограниченное количество простых зрительных образов может быть передано в другое полушарие. Эта передача осуществляется, по-видимому, через переднюю комиссуру, и значительно ограничена (Brown et al., 1999).

Существуют и данные о том, что МТ участвует в обеспечении Струп-эффекта (Brown et al., 2001). Этот эффект был впервые описан Дж.Р. Струпом в 1935 г. (Stroop, 1935). Он отражает зависимость между скоростью называния цвета и семантическим содержанием слова. Латентное время называния краски, которой отпечатано слово, увеличивается пропорционально семантической связи этого слова с цветовой областью. Максимальная задержка наблюдается, если слово обозначает цвет, отличный от цвета краски. Для выявления этого эффекта испытуемым предъявлялись конгруэнтные, неконгруэнтные и нейтральные пары стимулов унилатерально (цвет и слово, обозначающее цвет предъявлялись в одно и то же зрительное полуполе) и билатерально (цвет и слово, обозначающее цвет, предъявлялись в разные зрительные полуполя) (Brown et al., 2001). И унилатеральный, и билатеральный Струп-эффект наблюдался как у испытуемых с АМТ, так и в контрольной группе здоровых испытуемых, но статистически значимых различий между группами выявлено не было (Brown et al., 2001). При исследовании мальчика 14 лет с невербальным интеллектом ниже нормы и нормальным вербальным интеллектом, наблюдался нормальный Струп-эффект при унилатеральном предъявлении, но при билатеральном предъявлении данный эффект ухудшался (Brown et al., 2001). Вероятно, для обеспечения этого феномена МТ не является необходимым, и можно обойтись другими внекаллозальными путями, например, передней комиссурой.

При исследовании способности лиц с АМТ к локализации звука в пространстве было выявлено ее снижение по сравнению с нормой, особенно заметное в тех случаях, когда звук подавался по средней линии. Кроме того, вербальные ответы в этих экспериментах были менее точными, чем мануальные (Poigier et al., 1993). Другие исследователи изучали мануальную реакцию на световые вспышки в условиях перекрестных и прямых ответов (Aglioti et al., 1993). При этом они регистрировали электромиограмму с дистальных, проксимальных и аксиальных мышц. Эти исследо-

вания еще раз подтвердили, что различия в перекрестной и прямой реакциях у лиц с АМТ больше, чем в норме. Было также обнаружено, что МТ вносит свой вклад в выполнение быстрых контралатеральных дистальных и унилатеральных проксимальных ответов. Другие реакции, видимо, координируются через нижележащие пути.

МТ участвует в *бимануальной координации движений*. Такая координация требует быстрого обмена информацией между полушариями головного мозга. МТ может участвовать в передаче моторных команд и эфферентной информации из одного полушария в другое, в реализации сенсорной обратной связи (Geffen et al., 1994).

При перерезке передней части МТ нарушалось выполнение заданий, требующих согласованных движений обеих рук для рисования линий, варьирующих по степени наклона. В норме испытуемые были способны рисовать плавные линии в пробах, требующих как одинаковых, так и различных скоростей движений рук; при отсутствии визуальной обратной связи выполнение изменялось незначительно. А испытуемые с частичной комиссуротомией испытывали значительные затруднения при рисовании линий в пробах, требующих асимметричных движений рук, и их выполнение значительно ухудшалось, когда визуальная обратная связь была недоступна. Эти данные говорят о том, что передняя часть МТ играет принципиальную роль в межполушарной регуляции моторных реакций, в приобретении новых бимануальных навыков и в успешном использовании этих навыков в отсутствии визуального контроля (Geffen et al., 1994).

Приобретение таких моторных навыков у детей связано с миелинизацией МТ (Silver, Jeeves, 1994). Испытуемые 10 и 20 лет выполняли аналогичные задания без затруднений, в то время как 6-летние дети демонстрировали результаты, сходные с результатами взрослых, перенесших комиссуротомию. Маленькие дети работали медленнее и делали больше ошибок, чем старшие дети, в основном в тех случаях, когда были необходимы различные скорости рук при рисовании наклонных линий. Дефицит бимануальной координации, возможно, был связан с неэффективной передачей моторной информации между полушариями при неполной миелинизации МТ (Silver, Jeeves, 1994).

Нарушения выполнения бимануальных проб также были констатированы у детей с расстройствами чтения (Gladstone et al., 1989). Дети с дислексией выполняли задания так же, как пациенты с комиссуротомией и более младшие дети без дислексии. В заданиях, требующих асимметричных движений рук, они при отсутствии визуального контроля возвращались к симметричным бимануальным движениям. По сравнению с кон-

трольной группой, испытуемые с дислексией демонстрировали большие трудности в пробах, требующих быстрых движений левой руки. У них выявлялось ухудшение мануальной координации, когда руки должны были выполнять реципрокные движения. У взрослых с дислексией обнаружались похожие нарушения (Moore et al., 1995).

У лиц с врожденной или приобретенной аномалией МТ изменяется временная организация выполнения различных бимануальных программ (Serrien et al., 2001). Пациентам с АМТ и с комиссуротомией предлагалось выполнить следующие задания: 1) открывание выдвигающего ящика, при котором одна рука выдвигает ящик, в то время как другая берет из него маленький предмет; 2) ритмические вращательные движения рук, которые выполняются параллельно или в противоположных направлениях. Пациенты с АМТ в основном оптимально выполняли первое задание, но демонстрировали сильную тенденцию к десинхронизации вращательных движений, особенно совершаемых в противоположных направлениях. Однако, такие проблемы испытывали лишь некоторые пациенты. По-видимому, при АМТ для регулирования временной синхронизации в бимануальных движениях могут быть использованы компенсаторные механизмы (Serrien et al., 2001). При изолированном поражении МТ может наблюдаться апраксия в левых конечностях (Watson, Heilman, 1983; Lausberg et al., 2003).

Ухудшение качества межполушарной интеграции комплексной информации может влиять на некоторые аспекты развития *интеллекта и сложной когнитивной деятельности*. Вместе с тем сохраненные межполушарные связи часто обеспечивают реорганизацию функций, необходимую в случае унилатерального мозгового повреждения. Различные исследователи указывают на большую вариабельность умственных способностей детей с АМТ, хотя большинство из них имеет нормальный уровень интеллекта. У некоторых детей с изолированной АМТ (частичной или полной) нормальный уровень интеллекта в дошкольном возрасте мог иметь тенденцию понижаться в школьном возрасте, а также появлялись вялость и неустойчивость внимания (Moutard et al., 2003). Статистически значимых различий между когнитивным развитием детей с полной и частичной АМТ выявлено не было. Иногда у испытуемых с АМТ выявлялись нарушения самостоятельного программирования при решении задач, значительные трудности при сравнении геометрических форм и цветов, особенно после успешного выполнения заданий, для решения которых была необходима опора на количество или цифры (Moutard et al., 2003).

Таким образом, различные работы свидетельствуют о том, что когни-

тивные трудности при АМТ не являются универсальными; дефицит возникает скорее при выполнении новых и сложных когнитивных задач.

Исследования *речевых функций* у детей с АМТ (при нормальном интеллекте) выявляют у них специфическое ухудшение фонологических процессов, например, неспособность формулировать и узнавать рифмованный стих (Brown, Paul, 2000). Иногда обнаруживается специфический дефицит в понимании синтаксической и металингвистической организации речи (Sanders, 1989). Есть данные о случаях задержек речевого развития у детей с АМТ, а также о появляющихся с возрастом трудностях аргументации (Moutard et al., 2003). Таким образом, хотя нормальный интеллект детей с АМТ может обеспечивать адекватное понимание лексической организации текста, они в некоторых случаях обнаруживают своеобразный языковой дефицит. Он отмечается, если дети с АМТ встречаются с комплексом новых слов, нуждающихся в фонологическом объяснении; с заданиями, характеризующимися сложным синтаксисом или при необходимости понимания переносного смысла пословиц и метафор.

При АМТ изменяется и восприятие просодических компонентов речи (Paul et al., 2003). Эти изменения демонстрируют следующие эксперименты. В первом задании испытуемым предъявлялись аудиозаписи 16-ти семантически нейтральных простых предложений, сделанные женским голосом с одной из 4-х эмоционально-насыщенных интонаций (счастье, грусть, злость, удивление). Испытуемые должны были соотносить предложения с одной из четырех картинок, на которых были нарисованы эмоционально-экспрессивные лица. Второе задание содержало 20 обычных предложений и 20 выражений метафорического содержания, которые были одинаковы по длине и грамматической структуре. Испытуемый должен был выбрать одну из 4-х картинок, наиболее соответствующую данному выражению. Третье задание включало в себя толкование пословиц, причем сначала испытуемый должен был написать свою версию ответа, а потом ему предлагалось выбрать один из четырех ответов, предложенных экспериментатором. Оказалось, что испытуемые с АМТ хуже, чем контрольная группа, идентифицировали эмоционально-просодические компоненты речи. У них наблюдалось явное снижение точности идентификации метафоричных выражений, хотя нейтральные предложения пациенты с АМТ узнавали так же хорошо, как и контрольная группа. При интерпретации пословиц испытуемые с АМТ были менее точны в структурном и синтаксическом оформлении высказываний, но при выборе одного ответа из 4-х предложенных они были так же успешны, как и здоровые испытуемые. Вероятно, испытуемые с АМТ испытывают значительные труд-

ности именно в тех аспектах речевых процессов, которые наиболее важны для социальной коммуникации (Paul et al., 2003). Есть также данные о том, что пациентам с АМТ с нормальной экспрессивной речью были свойственны такие особенности, как ведение бессмысленных или не касающихся темы разговоров (Temple et al., 1990).

Для лиц с АМТ характерен и некоторый *эмоциональный* дефицит. При исследовании детей с частичной АМТ, полной АМТ и синдромом Айкарди обнаружился недостаток эмоциональной коммуникации, который был общим для всех трех групп (O'Brien, 1994). Хотя типичные для детей с аутизмом симптомы (социальное равнодушие, дисфоричное настроение и раздражительность) в целом не характерны для испытуемых с полной и частичной АМТ, однако родители детей с АМТ часто сообщают о том, что обычно трудно узнать, что их дети чувствуют в этот момент или эмоционально переживают (O'Brien, 1994). Некоторые авторы считают, что это может быть связано с алекситимией, общими характеристиками которой являются недостаток эмоциональной экспрессии, бедность фантазии, повышенная зависимость чувств от внешних событий. Связь алекситимии и межполушарного дефицита была показана и при исследовании двенадцати пациентов с комиссуротомией (TenHouten et al., 1986). Исследователи предположили, что недостаток взаимосвязи между правым полушарием, отвечающим за аффективный опыт, и левым, контролирующим вербализацию, выражается в неспособности выражать эмоции. Уменьшение вербальной экспрессии эмоций у лиц с АМТ обнаруживается при нормальном уровне интеллекта (Buchanan et al., 1980). Сходные результаты у пациентов с комиссуротомией и лиц с АМТ позволяют предположить, что мозолистое тело играет важную роль в мозговом обеспечении способности переживать и описывать свои эмоции.

У детей с АМТ могут наблюдаться и некоторые *психосоциальные* трудности. Некоторые авторы отмечают, что родители говорят о бедной социальной интуиции таких детей, о дефиците межличностных отношений в семье (Moutard et al., 2003). Они сообщают, что их дети не понимают шуток, не всегда способны выразить свое мнение в новых социальных ситуациях.

Исследования показывают, что именно дефицит ряда аспектов социальной перцепции является наиболее явным последствием отсутствия МТ. Особый интерес вызывает тот факт, что АМТ влечет за собой нарушение восприятия юмора и, следовательно, дефицит в коммуникативной сфере. Считается, что восприятие юмора и шуток предполагает выявление несоответствия между началом истории и юмористической концов-

кой и ее переработку с помощью альтернативных значений и вероятностей. Для понимания несоответствия и перехода к следующему этапу интерпретации, индивид использует социальные схемы и сценарии, а также опирается на прошлый опыт. В этом процессе важную роль играет правое полушарие (Bihrlé et al., 1986; Brownell et al., 1983; Shammi, Stuss, 1999, 2003). Правополушарные больные демонстрировали дефицит в понимании комиксов и вербального юмора, сниженную способность давать разумные объяснения юмористическим эпизодам в комиксах, часто ошибались при выборе наиболее смешных эпизодов. Они осознавали, что предложенный стимульный материал обладал признаками шутки, но не могли проинтерпретировать ее суть.

Аналогичные трудности в понимании юмора были выявлены у больных с АМТ (Brown et al., 2005). В одном из исследований для выявления уровня восприятия юмора у таких больных был использован тест Brownell и Bihrlé (Bihrlé et al., 1986). Юмористический тест состоял из невербальных и вербальных субтестов. Каждый невербальный субтест включал три последовательные комические картинки без подписей, к которым предлагалось два варианта концовок. Испытуемые должны были выбрать более смешной. Вербальный субтест состоял из шуточного предложения, к которому предлагалось пять вариантов окончаний - перед испытуемым также стояла задача выбрать наиболее подходящий вариант.

В исследовании приняли участие две группы испытуемых: 16 испытуемых с АМТ в возрасте от 14 до 55 лет и 31 здоровый испытуемый того же возраста и уровня умственного развития. Результаты вербальных субтестов выявили дефицит в понимании юмора у лиц с АМТ. Однако при выполнении субтестов на восприятие и понимание невербальных аспектов юмора сложностей у этих испытуемых обнаружено не было. Характерным также было то, что испытуемые с АМТ придерживались первоначального решения и не изменяли его, даже когда допускали ошибки, в отличие от контрольной группы, демонстрирующей достаточную пластичность своих решений. Возможно, дефицит в понимании юмора при АМТ связан с нарушением выявления и конструирования подтекста на интерпретативном уровне, а также установления соответствия между частями предложения или текста. Эта гипотеза подтверждается и тем, что испытуемые не пытались использовать различные варианты, предложенные в субтестах, а руководствовались первым попавшимся.

Нарушение коммуникативной функции при АМТ также проявляется в исследовании структуры рассказов ТАТ (Paul et al., 2004). Оценивалось три параметра, по которым испытуемые строили свой рассказ: логика

рассказа, его социальная значимость и содержание. Шесть испытуемых с полной или частичной АМТ продемонстрировали низкие показатели по всем трем параметрам. Эти результаты показывают, что индивиды с полной АМТ испытывают трудности в понимании рассказов, сцен социального характера и в составлении устных рассказов на социальные темы (Paul et al., 2004). Таким образом, роль МТ в процессах, касающихся социального опыта, представляется очень важной.

Обобщая приведенные выше данные, можно сказать, что нарушения межполушарного взаимодействия, возникшие на ранних стадиях развития, не ведут к формированию классического «синдрома расщепления» из-за пластичности мозга и определенных компенсаторных возможностей. Однако во многих случаях происходит атипичное формирование функциональной специализации полушарий и диспропорциональное развитие полушарных функций, что негативно сказывается на когнитивных возможностях детей.

Нейропсихологическое исследование пациентов с различными вариантами патологии комиссуральной системы мозга

Так как основной принцип мозговой организации и реализации высших психических функций – совместное функционирование полушарий, то основной интерес в современной отечественной нейропсихологии связан не столько с изучением асимметрии, сколько с изучением парной работы мозга. АМТ – уникальная модель для оценки межполушарного взаимодействия при отсутствии одной из главных составляющих комиссуральной системы. Пока описан только один нейропсихологический синдром нарушения межполушарного взаимодействия, связанный с повреждением МТ. Будут ли нейропсихологические синдромы при АМТ или других вариантах дефицитарности межполушарного взаимодействия отличаться от синдрома «расщепленного мозга»? Какова их возможная возрастная динамика? Ответы на некоторые из этих вопросов были получены при проведении нейропсихологических исследований (Величко, Ковязина, 1998; Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).

Нами было обследовано 29 больных с различной патологией МТ в возрасте от 5 до 38 лет. 14 человек (дети) были в возрасте от 5 до 13 лет. Среди них у 11 была констатирована АМТ, у 3 - гипоплазия МТ. 15 человек (взрослые) были в возрасте от 18 до 38 лет. Среди них у 4 больных была полная АМТ, у 2 - частичная АМТ, у 1- аплазия, у 1- киста МТ, у 7-

артериовенозная мальформация МТ. У двух больных с АМТ из взрослой группы отмечались эпилептические приступы. Все обследованные больные были праворукими. Во всех случаях проводилась строгая верификация патологии МТ с помощью МРТ и ангиографии.

В неврологическом статусе обследованных не отмечалось отчетливых знаков очагового поражения ЦНС, однако выявлялась негрубая неврологическая симптоматика: мышечная гипотония, признаки гидроцефального синдрома в стадии субкомпенсации, отсутствие или снижение конвергенции.

При комплексном клинико-нейропсихологическом обследовании у всех больных обнаруживались нарушения высших психических функций (ВПФ) разной степени выраженности.

Во-первых, отмечались нарушения зрительно-пространственных функций: структурно-топологические ошибки при копировании и воспроизведении по памяти сложных геометрических фигур типа фигуры Рея-Тейлора; левостороннее игнорирование или тенденция к нему; дисметрические ошибки (± 5 мин., ± 1 час) при определении времени по «слепым» часам; фрагментарные ошибки при узнавании недорисованных предметов; трудности рисования объемных изображений (куба, домика). Подавляющее большинство выявленных ошибок или затруднений были аналогичны симптомам, наблюдаемым в клинике локальных поражений мозга при заинтересованности правого полушария. Интересно отметить, что не было выявлено никакой разницы при копировании и рисовании правой и левой руками.

На втором месте по частоте встречаемости стояли негрубые, но отчетливые нарушения памяти по модально-неспецифическому типу. Они возникали преимущественно из-за повышенной тормозимости следов в условиях интерференции. В слухоречевой модальности встречались ошибки удержания порядка элементов стимульного ряда, а в зрительной модальности у некоторых испытуемых отмечалась реверсия исходного стимульного ряда (его «зеркальное» воспроизведение) или реверсии отдельных стимулов.

В сфере праксиса у большинства испытуемых была констатирована сохранность выполнения реципрокной координации. Лишь несколько больных (в основном, детского возраста) демонстрировали отставание левой руки или ее игнорирование при выполнении этой пробы. При выполнении пробы на перенос позы пальцев по кинестетическому образцу (т.е. без зрительного контроля) у всех испытуемых был снижен темп деятельности; у некоторых испытуемых из детской группы данная проба вы-

зывала отчетливые билатеральные затруднения. Интересно, что все дети и взрослые с АМТ жаловались на трудности обучения катанию на велосипеде, неуверенность в беге, частые падения.

В пробах на тактильный гнозис (типа доски Сегена) испытуемый должен был без зрительного контроля ощупать фигурку одной рукой, а соответствующую ей ячейку найти другой рукой. В этом задании у некоторых испытуемых отмечались негрубые трудности называния (аналог аномии) ощупываемых фигурок и отыскивания ячеек левой рукой.

Речь у всех больных с АМТ была сохранна, однако практически все они рассказывали о том, что научились говорить достаточно поздно. При чтении (особенно в детской группе) отмечалось интонационное игнорирование точек, неправильные ударения в словах. В письме часто встречались пропуски букв, особенно гласных. У одной взрослой больной с кистой МТ наблюдался своеобразный феномен насильственного «зеркального» письма ведущей рукой: независимо от желания больной, рука при письме начинала двигаться в противоположную сторону.

Интеллект (составление рассказов по сюжетным картинкам, решение арифметических задач, пересказ текстов) у 27 испытуемых был полностью сохранен. Только у двух детей 9 и 10 лет, не демонстрировавших ранее никаких нарушений интеллекта, отмечались выраженные трудности при осмыслении и пересказе рассказов. При этом пересказ либо состоял из отдельных, не связанных по смыслу фрагментов, либо представлял собой исходную сюжетную канву, наполненную множественными конфабуляторными включениями. Интересно, что у одного из этих мальчиков одновременно с появлением подобных интеллектуальных нарушений возникли симптомы правостороннего пространственного игнорирования в рисуночных пробах.

Таким образом, у обследованных пациентов, особенно с АМТ, не выявлялось всего комплекса симптомов, составляющих классический синдром «расщепленного мозга» или синдром частичной перерезки МТ. Вместе с тем ряд черт демонстрировал определенное сходство с этими клиническими моделями. Это, прежде всего, проявления унилатерального игнорирования, симптомы, сходные с аномией, трудности переноса поз руки и выполнения тактильных проб без зрительного контроля. Следует подчеркнуть, что эти симптомы были выражены негрубо и носили характер единичных проявлений.

Можно говорить о своеобразной возрастной динамике описанного синдрома. С увеличением возраста изменяется степень выраженности симптомов, они становятся все более стертыми и проявляются только в

сенсibilизированных условиях. Это может быть связано с процессами постепенной компенсации изначально дефицитарного межполушарного взаимодействия. У некоторых детей подобные компенсаторные перестройки могут протекать не так успешно, как у большинства сверстников с аналогичной патологией. Например, в возрасте 9-10 лет возможно возникновение декомпенсации и появление особых затруднений в сфере вербального интеллекта, сходных с симптомами дисфункции фронтальных систем. Необходимо помнить, что возраст 9-10 лет является одним из «значимых этапов микроструктурных изменений ансамблевой организации лобной области» (Корсакова, Микадзе, Балашова, 2001).

Многие из составляющих выявленного синдрома носят правополушарный характер. Этот факт может свидетельствовать о значительной функциональной роли правого полушария в обеспечении межполушарного взаимодействия. Можно предположить, что именно правое полушарие запускает и контролирует функционирование комиссуральной системы мозга в онтогенезе. С другой стороны, необходимо учитывать и разницу в функциональных связях комиссур с полушариями мозга (Буклина, 2004).

Роль межполушарного взаимодействия в развитии двигательной сферы в детском возрасте

Нейропсихологический подход дает исследователям возможность изучать не только варианты синдромов, обусловленных отклонениями в развитии комиссуральной системы мозга или возникшей во взрослом возрасте патологией. Этот подход позволяет также обратиться к детальному рассмотрению роли межполушарного взаимодействия в реализации отдельных психических процессов. Особенно интересно в этой связи рассмотрение двигательной сферы, поскольку именно сенсомоторный уровень психических процессов является базисным для складывания в нормальном и аномальном онтогенезе когнитивного функционирования и поведения (Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).

Мозговая организация и онтогенез двигательной сферы

В отечественной нейропсихологии детского возраста выделяют три основных уровня организации межполушарного взаимодействия, последовательно возникающих в онтогенезе (Семенович, 2001). **Первый** уро-

вень включает межполушарные связи ствола мозга и базальных ядер. На этом уровне «закладывается базис для обеспечения нейрофизиологических, нейрогуморальных, соматовегетативных и нейрохимических асимметрий, лежащих в основе соматического, аффективного и когнитивного статуса ребенка» (Семенович, 2001, с. 97). **Второй** уровень - это уровень межгиппокампальных комиссур. Их комплекс осуществляет межполушарную полисенсорную, межмодальную и эмоционально-мотивационную интеграцию, инициирует и стабилизирует взаимоотношения между гемисферами. Наконец, **третий** уровень (уровень транскаллозальных связей) обеспечивает межполушарную организацию в сфере произвольной регуляции и когнитивных стилей личности.

Дефицитарность любого из трех уровней отражается на двигательной сфере ребенка.

Исследования отечественных психологов показывают, что от внутриутробного периода до 3 лет ведущая роль в психическом развитии ребенка принадлежит сенсорным (тактильным, вкусовым, обонятельным, слуховым, зрительным) системам (Лебединский, 2003; Корсакова, Микадзе, Балашова, 2001; Семенович, 2001; Психология развития, 2001). В этот период закладывается взаимосвязь сенсорной и моторной сфер, то есть организуются горизонтальные (реципрокные взаимодействия конечностей, конвергенция глаз) и вертикальные (опто-оральные, опто-мануальные) сенсомоторные связи. По словам А.В. Семенович, к 2-3 годам у ребенка формируются предпосылки будущего психофизиологического «стиля» психической деятельности с базой для формирования полушарных «локусов контроля» (Семенович, 2001; Семенович, Ланина, 2004).

В первые три года жизни специализация корковых полей мозга невелика. В этот же возрастной период подкорковые структуры, являясь достаточно зрелыми уже к моменту рождения ребенка, обеспечивают фоновые уровни (тонус, энергетику, пластичность) любого психического процесса.

От 3 до 7-8 лет психическое развитие ребенка характеризуется наиболее интенсивной дифференциацией корковых проекционных отделов. В 3-4 года начинается дифференциация корковых отделов двигательного анализатора. Моторный репертуар ребенка расширяется и усложняется. Обогащается «схема тела», тонкая моторика, артикуляции, предметные действия. Появляется связь движений с речевыми действиями. Именно на этом этапе онтогенеза вводятся в действие механизмы межполушарного переноса, стабилизируются все основные моторные и сенсорные асимметрии операционального уровня, формируются полушарные «локусы

контроля». В это время у большинства детей устанавливается доминантность левого полушария в отношении двигательных функций.

На следующем этапе, который длится до 15-18 лет, продолжается дифференцировка мозговой коры, но уже в ассоциативных областях. Наиболее интенсивные перестройки происходят в левом полушарии (у праворуких). Достигает своей морфофункциональной зрелости мозолистое тело, главной ролью которого становится контроль за нижележащими комиссурными системами, а также обеспечение межфронтального взаимодействия и закрепление функционального приоритета лобных отделов левого или правого полушария в различных видах психической деятельности.

Нейропсихологическое исследование особенностей межполушарного взаимодействия у здоровых детей, при задержке психического развития и при синдроме Дауна

Нейропсихологическое исследование некоторых особенностей межполушарных отношений в двигательной сфере у детей с различными формами отклонений в психическом развитии представляет несомненный интерес. Оно может показать ряд новых аспектов проблемы формирования межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия в онтогенезе.

В качестве «клинических моделей» для данного исследования были выбраны дети с задержкой психического развития (ЗПР) и дети, больные синдромом Дауна. Такой выбор был обусловлен рядом причин.

Прежде всего, эти группы детей представляют разные варианты психического дизонтогенеза. Болезнь Дауна – один из наиболее ярких примеров генетической патологии, которая детерминирует симптомы стойкого недоразвития психической сферы (Лебединский, 2003). В современной психологии аномального развития существуют представления о том, что это недоразвитие носит тотальный характер и сказывается преимущественно на формировании высших уровней всех психических функций, в частности, праксиса. У детей с синдромом Дауна отмечается недостаточная точность движений, неспособность их предварительно планировать и контролировать, дефицит пространственных представлений и пространственно-моторных координаций (Davis, Kelso, 1982; Henderson et al., 1981). При синдроме Дауна снижены пороги тактильной чувствительности, что может приводить к изменениям в работе кинестетической со-

ставляющей движений (Brandt, 1996; Stratford, 1980). Однако особенности межполушарных отношений при этом заболевании остаются практически неизученными. Пока не уточнен и вопрос о том, какие аспекты этих отношений страдают при болезни Дауна.

Задержанное психическое развитие – другой вариант дизонтогенеза. Этиологически он является более вариативным, чем болезнь Дауна, может быть обусловлен и биологическими, и средовыми (социальными) причинами. Такое отставание в развитии носит относительно парциальный характер и является обратимым при применении адекватных психолого-педагогических коррекционных воздействий (Лебединская, 1980; Лебединский, 2003; Марковская, 1993). Несмотря на то, что ЗПР посвящено огромное количество исследований, нюансы развития межполушарных связей в двигательной сфере таких детей пока не привлекали внимания психологов. Между тем известно, что при данном виде дизонтогенеза очень часто имеет место дисфункция подкорковых образований мозга, а именно они играют принципиальную роль в становлении межполушарных отношений на этапе раннего онтогенеза.

В нашем исследовании приняли участие 100 детей 4-6 лет, посещавших различные дошкольные учреждения г. Москвы. Среди них было 50 здоровых детей и 50 детей с ЗПР. Все дети проходили комплексное медицинское (в том числе психоневрологическое) обследование. В группе здоровых детей было 48% мальчиков и 52% девочек, в группе ЗПР – 64% мальчиков и 36% девочек. Также было обследовано 8 больных с синдромом Дауна в возрасте 9-11 лет (средний возраст 10 лет). В этом возрасте ребенок с синдромом Дауна обычно только начинает учиться в школе, и ее влияние пока еще не очень значительно. Кроме того, именно с этого возраста для обследования детей с синдромом Дауна можно адекватно применять батарею нейропсихологических методик. Дети с синдромом Дауна воспитывались в семье и посещали занятия в Центре социальной адаптации и реабилитации. Среди них было два ребенка с т.н. мозаичной формой синдрома Дауна и шестеро детей с трисомией-21 (классическая форма). Все дети с синдромом Дауна посещали школу с 7-8 лет, большинство из них - вспомогательную. Среди них преобладали мальчики (их в обследованной выборке было 75%).

Для исследования межполушарных отношений в сфере произвольных движений использовались экспериментальные методики, разработанные А.Р. Лурия (2000). Методический комплекс включал исследование *кинестетического* праксиса (мономануального воспроизведения поз руки по зрительному и кинестетическому образцу, переноса поз с одной руки на

другую без зрительного контроля), *кинетического (динамического)* праксиса (выполнения реципрокной координации, пробы «кулак-ребро-ладонь» и др.), *пространственного* праксиса (т.е. воспроизведения пространственно организованных поз рук различной сложности по зрительному образцу), а также *письма* и *рисунка*. Именно эти пробы позволяют наиболее рельефно оценить межполушарное взаимодействие в двигательной сфере (особенно это относится к бимануальным пробам), увидеть влияние сформированности межполушарных связей на успешность выполнения пространственных двигательных задач, оценить степень зрелости и гибкости межполушарных отношений в моторной сфере.

При интерпретации результатов исследования определялся процент детей, успешно выполнивших предложенные пробы, анализировались качественные особенности допускаемых ошибок, сравнивались особенности межполушарных отношений в норме, при ЗПР и при синдроме Дауна, оценивались возрастные различия.

Здоровые дети и дети с ЗПР отвечали на вопросы «Сенсibilизированного опросника для определения руки», разработанного кафедрой психиатрии ВоМИ, НИИ гигиены детей и подростков (Хомская и соавт., 1995). Их ответы показывают, что в обеих группах леворукость и амбидекстрия встречаются относительно редко, а преобладают праворукие дети, причем количество детей с выраженной праворукостью является максимальным среди 6-летних (они составляют 61% здоровых детей и 55% детей с ЗПР). Семейное левшество встречается меньше, чем у трети обследованных детей.

У детей с синдромом Дауна чаще, чем у здоровых детей и детей с ЗПР, встречается семейное левшество (у 63% обследованных). Ответы на вопросы о мануальных предпочтениях при выполнении разных предметных действий показывают, что у 38% детей с синдромом Дауна имеют место проявления леворукости или амбидекстрии, причем среди таких детей преобладают мальчики.

В таблице 7.1 представлены результаты выполнения проб *кинестетического* праксиса (праксиса позы) правой (ПР) и левой (ЛР) рукой .

Таблица 7.1. **Выполнение проб праксиса позы здоровыми детьми, детьми с ЗПР и детьми с синдромом Дауна (*- процент испытуемых, успешно выполнивших пробы; 100% - все дети данного возраста в соответствующей группе) (Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).**

Группы испытуемых	Возраст (полных лет)	Праксис позы по зрительному образцу		Праксис позы по кинестетическому образцу		Перенос поз	
		ПР	ЛР	ПР	ЛР	С ПР на ЛР	С ЛР на ПР
Здоровые дети (n=50)	4	72*	90	72	67	67	60
	5	92	92	62.5	62	82	94
	6	97	93	80	90	89	89
Дети с ЗПР (n=50)	4	91	81	71	52	67	40
	5	87.5	92	75	67	76.5	76.5
	6	90	90	97	93	78	83
Дети с синдромом Дауна (n=8)	9-11	12.5	25	-	-	12.5	12.5

Если сопоставить в целом здоровых детей и детей с ЗПР, то оказывается, что дети обеих групп довольно успешно справляются с выполнением проб праксиса позы *по зрительному образцу*. Что касается латеральных различий, то здоровые дети 4-х лет и дети 5-ти лет с ЗПР несколько лучше выполняют эти пробы левой рукой. В других возрастных группах пробы либо выполняются одинаково успешно правой и левой рукой, либо доминирует правая рука (таблица 7.1), что свидетельствует о стабилизации ведущей руки к этому возрасту. Дети с синдромом Дауна выполняют данные пробы значительно хуже, чем здоровые дети и дети с ЗПР, хотя по возрасту они самые старшие из наших испытуемых. Они часто путают пальцы, осуществляют развернутый поиск нужной позы, который крайне редко приводит к успеху. У них отмечается много синкинезий, когда при выполнении пробы одной рукой непроизвольно подключается другая ру-

ка или открывается рот, начинает двигаться язык и т.п. Кроме того, у этих детей можно говорить о наличии отчетливых трудностей зрительно-моторных координаций. В группе детей с синдромом Дауна отмечается несколько лучшее выполнение проб праксиса позы по зрительному образцу ведущей (левой у большинства детей в исследованной выборке) рукой.

Пробы на праксис позы *по кинестетическому образцу*, как уже было отмечено ранее (Балашова, Казакова, 2004), являются для здоровых детей и детей с ЗПР более сложными. Однако и в этом виде праксиса у здоровых детей различия в успешности выполнения проб правой и левой рукой относительно невелики, а вот в группе ЗПР преимущество правой руки делается с увеличением возраста более заметным (таблица 7.1). Таким образом, у здоровых детей к 6-ти годам в праксисе позы левая рука «обгоняет» правую, что, вероятно, говорит об установившейся роли правого полушария в контроле за кинестетическими ощущениями. Немного забегаая вперед, заметим, что это предположение подтверждается и тем, что в возрасте 6 лет у них практически исчезает разница при переносе поз. В группе ЗПР такого преимущества не наблюдается, хотя видно, что положительная возрастная динамика, отмечающаяся при выполнении проб кинестетического праксиса левой рукой, более отчетлива, чем при выполнении правой рукой.

У здоровых детей и у детей с ЗПР разных возрастов также выявляются некоторые различия в успешности *переноса поз* с одной руки на другую по кинестетическому образцу. Так, перенос поз с левой руки на правую удается детям с ЗПР 4-летнего возраста хуже, чем перенос с правой руки на левую (таблица 7.1). Наоборот, в 6-летнем возрасте большее число детей с ЗПР справляется с переносом поз с правой руки на левую. Здоровые дети 4-х лет в целом успешнее переносят позы с правой руки на левую, дети 5-ти лет - с левой руки на правую (таблица 7.1). Таким образом, тенденция возрастных изменений в переносе поз в группе здоровых детей и в группе ЗПР одинакова. Можно лишь отметить, что в группе ЗПР эта тенденция является менее плавной.

Детям с синдромом Дауна пробы на праксис позы *по кинестетическому образцу* и *перенос поз* с одной руки на другую без контроля зрения доступны только в единичных случаях. Это может быть обусловлено дефицитом тактильной и проприоцептивной чувствительности. Известно, что дети с умственной отсталостью имеют более высокие пороги чувствительности, чем обычные дети; затруднения в тактильной сфере при синдроме Дауна могут быть связаны с недостатком целостности воспри-

ятия и межмодальных взаимодействий, с нарушениями мышечного тонуса (Ковязина, Шапиро, 1999). У детей с синдромом Дауна ниже контрастная чувствительность, чем у здоровых детей; ее уровень у 7-летнего ребенка с болезнью Дауна соответствует уровню развития этой функции у годовалых здоровых младенцев (Martinez-Selva et al., 1995).

В таблице 7.2 представлены результаты выполнения проб *динамического* праксиса.

Таблица 7.2. **Выполнение проб динамического праксиса здоровыми детьми, детьми с ЗПР и детьми с синдромом Дауна (*- процент испытуемых, успешно выполнивших пробы; 100% - все дети данного возраста в соответствующей группе) (Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).**

Группы испытуемых	Возраст (полных лет)	«Кулак-ребро-ладонь»		Реципрокная координация
		ПР	ЛР	
Здоровые дети (n=50)	4	40*	13	47
	5	71	65	65
	6	72	72	100
Дети с ЗПР (n=50)	4	27	13	47
	5	59	59	59
	6	67	61	67
Дети с синдромом Дауна (n=8)	9-11	12.5	12.5	25

Некоторые пробы *динамического* праксиса (например, пробу «кулак-ребро-ладонь») здоровые дети и дети с ЗПР успешнее выполняют правой рукой, причем ее преимущество наиболее заметно в младшей возрастной подгруппе. По-видимому, эти данные позволяют говорить о том, что проявления ведущей роли левого полушария в динамической составляющей праксиса начинают отмечаться довольно рано. С возрастом эта роль стабилизируется и устанавливается преимущественный контроль левого полушария за динамическими характеристиками движений. Проба на реципрокную координацию, непосредственно оценивающая межполушарное

взаимодействие на уровне передних отделов мозга и мозолистого тела, выполняется одинаково успешно здоровыми детьми и детьми с ЗПР младшей возрастной подгруппы. Вероятно, в этом возрасте межполушарное взаимодействие, обеспечиваемое подкорковыми структурами мозга, функционирует приблизительно одинаково у здоровых детей и у детей с ЗПР. По мере увеличения хронологического возраста (а значит, по мере созревания коры и мозговых комиссур) отставание детей с ЗПР от здоровых сверстников делается все более заметным (таблица 7.2), что согласуется с имеющимися литературными данными (Лебединский, 2003). Наиболее характерными ошибками в обеих группах являются трудности включения в задание, неравномерный темп деятельности, неодновременное выполнение или сбой в одной из рук (причем чаще в правой). Среди детей с синдромом Дауна с реципрокной координацией справляется всего 25%, причем даже в этих случаях проба выполняется медленно, нестабильно (т.е. ребенок не может придерживаться правильного выполнения в течение сколько-нибудь длительного времени), с включением внешнего речевого опосредования. Еще более серьезные затруднения наблюдаются у детей с синдромом Дауна в пробе «кулак-ребро-ладонь». В некоторых случаях они способны усвоить программу, однако ее выполнение, как правило, грубо нарушается вследствие инертности, персевераций, потерь элементов, ошибок при воспроизведении их порядка и т.п.

В таблице 7.3 представлены некоторые данные о сформированности у исследованных групп детей *письма* и *рисунка*.

Таблица 7.3. **Выполнение письма и рисунка здоровыми детьми, детьми с ЗПР и детьми с синдромом Дауна (*- процент испытуемых, выполнивших задания; 100% - все дети данного возраста в соответствующей группе) (Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).**

Группы испытуемых	Возраст (полных лет)	Дети, умеющие писать простые слова печатными буквами и не допускающие ошибок в письме		Дети, умеющие рисовать неведущей рукой
		ведущей рукой	неведущей рукой	
Здоровые дети (n=50)	4	60*	-	60
	5	65	6	76
	6	89	22	50
Дети с ЗПР (n=50)	4	7	-	53
	5	35	-	71
	6	83	17	67
Дети с синдромом Дауна (n=8)	9-11	25	-	-

Среди здоровых детей больше умеющих писать ведущей и даже неведущей рукой, чем среди детей с ЗПР (особенно разница заметна в младшей возрастной подгруппе). Во всех возрастных подгруппах среди различных типов ошибок преобладают графомоторные трудности (нечеткость линий, их разрывы), нарушения метрики, лишние штрихи и буквы. С увеличением возраста число таких ошибок уменьшается. Максимальная частота «зеркальных» ошибок при письме отмечается в 5-летнем возрасте. При письме неведущей рукой таких ошибок, естественно, допускается больше, причем в группе ЗПР отсутствует их положительная возрастная динамика. Данный факт говорит о медленном темпе формирования и нестабильности уже сформировавшихся паттернов функциональной асимметрии мозга. Одним из следствий этого может являться слабость контроля правого полушария за направлением вектора сканирования при зрительном восприятии пространства, и левого полушария - за ведущей рукой. Результаты исследования письма ведущей рукой у детей с синдро-

мом Дауна показывают, что они в возрасте 9-11 лет демонстрируют приблизительно такие же результаты, как дети с ЗПР 4-5 лет (таблица 7.3). Ошибки у них в целом аналогичны тем, что встречаются у других детей, однако следует отметить более значительную частоту макрографий. По литературным данным также известно о том, что для детей с синдромом Дауна характерны первичные зрительно-пространственные трудности в письме и рисунке: координатные ошибки (повороты букв, рисунков), метрические ошибки (искажения размеров букв и фигур и их частей), структурно-топологические нарушения (Ковязина, Шапиро, 1999).

Все здоровые дети и дети с ЗПР охотно соглашаются рисовать ведущей рукой, хотя и допускают при этом разнообразные ошибки (например, проекционные ошибки встречаются практически у всех детей, у многих наблюдаются графомоторные трудности, микро- и макрографии). Структурно-топологические и координатные ошибки встречаются преимущественно у детей с ЗПР и с синдромом Дауна. Рисовать неведущей рукой соглашаются лишь некоторые из числа здоровых детей и детей с ЗПР, хотя рисовать неведущей рукой умеет большее количество детей, чем писать. Все обследованные нами дети с синдромом Дауна не умели писать и рисовать неведущей рукой (таблица 7.3), что свидетельствует об отсутствии гибкости функциональной специализации полушарий при этом виде психического дизонтогенеза.

В таблице 7.4 представлены данные о сформированности некоторых координатных пространственных представлений и о выполнении проб *пространственного* праксиса.

Таблица 7.4. Данные о сформированности некоторых координатных пространственных представлений и о выполнении проб пространственного праксиса здоровыми детьми, детьми с ЗПР и детьми с синдромом Дауна (*- процент испытуемых, успешно выполнивших пробы; 100% - все дети данного возраста в соответствующей группе) (Ковязина, Балашова, Казакова, 2005).

Группы испытуемых	Возраст (полных лет)	Дети, правильно указывающие правую и левую руку		Пространственный праксис (пробы Хэда)
		у себя	у психолога	
Здоровые дети (n=50)	4	80*	40	-
	5	71	59	23
	6	100	94	61
Дети с ЗПР (n=50)	4	40	33	-
	5	71	59	17
	6	94	78	39
Дети с синдромом Дауна (n=8)	9-11	-	-	-

У здоровых детей отмечается положительная возрастная динамика представлений о координатах пространства и в сфере пространственного праксиса. С увеличением возраста у них, например, уменьшается частота «зеркальных» ошибок при выполнении заданий на пространственный праксис (проб Хэда). При ЗПР также отмечается положительная возрастная динамика в этом виде праксиса, однако дети с ЗПР, как правило, существенно отстают от своих здоровых сверстников. С увеличением возраста у них при выполнении проб пространственного праксиса не так быстро уменьшается количество «зеркальных» ошибок, отмечаются симптомы, в целом нетипичные для здоровых детей - например, случаи упрощения позы-образца. У некоторых детей с ЗПР наблюдается и своеобразные, практически не встречающиеся в норме нарушения координатных пространственных представлений: они могут правильно показать правую и левую руку у психолога и ошибаются, показывая правую и левую руку у себя. Подобная диссоциация может свидетельствовать как о

нестойкости базисных, опирающихся на «схему тела», представлений о системе координат, так и о возможных отклонениях от «нормативной» последовательности формирования пространственных представлений при ЗПР.

Детям с синдромом Дауна доступно выполнение лишь отдельных, наиболее простых проб пространственного праксиса. Эти дети допускают много «зеркальных» и соматотопических ошибок, им практически недоступны «перекрестные» позы и т.п.

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что в формировании парной работы полушарий мозга в двигательной сфере у здоровых детей и у детей с различными видами дизонтогенеза существует ряд отличий.

В норме становление межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия носит, безусловно, гетерохронный характер. Поэтому у исследованных нами дошкольников мы сталкиваемся с достаточно полно сформированным **первым** уровнем межполушарных связей, в то время как **второй** и **третий** уровни еще находятся у них в процессе формирования. Это приводит к тому, что здоровым детям 4-х - 6-ти лет еще не в полной мере удаются сложные бимануальные движения, автоматизированное выполнение моторных программ, осуществление пространственно организованных двигательных актов, опирающихся на «схему тела» и речевой уровень репрезентации пространственных отношений. У некоторых из них еще не окончательно стабилизировались различные моторные и сенсорные асимметрии. Вместе с тем, сравнение между собой результатов здоровых детей 4-х, 5-ти и 6-ти лет показывает, что функциональная организация межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия находится в этом возрастном диапазоне в состоянии постоянного поступательного развития.

У детей с ЗПР отличия от нормы носят, прежде всего, количественный характер. Формирование различных видов праксиса, стабилизация полушарной специализации в движениях, складывание сложной, иерархически организованной функциональной системы межполушарных отношений проходит у детей с ЗПР те же этапы, что и в норме, но только в более медленном и неравномерном темпе. Для большинства из них не характерны выраженные нарушения мышечного тонуса, глазодвигательных реакций, тактильной чувствительности, кинестетических (проприоцептивных) компонентов праксиса, сенсомоторной сферы. Это указывает на относительную сохранность функционирования стволовых и подкорковых образований, обеспечивающих «фоновые» компоненты произволь-

ных движений и одновременно являющихся функциональным субстратом базисных составляющих межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия. Отмечающееся в группе ЗПР отставание в темпе формирования полушарных звеньев праксиса и, следовательно, межполушарного взаимодействия на уровне мозолистого тела может быть связано с тем, что максимум нагрузки по обеспечению парной работы полушарий мозга падает на подкорковые образования, а они не всегда могут справиться с такой ролью. Свидетельством этого являются столь часто наблюдающиеся у детей с ЗПР трудности вхождения в задания, симптомы общей и парциальной истощаемости, проявления инертности, иногда достигающие степени персевераций. Нельзя исключить, что подобная «вторичная» дефицитарность подкорковых образований и обеспечиваемых ими уровней межполушарного взаимодействия приводит у детей с ЗПР к относительно высокой частоте и устойчивости «зеркальных» ошибок в пространственном праксисе. Кроме того, характер нарушений выполнения различных проб праксиса говорит о том, что симптомы «задержки» возникают или особенно отчетливо проявляются тогда, когда необходимо включение функциональной активности **левого** полушария мозга. Именно поэтому отличия от нормы становятся заметными в тех заданиях, где значима роль динамической (кинетической) организации движений и их произвольной речевой регуляции (по сравнению с пробами, выполнение которых опирается преимущественно на интеро- и экстероцептивную полисенсорную информацию).

При синдроме Дауна мы сталкиваемся не столько с задержкой функциогенеза латеральных (полушарных) факторов, сколько с их недоразвитием в силу искаженного формирования мозговых структур под влиянием генетической патологии. Как следствие, грубо нарушается формирование комиссурального уровня межполушарного взаимодействия. Но необходимо подчеркнуть, что при синдроме Дауна сбои межполушарного взаимодействия отмечаются на всех уровнях парной работы полушарий. Об этом свидетельствуют наблюдающиеся у всех без исключения детей с синдромом Дауна многочисленные и многообразные синкинезии, нарушения мышечного тонуса, недостаточность конвергенции и другие глазо-двигательные нарушения (например, косоглазие), первичные нарушения кинестетического праксиса (как мануального, так и орального), очень плохая графическая деятельность (в частности, тенденции к макрографиям в рисунке и письме), дизартритная речь. У этих детей отмечается накопление левосторонних сенсорных и моторных знаков, грубые дефекты выполнения реципрокной координации и других проб динамического

праксиса. Все это указывает на значительную дефицитарность стволовых, подкорковых образований и транскортикальных связей, т.е. на несформированность вертикальной и горизонтальной организации мозга.

Еще один аспект полученных результатов, который важно не оставить без внимания, касается особенностей становления межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия у детей с леворукостью. Хорошо известно, что наличие фактора левшества в большинстве случаев предполагает атипичное, с точки зрения мозговой организации, протекание психического онтогенеза (Семенович, 2002). Обычно у левшей наблюдаются искажения, своеобразные задержки и диспропорции формирования разных психических функций: речи (устной и письменной), чтения, счета, конструктивных процессов, пространственных представлений, эмоциональной сферы и т.п. Они являются «группой риска» в плане возникновения логоневрозов (заикания) и патохарактерологических особенностей личности (Семенович, 1991, 2002; Манелис, 1991; и др.).

Однако полученные данные указывают на значительную мозаичность, вариативность в темпе и качестве формирования различных аспектов межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия в двигательной сфере у амбидекстров и леворуких детей в норме и при ЗПР. Например, нельзя сказать, что амбидекстры и леворукие дети с ЗПР во всех двигательных пробах демонстрируют более низкие результаты, чем их здоровые сверстники. Они хуже выполняют пробы праксиса позы по зрительному образцу, перенос поз, пробу «кулак-ребро-ладонь»; у них чаще встречаются «зеркальные» ошибки в письме. Вместе с тем они более успешно, чем здоровые дети, справляются с пробами праксиса позы по кинестетическому образцу, с реципрокной координацией, с пробами Хэда. У них лучше, чем у здоровых амбидекстров и леворуких детей, сформированы координатные представления о латерализации собственного телесного пространства, однако по степени сформированности представлений о латерализации внешнего пространства они отстают от здоровых сверстников. Можно предположить, что при ЗПР медленнее, чем в норме, складывается четкая специализация полушарий мозга в обеспечении различных видов психической деятельности, в частности, праксиса. Вероятно, здесь играет роль и относительная функциональная разобщенность мозговых полушарий при левшестве (Семенович, 1991). На это, например, указывает тот факт, что среди амбидекстров и леворуких детей с ЗПР больше детей умеют рисовать неведущей рукой. Следует отметить и то, что правое полушарие мозга, формирующееся и функционирующее в двигательной сфере у леворуких детей как доминантное, далеко не всегда

может справиться с успешным осуществлением этой роли. Анализ наших данных показывает, что амбидекстры и леворукие дети в большинстве случаев хуже выполняют многие двигательные пробы именно левой рукой, причем эта тенденция отчетливее выражена у детей с ЗПР. Аналогичная закономерность отмечается и у леворуких детей с синдромом Дауна.

Изучение проблемы межполушарного взаимодействия при нормальном развитии и при различных вариантах дизонтогенеза, безусловно, является очень значимой для многих научных дисциплин, исследующих ранний онтогенез. Она представляет несомненный интерес и для сегодняшней нейропсихологии детского возраста. Без понимания закономерностей интегративной работы мозга, в обеспечении которой межполушарные связи играют принципиальную роль, представления о мозговой организации психики будут оставаться фрагментарными и неточными.

Анализ отечественных и зарубежных публикаций последних десятилетий, посвященных данной проблематике, прежде всего, демонстрирует гетерохронность как в созревании различных комиссуральных систем мозга, так и в формировании обеспечиваемых ими аспектов межполушарного взаимодействия. Исследования особенностей межполушарной асимметрии и межполушарного взаимодействия (на модели произвольных движений) у здоровых детей также показывают существование определенных индивидуальных различий в характере и скорости складывания сложных и многоуровневых отношений между мозговыми гемисферами. Следующий факт, реально подтвержденный многообразными клиническими наблюдениями и психологическими исследованиями – это обязательное присутствие симптомов отклонений в формировании межполушарного взаимодействия при различных типах дизонтогенеза. Такие отклонения могут выражаться преимущественно в замедлении складывания функциональной специализации и межполушарного взаимодействия, в недоразвитии или искажении иерархической структуры разных паттернов межполушарных отношений. Наконец, крайне важным является и констатация того, что отклонения в складывании межполушарного взаимодействия при рассмотренных вариантах мозговой патологии и дизонтогенеза не всегда приводят к остановке психического развития или к явлениям необратимого регресса. Даже в случаях полной АМТ исследователи отмечают наличие многообразных функциональных компенсаторных перестроек, позволяющим решать различные когнитивные и поведенческие задачи. Однако накопление клинических и психологических данных приводит к возникновению новых вопросов. Каков вклад каждого из полу-

шарий мозга в «запуск» и «развертывание программы» онтогенеза межполушарных отношений? Можно ли говорить в этой связи о приоритетной роли правой гемисферы? Каковы отличия между компенсаторными и дефицитарными симптомами при патологии МТ? Ответы на эти непростые вопросы могут быть получены в дальнейших исследованиях.