



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Биология и общая патология»

Монография
по дисциплине
«Теория и методика физической культуры»

**«Особенности пострурального
контроля и сенсомоторного
реагирования у юных
спортсменов»**

Автор
Карантыш Г.В.

Ростов-на-Дону, 2016

Аннотация

В монографии с учетом современных представлений о постуральной системе, сенсомоторном реагировании и межполушарной асимметрии мозга изложены вопросы, касающиеся влияния занятий спортом на координационные качества и сенсомоторную реакцию. Представлены данные обследования юных спортсменов разного возраста: установлены различия изменения координационных качеств у детей, не занимающихся спортом, и у юных легкоатлетов. Также показано влияние занятий черлидингом и настольным теннисом на показатели стабิโลграммы и сенсомоторное реагирование у юных спортсменов с разными латеральными фенотипами.

Для специалистов в области спортивной физиологии, тренеров, студентов, обучающихся на факультетах физической культуры и спорта.

Автор

д.б.н., профессор Г. В. Карантыш



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О	0
ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПОСТУРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	7
1.1. Стабилографические показатели у детей 10–16 лет, не занимающихся спортом, и у юных легкоатлетов	18
2.РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ В	В
ПОСТУРАЛЬНОМ КОНТРОЛЕ. ЛАТЕРАЛЬНЫЙ ФЕНОТИП И	СПОРТ
45	
2.1. Группы обследованных детей с разным латеральным фенотипом	57
2.2. Методы определения латерального профиля асимметрии.	60
2.3. Особенности показателей стабิโลграммы у спортсменок с разным латеральным профилем в тесте «Мишень»	62
2.4. Особенности показателей стабิโลграммы у спортсменок с разным латеральным профилем в тесте с поворотом головы	66
2.5. Особенности показателей стабิโลграммы у спортсменок с разным латеральным профилем в тесте на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы	78
3.ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	ИССЛЕДОВАНИЯ
СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ.....	83
3.1. Метод исследования сложной зрительно-моторной реакции	88
3.2. Показатели сложной зрительно-моторной реакции в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет	89
3.3. Показатели сложной зрительно-моторной реакции у юных легкоатлетов 10–16 лет	93
3.4. Влияние занятий настольным теннисом на сенсомоторный профиль асимметрии мальчиков 7,5–15,5-летнего возраста .	101
3.5. Показатели сложной зрительно-моторной реакции у юных теннисистов с разным латеральным профилем	109
ЛИТЕРАТУРА.....	126

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема оздоровления подрастающего поколения привлекает к себе пристальное внимание специалистов (Алексамянц, Локтев, 1995). Особый акцент при анализе делают на снижении физической подготовленности детей и подростков, а также на нарушениях опорно-двигательного аппарата, которые в первую очередь связывают с недостаточным объемом двигательной активности (Дубровинская, 2000; Vidal et al, 2012).

Для учебной деятельности школьников кроме малоподвижного образа жизни в настоящее время характерны большая информационно-операционная нагрузка с дефицитом времени, высокой эмоциональной напряженностью (Яковлев, Литовченко, 2005). Сочетание данных факторов оказывает кумулятивный эффект на функциональное состояние организма детей и подростков, который изменяет параметры сенсомоторных реакций (СМР) организма.

Тесты для оценки СМР широко используют для оценки психофизиологических и нейрофизиологических параметров функционального состояния головного мозга. Сенсомоторные тесты используют для изучения когнитивных процессов (Ingram, Wolpert, 2011; Schendan, Ganis, 2012). Так, показана связь между интеллектуальными способностями и скоростью зрительно-моторных реакций (ЗМР) (Neely, Heath, 2010, 2011; Bueti et al., 2012; Hirashima, Nozaki, 2012; Konstantinov et al., 2009; Shul'gina 2000 и др.).

При этом подвижность нервных процессов обуславливает различия в скоростной структуре трудовых и спортивных движений (Климов, 1960; Ivaniura, 2000), поскольку любой вид деятельности требует специфических скоростных показателей, отражающихся в реакции, быстроте мышления и т. д. (Halle, 2012).

Несмотря на то, что в координации движений большую значимость играет вестибулярная система относительно сенсомоторной реакции (Blouin et al., 2010), оценка взаимосвязи этих качеств является актуальной, особенно в процессе интенсивного роста.

До настоящего времени до конца не изучен вопрос относительно взаимосвязи работы постуральной системы с разным уровнем двигательной активности и сенсомоторных реакций человека, а также относительно функциональных преобразований качества равновесия в периоды активного роста организма.

Изучение механизмов регуляции координационных качеств у человека является актуальной задачей физиологии (Брискин и

др., 2013). Постуральный контроль, в том числе, при перемещении тела в пространстве является одной из жизненно важных регуляторных функций организма (Капилевич и др., 2014; Chvatal et al., 2013; Deliagina et al., 2014; Yiou et al., 2012 и др.). Все компоненты контроля над поддержанием равновесия требуют выбор определенных движений. В постуральном контроле участвуют разные системы организма: вестибулярная, зрительная, слуховая система, опорно-двигательный аппарат и др. (Гаже, Вебер, 2007; Мельников, Савин, 2012; Anguan, Teczely, Anguan, 2007; Horak, Hlavacka, 2001; Cullen, 2012; Lee W.A. et al., 1990 и др.). Возрастные изменения конституции тела, функционирования сенсорных систем влияют на постуральный контроль при передвижении тела в пространстве, что сопровождается изменением координационных качеств. Так, А.М. Scharli и др. (2012, 2013) обнаружили, что в период с 5 до 11 лет улучшается функция качества равновесия. Это, в том числе, связано со снижением с возрастом частоты поворотов головы при поддержании равновесия: нестабильность фиксации взгляда является ограничивающим фактором постурального контроля. Известно и влияние саккадических движений глаз на координационные качества человека (Cordo et al., 1982; Glasauer et al., 2001), что свидетельствует о наличии функциональной интеграции зрительной сенсорной и постуральной систем (Rougier et al., 2007; Stoffregen et al., 2006).

Один из перспективных методов исследования механизмов поддержания человеком вертикальной позы является метод компьютерной стабิโลграфии. Наряду с биомеханической оценкой устойчивости тела, стабילוграфия позволяет оценить функциональное состояние организма, а также уровень влияния тренировочных и соревновательных нагрузок на показатели координации вертикального положения тела. При этом выявление механизмов, лежащих в основе динамических изменений функционального состояния постуральной системы, является актуальной задачей спортивной физиологии.

Особый интерес представляет рассмотрение вопроса о связи координационных качеств с генетически predetermined особенностями центральной нервной системы (ЦНС), в частности типов межполушарной асимметрии (Тришин и др., 2012). Данный генетический маркер, имеющий коэффициент наследуемости $H=0,80-0,95$, все чаще стали рассматривать в плане прогнозирования морфофункциональных и психофизиологических особенностей спортсменов. Многолетние занятия симметричными видами спорта способствуют снижению асимметрии физического разви-

тия, функционального состояния опорно-двигательного аппарата и двигательных возможностей спортсменов (Степанов, 2000). Напротив, занятия асимметричными видами спорта усиливают неравнозначность правых и левых моторных признаков (Таймазов, Бакулев, 2006). Предпочтение левых или правых конечностей стали учитывать при начальном профессиональном отборе юных спортсменов, поскольку доминирующие конечности обладают более ранним формированием двигательных навыков, более быстрым вработыванием и восстановлением после физических нагрузок. Моторная асимметрия является фактором «координационной преадаптации», или преднастройкой двигательного поведения (Лебедев, 1982).

В данной монографии рассмотрены вопросы, касающиеся становления координационных качеств и сенсомоторной реакции у юных спортсменов, занимающихся разными видами спорта, в том числе с разными латеральными фенотипами.

1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ПОСТУРАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Исследования билатеральности двигательной деятельности, функциональных особенностей и развития физических качеств человека в последние годы пополнились представлением о том, что асимметрия двигательных действий существует не в двухмерном, а трехмерном пространстве. Единым ориентиром для проявления «симметрии-асимметрии» выбрана идеальная точка, относительно которой оценивают распределение центра тяжести и организацию движений в трехмерном пространстве (Таймазов, Бакулев, 2006). При поддержании статического равновесия работа нервной системы направлена на регуляцию степеней свободы, возникающих при движении (Bernstein, 1967), которые формируются из-за избыточности в системе мышечного аппарата. Эта избыточность требует не только координации большого числа элементов при выполнении задания, но и выбора одного решения среди многих возможных. Контроль поддержания равновесия направлен на регуляцию координации работы мышц и связок конечностей, туловища и шеи, чтобы скоординировать центр тяжести тела с помощью нижних конечностей, служащих базовым элементом поддержания равновесия у человека. Подобная избыточность мышечной системы необходима для обеспечения гибкости процессов регулирования моторных задач, например, контроля баланса или положения тела (Krishnamoorthy et al., 2004; Scholz et al., 2002).

Недавние исследования показали, что многообразию движений при поддержании равновесия необходимо для эффективной координации движений (Scholz, Schoner, 1999; Torres-Oviedo, Ting, 2007). Так, разнообразие вариантов положений суставов или мышечных сокращений необходимо для минимизации многообразия на уровне выполнения заданий, например, перемещение центра тяжести тела или захват выбранной цели (d'Avella et al., 2003; Ting, Macpherson, 2005; Tresch et al., 1999; Welch, Ting, 2008).

При нарушении баланса могут быть использованы различные стратегии регуляции постуральной системы, например, поддержание равновесия путем опоры на ногу, либо совершения шага в сторону, или хватания за опору. Даже при определенной стратегии контроля над совершением движения, выполнение этого задания может варьировать на уровне движения тела (Bernstein, 1967), активации мышц (Gottlieb, 1998) или на

уровне активации в рефлекторной дуге (Churchland et al., 2006; Horn et al., 2004). Кроме того, постуральные рефлексы на однотипные раздражения могут различаться даже для одного индивида, поскольку зависят от условий, в которых он находится, имеющегося у него опыта, а также когнитивной нагрузки и эмоционального фона (Carpenter et al., 2006; Woollacott, Shumway-Cook, 2002).

Таким образом, при функционировании биологических систем могут быть использованы множество различных вариантов решения поставленной двигательной задачи, взятых среди общего многообразия решений (Latash et al., 2007; Ting, McKay, 2007). Выбор среди этого многообразия решения двигательной задачи направлен на достижение цели с минимальными затратами энергии (Kording, 2007; Lockhart, Ting, 2007; Shadmehr, Krakauer, 2008). И на данный момент в этой области исследований остаются открытыми два вопроса:

1) как и почему выбор варианта регулирования процесса перемещения центра тяжести тела и его энергетическая эффективность варьируют в различных ситуациях;

2) и как такие задачи эффективно достигаются при избыточной системе команд на уровне нейронов, мышц и связок (Hamilton et al., 2004; Harris, Wolpert, 1998; Todorov, Jordan, 2002)?

С тем, чтобы приблизиться к ответам на эти вопросы были проанализированы современные данные литературы, касающиеся механизмов регуляции постуральной системы.

Функционирование постуральной системы зависит от поступающей в двигательные нейронные сети сенсорной информации. Для двигательных систем наиболее значимыми являются проприоцептивная импульсация. Она передает информацию об устойчивом состоянии системы и сохранении информации о биомеханических параметрах организма.

Например, информация, идущая от механорецепторов кожи, дает представление о наличии или отсутствии контакта с опорой. Соматосенсорная информация от конечностей поступает в нейронные сети спинного мозга, далее в головной мозг, где формируются супраспинальные постуральные команды. Таким образом, целенаправленные движения и ориентационное поведение зависят от поступления сенсорной информации в центральную нервную систему. Нужно отметить, что основные постуральные нейронные сети расположены в стволе мозга, мозжечке и спинном мозгу, и вклад переднего мозга в постуральный контроль не столь значим. Данный факт был подтвержден при исследовании, про-

веденном на децеребрированном кролике (Musienko et al., 2008). Электромиографические паттерны конечности у децеребрированного кролика могут быть вызваны путем электрической стимуляции эпидурального пространства. Это доказывает наличие в спинном мозге нейрональных сетей, регулирующих мышечную деятельность конечностей децеребрированных животных. Однако активность этих нейрональных сетей низка; она активируется стимулами из вентральной области покрышки и мезенцефальной области (Musienko et al., 2010).

Существуют также нейрональные сети, которые обеспечивают регуляцию ритмических, или циклических (жевание, глотание, передвижение) и нециклических автономных и произвольных движений. Пространственно-временную организацию активности мотонейронов определяют нейронные осцилляторы, которые называются центральными генераторами упорядоченной активности (CPG). Активность данных осцилляторов не зависит от сенсорной обратной связи.

Исследование механизмов действия генераторов упорядоченной активности проводили на разных позвоночных животных, начиная с самого примитивного – миноги, чтобы иметь представление о строении и функциях генераторов упорядоченной активности, о росто-каудальных связях разрозненных данных генераторов, регулирующих волнообразными плавательными движениями (Deliagina et al., 2014). У имеющих конечности позвоночных координация движений резко усложнена: выделены две группы независимых генераторов упорядоченной активности для мышц-сгибателей и разгибателей, соответственно, E- и F-нейроны (Hsu et al., 2012). Некоторые E-/F-нейроны участвуют в торможении/возбуждении мотонейрона, иннервирующего мышцы-разгибатели, находящиеся на одной и той же стороны тела, поскольку было показано, что модуляция деятельности этих нейронов обусловлена приходящей соматосенсорной информации от конечности, относящейся к одной из сторон тела (Zelenin et al., 2013).

Источником, активирующим ряд нисходящих путей (вестибулоспинальный, руброспинальный и др.), является вестибулярный афферентный приток. Этот уровень возбуждения в нисходящих путях необходим для поддержания определенного тонуса мышц-разгибателей при поддержании положения тела (Duysens et al., 2000).

В недавних исследованиях L.J. Hsu и др. (2012) были изучены эффекты тонических гальванических импульсов на постураль-

ную регуляцию в супраспинальной области. Гальваническое вестибулярное раздражение (ГВР) оказывает возбуждающее или тормозное действие на вестибулярные афференты со стороны катода и анода, соответственно (Goldberg et al., 1984; Minor, Goldberg, 1991). Таким образом, формируется левая/правая асимметрия тонических импульсов в супраспинальной области, которая выражается в том, что у всех изученных видов организмов, включая человека, тело отклоняется в сторону расположения анода (Séverac Cauquil et al., 2000; Beloozerova et al., 2003a; Gorgiladze, 2004). Анализ эффектов ГВР показывает, что отклонение вызвано преимущественно активацией канальных афферентов (Mian et al., 2010), а их направление и амплитуда зависят от полярности и силы стимуляции со стороны левых и правых лабиринтов нейронов, а также изначального положения объекта (Marsden et al., 2002). Модель ГВР эффектов была предложена B.L. Day и др. (2011).

У кролика, находящего в положении стоя, ГВР вызывает стабилизацию новой ориентации тела (Beloozerova et al., 2003a) вследствие смены центра тяжести. ГВР оказывает выраженное влияние на постуральные рефлексы конечностей (ПРК): электромиограмма разгибателя и сила сгибания конечностей значительно увеличиваются, когда катод находится со стороны конечности, и уменьшается, когда со стороны конечности находится анод (Hsu et al., 2012). Таким образом, ГВР, создавая асимметрию тонических импульсов в левой/правой супраспинальной области, изменяет центр тяжести вследствие увеличения постуральных рефлексов конечности, противоположной тонической импульсации. Также было показано, что у децеребрированного кролика гальваническое вестибулярное раздражение может искусственно восстановить постуральные реакции и латеральное смещение центра тяжести (Zelenin et al., 2012).

Сходные данные получены при изучении влияния гальванической вестибулярной стимуляции у человека: искусственная стимуляция способствовала улучшению латеральной стабильности положения тела (Scinicariello et al., 2001). Данные результаты предполагают сходные механизмы организации системы, ответственной за баланс центра тяжести тела в пространстве у людей и четвероногих животных. При этом выявлены особенности асимметричной гальванической вестибулярной стимуляции двух подгрупп спинальных интернейронов (Hsu et al., 2012): на катоде при гальванической стимуляции вестибулярных центров в спинном мозге активность F1-нейронов усиливается и уменьшается на

аноде; обратную ситуацию наблюдали при стимуляции E2-нейронов. В результате было сделано предположение о том, что данные типы нейронов регулируют постуральные рефлексy конечности в момент гальванической стимуляции вестибулярных центров в спинном мозге. F1- и E2-нейроны расположены, главным образом, в промежуточной и вентральной части серого вещества, соответственно, где расположены области завершения вестибулоспинального трактата (Petras, 1967).

S. Grillner и T. Hongo (1972) предположили, что вестибулоспинальный тракт может возбуждать нейрон, иннервирующий мышцу-разгибатель, как в прямом, так и в обратном направлении при помощи интернейронов (предположительно подгруппы F1 и E2), которые передают восходящую и нисходящую информацию. Любое отклонение от вертикального положения дорсовентральной оси (боковое отклонение) тела вызывает противоположные отклонения от правых и левых постуральных рефлексов конечностей. В свою очередь, правые и левые постуральные рефлексy конечностей вызывают противоположные двигательные эффекты – они вызывают отклонения тела в противоположную сторону.

Изменение латеральной устойчивости показано и в условиях односторонней лабиринтэктомии (Smith, Curthoys, 1989). У миноги и крысы электрическая стимуляция вестибулярного нерва прерывает перекачивание тела и возвращает латеральную стабильность животного. Изменяя силу стимуляции, можно регулировать положение стабилизированного тела на горизонтальной плоскости (Deliagina et al., 1997). Предполагают, что, как и в случае миноги, односторонняя лабиринтэктомия вызывает сильную асимметрию тонических стимулов в супраспинальной области. Это приводит к снижению компенсаторных влияний постуральных рефлексов конечностей на поврежденной стороне, из-за чего в горизонтальной плоскости теряется точка равновесия. Активность сетей постуральных рефлексов конечностей с неповрежденной стороны вызывает перекаты, движения, отклонения к поврежденной стороне. Электрическая стимуляция вестибулярного нерва восстанавливает симметрию супраспинального импульса, постуральных рефлексов конечностей на поврежденной стороне, восстановление точки равновесия системы и латеральной устойчивости. Предполагают, что у человека принципы функционирования постуральной системы, ответственной за стабилизацию положения тела во фронтальной плоскости, аналогичны рассмотренным в моделях животных. Как у человека, так и у животных отклонение положения тела в латеральном направлении

при действии постуральных рефлексов конечностей (Séverac Cauquil et al., 2000) может быть объяснено смещением равновесия при контроле положения тела в пространстве.

Роль ретикулоспинальной системы в постуральном контроле также изучали в модельных экспериментах. Исследовали активность ретикулоспинальных нейронов у кошки без одной конечности (Stapley, Drew, 2009). Для кота в положении стоя, в этом состоянии формируются постуральные реакции, направленные на адаптацию к поддержанию равновесия в состоянии стоя на трех конечностях (Dufossé et al., 1985; Rushmer et al., 1987; Stapley, Drew, 2009). Большая часть ретикулоспинальных нейронов отвечает на нарушение в результате потери конечности с короткой задержкой, предваряющей изначальное изменение активности нейронов, иннервирующих мышцу-разгибатель. Предположительно, ретикулоспинальные нейроны также принимают участие в регуляции движений конечностей и специфических постуральных реакциях.

Более $\frac{3}{4}$ РС нейроном активизируются раздражением/расстройством любой из конечностей. Потеря опоры на одну конечность вызывает расстройство ориентации тела. Данное расстройство может наблюдаться как в продольной плоскости, так и в поперечной (крен и тангаж, соответственно). Предполагают, что отдельные ретикулоспинальные нейроны у животных (кошки, миноги) вызывают двигательную реакцию, играющую роль в постуральной корректировке в вертикальной плоскости. Например, ретикулоспинальные нейроны, регулирующие перекач туловища налево в продольной плоскости, активируются опусканием поверхности туловища со стороны правых конечностей, и ингибируется опусканием поверхности туловища со стороны левых конечностей. Нейроны с противоположными «откликами» на левые и правые отклонения туловища составляют примерно 25 % от всей популяции ретикулоспинальных нейронов. Около 15 % ретикулоспинальных нейронов активируются при потере точки опоры на любую конечность. Предполагают, что данные ретикулоспинальные нейроны при активации запускают команду «двигаться». Моторная реакция на эту команду зависит от текущего состояния активности нейронных сетей спинного мозга, которое определяется поступающими сигналами из супраспинальной и соматосенсорной систем. Таким образом, ретикулоспинальные нейроны могут участвовать в компенсаторных постуральных реакциях, возникающих в условиях нарушения координации движений (например, при потере конечности). Также существуют доказательства того,

что ретикулоспинальная система не определяют поструральную реакцию, необходимую для возврата тела в положение равновесия. Эта роль, предположительно, принадлежит кортикоспинальной и руброспинальной системам (Stapley, Drew, 2009).

Далее рассмотрена роль кортикоспинальной и руброспинальной систем в координации движений. Как ранее указывалось, целостность коры головного мозга не обязательна для поддержания латеральной стабильности (Musienko et al., 2008). Тем не менее, у здоровых людей и животных корковые механизмы лежат в основе базовых координационных реакций при поддержании положения тела в пространстве, что определяет функциональное взаимодействие коры головного мозга, мозжечка и спинного мозга (Lomond et al., 2013). Запись активности различных нейронов в двигательной области коры головного мозга (ДОКГМ) бодрствующих кроликов в модели поддержания равновесия на наклоненной вбок платформе показала, что у нисходящих кортикофугальных (идущих из коры больших полушарий) нейронов уровня V (КФ5) (включая нейроны пирамидного пути (ППН)) и одного из классов ГАМК-эргических ингибиторных интернейронов она коррелирует с поструральными корректировками положения тела (Beloozerova et al., 2003b). В отличие от КФ5 и ингибиторных интернейронов, доля активных кортикофугальных нейронов уровня VI (КФ6), кортико-кортикально-ипсилатеральных (ККИЛ) и кортико-кортикально-контралатеральных (КККЛ) нейронов во время поструральной коррекции сравнительно мала, и их частота разряда также низкая. Это позволяет предположить, что кортико-кортикальные взаимодействия, как внутри полушарий (посредством ККИЛ) и между полушариями (посредством КККЛ), а также кортикоталамические взаимодействия посредством КФ6 нейронов не влияют на моторную координацию при поструральной коррекции.

Сигналы об изменении наклона из спинного мозга и мозгового ствола могут разными путями достичь ДОКГМ и повлиять на её выходные нейроны КФ5. Один из этих путей – путь через вентролатеральный таламус, часть которого управляется ингибиторными интернейронами (Strick, Sterling, 1974; Swadlow, 2002). Поскольку активность ингибиторных интернейронов синхронно регулируется во время поструральных корректировок, предполагают, что они влияют на форму выходного коркового/кортикального сигнала. У кошек, сохраняющих равновесие на наклоненной платформе, активность индивидуальных ППН была зафиксирована как до, так и после локальных ионтофоретической аппликации

ГАМК-А рецептора, - антагонистической стороне, с которой производили запись (Tamarova et al., 2007). Было выявлено, что ГАМК-эргическая система ДОКГМ ослабляет ответные сигналы ППН, связанные с координацией положения тела, но играет малую роль в определении времени отклика.

При изучении активности отдельных нейронов в двух супраспинальных (кортикоспинальная и руброспинальная) системах у бодрствующих кошек, поддерживающих равновесие на наклонной платформе (Beloozerova et al., 2005; Karayannidou et al., 2008, 2009b; Zelenin et al., 2010) было обнаружено, что активность этих систем при постуральных задачах имеет много общего. В том числе, активность значительной доли нейронов в обеих системах фазово изменяется при наклонах туловища, хотя доля модулированных рубронейронов (46 %) меньше, чем кортикальных (90%). Модулированные ППН и руброспинальные нейроны (РСН) могут регулировать сокращение мышц передних или задних конечностей. Половина ППН нейронов реагирует на наклон туловища, в том числе, их активность зависит от угла наклона туловища. Обобщая сказанное, можно предположить, что ДОКГМ и красное ядро управляют постуральными командами спинному мозгу и продолговатому мозгу. ДОКГМ вместе с остальными нисходящими системами, включая ретикулоспинальные и вестибулоспинальные (Matsuyama, Drew, 2000), участвует в обеих основных постуральных функциях: поддержание определенной конфигурации тела и поддержании равновесия (Horak, Macpherson, 1996).

В большинстве нейронов пирамидного и руброспинального трактов афферентные сигналы, которые они предположительно получают из рецептивных полей во время наклонов, не ответственны за генерацию нейрональных реакций на наклон тела (Beloozerova et al., 2003b, 2005; Zelenin et al., 2010). Скорее всего, в этих нейронах соматосенсорный вход от рецептивных полей в состоянии покоя заменен или дополнен другими входами во время активного постурального поведения (движения). Эта гипотеза подтверждает представление о том, что сигналы от механорецепторов конечности обрабатываются в нейрональных сетях спинного мозга и ствола мозга прежде, чем они достигнут двигательной коры головного мозга, а также в мозжечке и двигательной коре, прежде чем они достигнут нейронов руброспинального тракта (Massion, 1967; Landgren, Silfvenius, 1971; Asanuma, 1989). Предположительно у человека, как и у четвероногих животных, постуральные команды также поступают через многие нисходящие двигательные пути.

Рассмотренные выше вопросы касались преимущественно регуляции простых движений при поддержании равновесия. Также в ряде работ обсуждается проблема постурального контроля во время непрерывного движения. Так, R.J. Peterka (2000, 2002) обратил внимание на то, что во время непрерывного движения в регуляции баланса центра тяжести тела резко возрастает роль сенсорной информации. Тело человека представляет собой своеобразный перевернутый маятник, который стремится вернуться в положение равновесия, и данный процесс происходит с определенной задержкой. Эта задержка необходима для переработки сенсорной информации при перемещении тела. При малых частоте и колебаниях «маятника» (или перемещающегося тела) регуляция постурального контроля осуществляется благодаря преимущественно поступающей соматосенсорной информации. С увеличением частоты и колебаний «маятника» на координацию движений влияют вестибулярная и зрительная сенсорная системы, где происходит обработка высокочастотной информации (Peterka, 2002). Так, перемещение взгляда и смещение изображения может приводить к двигательному ответу, однако этот эффект ослабляется наличием определенной степени неконгруэнтности соматосенсорной информации, полученной из мышц, кожи и связок, и зрительной системы (Creath et al., 2015; Keshner et al., 2004).

Снижение поступления информации от вестибулярной системы или закрывание глаз не изменяет время задержки ответов со стороны постуральной системы, но способствует увеличению вызванной мышечной активности (Horak, Macpherson, 1996; Inglis, Macpherson, 1995). Это дало основание для предположения о том, что информация от вестибулярной и зрительной сенсорных систем помогает соматосенсорной системе устанавливать базовую точку стабилизации при поддержании равновесия тела путем интерпретации информации при изменении положения тела (Macpherson et al., 2007). Потеря же соматосенсорных нейронов, предоставляющих кинетическую информацию о сегментах тела, может приводить к постуральным дефицитам и заметно увеличивать задержку ответа со стороны постуральной системы (Inglis et al., 1994; Stapley et al., 2002).

На основании кинетических, кинематических исследований и изучения мышечной активности в настоящее время для объяснения механизмов регуляции постуральной системы при колебательных движениях тела предлагают различные концепции, включая прерывистый прямой контроль, положительный обрат-

ный контроль и отложенный обратный контроль.

Функционирование постуральной системы при смещении центра тяжести описывают как механизм открытого цикла, позволяющий смещаться центру тяжести тела в непродолжительных временных интервалах. Также его описывают, как механизм обратной связи закрытого цикла с задержкой ответа со стороны постуральной системы около 1 сек. для возвращения центра тяжести в условную нулевую точку (Collins, De Luca, 1994). При постуральном отклонении пики мышечной активности чаще всего на 100–250 мс предшествуют моменту начала смещения центра тяжести (Fitzpatrick et al., 1992). Это доказывает то, что смещение центра тяжести не является случайным, а четко контролируется со стороны постуральной системы с тем, чтобы препятствовать длительным сенсорным задержкам (Loram et al., 2005). Таким образом, мышечная активность не может быть объяснена исключительно наличием обратной связи в регуляции центра тяжести при его отклонении. Однако тот факт, что в соматосенсорных рецепторах может кодироваться информация о скорости и, вероятно, ускорении движения при поддержании равновесия, а также на основании сравнительного анализа частоты мышечных сокращений и смещения центра тяжести, свидетельствует и о наличии нервных механизмов с обратной связью для обеспечения постурального контроля (Welch, Ting, 2008). Таким образом, одни и те же механизмы с обратной связью, лежащие в основе регуляции постурального баланса, имеют место при отклонении центра тяжести в состоянии сидя или стоя, так и при активном движении.

При этом постуральный контроль не является автономной системой (в регуляцию положения тела вовлечены несколько систем), и на него влияет ряд факторов, включая доступность сенсорной информации и возраст человека (Shumway-Cook, Woollacott, 2000; Woollacott, Shumway-Cook, 2002). Интересно отметить, что ряд исследователей указывают на то, что однотипные варианты умственной нагрузки могут по-разному влиять на качество равновесия у детей (Olivier et al., 2007; Schmid et al., 2006). Для объяснения причины того, что разные авторы наблюдали противоположные результаты при изучении постурального контроля у детей в условиях предъявления им умственной нагрузки, было выдвинуто предположение о существовании двух независимых процесса, направленных на поддержание внимания, один из которых направлен на регуляцию координации движений, а другой, - на выполнение когнитивного задания. Эти два процесса между собой взаимодействуют и, в зависимости от сложности

каждого из заданий (поддержания равновесия и умственной нагрузки) уровень координационных качеств может изменяться (Palluel et al., 2010). Тем не менее, тенденция к улучшению координационных качеств с возрастом существует. При сравнении постурального контроля у детей и взрослых в условиях предъявления умственной нагрузки обнаружено нелинейное улучшение функции равновесия. Так у детей с возрастом (с 7 до 11 лет) функция равновесия улучшается вне зависимости от сложности предъявляемого задания: самые высокие показатели равновесностных качеств выявлены у детей в 11-летнем возрасте, и эти показатели соответствуют уровню взрослого человека (Olivier et al., 2010). Полученные ранее в нашей лаборатории результаты исследования показателей стабильности у детей и подростков подтверждают данный факт, а именно, нелинейное улучшение координационных качеств с возрастом (Менджеричкий и др., 2011; Дмитренко и др., 2012). Предполагают, что данный факт связан с возрастным снижением влияния саккадической задержки на постуральный контроль (Bucci, Seassau, 2012; Salman et al., 2006). В свою очередь, снижение саккадических движений является результатом созревания коры больших полушарий: к 11 годам улучшается функциональное взаимодействие областей коры головного мозга и подкорковых структур, обеспечивающих регуляцию координации движений при помощи зрительной сенсорной системы (Luna et al., 2008). После 12 лет время саккадической задержки изменяется незначительно (Gogtay et al., 2004); данный возраст считают критическим в созревании областей коры больших полушарий, ответственных за регуляцию окулomotorных движений (Toga et al., 2006). Также с возрастом увеличивается относительная энтропия (хаотичность) в процессе качательных движений при поддержании равновесия, что объясняют накопленным двигательным опытом к взрослому возрасту (Hong et al., 2008). Таким образом, регуляция координации движения с возрастом становится более автономной, т. е. менее зависимой от различных факторов, влияющих на постуральный контроль, что согласуется с гипотезой о непрерывных пластических изменениях мозга как адаптационной реакции на изменение внешней и внутренней среды (Pascual-Leone et al., 2005).

На основании анализа данных литературы можно утверждать, что выбор варианта регулирования процесса перемещения центра тяжести и, возможно, его энергетическая эффективность варьируют в зависимости от ряда факторов: функциональной зрелости мозга, потока сенсорной информации, а также механи-

ческих и нейрофизиологических факторов. К механическим факторам, влияющим на контроль над поддержанием равновесия можно отнести начальную высоту центра тяжести, размер основы поддержки, а также присутствия дополнительной поддержки равновесия. В качестве примера можно привести регуляцию сокращения мышц конечностей: угол, под которым происходит сокращение мышц, сила сокращения и т.д. (Yiou et al., 2007). Крайне важен также имеющийся двигательный опыт в регуляции постурального контроля (Bouisset, Do, 2008; Yiou et al., 2009).

Избыточная же система команд на уровне нейронов, мышц и связок, вероятно, необходима для развития эффективной упреждающей динамики в перемещении центра тяжести при поддержании равновесия, т. е. работы, так называемых упреждающих постуральных регуляторов (Mezaour et al., 2010).

Все выше названные причины наличия большого количества вариантов регуляторных механизмов поддержания равновесия, очевидно, связаны с еще одним фактором: индивидуальным латеральным профилем асимметрии, на что указывает большое количество данных (Тришин и др., 2015; Babiloni et al., 2008; Coan, Allen, 2003 и др.). В том числе, указывают на то, что основным афферентным и эфферентным элементам, а также центральному отделу системы контроля позы свойственны признаки морфологических и функциональных асимметрий (Бердичевская, 2004; Horak, 2006).

1.1. Стабилографические показатели у детей 10–16 лет, не занимающихся спортом, и у юных легкоатлетов

В данном разделе монографии представлены результаты исследования стабилографических показателей и особенностей сложной зрительно-моторной реакции у детей 10–16 лет с разным уровнем двигательной активности (детей, не занимающихся спортом, и юных легкоатлетов).

1.1.1. Определение уровня двигательной активности и описание групп обследованных детей

В обследовании приняли участие 398 школьников 10–16 лет, занимающиеся общей физической подготовкой на уроках в школе и не посещающие спортивные или танцевальные секции.

Было обследовано 285 испытуемых 10–16 лет, занимающихся спортом (легкая атлетика) не менее 2 лет на базе легкоатлетического манежа.

Определение уровня двигательной активности осуществляли с использованием шагомера «Omron HJ-5». Данный прибор закрепляли на поясе у испытуемых и регистрировали количество шагов в течение 2 дней, после чего вычисляли среднее количество шагов за 1 день (табл. 1).

Таблица 1
Среднесуточное количество шагов по данным шагомера у детей 10–16 лет

Возраст	Пол	Общеобразовательная школа	Дети-легкоатлеты	Возрастная норма
10 лет	мальчики	8117±134	20230±380*	17000-21000
	девочки	8340±112	17247±441	16000-20000
11 лет	мальчики	10509±176	22146±458	20000-24000
	девочки	11209±188	19120±395	16000-21000
12 лет	мальчики	12117±202*	27050±680*	20000-24000
	девочки	8700±133	18256±286	16000-21000
13 лет	мальчики	11180±190*	28500±619*	21000-25000
	девочки	7031±178	19500±338	18000-23000
14 лет	мальчики	11508±210*	24080±540*	21000-25000
	девочки	9820±180	20258±630	18000-23000
15 лет	мальчики	13016±223*	24624±620	24000-28000
	девочки	10534±193	22875±742	21000-25000
16 лет	мальчики	15013±197*	25320±455*	25000-29000
	девочки	8115±186	22130±652	20000-24000

Примечание: * – отличия достоверны относительно девочек данного возраста

Определение продолжительности двигательного компонента проводилось посредством анкетирования школьников (табл. 2).

Таким образом, у детей, обучающихся в среднеобразовательной школе среднесуточное количество шагов и продолжительность двигательного компонента ниже возрастной нормы (Гигиеническая норма двигательной активности детей и подростков 5–18 лет / Методические рекомендации, 1984; Кучма, 2008). У мальчиков установлено увеличение среднесуточной двигательной активности к 16 годам, а у девочек 13 и 16 лет отмечено снижение двигательной активности. У детей, занимающихся в легкоатлетическом манеже, среднесуточное количество шагов и интенсивность локомоций (в часах) соответствует возрастной норме, однако у мальчиков-спортсменов 12 и 13 лет среднесуточное количество локомоций и время двигательного компонента пре-

вышает возрастную норму (табл. 1, 2).

Таблица 2

Продолжительность двигательного компонента (в часах) у детей 10–16 лет

Возраст	Пол	общеобразовательная школа	Дети-легкоатлеты	Возрастная норма
10 лет	мальчики	4,1±0,3	4,9±0,3	4,5-5
	девочки	3,8±0,2	4,7±0,2	4-4,5
11 лет	мальчики	3,3±0,4	4,3±0,2	4-4,5
	девочки	3,2±0,3	4,1±0,3	3,5-4
12 лет	мальчики	3,3±0,3	4,7±0,2	4-4,5
	девочки	3,0±0,2	3,9±0,2	3,5-4
13 лет	мальчики	3,1±0,2	4,9±0,2	4-4,5
	девочки	2,8±0,3	4,1±0,3	4-4,5
14 лет	мальчики	3,2±0,2	4,3±0,3	4-4,5
	девочки	3,0±0,3	3,9±0,4	4-4,5
15 лет	мальчики	2,8±0,3	4,1±0,2	3-4
	девочки	3,0±0,3	4,1±0,2	3,5-4,5
16 лет	мальчики	2,6±0,2	3,9±0,3	3-4
	девочки	2,7±0,3	3,7±0,3	3,5-4,5

В зависимости от суточного объема локомоторной активности мы выделили следующие типы двигательной активности у детей: 1 – дети со средним уровнем двигательной активности (контрольная группа), обучающиеся в МОУ СОШ № 65 г. Ростова-на-Дону и не посещающие спортивные или танцевальные секции; 2 – дети с высоким уровнем двигательной активности – дети, дополнительно занимающиеся в легкоатлетическом манеже г. Ростова-на-Дону не менее 2 лет.

В зависимости от уровня двигательной активности и возраста были сформированы следующие группы испытуемых (табл. 3).

Таблица 3

Группы испытуемых в зависимости от уровня двигательной активности и возраста

Уровень двигательной активности, Возраст	Средний	Высокий

10 лет	1 группа – контроль (мальчики n=19; девочки n=20)	1 группа – спортсмены (мальчики n=20; девочки n=21)
11 лет	2 группа – контроль (мальчики n=28; девочки n=30)	2 группа – спортсмены (мальчики n=17; девочки n=22)
12 лет	3 группа – контроль (мальчики n=31; девочки n=32)	3 группа – спортсмены (мальчики n=20; девочки n=19)
13 лет	4 группа – контроль (мальчики n=30; девочки n=29)	4 группа – спортсмены (мальчики n=20; девочки n=20)
14 лет	5 группа – контроль (мальчики n=30; девочки n=31)	5 группа – спортсмены (мальчики n=25; девочки n=20)
15 лет	6 группа – контроль (мальчики n=27; девочки n=30)	6 группа – спортсмены (мальчики n=19; девочки n=20)
16 лет	7 группа – контроль (мальчики n=29; девочки n=32)	7 группа – спортсмены (мальчики n=23; девочки n=19)

1.1.2. Определение уровня физического развития в группах испытуемых

Согласно данным литературы, стабилметрические показатели в определенной степени взаимосвязаны с конституциональными особенностями телосложения (Муртазина, 2009). Известно, что в подростковом возрасте происходит новое соотношение роста мышц и мышечной силы, изменяются пропорции тела (как у мальчиков, так и у девочек), что приводит к временным нарушениям координации и равновесия. Поэтому нами был определен уровень физического развития подростков (рост, вес, окружность грудной клетки, сила кисти, жизненная емкость легких). В контрольную группу и группу спортсменов были включены только подростки, имеющие гармоничное или дисгармоничное физическое развитие. Количество детей с разным уровнем физического развития в группах контроля и группах детей с высоким уровнем двигательной активности показано на рисунках 1, 2. У данных школьников был проведен также анализ медицинских карт. В исследовании приняли участие дети с 1 и 2 группами здоровья.

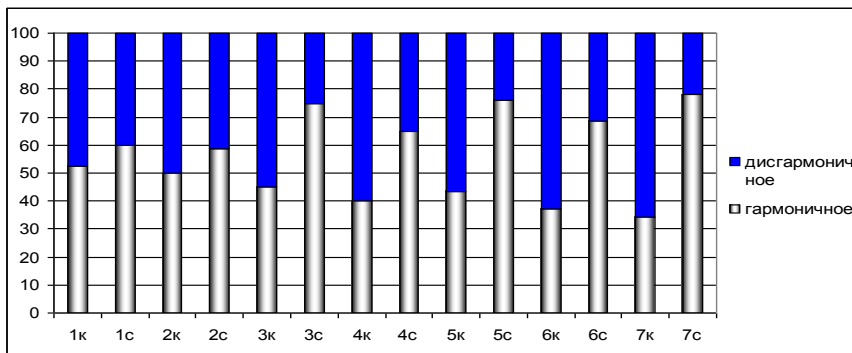


Рис. 1. Количество мальчиков (в %) с разным уровнем физического развития: 1к-7к – номер групп контроля; 1с-7с – номер групп детей-легкоатлетов

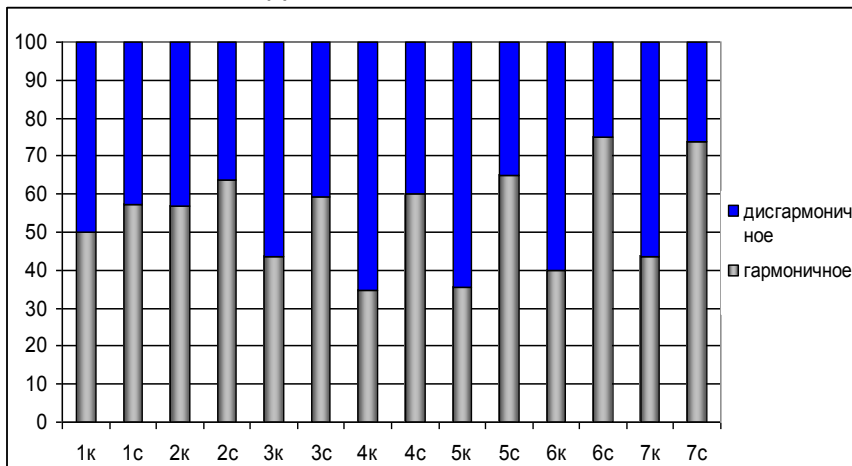


Рис. 2. Количество девочек (в %) с разным уровнем физического развития:

1к-7к – номер контрольных групп детей;

1с-7с – номер групп детей-легкоатлетов

1.1.3. Исследование функции равновесия

В последние годы для изучения функции равновесия и пострурального контроля используется объективный метод регистрации колебаний центра тяжести человека – стабилография. Метод стабилографии дает ценную информацию в спортивной физиологии и медицине, возрастной физиологии, клинической практике, экспериментальной и спортивной медицине.

Исследование функции равновесия было проведено на компьютерном стабилоанализаторе с биологической обратной связью

«Стабилан-01» (производство «ОКБ-РИТМ», г. Таганрог). Стабилографическое исследование было проведено в первой половине дня, через 2–3 часа после приема пищи. Перед началом проведения обследования пациенту объясняли порядок проведения исследования. Во время обследования пациент находился на платформе стабилографа в носках. Обращалось внимание на положение стоп обследуемого, поскольку они не должны выступать за определенные ограничители. На платформу стабилографа пациент должен становиться так, чтобы расстояние между внутренними краями стоп равнялось ширине стопы, а стопы находились симметрично по отношению к осевой линии платформы.

В отечественной и мировой практике в методике компьютерной стабилографии комплексно используется в статических и динамических тестах ряд функциональных проб с использованием зрительных, проприоцептивных и вестибулярных стимулов.

Для анализа функции равновесия в данном исследовании использовали следующие тесты (Руководство пользователя «Стабилан – 01»):

1. Тест «Мишень» – данная методика проводится со зрительной обратной связью. Задача испытуемого заключается в четком сохранении функции равновесия с открытыми глазами в течение нескольких секунд. При выполнении данного теста испытуемому необходимо перемещать туловище, стоя неподвижно на платформе так, чтобы знак внутри мишени на мониторе компьютера был максимально близок к ее центру.

2. Тест с поворотом головы – цель обследования заключается в выявлении изменений функции равновесия, связанных с нарушением кровообращения в вертебробазиллярном бассейне. Методика состоит из трех проб – фоновой, поворотом головы направо и поворотом головы налево. Во время фоновой пробы испытуемому необходимо сосчитать количество белых кругов среди мелькающих разными цветами кругов на экране монитора. Во время проведения проб с поворотом головы необходимо максимально повернуть голову сначала в правую, а затем в левую сторону, закрыть глаза и сосчитать количество звуковых сигналов.

Оценивали следующие векторные показатели: КФР – качество функции равновесия (%). Данный показатель оценивает, насколько минимальна скорость центра давления испытуемого. КФР рассчитывается в виде процентного отношения к площади, ограниченной функцией распределения длин векторов скоростей, и некоторой константы, равной площади прямоугольника, ограни-

ченного осями координат, горизонтальной асимптотой функции кривой распределения длин скоростей и вертикальной границей. Величина площади одного кольца и площадь прямоугольника определены на основе экспериментальных данных различных групп людей. Чем выше значение КФР, тем лучше человек поддерживает равновесие.

НПВ – нормированная площадь векторограммы ($\text{мм}^2/\text{сек.}$). Это суммарная площадь векторограммы, отнесенная ко времени записи сигнала.

ЛСС – линейная скорость средняя ($\text{мм}/\text{сек.}$) – среднее значение линейной скорости в процессе обследования.

УСС – угловая скорость средняя ($\text{мм}/\text{град.}$) – средняя скорость изменения направления векторов скорости движения центра давления.

ЛС/УС – характеризует отношение средней линейной скорости к средней угловой скорости ($\text{мм}/\text{град.}$).

1.1.4. Исследование показателей сложной зрительно-моторной реакции

Для обеспечения многоуровневого контроля исследуемых психофизиологических характеристик человека использовали устройство психофизиологического тестирования УПФТ «Психофизиолог» (производство фирмы «Медиком МТД», г. Таганрог). Благодаря высокой мобильности, обусловленной малой массой, габаритами, выдаче тестирующих заданий на жидкокристаллическом дисплее, а также батарейным питанием и беспроводными коммуникациями, УПФТ может применяться как в специализированных, так и в не предназначенных для этого помещениях. Обработка и анализ осуществляется как средствами самого УПФТ, так и на компьютере инструктора посредством инфракрасного канала (Демакова, Шерстяных, 2004).

Проведение тестирования учащихся осуществляли в первой половине дня после подробного инструктажа. Суть метода сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР) заключается в том, что испытуемый должен как можно быстрее и без ошибок на красный сигнал нажимать кнопку «нет», а на зеленый – кнопку «да».

В тесте СЗМР оценивали уровень быстродействия и уровень безошибочности. Данные показатели измеряют в относительных единицах: 5 – высокий; 4 – выше среднего; 3 – средний; 2 – ниже среднего; 1 – низкий.

Уровень сенсомоторных реакций также оценивается в относительных единицах по следующей 5-бальной шкале: 1 – высокий; 2 – выше среднего; 3 – средний; 4 – ниже среднего; 5 – низ-

кий.

При проведении теста СЗМР мы анализировали также среднее время реакции (мс) на сложные зрительные стимулы.

Для статистического анализа и графического представления данных использовали программы Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США), Excel 97 и Word 97 (Microsoft Inc., США).

1.1.5. Стабилографические показатели в контрольных группах у детей 10–16 лет. Анализ векторных показателей в тесте «Мишень»

Качество функции равновесия (КФР) – один из важнейших информативных стабилметрических показателей, который характеризует заложенное генетически индивидуальное свойство поструральной системы человека (Усачев, 2001). Чем выше значение КФР, тем лучше человек может поддерживать равновесие.

При анализе результатов исследования стабилографических показателей в возрастных группах было показано, что качество функции равновесия у мальчиков 1, 2 и 3 групп достоверно не отличается. К 13 годам установлено снижение КФР на 10 % ($p < 0,05$) относительно мальчиков 12-летнего возраста. В 5 группе КФР увеличивается на 17 % ($p < 0,05$) относительно 4 группы. В 6 группе показатель КФР вновь снижается на 13 % ($p < 0,05$) относительно мальчиков 5 группы. В 7 группе установлено достоверное увеличение КФР на 23 % ($p < 0,05$) относительно 6 группы мальчиков.

У девочек 1–3 групп КФР достоверно не изменяется. В 4 группе снижается на 12 % ($p < 0,05$) относительно 3 группы девочек. В 5 группе установлено увеличение КФР на 19 % ($p < 0,05$) относительно 4 группы. В 6 группе КФР увеличивается на 10 % ($p < 0,05$) по сравнению с 5 группой. В 7 группе показано значительное снижение КФР на 16 % ($p < 0,05$) относительно девочек 6 группы.

Кроме того, средние показатели КФР выше у девочек 10–12 лет, а также 14–15 лет, чем у мальчиков данного возраста. Только в возрасте 16 лет КФР у мальчиков достоверно выше, чем у девочек.

Следует также отметить, что максимальное значение КФР у девочек выявлено в 15-летнем возрасте, а у мальчиков – в 16-летнем возрасте. У девочек 16 лет показатель КФР находится на самом низком уровне относительно всех остальных возрастных периодов (рис. 3).

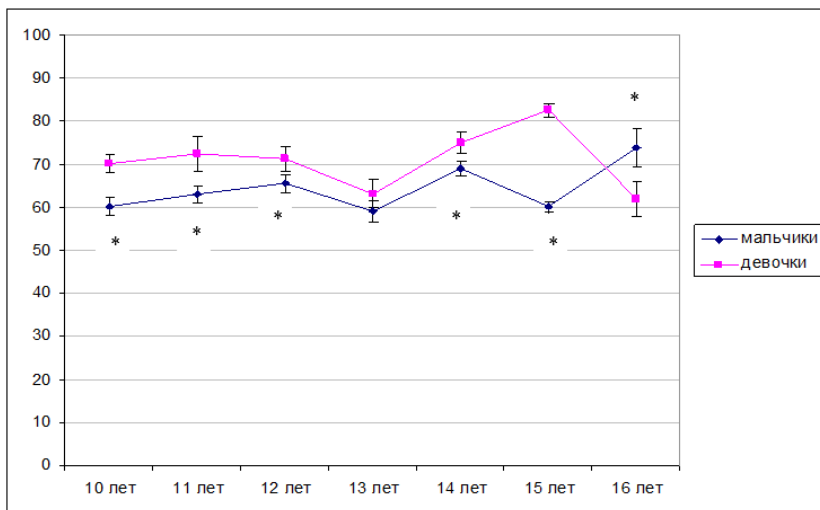


Рис. 3. Качество функции равновесия (%) в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет:

* – отличия достоверны относительно показателей у девочек

Таким образом, согласно представленным результатам, становление регуляции функции равновесия у мальчиков и девочек в подростковый период происходит гетерохронно.

Нормированная площадь векторограммы (НПВ) – это суммарная площадь векторограммы отнесенная ко времени записи сигнала. Установлено резкое снижение НПВ у мальчиков летнего возраста – на 65 % ($p < 0,01$) относительно мальчиков 5 летнего возраста. У мальчиков 6 группы НПВ вновь увеличивается (на 105 % – $p < 0,05$) относительно мальчиков 5 группы. У девочек высокие показатели НПВ установлены в возрасте 13 лет и 16 лет. Кроме того, у мальчиков 1, 2 и 3 групп значение НПВ было выше на 103 % ($p < 0,01$), 119 % ($p < 0,01$) и 120 % ($p < 0,05$) относительно девочек 1, 2 и 3 групп соответственно. Однако у мальчиков 5 и 7 групп показатель НПВ был ниже на 53 % ($p < 0,05$) и 46 % ($p < 0,05$) по сравнению с девочками 5 и 7 групп соответственно (рис. 4).

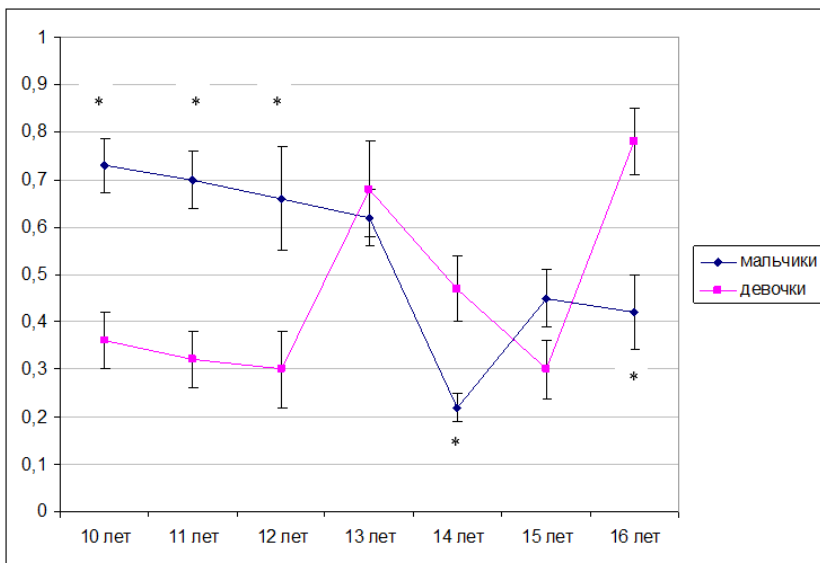


Рис. 4. Значение нормированной площади векторограммы (мм²/сек.) в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет:

* - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Средняя линейная скорость (ЛСС) – среднее значение линейной скорости в процессе исследования. У мальчиков 1–4 и 6 групп значение ЛСС достоверно не отличалось. В 5 и 7 группах наблюдали снижение средней линейной скорости на 21 % ($p < 0,05$) и 25 % ($p < 0,05$) относительно 4 и 6 групп соответственно. Показатель средней линейной скорости у девочек 1–5 групп достоверно не отличался, у девочек 6 группы снижался на 27 % ($p < 0,05$) относительно 5 группы, а у девочек 7 группы увеличивался на 91 % ($p < 0,05$) по сравнению с 6 группой девочек.

Кроме того, в возрасте 10, 11 и 15 лет значение средней линейной скорости было выше у мальчиков на 27 % ($p < 0,05$), 28 % ($p < 0,05$) и 64 % ($p < 0,01$) относительно девочек данного возраста. Только у мальчиков 16 лет ЛСС было ниже на 36% ($p < 0,05$) относительно девочек.

В нашем исследовании установлена также обратная корреляционная зависимость средней линейной скорости центра давления и показателя качества функции равновесия как у мальчиков ($R^2 = 0,67$), так и у девочек ($R^2 = 0,88$) (рис. 5). Это может свидетельствовать о том, что регуляция постуральной систе-

мы обеспечивается рефлекторным механизмом, влияющим на динамические изменения именно линейных скоростей.

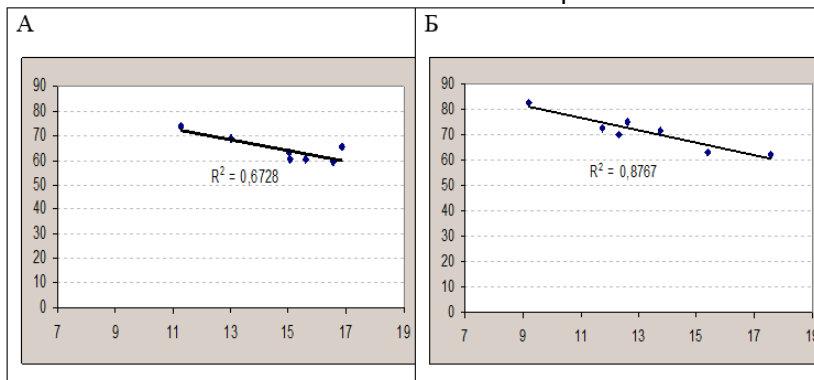


Рис. 5. Корреляционная зависимость качества функции равновесия и средней линейной скорости в контрольных группах мальчиков (А) и девочек (Б)

Средняя угловая скорость – это средняя скорость изменения направления векторов скорости движения центра давления. У мальчиков 10 и 11 лет показатель УСС достоверно не отличается, затем значительно увеличивается в 12-летнем возрасте (на 98 % – $p < 0,01$) относительно мальчиков 11 лет. К 14 годам у мальчиков отмечено максимальное значение УСС, в возрасте 15 лет показатель УСС снижается (на 13 % – $p < 0,05$) относительно 14-летних подростков, а затем вновь увеличивается к 16 годам (на 15 % – $p < 0,05$) относительно 15-летних мальчиков. Таким образом, у мальчиков 14 лет увеличение КФР относительно 13-летних подростков обеспечивается за счет значительного увеличения средней угловой скорости.

У девочек 10 и 11 лет показатель УСС достоверно не отличался, затем увеличивался в возрасте 12 и 13 лет, к 14 и 15 годам вновь снижался, после чего резко увеличивался у 16-летних школьниц (на 42 % – $p < 0,05$) относительно девочек 15 лет.

Следует отметить, что у мальчиков 1, 2, 3, 4 и 7 групп значения УСС были ниже на 49 % ($p < 0,05$), 48 % ($p < 0,05$), 15 % ($p < 0,05$), 12 % ($p < 0,05$) и 14 % ($p < 0,05$) относительно мальчиков 1, 2, 3, 4 и 7 групп соответственно. У мальчиков 5 группы показатель УСС был выше на 26 % ($p < 0,05$) относительно девочек данной группы (табл. 4).

Кроме того, известно, что динамика линейной и угловой скоростей имеет стохастический характер: если линейная ско-

рость имеет только положительные значения, то угловая скорость принимает и положительные, и отрицательные значения (Усачев и др., 2009). Поэтому существует необходимость анализа динамических изменений линейных и угловых скоростей не по отдельности, а посредством вычисления их соотношения.

В результате проведения сравнительного анализа соотношений линейной и угловой скоростей было установлено, что у мальчиков к 14 годам выявлено значительное снижение показателя ЛС/УС, что свидетельствует о большем влиянии угловых скоростей на регуляцию постуральной системы. К 15 годам показатель ЛС/УС увеличивается (на 33% – $p < 0,05$ относительно мальчиков 14 лет), после чего вновь снижается до уровня 14-летних подростков. У девочек 10–14-летнего возраста значение ЛС/УС находится на одном уровне, но к 15 годам – понижается, что свидетельствует о большем влиянии угловых скоростей на координационную деятельность. К 16 годам у девушек отмечали значительное возрастание данного показателя на 92 % ($p < 0,05$) относительно девочек 15 лет (рис. 6).

Таблица 4

Показатели средней линейной скорости (мм/сек.) и средней угловой скорости (мм/град) в контрольных группах мальчиков и девочек ($M \pm m$)

№ группы	Пол	Средняя линейная скорость	Средняя угловая скорость
1 группа	Мальчики	15,6±2,0*	10,0±2,0*
	Девочки	12,3±2,6	19,5±1,1
2 группа	Мальчики	15,0±2,8*	10,4±1,6*
	Девочки	11,8±2,2	20,0±1,0
3 группа	Мальчики	16,9±4,9	20,7±3,6*
	Девочки	13,7±2,5	24,3±1,4
4 группа	Мальчики	16,6±2,0	21,5±1,8*
	Девочки	15,4±2,3	24,4±1,8
5 группа	Мальчики	13,0±0,9	26,6±2,6*
	Девочки	12,6±2,6	21,2±1,0
6 группа	Мальчики	15,1±2,0*	23,0±2,0
	Девочки	9,2±0,7	21,7±1,2
7 группа	Мальчики	11,3±2,6*	26,5±2,2*
	Девочки	17,6±3,2	30,7±1,0

Примечание: * – отличия достоверны относительно девочек данной группы

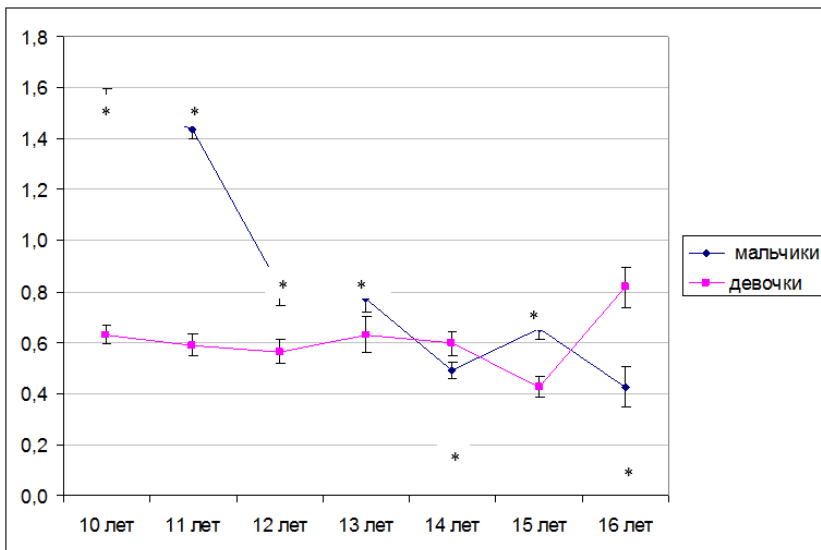


Рис. 6. Показатель соотношения линейной и угловой скоростей (мм/град.) в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет:

* - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Следует также отметить, что у девочек выявлено достоверно более низкое значение соотношения линейной и угловой скоростей относительно мальчиков (исключение 5 и 7 группы). Это свидетельствует о том, что у девочек регуляция постуральной системы в возрасте 10–13 и 15 лет происходит благодаря большому включению рефлекторных механизмов, ответственных за повышение средних угловых скоростей.

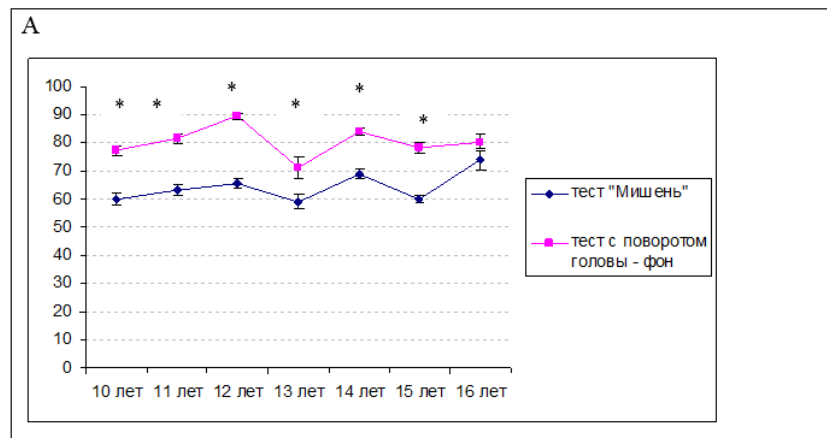
1.1.6. Анализ векторных показателей в контрольных группах у детей в тесте с поворотом головы

Для соотнесения моторики глаз с общей соматической моторикой далее представлены результаты исследования особенностей координационных качеств у детей в пробе, предусматривающей закрытие глаз, а также поворот головы направо/налево. Кроме того, сопоставление результатов стабилографии в тестах при открытых и закрытых глазах может способствовать выявлению начальных процессов, ответственных за нарушение регуляции постуральной системы. Нужно также иметь в виду, что заблуждение зрительного анализатора и малоподвижный образ жизни,

который часто ведут современные дети, обуславливают вторичные отклонения: нарушение осанки, плоскостопие, искривление позвоночника.

Согласно результатам анализа показателей стабиллографии у детей разного возраста в фоновой пробе (без поворота головы) качество функции равновесия было выше, чем в пробе «Мишень» (рис. 10). Это объясняется тем, что при выполнении теста «Мишень» ребенку необходимо было искусственно перемещать туловище, стоя неподвижно на платформе с тем, чтобы знак внутри мишени на мониторе компьютера был близок к ее центру. В фоновой пробе дети стояли с открытыми глазами на платформе и в качестве задания должны были сосчитать количество белых кругов среди круга, мерцающего разными цветами на экране монитора.

Следует также отметить, что при анализе КФР в фоновой пробе не было выявлено достоверных половых различий данного показателя. Таким образом, установлены половые различия только статического поддержания равновесия со зрительной обратной связью у детей 10–16 лет (т. е. при выполнении теста «Мишень»). В то же время в фоновой пробе наблюдалась возрастная гетерохрония КФР, подобная той, которая выявлялась при проведении теста «Мишень» (рис. 7).



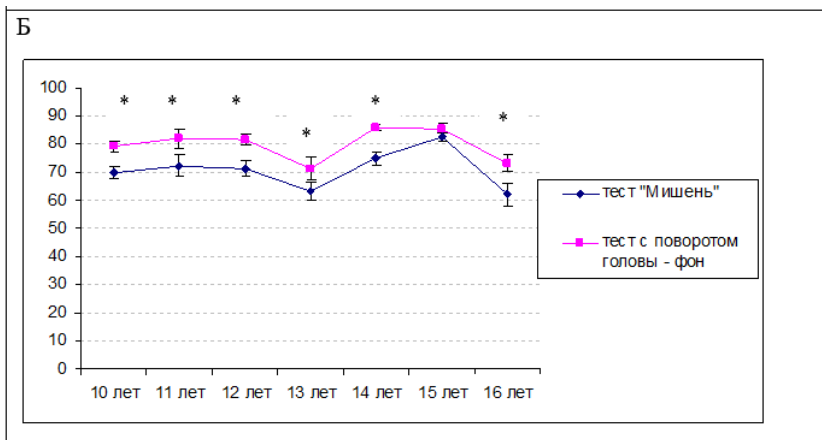


Рис. 7. Качество функции равновесия (%) у мальчиков (А) и девочек (Б) контрольных групп при проведении теста «Мишень» и фоновой пробы теста с поворотом головы:

* – отличия достоверны относительно показателей при выполнении теста «Мишень»

Интересно отметить, что регуляция равновесия при выполнении теста «Мишень» осуществлялась через большее включение рефлекторных механизмов, обеспечивающих линейное перемещение туловища, т. е. показатели ЛСС были достоверно выше относительно фоновой пробы. У мальчиков 10–16 лет средняя линейная скорость фоновой пробы достоверно снижалась на 35%, 26%, 66%, 20%, 35%, 47% и 12% соответственно относительно теста «Мишень». У девочек 10–16 лет снижение средней линейной скорости при проведении фоновой пробы относительно теста «Мишень» составило 27%, 23%, 31%, 13%, 37%, 14% и 33% соответственно. Однако значения средней угловой скорости при проведении фоновой пробы увеличивались относительно теста «Мишень», но данный факт отмечен только у мальчиков, у девочек достоверно значимых изменений УСС не наблюдали. У мальчиков 10 и 11 лет значения УСС при сохранении вертикальной позы (фоновая проба) увеличивались более чем в 2 раза относительно значений УСС в тесте «Мишень».

Далее представлены результаты исследования показателей стабилотграфии у детей при повороте головы. Во всех исследованных группах при проведении теста с поворотом головы не установлено резких снижений векторных показателей относительно фоновой пробы, что свидетельствует об отсутствии нарушений кровообращения в вертебробазилярном бассейне. Однако, по-

скольку при повороте головы исследование проводилось с закрытыми глазами, следует учесть важную роль зрительного анализатора в функционировании постуральной системы.

Считают, что если существует асимметрия в стабилографических показателях при повороте головы направо и налево, это является отражением нарушения координации движения в результате сдавливания одной из позвоночных артерий. Следует отметить, что в нашем исследовании не установлено значимой асимметрии стабилографических показателей при повороте головы направо и налево.

При повороте головы направо и налево наблюдали снижение качества функции равновесия, однако снижение КФР во всех группах не превышало 20% относительно фоновой пробы (рис. 8).

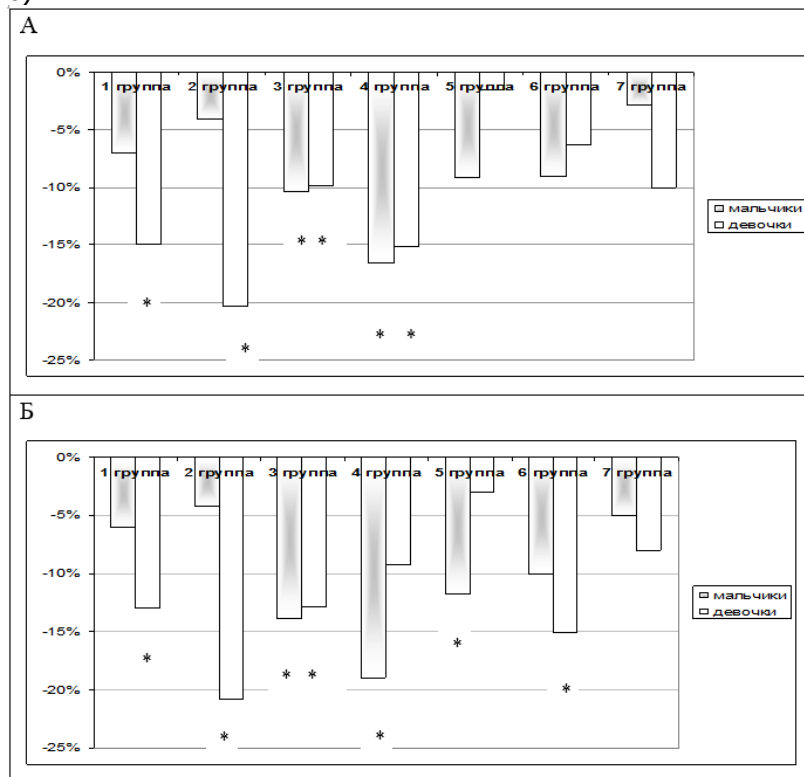


Рис. 8. Снижение качества функции равновесия (в %) у детей контрольных групп в пробах с поворотом головы направо (А) и налево (Б) относительно фоновой пробы: * – отличия достоверны относительно фоновой пробы

Наряду со снижением КФР отмечено увеличение средней линейной скорости при повороте головы направо и налево относительно фона (рис. 9).

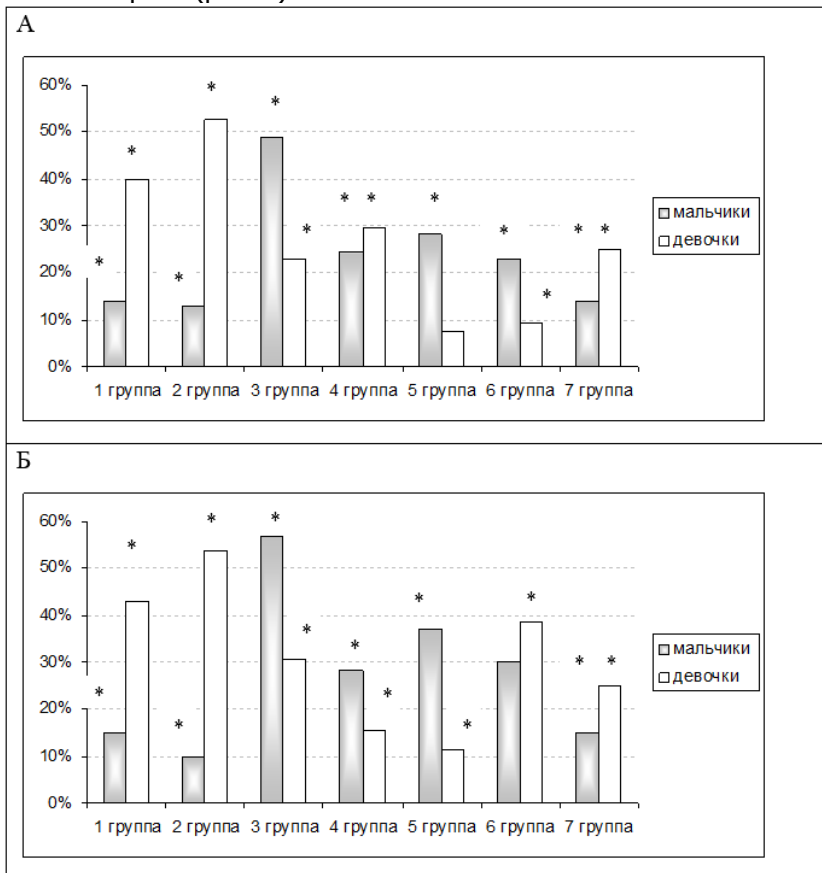


Рис. 9. Увеличение средней линейной скорости (в %) при повороте головы направо (А) и налево (Б) относительно фоновой пробы в контрольных группах детей:

* – отличия достоверны относительно фоновой пробы

В то же время достоверно значимых изменений средних угловых скоростей при повороте головы с закрытыми глазами не установлено. Таким образом, при закрытых глазах коррекция положения тела в пространстве обеспечивается за счет динамического изменения только средних линейных скоростей.

Поскольку в настоящее время недостаточно изучены особенности становления функции равновесия у детей с высоким

уровнем двигательной активности, далее представлены результаты исследования векторных показателей стабิโลграммы у детей-спортсменов 10-16 лет.

1.1.7. Стабิโลграфические показатели у детей-легкоатлетов 10–16 лет. Анализ векторных показателей в тесте «Мишень»

У мальчиков-спортсменов 1 и 2 групп качество функции равновесия достоверно не отличается. В 3 группе мальчиков-спортсменов КФР увеличивается на 16 % ($p < 0,05$) относительно мальчиков-спортсменов 11 лет. У мальчиков 13 лет с высоким уровнем двигательной активности снижение КФР относительно 12-летних мальчиков не было статистически значимым. Далее отмечено постепенное увеличение КФР с возрастом. У мальчиков-спортсменов 7 группы отмечено наиболее высокое значение данного показателя.

У девочек 1–4 групп достоверного изменения КФР не установлено. В 5 группе КФР увеличивается на 19% ($p < 0,05$) относительно 4 группы. Далее отмечена стабилизация качества функции равновесия у девочек-спортсменов. Следует отметить, что достоверные половые различия отмечены в 1, 2 и 5 группах, где КФР у мальчиков было ниже на 11 % ($p < 0,05$), 8 % ($p = 0,05$) и 10% ($p < 0,05$) соответственно относительно девочек (рис. 10).

При проведении сравнительного анализа качества функции равновесия у детей контрольной группы и детей спортсменов установлено, что у детей с высоким уровнем двигательной активности не установлено гетерохронного изменения КФР с возрастом. Кроме того, у детей-спортсменов качество функции равновесия достоверно выше во всех возрастных группах, чем у детей контрольной группы (рис. 11).

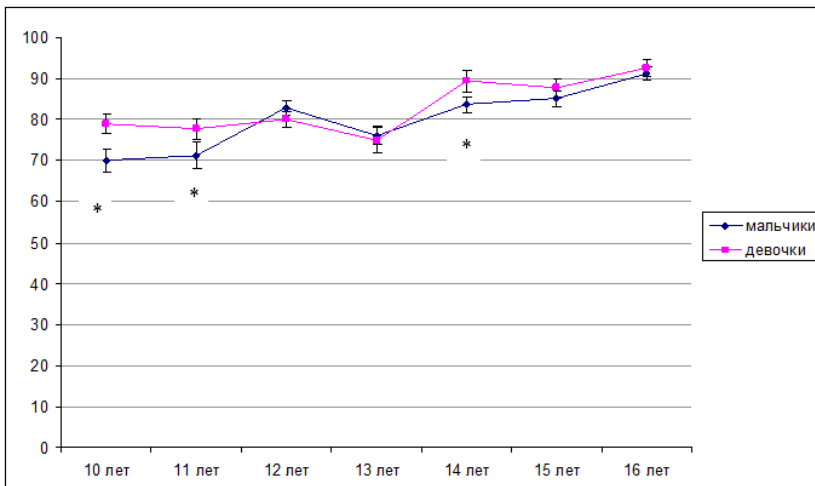


Рис. 10. Качество функции равновесия (%) в группах мальчиков и девочек 10–16 лет с высоким уровнем двигательной активности:

* – отличия достоверны относительно девочек

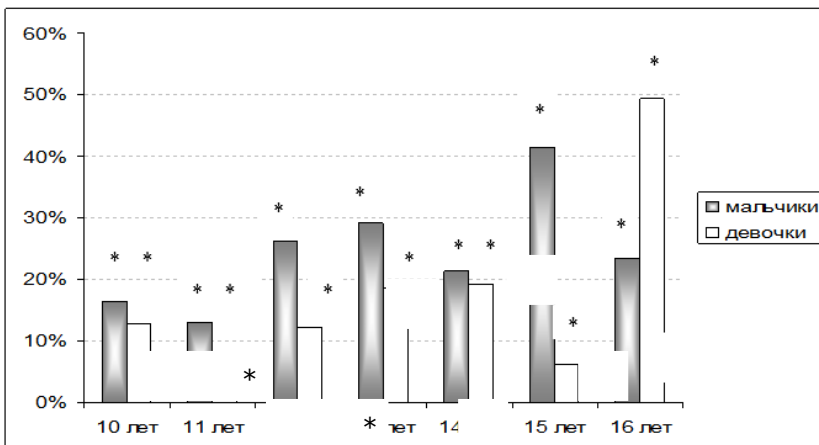


Рис. 11. Повышение качества функции равновесия (в %) детей-спортсменов относительно контрольных групп детей в тесте «Мишень»:

* – отличия достоверны относительно показателей у детей контрольных групп

У девочек-спортсменов 13 лет не отмечено столь резкого снижения КФР как у девочек контрольной группы, кроме того,

циклическое изменение данного показателя более сглажено.

Следует обратить внимание также на тот факт, что к 16 годам у спортсменов происходило увеличение КФР по сравнению с 10-летними спортсменами (у мальчиков на 30%; $p < 0,05$, а у девочек на 17%; $p < 0,05$). В то же время в контрольной группе детей достоверного увеличения КФР к 16 годам не установлено. Это свидетельствует о низких координационных качествах у старших школьников контрольной группы, поскольку в норме после 16 лет сложная система регуляции равновесия должна значительно улучшаться и стабилизироваться.

Нормированная площадь векторограммы у детей-спортсменов изменяется обратно пропорционально значениям КФР. С возрастом у детей с высоким уровнем двигательной активности отмечено снижение НПВ, что свидетельствует о совершенствовании системы сохранения равновесия. Кроме того, у детей-спортсменов значения нормированной площади векторограммы достоверно ниже, чем у детей контрольной группы. Отмечена также менее выраженная вариабельность НПВ и КФР у детей-спортсменов относительно детей контрольной группы вследствие более низких значений среднего квадратического отклонения. В группах контроля наиболее высокие показатели среднего квадратического отклонения были отмечены в возрасте 13–16 лет. Данный факт связан с тем, что у девушек с началом менструального цикла вестибулярная устойчивость приобретает циклический характер, снижаясь в предменструальную и менструальную фазы и улучшаясь в постменструальную и постовуляторную фазы. В то же время у девушек-спортсменов подобной зависимости не установлено (рис. 12).

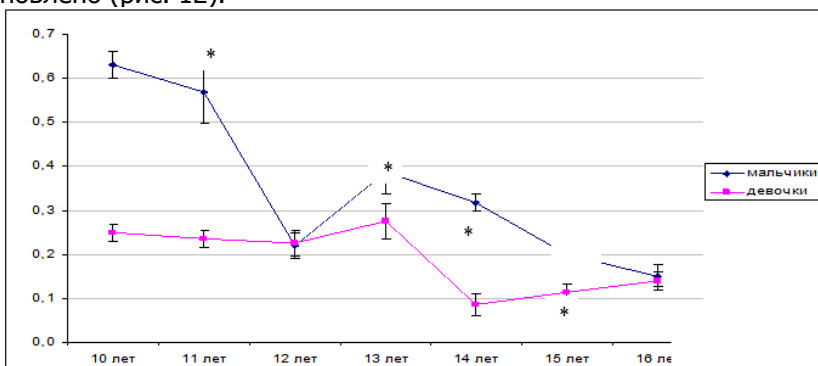


Рис. 12. Значение нормированной площади векторограммы ($\text{мм}^2/\text{сек.}$) в группах детей-легкоатлетов 10–16 лет:

* – отличия достоверны относительно показателей у де

вочек

Анализируя показатели средней линейной скорости, установлено, что у мальчиков-спортсменов 3 группы ЛСС снижается на 30 % ($p < 0,05$) относительно 2 группы. В 4 группе мальчиков-спортсменов ЛСС увеличивается на 27 % ($p < 0,05$) относительно 3 группы. После 13 лет у мальчиков-спортсменов наблюдали снижение ЛСС. Наиболее низкие показатели средней линейной скорости у мальчиков-спортсменов отмечены в возрасте 16 лет.

У девочек с высоким уровнем двигательной активности 1–4 групп показатели ЛСС достоверно не отличались. В 5 группе отмечено снижение ЛСС на 37 % ($p < 0,05$) относительно 4 группы. Далее в 5–7 группах девочек-спортсменов не отмечено достоверного изменения средней линейной скорости.

Следует отметить, что у мальчиков 10, 11, 14 и 15 лет значения ЛСС выше на 29% ($p < 0,05$), 17% ($p < 0,05$), 51% ($p < 0,05$), 26 % ($p < 0,05$) относительно девочек данного возраста соответственно.

В группах спортсменов также установлена обратная корреляционная зависимость ЛСС и показателя качества функции равновесия у мальчиков ($R^2 = 0,98$) и девочек ($R^2 = 0,98$) (рис. 13).

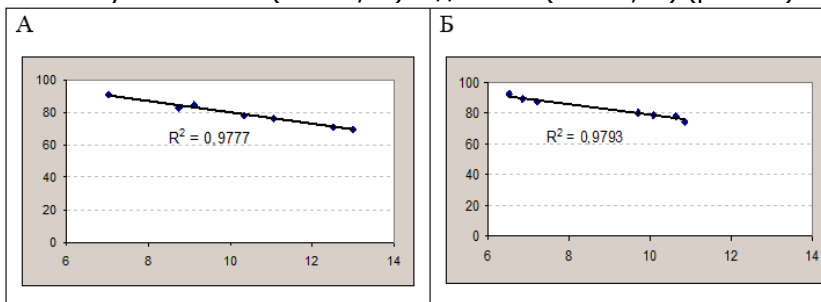


Рис. 13. Корреляционная зависимость качества функции равновесия и средней линейной скорости в группах спортсменов мальчиков (А) и девочек (Б)

Средняя угловая скорость достоверно не отличалась у мальчиков 1–3 групп, в 4 группе УСС увеличилась на 29% ($p < 0,05$) относительно 3 группы. У мальчиков-спортсменов 5–7 групп УСС снижалась с возрастом, достигая минимального значения к 16 годам. В то же время у девочек-спортсменов не отмечено значительных колебаний средней угловой скорости с возрастом, наблюдали постепенное снижение УСС к 16 годам – у девочек 16 лет УСС ниже на 29 % ($p < 0,05$) относительно 10-летних девочек. Следует отметить, что у мальчиков-спортсменов показатели средней угловой скорости выше, чем у девочек-спортсменов,

за исключением 16-летних подростков, у которых достоверных половых различий данного показателя не выявлено (табл. 5).

При сравнении средней линейной скорости у спортсменов и детей контрольной группы установлено, что у спортсменов показатель УСС достоверно ниже во всех возрастных группах относительно контроля. Таким образом, сниженные показатели средней линейной скорости у детей-спортсменов являются определяющим фактором повышения качества функции равновесия. Следует отметить, что у мальчиков-спортсменов 10-13 лет средняя угловая скорость выше, а у мальчиков 15-16 лет ниже по сравнению с мальчиками контрольной группы. У девочек-спортсменов 10-12 лет УСС от контроля достоверно не отличалась, а в 13-16 лет была ниже значений средних угловых скоростей контрольной группы.

Следует также отметить, что в группах детей с высоким уровнем двигательной активности отмечено более низкое значение соотношения ЛС/УС по сравнению с контрольными группами. Это свидетельствует о том, что у спортсменов регуляция функции равновесия происходит благодаря включению рефлекторных механизмов, обеспечивающих повышение средних угловых скоростей.

Таблица 5

Показатели средней линейной скорости (мм/сек.) и средней угловой скорости (мм/град) в группах мальчиков и девочек с высоким уровнем двигательной активности ($M \pm m$)

№ группы	Пол	Средняя линейная скорость	Средняя угловая скорость
1 группа	Мальчики	13,0±1,4*	24,0±2,4
	Девочки	10,1±1,4	20,1±2,8
2 группа	Мальчики	12,5±1,6*	24,5±1,4
	Девочки	10,6±1,4	19,4±2,5
3 группа	Мальчики	8,7±1,6	25,3±4,1
	Девочки	9,7±2,0	21,9±3,2
4 группа	Мальчики	11,1±1,0	32,6±2,2
	Девочки	10,9±2,1	19,1±4,0
5 группа	Мальчики	10,4±0,68*	29,0±2,0
	Девочки	6,9±1,2	18,8±4,2
6 группа	Мальчики	1,0±0,8*	25,4±1,8
	Девочки	7,2±1,3	16,7±3,0
7 группа	Мальчики	7,0±0,8	17,8±1,7
	Девочки	6,5±1,3	16,6±3,0

Примечание: * – отличия достоверны относительно показа-

телей у девочек

Таким образом, повышение качества функции равновесия к 16 годам у подростков-спортсменов обусловлено снижением как линейных, так и угловых скоростей перемещения центра давления. В то же время у девочек контрольной группы отмечено снижение КФР к 16-летнему возрасту, а также повышение средних линейных и угловых скоростей. У мальчиков контрольной группы КФР к 16 годам увеличивается, средняя линейная скорость снижается, но при этом значительно увеличивается значение средней угловой скорости.

1.1.8. Анализ векторных показателей у детей-легкоатлетов в тесте с поворотом головы

Результаты исследования показателей стабиллографии у мальчиков-спортсменов выявили, что в фоновой пробе качество функции достоверно не отличается от КФР в тесте «Мишень». В то же время у девочек-спортсменов при выполнении фоновой пробы КФР было выше, чем в тесте «Мишень» в возрасте 11, 12, 13 и 15 лет на 13 % ($p < 0,05$), 14 % ($p < 0,05$), 10 % ($p < 0,05$) и 11 % ($p < 0,05$) соответственно. При выполнении фоновой пробы, так же как и при проведении теста «Мишень», отмечено снижение КФР у мальчиков 13 лет, после чего КФР постепенно увеличиваясь, достигало максимальных значений к 16 годам. У девочек также отмечена сходная динамика возрастных изменений качества функции равновесия при выполнении теста «Мишень» и фоновой пробы теста с поворотом головы (рис. 14).

Следует также отметить, что при анализе половых различий КФР в фоновой пробе выявлено более высокое значение данного показателя у девочек 10, 11, 14 и 15 лет на 11% ($p < 0,05$), 19% ($p < 0,05$), 10% ($p < 0,05$) и 9% ($p < 0,05$) соответственно относительно мальчиков.

При повороте головы направо и налево у детей-спортсменов не установлено значительных снижений векторных показателей стабиллограммы, следовательно, у детей данных групп отсутствует вертебробазилярная недостаточность кровоснабжения мозга. При повороте головы направо/налево с закрытыми глазами выявлено снижение КФР относительно фоновой пробы (рис. 15).

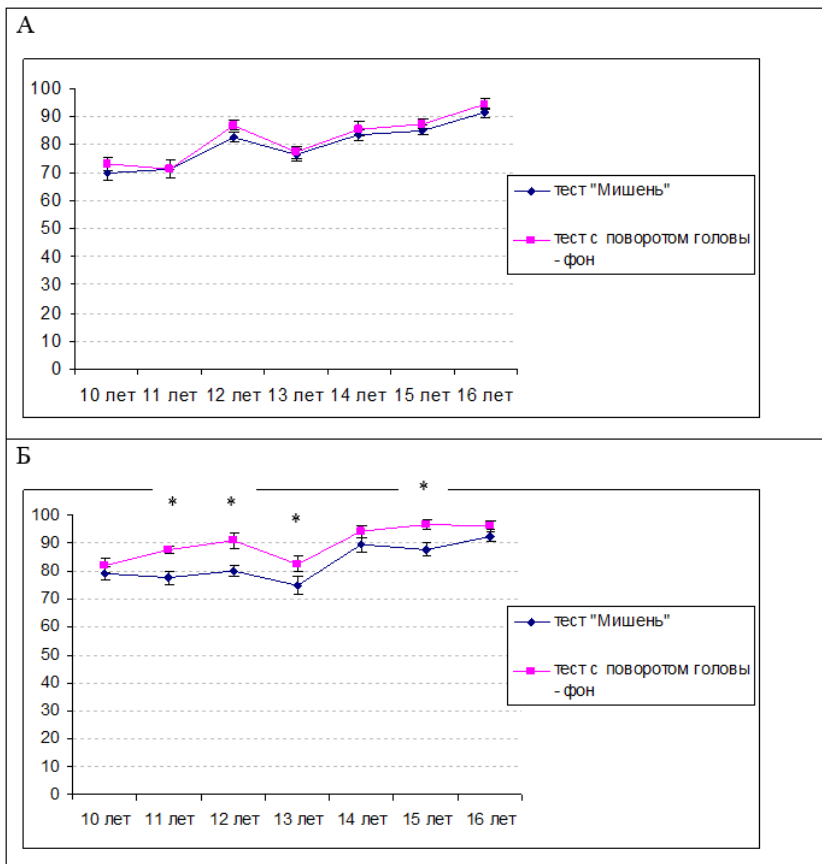


Рис. 14. Качество функции равновесия (%) у мальчиков (А) и девочек (Б), занимающихся легкой атлетикой, при проведении теста «Мишень» и фоновой пробы теста с поворотом головы:

* – отличия достоверны относительно теста «Мишень»

При повороте головы направо достоверное увеличение средней линейной скорости установлено во 2 и 5 группах мальчиков. При повороте головы налево увеличение ЛСС отмечено у мальчиков 10–14 лет и у девочек 11–13 лет (рис. 16). В нашем исследовании установлена асимметрия в показателях КФР и ЛСС у мальчиков 12 и 13 лет при повороте головы налево относительно поворота головы направо. Это свидетельствует о нарушении вестибулярной устойчивости, обусловленное пережатием правой позвоночной артерии.

Следует отметить, что в отдельных группах спортсменов

установлено достоверное снижение средней угловой скорости. А именно: у мальчиков 12 и 13 лет при повороте головы налево, наряду с увеличением ЛСС, отмечено достоверное снижение УСС на 21% ($p < 0,05$) и 30% ($p < 0,05$) соответственно. У мальчиков 14 лет отмечено не только значительное увеличение средней линейной скорости, но и снижение средней угловой скорости при повороте головы направо и налево на 20% ($p < 0,05$) и 23% ($p < 0,05$) соответственно.

Таким образом, при проведении теста с поворотом головы направо/налево установлена асимметрия векторных показателей у мальчиков 12 и 13 лет, что диктует необходимость ограничения физических нагрузок мальчикам на данном возрастном этапе, поскольку бег трусцой является одним из факторов, провоцирующих вертебробазилярную недостаточность. Данный факт также согласуется с результатами нашего исследования среднесуточного количества локомоций у мальчиков данного возраста, где показано, что уровень двигательной активности у мальчиков 12 и 13 лет превышает возрастную норму (табл. 1).

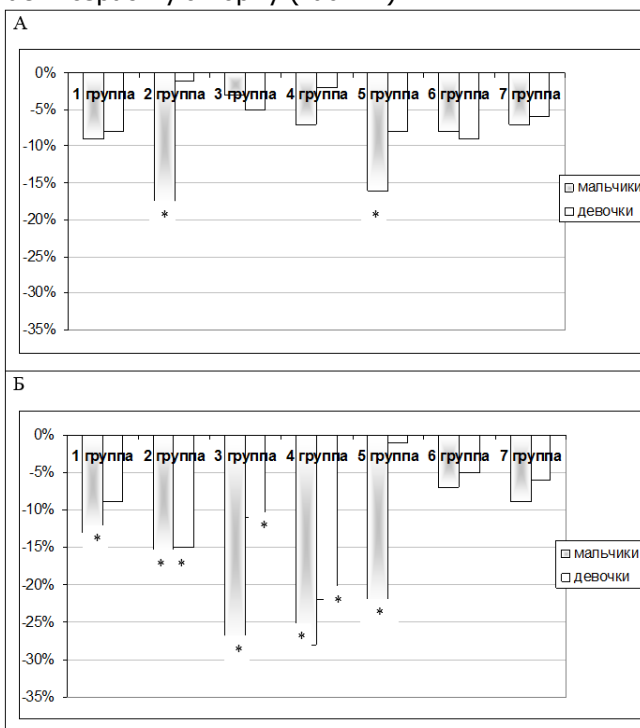


Рис. 15. Снижение качества функции равновесия (в %) при повороте головы направо (А) и налево (Б) относительно фоно-

вой пробы в группах детей-спортсменов:

* - отличия достоверны относительно фоновой пробы

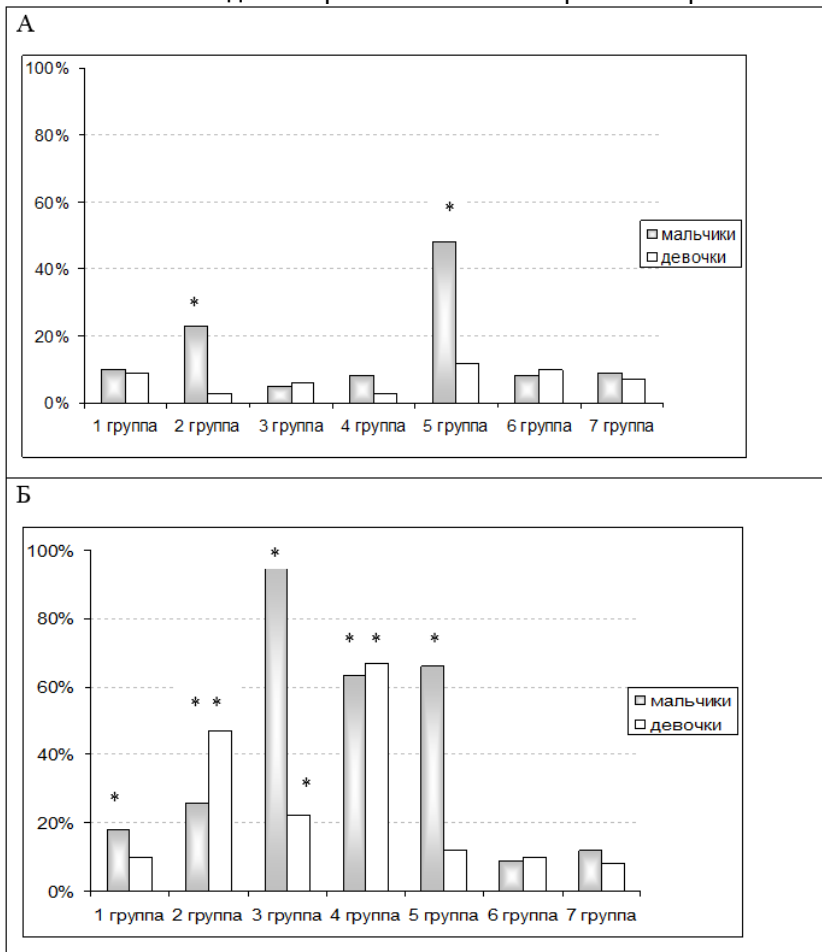


Рис. 16. Увеличение средней линейной скорости (в %) при повороте головы направо (А) и налево (Б) относительно фоновой пробы в группах детей-спортсменов:

* - отличия достоверны относительно фоновой пробы

Согласно современным представлениям, созревание постуральной системы заканчивается к 14 годам. До 14 лет отмечается более дорсальное положение центра тяжести, что, по мнению Р.-М. Gagey (1988), связано с активностью тройничного нерва в детском возрасте.

В данном исследовании было показано, что до 16-летнего

возраста могут наблюдаться динамические изменения координационной функции. Причем это зависит как от уровня физической подготовки, так и от пола. Снижение возрастно-половых колебаний значений стабиллограммы у детей-спортсменов с 10 до 16 лет могут быть результатом влияния спортивных нагрузок на становление репродуктивной системы, и как результат на другие соматические и вегетативные функции, что также описано в обзоре G. R. Brown и K. A. Spencer (2012). От уровня двигательной активности в подростковом возрасте зависит развитие координационных качеств. Высокий уровень двигательной активности значительно повышает качество функции равновесия и снижает колебания средних показателей стабиллограммы у мальчиков и девочек в течение пубертатного периода. Такие изменения могут являться отражением снижения влияния половых гормонов на развитие репродуктивной системы, особенно у девочек.

Исходя из полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. Становление координационных качеств в процессе полового созревания происходит неравномерно. У детей, не занимающихся спортом, минимальное значение качества функции равновесия у девочек приходится на 13 и 16 лет, а у мальчиков – на 10, 13 и 15 лет. Снижение координирования движений у этих детей происходит на фоне повышения линейных скоростей при перемещении центра тяжести.

2. У юных легкоатлетов повышение качества функции равновесия относительно школьников, не занимающихся спортом, происходит на фоне снижения показателей средней линейной скорости; между значениями качества функции равновесия и линейной скорости показана отрицательная корреляционная взаимосвязь (более статистически значимая, чем в норме). С возрастом у детей-легкоатлетов происходит постепенное повышение координационных качеств.

Далее были проанализированы данные исследования координационных качеств у юных спортсменов с разным латеральным фенотипом.

2. РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ В ПОСТУРАЛЬНОМ КОНТРОЛЕ. ЛАТЕРАЛЬНЫЙ ФЕНОТИП И СПОРТ

Асимметрия в мозге выражена как на макроскопическом уровне, так и уровне микроскопической цитоархитектуры. При этом анатомическая асимметрия отвечает функциональной латерализации (Barrick et al., 2007; Dubois et al., 2009; Vernooij et al., 2007). Например, левые асимметрии размеров областей мозга связаны с обработкой речи и слуха. Доминирование левого полушария установлено в таких областях, как *planum temporale* (области в верхней задней части левой височной доли, - верхнее-височная извилина или верхнее-височная борозда) (Dorsaint-Pierre et al., 2006), *силвиева борозда* (Rubens et al., 1976) и извилина Гешля (короткие извилины на верхней поверхности верхней височной извилины, расположенные в глубине латеральной борозды) (Loftus et al., 1993; Schneider et al., 2005), а также в области речевых центров. В недавних работах с получением функциональных нейроизображений были показаны особенности доминирования конкретного полушария в широком наборе языковых, моторных и пространственных заданий (Davidson et al., 1995). Также получены томографические изображения структурных асимметрий в толщине коры, т.е. серого вещества в различных областях мозга (Luders et al., 2006; Watkins et al., 2001), левосторонних асимметрий в некоторых трактах белого вещества, например, в *cingulum bundles* (Gong et al., 2005; Park et al., 2004) и дугообразном пучке (Büchel et al., 2004; Glasser et al., 2008; Lebel et al., 2009 и др.).

То, как мозговые системы, поддерживающие специализацию функций, взаимодействуют друг с другом, остается нерешенным вопросом (Bishop, 2013; Cai et al., 2013). Понимание этих взаимодействий может способствовать раскрытию вопроса о возникновении специализации полушарий. Очевидно, решение данного вопроса связано и с выявлением механизмов управления процессов обработки информации. Также открытыми остаются вопросы, касающиеся существования интегрированной системы управления латерализованными структурами мозга для обоих полушарий или наличия множества систем управления в пределах каждого полушария.

Недавно в качестве средства для изучения структурной организации и функциональных механизмов человеческого мозга была предложена сетевая модель (Achard et al., 2006;

Bullmore et al., 2009; Hagmann et al., 2007; He et al., 2007; Sporns et al., 2004). При помощи сетевой модели показало, что структурно и функционально сети человеческого мозга построены по принципу «Мозг и разум (МИР) един» (Gong et al. 2009; Iturria-Medina et al., 2008; Liu et al., 2008) и модульной структуры (Chen et al., 2008; Hagmann et al., 2008; Meunier et al., 2009). В некоторых работах с использованием МРТ предложены различные методы построения анатомической сети мозга (Li et al., 2009; Zalesky et al., 2009) и показано, что корковая сеть человеческого мозга имеет топологию, характеризующуюся большим коэффициентом кластеризации и в среднем небольшой длиной пути (Watts et al., 1998). Однако лишь в нескольких работах рассмотрена проблема асимметрии полушарий с позиции церебральной анатомической сети; малоизвестно о паттернах соединения областей мозга, которые могут отражать функциональную интеграцию и интеграцию между различными областями. В том числе есть ряд работ, где описаны полушарные асимметрии человеческого мозга на уровне отдельных локальных областей, включающихся в выполнение конкретной функции (Jung et al., 2009; Otsuka et al., 2008).

Предполагают, что топологические асимметрии анатомической нейрональной сети, вероятно, структурно образуют основание для функционально различных принципов обработки информации в полушариях мозга. В последнее время всё больше установлено данных о левосторонних асимметриях областей, вовлеченных в реализацию функций речи и обработку слуховой информации: верхневисочной извилины (Dorsaint-Pierre et al., 2006), сильвиевой борозды (Rubens et al., 1976), и извилины Гешля, – что доказывает существование функциональной латерализации человеческого мозга.

Угловая и надкраевая извилины височно-теменной области правого полушария вовлечены в реализацию функции пространственного внимания (Mesulam, 1998), зрительно-пространственной ориентации (Hugdahl, 2000; Vogel et al., 2003). Некоторым подкорковым структурам лимбической системы, таким как гиппокамп и миндалина, также характерна правосторонняя асимметрия. Гиппокамп играет важную роль в памяти и пространственной навигации (Mesulam, 1998; Squire, 1992), и миндалина – в обработке памяти и эмоции (Ehrlich et al., 2009; Roozendaal et al., 2009), что свидетельствует о том, что правое полушарие отвечает за эмоциональный фон и память.

Установлены области с левосторонними асимметриями коры в задней части поясной извилины (парацентральная доляка,

предклинье, и задняя поясная извилина), нижнем теменном ядре, островке Рейля (центральной доле), а также и правосторонние асимметрии в средней височной доле, верхней теменной доле и верхней лобной извилине. Большинство этих областей расположено в ассоциативной коре, которая играет центральную роль в получении информации из множества областей коры (Mesulam, 1998). Нарушение данных асимметрий встречается при некоторых психических расстройствах, таких как шизофрения. Степень вышеупомянутых асимметрии напрямую связана с уровнем развития заболевания (Ke et al., 2010).

Недавние исследования предполагают наличие гибкого фронто-теменного контроля нейрональных сетей (FPN) за активностью сетей неспецифических областей коры, обеспечивающих концентрацию внимания (Vincent et al., 2008; Spreng et al., 2010), двух антагонистических систем (Fox et al., 2005; Fransson, 2005), которые, как предполагают, поддерживают внутренне и внешне направленное познание (Buckner et al., 2008; Andrews-Hanna, 2012). Роль фронто-теменного контроля, появившийся в процессе эволюции, вызывает большой интерес у специалистов; его значимость резко усилилась у человека (Buckner, Krienen, 2013). Проведенные исследования функциональных связей в фронто-теменной области показали, что данная область организована асимметрично (Habas et al., 2009).

Характеристика латеральной функциональной организации фронто-теменной области может способствовать пониманию функциональной латерализации полушарий головного мозга. Вероятно, существует определенный механизм регуляции взаимодействия нейрональных сетей, вовлеченных в познавательный контроль, определяющий функциональную специализацию полушарий. Данное предположение наводит на мысль о том, что лево- и праволатеральные фронто-теменные области функционально различны, поскольку взаимодействуют с разными нейрональными сетями. И это может лежать в основе специализации полушарий головного мозга. Таким образом, функциональная латерализация развивается в результате включения определенных областей мозга в сообщение с разными нейрональными сетями, которые, в свою очередь, участвуют в регуляции специализированных функций. Так, в исследованиях D. Wang и соавторов (2014) показано, что существуют различия соединений между областями мозга в пределах одного полушария. Наиболее выраженная специализация в левом полушарии наблюдается в нижней префронтальной и височной областях, т.е. зонах, связанных со второй сигнальной

системой. В правом полушарии значительная специализация наблюдается в островке Рейля (центральная область), ангулярной (угловой) извилине и надкраевой извилине, т.е. в областях, вовлеченных в реализацию функции внимания. В обоих полушариях высокий уровень специализации характерен для части префронтальной области и теменной нижней дольки, которые вместе с фронтально-теменными областями вовлечены в познавательный контроль.

Для оценки полушарной латерализации и относительной автономии, был проведен анализ специализации нейрональных сетей и их связей семи функциональных областей каждого полушария (Yeо et al., 2011), включая фронтально-теменную область, вентральную и дорсальную области, связанные с концентрацией внимания, неспецифические области коры, лимбическую, сенсорно-моторную и зрительные области. Была определена степень специализации областей, на основании чего вывели индекс специализации для каждого полушария. Согласно данному индексу наиболее специализированными областями в левом полушарии являются неспецифические и фронтально-теменная области, а вентральная и дорсальная области, связанные с концентрацией внимания, лимбическая, сенсорно-моторная и зрительные области – менее специализированы. Функциональная специализация правого полушария отличается: здесь высоко специализированы фронтально-теменная, вентральная и дорсальная области, связанные с концентрацией внимания. Разнородность специализации определялась достоверными различиями между любой из двух нейрональных сетей.

Уровень специализации разных функциональных областей в коре больших полушарий различается: наибольшая специализация характерна для ассоциативных областей, а первичные области (сенсорные, двигательные зоны) обладают более слабой специализацией. Для понимания механизмов латерализации, важным является открытие высокой специализации фронтально-теменных областей обоих полушарий. Фронтально-теменная область левого полушария соединена с нейрональными сетями ассоциативных областей, а фронтально-теменная область правого полушария – с вентральной и дорсальной областями. Последние связаны с функцией концентрации внимания.

Взаимосвязь нейрональных отростков с неспецифическими областями мозга осуществляются через ассоциативные волокна, которые идут от нейронов 3-го слоя (наружного пирамидного), а приходят во 2-й слой (наружный зернистый) (Aboitiz et al., 1992),

и также через каллозальные волокна (Sepulcre et al., 2010). Обработка информации в ассоциативных областях коры обеспечивает гибкие поведенческие реакции (Mesulam, 1998), что требует интеграцию поступающей информации в отделы мозга, далеко расположенные друг от друга (Goldman-Rakic, 1988; Buckner, Krienen, 2013). Поскольку внутрислошарная передача информации требует дополнительных расходов энергии, специализация этих областей способствует ускорению здесь передачи и обработки информации, и, соответственно, решению срочных задач. Нейрональные сети фронтально-теменной области анатомически соединяются с образованиями, где обрабатывается информация, идущая из внешней среды, например, дорсальных областей, принимающих участие в функции внимания, а также неспецифическими областями, где осуществляется анализ информации от разных анализаторов с имеющимся опытом (Vincent et al., 2008; Niendam et al., 2012; Spreng et al., 2013). Нейрональные сети фронтально-теменной области совместимы с другими областями, включая передние лобные области коры. Эти сети активны при решении задач широкого спектра (Ramnani, Owen, 2004; Botvinick et al., 2004), а также влияют на процессы обработки информации в других областях мозга (Miller, Cohen, 2001; Spreng et al., 2013). На основании этих представлений предполагают включение фронтально-теменной области совместно с другими областями коры в познавательную деятельность.

В отличие от ассоциативных областей, первичные сенсорные и моторные области построены по модульному принципу обработки информации, связанной с представлением средней линии, или отраженными представлениями тела, и передача информации между модулями осуществляется между двумя полушариями. Поведенческое предпочтение двигательных функций, в первую очередь руки, в настоящее время общепризнано, однако моторные области организованы более симметрично, несмотря на латерализацию центров речи (Amunts et al., 1996; Wey et al., 2013). При изучении взаимосвязи латерализации моторных областей и поведенческого предпочтения руки с использованием специально предназначенных для правой и левой рук предметов не установлено функциональных соединений между областями коры, связанных с функцией внимания и центрами речи, и моторными областями (Wang et al., 2013). Тем не менее, специализация полушарий головного мозга связана с познавательными процессами, что является одним из важных признаков нормального развития мозга человека, его эволюционного развития (Gazzaniga,

2000; Toga, Thompson 2003; Klimkeit, Bradshaw 2006; Corballis, 2009).

Синтетическая модель межполушарных взаимоотношений структур мозга основана на принципах симметрии и доминанты. В проекционных зонах коры преимущественно осуществляется принцип гомотопичности, тогда как в ассоциативных — гетеротопичности (Бианки, 1985). В проекционных зонах осуществляется транскаллозальная передача сенсорной информации, а в ассоциативных областях данная передача информации необходима для осуществления контроля уровня возбудимости симметричных областей. В формировании внутрицентрального взаимодействия симметричных зон мозга важную роль играют модулирующие сенсорную информацию процессы цитохимической дифференцировки, поскольку процессы роста и развития нервных волокон и их объединение в цепи генетически контролируются с использованием химической сигнализации (Sperry, 1977).

Предполагают, что спайковая активность в определенных областях правого или левого полушария коры определяет специфику обработки информации; это может быть тем потенциальным механизмом, лежащим в основе латеральной специализации полушарий (Stevens et al., 2012).

Спайковая активность участвует в неосознаваемых воспоминаниях информации (Tulving, Schacter, 1990), когда стимуляция нейронов, где формируется спайковая активность, облегчают последующую обработку того же самого или связанного с ним стимула. При стимуляции этих нейронов в процессе выполнения деятельности увеличивается точность действия, снижается порог возбуждения, необходимый для реализации функции, повышается скорость реакции при идентификации сигнала, а также снижается активность областей/регионов мозга, вовлеченных в обработку предъявляемых стимулов (Henson, Rugg, 2003; Schacter, Buckner 1998; Wiggs, Martin, 1998). При стимуляции нейронных образований со спайковой активностью обнаруживается и повышение активности в нейрональных сетях переднелобных областей коры (Dobbins et al., 2004; Wig et al., 2005; Schnyer et al. 2006, 2007). Это, как правило, не сопровождается с активацией областей мозга, связанных с визуальным восприятием (затылочной, парагиппокампальной областью, веретенообразной извилиной) (Schacter, Wig, et al., 2007). Определение величины и топографии спайковой вызванной активности в процессе экспериментального предъявления стимула при его первичном и повторном восприятии способствовало выявлению иерархической функциональной органи-

зации вентральной зрительной области коры (Vuilleumier et al., 2002), а также областей, вовлеченных в анализ этих стимулов в процессе принятия решения (Wig et al., 2009). Таким образом, при повторной стимуляции данных нервных образований происходит формирование процессов обобщения воспринимаемых сигналов. Выявлены специфичные области коры, активирующиеся в ответ на разномодальные стимулы (Schacter et al., 2004). В том числе установлена последовательная асимметрия активации затылочно-височных областях, связанных со зрительным восприятием, с преимущественным включением структур правого полушария, тогда как для областей левого полушария характерно развитие спайковой активности при предъявлении абстрактных стимулов (Koutstaal et al., 2001; Vuilleumier et al., 2005; Simons et al., 2003; Eger et al., 2005). Также установлена асимметрия включения парагиппокампальной извилины и смежной веретенообразной срединной извилины, расположенной вдоль коллатеральной борозды, в восприятие формы предмета (Epstein, Kanwisher 1998; Epstein 2008). Такая специализация корковых образований определена не только спецификой соединений с восходящими волокнами из подкорковых структур (Martin, 2006; Mahon, Caramazza 2011), но, возможно, и особенностями топографического объединения между собой корковых областей, включенными в различные познавательные функции (Simmons et al., 2010). В основе этой гипотезы лежат данные исследований большого количества авторов (Albert et al. 2009; Buckner et al., 2009; Fair et al., 2007; Fransson, 2006; Hasson et al., 2009; Lewis et al., 2009; Stevens et al., 2010; Tambini et al., 2010; Waites et al., 2005; Wang et al., 2009 и др.). Обсуждаются вопросы, касающиеся связи межполушарной асимметрии с обработкой информации: влияет ли межполушарная асимметрия на восприятие абстрактных/семантических процессов (Curby et al., 2004) или только на восприятие визуальных абстрактных объектов (Marsolek, Burgund, 2008). Таким образом, исследования, проведенные в последние годы, доказывает существование внутри- и межполушарных взаимосвязей, определяющих латерализацию разных функций (Liu et al., 2009) в отличие от ранее высказанных предположений (Annett, 1964).

Исследования последних лет позволяют утверждать, что каждому человеку свойственен «индивидуальный профиль» характеристик прямостояния (Замчий и др., 2014). Индивидуальный профиль асимметрии в норме сформируется к 6–7 годам (Сиротюк, 2001), когда происходит рост и значительное функциональное созревание коры больших полушарий. В этот возрастной пе-

риод большая нагрузка ментальной деятельности падает на левое полушарие мозга, правое же полушарие с его преимущественно эмоциональными функциями, несколько подавляется (Кураев, Чораян, 2001). В младшем школьном возрасте изменения моторной асимметрии рук происходит только у мальчиков, а изменения моторной асимметрии ног и сенсорной асимметрии глаза и уха происходят как у мальчиков, так и девочек. Это свидетельствует о том, что у девочек быстрее, чем у мальчиков формируется правый профиль асимметрии мозга (Варвулева, 2000). Предполагают также, что завершение процесса латерализации мозга приходится на период полового созревания (Брагина, Доброхотова, 1988; Хомская и др., 1998; Леутин, Николаева, 2005). Установлено, что в норме к моменту наступления пубертатного периода среди девочек правый профиль асимметрии выявляется чаще, чем у мальчиков, тогда как смешанный профиль – чаще у мальчиков (Абаскалова, Пыжьянова, 2002). Среди женщин также больше лиц с правополушарным типом, а смешанный тип, наоборот, встречается чаще у мужчин (Геодакян, 1993; Кураев, Соболева, 1996). Как правило, мужчины лучше решают пространственные задачи, выполняют тесты, в которых требуется мысленно манипулировать предметом, а также тесты, требующие математических рассуждений (Кимура, 1992).

Наличие полового диморфизма по функциональной асимметрии мозга свидетельствует о том, что асимметрия – не стабильный признак. В онтогенезе данный признак нарастает до определенного возраста. При этом относительно позднее формирование дефинитивной формы латерализации не означает исключительно средовую его обусловленность (Геодакян В. А., 1993). Предпосылки к становлению функциональной асимметрии мозга передаются генетически, но сама она формируется лишь в социальном общении, в результате чего в зависимости от конкретных условий может сложиться относительное доминирование лево- или правополушарного мышления.

Классификацию генеза латеральных признаков предложил В. А. Москвин (1997): наследственная, или генетическая латеральность; патологическая латеральность (которая может быть обусловлена пре- и перинатальными поражениями); вынужденная латеральность (связанная с утратой или дефектом ведущей конечности или периферического отдела анализатора); функциональная латеральность (обусловленная особенностями сенсомоторного координирования или социокультурными причинами). Функциональная латеральность имеет определенное значение в

определении спортивных способностей (Леутин, Николаева, Фомина, 2007; Чермит, Аганянц, 2006).

Функциональная межполушарная асимметрия играет важную роль в индивидуальных различиях двигательной деятельности человека. Оптимальная адаптация к нагрузкам в спорте возможна только при использовании тренировочных занятий, ориентированных на генетический статус, который, в том числе, определяет и индивидуальный профиль асимметрии спортсмена (Бердичевская, 2004; Тришин и др., 2012). Выбор структуры движения основан на принципах надежности и энергетической экономизации, а асимметрия движений способствует снижению их неопределенности и повышению устойчивости. Тем не менее, в настоящее время не существует единой точки зрения о роли симметрии-асимметрии в спорте. В литературе представлены данные о проявлении асимметрии в различных видах спорта (Аганянц и др., 2004; Бакуменко, Бугаец, 2007; Бердичевская, Гронская, 2009; Моттагиталаб, Масуми, 2013; Фомина, 2006 и др.). Так, например, среди занимающихся ситуационными видами спорта, для которых характерен прямой контакт между соперниками, или связанных с конкурентоспособной деятельностью рук, наибольших успехов достигают левши (Grouious et al., 2000). Согласно данным Е. М. Бердичевской, А. С. Гронской (2009) более успешными спортсменами, занимающимися настольным теннисом, являются спортсмены с доминированием левой руки.

Для подавляющего большинства видов спорта наибольшее значение имеют двигательные асимметрии (Иванова и др., 2003; Иванов и др., 2012; Плотноков, 2006). Существует множество работ в области изучения возрастных особенностей двигательных асимметрий (Полякова В.М., Колесникова, 2005; Строганова и др., 2004; Фарбер и др., 2003; Hering-Hanit et al., 2001 и др.). Количество данных литературы о динамических изменениях индивидуального профиля асимметрии в процессе повышения спортивного мастерства не столь значительно (Балкарова, Блюм, 2008; Бурдаков, 2010; Фомина, 2005), хотя в настоящее время представления о наличии динамических свойств асимметрии мозга являются общепризнанными (Леутин и др., 2007; Фокин, Пономарева, 2004). Например, установлены различия в динамике биоэлектрической активности головного мозга под влиянием спортивных нагрузок у спортсменов с лево- и правосторонней зрительной преференцией: в отличие от спортсменов с правосторонней зрительной преференцией у имеющих доминирующий левый глаз спортсменов происходит значимая перестройка активации полушарий (Фомина,

20066). Данный факт доказывает, что сенсорные асимметрии участвуют в адаптации к спортивной деятельности, хотя их роль в спорте исследована недостаточно (Бердичевская, 20046; Фомина, 20066). Важность изучения данного вопроса определена тем, что высокая результативность в большинстве видов спорта зависит, в том числе, и от скорости зрительно-моторной реакции. При этом большинство работ в области исследования сенсомоторного реагирования, так и других психофизиологических показателей, получены при обследовании взрослых спортсменов. В то же время является актуальным исследование динамических изменений адаптивных перестроек функционального состояния мозга, а также координационных взаимоотношений мышц у юных спортсменов, поскольку современный спорт предъявляет все более высокие требования к их функциональным возможностям (Беленко, 2009; Кондратенкова и др., 2013).

Частота встречаемости латерального фенотипа, оцениваемого по характеру сенсомоторных асимметрий и межполушарных различий ЭЭГ, обнаруживает связь с особенностями биоритмогенеза. Существует множество доказательств того, что в сенсомоторных областях коры больших полушарий снижается активность альфа-ритма во время подготовки к выполнению и в процессе выполнения целенаправленного движения. Это явление получило название ориентированная на событие десинхронизация (ОСД) (Gastaut, 1952; Neuper, Pfurtscheller, 2001; Pfurtscheller et al. 2000). Эти сенсомоторные ЭЭГ осцилляции называют «мю-ритмами»; их отличают от других альфа-ритмов (например, затылочной и теменной областях) по амплитуде, которая изменяется во время обработки сенсорной информации (Pfurtscheller, Lopes da Silva, 1999). Данная ОСД обычно относится к когнитивно-моторной активности (Klimesch et al. 1997; Klimesch, 1999). Эта ритмическая активность преимущественно отражает режим передачи и обработки сенсомоторной информации в кортикальных и таламических структурах (Pfurtscheller, Lopes da Silva, 1999).

Среди биоэлектрических ЭЭГ-ритмов, альфа-ритмы наиболее значительно ассоциируются со спортивной деятельностью атлетов (в отношении выполнения и эффективности выполнения спортивных упражнений). Также показаны изменения альфа-активности у профессиональных спортсменов других специальностей (Hatfield et al. 1984; Collins et al. 1994; Crews, Landers, 1993; Del Percio et al. 2007; Gualberto Cremades, 2002; Salazar et al. 1990; Shaw, 1993, 1996). Альфа-активность в затылочной области коры повышается у профессиональных стрелков перед выполнением

выстрела из пневматического пистолета. Предполагают, что данное явление связано с повышением тормозных процессов в коре больших полушарий перед подготовкой к выполнению отработанного у спортсмена движения (Loze et al. 2001). Также установлено, что при подготовке к выстрелу у опытных стрелков (Hatfield et al. 1984; Landers et al. 1994; Salazar et al. 1990; Shaw, 1996) альфа-активность выше в левом полушарии. Другие исследователи, напротив, установили преобладание альфа-активности в правом полушарии у профессиональных спортсменов перед выполнением движения (Collins et al. 1990; Crews, Landers, 1993; Del Percio et al. 2007).

В исследовании, проведенном С. Babiloni др. (2008) установлено, что высокочастотные альфа ритмы на фронтальной области непосредственно вовлечены в тонкий моторный контроль при выполнении наиболее удачных движений спортсменом. Это подтверждает данные о том, что высоко-, а не низкочастотная связанная с событием десинхронизация альфа-активности наблюдается в сенсомоторной коре и ассоциируется с активными процессами, направленными на выполнение задания (Arroyo et al. 1993; Pfurtscheller, Lopes da Silva, 1999; Toro et al. 1994). В соответствии с данными W. Klimesch (1999), отсутствие разницы в низкочастотной связанная с событием десинхронизация альфа-активности между удачными и неудачными выполнениями движений спортсменами позволяет предположить, что процессы возбуждения, активации внимания и повышение уровня эмоционального напряжения не ассоциируются с оптимальным выполнением спортивного действия.

Высокочастотная связанная с событием десинхронизация альфа-активности в правой сенсомоторной коре достигает максимума во время успешных выполнений спортивных действий, что позволяет предположить, что тонкий кортикальный контроль за движением левой руки и кисти являются определяющими для выполнения успешного движения. Снижение альфа-активности в левом полушарии способствует активации процессов в правом полушарии, направленных на визуально-пространственную ориентацию при выполнении спортсменом движения (Hatfield et al. 1984) и лучников (Salazar et al. 1990; Landers et al. 1994; Shaw, 1996). Выявлена также взаимосвязь между снижением альфа-активности в правой теменной области выполнении спортивных действий опытным каратистом (Del Percio et al. 2007b). В другой работе, наоборот, указывают на увеличение альфа-активности в правом полушарии профессиональных спортсменов во время игры

в гольф (Crews, Landers, 1993). Исходя из представленных данных можно предположить, что латеральное изменение альфа-активности и процессы десинхронизации не являются определяющими успешность выполнения движения профессиональным спортсменом. Эта связь очень сложна и зависит от конкретных двигательных задач, которые нужно выполнить спортсмену. Однако высокая альфа-ритмическая активность является одной из предпосылок успешной обработки когнитивной информации, в том числе зрительной, а также для формирования следа памяти при обучении профессиональному движению (Neubauer, Freudenthaler, 1995; Babiloni et al. 2006), но не связана непосредственно с эффективностью выполнения тонких моторных движений.

Нейрофизиологи также обсуждают вопрос о том, является ли усиление альфа-активности отражением повышение тормозных процессов в коре больших полушарий профессиональных спортсменов, занимающихся видами спорта, связанных с попаданием в цель (Shaw, 1996; Palva et al., 2007). Если данное предположение верно, то межполушарные различия альфа-активности при выполнении спортивных движений могут отражать специфику ингибирующих/возбуждающих процессов, ассоциированных с концентрацией внимания на экзогенные/эндогенные стимулы и выполнением вербальных или пространственных задач (Klimesch, 1999; Wertheim, 1981). С этой точки зрения, например, при занятиях гольфом, направленных на забивание мяча в лунку, могут формироваться процессы десинхронизации альфа-ритма во фронтальных областях мозга в момент выполнения действия, что согласуется с традиционной теорией модуляции альфа-ритма при нагрузке (Pfurtscheller et al., 1999; Palva et al., 2007). При этом при успешных подачах наблюдается ориентированная на событие десинхронизация высокочастотного альфа-ритма в медиальной префронтальной, поясной и/или моторной областях. Данные кортикальные области благодаря их билатеральным морфологическим связям играют ключевую роль в планировании, выборе и регуляции сложных двигательных действий, выполняемых обеими руками/кистями (Rosenbaum et al. 1992, 2001; Wiesendanger, Wise, 1992). Медиальная префронтальная кора билатерально связана с поясной и добавочными областями (Rouiller et al. 1994), которые имеют выраженные билатеральные связи с моторными областями (Lim et al. 1994; Kazennikov et al. 1998) и ядрами базальных ганглиев (Wiesendanger et al. 1996). Данные области принимают участие в контроле удачных подач спортсмена. Медиальная пре-

фронтальная и поясная области регулируют процессы намерения на выполнение действия, связанных с выполнением билатеральных моторных действий, и эти процессы возможны в условиях развития торможения автоматических моторных действий (Destrebecqz et al., 2001, 2005). Поясная же и добавочная моторные области регулируют автоматические действия (Ashe et al. 2006; Deiber et al. 1991).

Таким образом, в настоящее время активно обсуждают механизмы, лежащие в основе регуляции разных функций отделами правого и левого полушарий, а также их связи со стволовыми структурами, а также индивидуальные особенности лиц с разным предпочтением сенсомоторных поведенческих признаков. В этом плане представляет очевидный интерес изучение роли стационарных и динамических свойств межполушарной асимметрии в онтогенезе. На фоне генетически очевидна также роль и средовых факторов на межполушарные взаимоотношения, в том числе, роль спорта. При этом спортивная тренировка затрагивает разные стороны функционирования организма: физическую, психическую, морально-волевую и др. (Бердичевская, 2004, 2005).

2.1. Группы обследованных детей с разным латеральным фенотипом

В данном разделе монографии представлены результаты изучения особенностей пострурального контроля у юных спортсменок с разным латеральным профилем, занимающихся смешанным видом спорта (черлидингом).

Всего было обследовано 288 спортсменок и 227 девочек контрольной группы (табл. 6). В данной работе описаны данные обследования 84 девочек 8–11-летнего возраста, занимающихся черлидингом. Контрольную группу составили 79 девочек, не занимающихся в спортивных секциях. На момент обследования все дети были здоровы, не имели нарушений зрения и слуха.

Обследованных девочек делили на группы по латеральному профилю.

Таблица 6

Структура психомоторных и сенсорных функциональных асимметрий у девочек 8–11-летнего возраста

Виды асимметрий	Парные органы	Симметрия	Асимметрия	
			Левосторонняя	Правосторонняя

	ны	Кол-во лиц	%	Кол-во лиц	%	Кол-во лиц	%
Девочки контрольной группы							
Моторные	Руки	18	7,9	26	11,5	183	80,6
	Ноги	22	10,1	18	7,5	187	82,4
Сенсорные	Глаза	27	12,0	21	9,3	179	78,7
	Уши	27	11,9	35	15,4	165	72,7
Юные спортсменки							
Моторные	Руки	31	10,4	27	9,4	231	80,2
	Ноги	36	12,5	33	11,6	219	75,9
Сенсорные	Глаза	41	14,2	49	17,0	198	68,8
	Уши	47	16,3	23	8,0	218	75,7

В целом полученные данные о наличии сенсомоторных асимметрий в популяции согласуются с данными литературы (Бодров и др., 1990; Брагина, Доброхотова, 1981, 1988; Доброхотова, Брагина, 1994).

Признаки латерализации моторики рук, ног, а также ведущего глаза и уха определяли, используя стандартный комплект тестов. Индивидуальный профиль асимметрии (ИПА) определяли путем вычисления «коэффициента асимметрии» (КА) без учета стороны доминирования по каждому из определяемых признаков; дополнительно выделяли группы с предпочтением левых/правых моторных и сенсорных признаков. У большинства обследованных девочек установлено предпочтение правой ноги и правого уха. Поэтому в данной работе представлены данные обследования девочек, различающихся по предпочтению руки и глаза. На основании распределения детей по принадлежности к определенному латеральному фенотипу были выделены следующие группы (табл. 7).

Таблица 7

Распределение обследованных детей на группы по латеральному фенотипу

ИПА	КА	Латеральный профиль, в зависимости от предпочтения руки и глаза	Группы	Количество детей в группе
правши	72,58±3,53	ПА (доминирование правой руки и амбидекстрия по глазу)	Контроль	15
			Спортивные	17
		АП (амбидекстрия по рукости и доминирование правого глаза)	Контроль	25
			Спортивные	23
амбидекстры	34,72±1,74	АА (амбидекстрия по руке и глазу)	Контроль	12
			Спортивные	24
	14,45±0,69	АЛ (амбидекстрия по руке и доминирование левого глаза)	Контроль	21
			Спортивные	26

Согласно представленным в таблице данным о распределении детей на группы, среди обследованных девочек не было «чистых левшей».

Для выявления механизмов, ответственных за моторный контроль координационных качеств, у всех обследуемых измеряли динамику усилия давления ног на стабиллоплатформе и показатели миограммы мышц рук. Для установления роли зрительного анализатора в поструральном контроле исследовали показатели устойчивости на стабиллоплатформе в тесте с закрытыми глазами и показатели зрительных вызванных потенциалов. Качество функции равновесия исследовали с использованием теста «Мишень» на стабиллоплатформе.

2.2. Методы определения латерального профиля асимметрии

Индивидуальный латеральный профиль (профиль латеральной организации) – индивидуальное сочетание функциональной асимметрии полушарий, моторной и сенсорной асимметрии (Психофизиологическая диагностика., 2001). Индивидуальный латеральный профиль определяли с учетом моторных и сенсорных признаков функциональной асимметрии.

Оценку моторной асимметрии проводили с использованием следующих тестов:

1. Самооценка обследуемых с помощью опросника (Annett, Kilshaw, 1982).

Ответы на предложенные вопросы, касающиеся выполнения отдельных привычных действий, позволяют выявить степень доминирования правой (левой) руки. Опросник также включает вопросы на определение ведущей ноги.

2. Моторные пробы, при которых определяется ведущая рука: «переплетение пальцев кистей» – по просьбе испытуемый быстро переплетает пальцы; ведущей рукой считается та, большой палец которой оказывается сверху; «скрещивание рук или поза Наполеона» - ведущей считается та рука, локоть которой оказывается сверху; «тест на аплодирование» - при аплодировании более активна рука, совершающие ударные движения о ладонь неведущей руки (Лурия, 2003). Также использовали тесты «Узлы» – бимануальный тест: задание состоит в том, чтобы развязать узлы, которые экспериментатор заранее неплотно завязал из шнура средней толщины (ведущей рукой испытуемый развязывает узлы); тест «Колодец» – бимануальный тест: задание состоит в том, чтобы ребенок сложил «колодец» из спичек или счетных палочек (ведущая рука совершает активные действия); тест «Бисер» – бимануальный тест: задание состоит в том, чтобы нанизать бисер на нитку с иглой (активная рука является ведущей); тест «Рисование» – унимануальный тест: испытуемому предлагается выполнить рисунок правой рукой, а затем повторить рисунок левой рукой (учитывали, какой рукой рисует ребенок, а также качество выполнения рисунка); тест «Мяч» – унимануальный тест: испытуемый несколько раз бросает одной рукой мяч в цель (Вильдавский, Князева, 1989).

Для определения ведущей ноги использовали пробы «нога на ногу», «шаг вперед», «удар ногой по мячу».

3. Динамометрия – измерение силы кисти каждой руки с помощью ручного динамометра. Измерение производили три-

жды: три раза подряд определяли силу сначала правой (или левой) руки, а затем левой руки. Вычисляли среднее значение силы для каждой руки. Ведущей считается рука, превосходящая другую по силе больше, чем на 2 кг; разница в силе меньше 2 кг не учитывается (Брагина, Доброхотова, 1988).

4. Теппинг-тест – оценка темпа, ритма и устойчивости движений. Использовали следующую методику: испытуемому предлагали бланк (лист бумаги, разделенный на 4 части), где он должен карандашом ставить точки последовательно в 4 частях листа в течение определенного промежутка времени (15–30 с); с использованием механического счетчика. Фиксировали число ударов, сделанных правой (Nпр.) и левой (Nлев.) рукой.

Для оценки слуховой асимметрии использовали тест «Шепот» (Брагина, Доброхотова, 1988); тест «Тиканье часов» (Летин, Николаева, 1988).

Для определения ведущего глаза использовали следующие тесты:

1. Проба Розенбаха. Испытуемый держит вертикально в вытянутой руке карандаш и фиксирует его взором на определенной точке (лучше по отношению к любой вертикальной линии), отстоящей на 3–4 м, оба глаза при этом открыты. Затем испытуемый попеременно закрывает один и другой глаз. Ведущим считается глаз, при закрытии которого карандаш смещается в его сторону (Лурия, 2003).

2. Тест «карта с дырой». В листе плотной бумаги вырезается отверстие 1x1 см. Держа эту карту на небольшом расстоянии от глаз, испытуемый рассматривает предметы; рассматривание обычно осуществляется ведущим глазом (Annett, Kilshow, 1982; Брагина, Доброхотова, 1988).

3. Самооценка испытуемого – ответ на вопрос о том, каким глазом он прицеливается (из опросника Annett, Kilshow, 1982).

4. Тест «моргание». Испытуемого просят моргать сначала левым, а затем правым глазом. Обследуемый моргает неведущим глазом. Если испытуемый одинаково выполняет данный тест при моргании правым и левым глазом, это свидетельствует об отсутствии доминирования одного из глаз.

Рассчитывается коэффициент асимметрии для каждого парного органа (ведущая рука, ведущая нога, ведущий глаз, ведущее ухо) по следующей формуле: $KA = [(X_{пр.} - X_{лев.}) / (X_{пр.} + X_{лев.})] * 100$.

Индивидуальный профиль асимметрии (ИПА) определяли по формуле:

$$KA = [(X \text{ пр.} - X \text{ лев.}) / (X \text{ пр.} + X \text{ лев.} + X \text{ амб.})] * 100\%$$

где, X пр. – число тестов с преобладанием правой стороны,
X лев. – число тестов с преобладанием левой стороны,
X амб. – без преобладания.

Для изучения роли латерального профиля асимметрии в регуляции постурального контроля у юных спортсменов был проведен анализ показателей стабิโลграммы в тесте «Мишень». Данная методика проводится со зрительной обратной связью. Задача испытуемого заключается в четком сохранении функции равновесия с открытыми глазами в течение нескольких секунд. При выполнении данного теста испытуемому необходимо перемещать туловище, стоя неподвижно на платформе с тем, чтобы знак внутри мишени на мониторе компьютера был максимально близок к ее центру.

Изменение постурального контроля при возмущающих факторах достигается с помощью разных механизмов, интегрирующихся в единую систему внутреннего представления тела (Гурфинкель, Левик, 1999).

Для исследования роли возмущающих факторов на постуральную регуляцию использовали тест с поворотом головы и тест изометрического сокращения мышц ног и динамики усилия стопы, который позволяет исследовать процесс удержания ногами статической нагрузки. В том числе, выявляли роль сенсорной асимметрии (зрительной) в поддержании равновесия у спортсменов с разным латеральным профилем с использованием теста с поворотом головы (с закрытыми глазами). Во втором тесте по динамике усилия давления правой и левой ногой судили о прогрессирующей усталости, а по динамике стопы – о том, чем преимущественно человек давит: носком или пяткой. Данный тест предъясняется для решения таких актуальных задач, как исследование статодинамической устойчивости тела спортсмена, дополнение знаний о спортивной технике упражнений, а также проведение прогнозирования и профессиональный отбор спортсменов с разным латеральным профилем в команду черлидингов.

2.3. Особенности показателей стабิโลграммы у спортсменов с разным латеральным профилем в тесте «Мишень»

При сравнении значений показателей стабิโลграммы при выполнении теста «Мишень» установлено следующее (табл. 8). У девочек контрольной группы с разным индивидуальным профи-

лем асимметрии показатели качества функции равновесия, нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей при поддержании центра тяжести на стабиллоплатформе не различались. У спортсменок с разным ИПА также не выявлено различий стабилографических показателей. Тем не менее, выявлены отличия между показателями у спортсменок и девочками контрольной группы. У спортсменок с индивидуальным профилем КА = 75,58 (правши) значение средней линейной скорости и соотношения ЛС/УС было ниже, соответственно, на 30% ($p < 0,05$) и 42% ($p < 0,05$), чем у девочек-правшей контрольной группы.

Между спортсменками и не занимающимися в спортивных секциях девочками-амбидекстрами выявлены различия нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей, а также соотношения ЛС/УС. Значения НПВ, ЛСС и ЛС/УС у спортсменок были ниже, соответственно, на 31 % ($p < 0,05$), 44% ($p < 0,05$), 56% ($p < 0,05$), а показатель УСС, - выше на 27% ($p < 0,05$), чем у девочек контрольной группы.

Таблица 8

Показатели стабилограммы в тесте «Мишень» у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости от индивидуального профиля асимметрии (ИПА)

ИПА	Показатели ста- билограммы	контроль	спортсмены
Правши КА 72,58±3,53	КФР	74,95±3,41	85,06±4,17
	НПВ	0,16±0,084	0,14±0,062
	ЛСС	13,46±0,58	9,39±0,36*
	УСС	17,07±0,83	20,58±1,03
	ЛС/УС	0,79±0,032	0,46±0,018*
Амбидекстры КА 24,58±1,22	КФР	73,27±3,26	89,12±4,25
	НПВ	0,16±0,072	0,11±0,043*
	ЛСС	13,69±0,63	7,69±0,37*
	УСС	18,95±0,71	24,08±1,16*
	ЛС/УС	0,73±0,035	0,32±0,015*

* – достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

В результате сравнения показателей стабилограммы у девочек контрольной группы с разными профилями сенсомоторной асимметрии установлено следующее (табл. 9). Качество функции равновесия у девочек с разным латеральным профилем не различалось. Однако нормированная площадь вектрограммы была

ниже у амбидекстров по руке и глазу (АА) относительно девочек с профилем асимметрии ПА и АЛ, соответственно, на 28% ($p < 0,05$) и 31% ($p < 0,05$). Также у девочек амбидекстров по руке и глазу установлено самое низкое значение соотношения ЛС/УС, которое достоверно было ниже значений ЛС/УС у девочек с профилями асимметрии ПА и АЛ ($p < 0,05$).

У спортсменок установлены более высокие значения качества функции равновесия по сравнению с девочками контрольной группы: в среднем данный показатель в контрольной группе был ниже на 10 %. Данный факт можно объяснить тем, что у спортсменок средняя линейная скорость была ниже, чем в контрольной группе. Так, у спортсменок с доминирующей правой рукой и амбидекстров по глазу (ПА) УСС была ниже на 36 % ($p < 0,05$) относительно контрольной группы; в группе с латеральным профилем АП данная разница составила 24% ($p < 0,05$), у амбидекстров по руке и глазу (АА) – 34% ($p < 0,05$) и у амбидекстров по руке и предпочтению левого глаза (АЛ) – 42% ($p < 0,05$) относительно девочек, не занимающихся в спортивных секциях с аналогичными латеральными фенотипами. В результате соотношение линейной скорости к угловой у юных спортсменок было значительно ниже, чем у девочек контрольной группы. Наибольшее различие показателя ЛС/УС установлено между девочками контрольной группы и юными спортсменками с латеральным профилем АЛ – 61% ($p < 0,05$). Интересно, что между этими же группами девочек (с латеральным профилем АЛ) выявлено различие показателя нормированной площади вектрограммы: у спортсменок НПВ была на 42% ($p < 0,05$) ниже относительно контрольной группы.

При сравнении показателей стабиллограммы у юных спортсменок установлено, что в группе девочек с латеральными профилями ПА и АП значение средней линейной скорости превышает показатель ЛСС у спортсменок с профилем асимметрии АА, соответственно, на 24 % ($p < 0,05$) и 28% ($p < 0,05$). У девочек-спортсменок с профилем асимметрии АЛ показатель ЛСС также был ниже, чем в группах с латеральными профилями ПА и АП ($0,1 > p > 0,05$).

Таблица 9

Показатели стабиллограммы в тесте «Мишень» у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости латерального профиля по предпочтению руки и глаза

Биология и общая патология

Латеральный профиль, в зависимости от предпочтения руки и глаза	Показатели стабилотраммы	контроль	спортсмены
ПА	КФР	75,63±3,27	86,34±4,21
	НПВ	0,18±0,074	0,15±0,074
	ЛСС	14,36±0,56	9,24±0,47*
	УСС	17,53±0,69	21,68±0,11
	ЛС/УС	0,82±0,035	0,43±0,024*
АП	КФР	74,27±3,52	83,79±3,99
	НПВ	0,15±0,072	0,14±0,062
	ЛСС	12,56±0,58	9,54±0,48*
	УСС	16,62±0,83	19,48±0,087
	ЛС/УС	0,76±0,041	0,49±0,025*
АА	КФР	72,82±3,40	89,59±4,36
	НПВ	0,13±0,062	0,12±0,061
	ЛСС	11,42±0,055	7,47±0,36*
	УСС	19,47±0,96	24,62±1,15
	ЛС/УС	0,59±0,023	0,30±0,013*
АЛ	КФР	73,73±3,79	88,65±4,05
	НПВ	0,19±0,068	0,11±0,046*
	ЛСС	15,96±0,73	7,92±0,37*
	УСС	18,42±0,84	23,54±1,21
	ЛС/УС	0,87±0,044	0,34±0,016*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Достоверные различия соотношений ЛС/УС выявлены также и между группами девочек с разными латеральными профилями.

У спортсменок с профилями сенсомоторной асимметрии АА и АЛ значения ЛС/УС были достоверно ниже соответствующих показателей в группах девочек-спортсменок с латеральными профилями ПА и АП. При этом между показателями КФР и соотношениями ЛС/УС у юных спортсменок установлена положительная корреляционная зависимость ($r=0,92$) в отличие от девочек контрольной группы.

Таким образом, систематические занятия смешанным видом спорта (черлидингом) способствует улучшению постурального контроля у девочек. При проведении анализа результатов исследования показателей стабилотраммы установлено, что у юных спортсменок снижены значения средней линейной скорости и соотношения ЛС/УС относительно девочек контрольной группы.

Также наблюдается тенденция к увеличению значений средней угловой скорости при поддержании центра тяжести и, главное, – показателя качества функции равновесия у юных спортсменок относительно девочек, не посещающих спортивные секции. Кроме того, установлены различия значений стабиллографических показателей у девочек с разным латеральным профилем. Координационные качества лучше выражены у девочек-спортсменок с латеральными профилями асимметрии АА и АЛ. Вероятно, в результате систематических занятий смешанными видами спорта улучшение координации движений при поддержании центра тяжести тела более характерно именно для спортсменок с данными профилями сенсомоторной асимметрии.

Следовательно, использование данного теста может быть направлено на решение таких актуальных задач, как исследование статодинамической устойчивости тела спортсменок, дополнение знаний о спортивной технике упражнений, а также проведение прогнозирования и профессионального отбора спортсменок с разным латеральным профилем в команду черлидингов.

2.4. Особенности показателей стабиллограммы у спортсменок с разным латеральным профилем в тесте с поворотом головы

Далее представлены результаты изучения стабиллографических показателей в тесте с поворотом головы направо и налево (табл. 10–15).

В фоновой пробе в контрольных группах девочек с разными индивидуальными профилями асимметрии установлены различия только соотношения ЛС/УС: у амбидекстров ($KA = 24,58$) данное значение было выше, чем у правшей ($KA = 72,58$) на 21 % ($0,05 < p < 0,1$). Между показателями у спортсменок с разными индивидуальными профилями сенсомоторной асимметрии не выявлено значимых различий (табл. 10).

При сравнении значений стабиллограммы у спортсменок и девочек контрольной группы, имеющих $KA=72,58$ (правши), установлено, что спортсменкам характерны более низкие показатели нормированной площади вектрограммы (на 29%; $p<0,05$) и средней линейной скорости (на 37%; $p<0,05$) по сравнению с правшами контрольной группы (табл. 10).

У юных спортсменок, имеющих $KA=24,58$ (амбидекстры), качество функции равновесия превышало соответствующее значение девочек контрольной группы на 21 % ($0,05 < p < 0,1$). Также у спортсменок нормированная площадь вектрограммы,

средняя линейная скорость и соотношение ЛС/УС были ниже показателей у девочек контрольной группы, соответственно, на 42 % ($p < 0,05$), 47 % ($p < 0,05$) и 58 % ($p < 0,05$), а средняя угловая скорость, напротив, выше на 28 % ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой (табл. 10).

Таблица 10

Показатели стабиллограммы в тесте с поворотом головы (фоновая проба) у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости от индивидуального профиля асимметрии (ИПА)

ИПА	Показатели стабиллограммы	контроль	спортсмены
Правши КА= 72,58±3,53	КФР	75,39±3,58	87,62±4,27
	НПВ	0,17±0,083	0,12±0,006*
	ЛСС	13,15±0,54	8,23±0,36*
	УСС	19,65±0,16	20,75±0,94
	ЛС/УС	0,67±0,032	0,40±0,015*
Амбидекстры КА= 24,58±1,22	КФР	75,52±4,01	91,53±4,78
	НПВ	0,19±0,010	0,11±0,036*
	ЛСС	14,88±0,69	7,84±0,35*
	УСС	18,56±0,84	23,83±1,20*
	ЛС/УС	0,81±0,037	0,34±0,014*

* – достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

В контрольных группах при повороте головы направо у девочек, имеющих КА=72,58 (правши) и КА=24,58 (амбидекстры), наблюдали возрастание нормированной площади вектрограммы, соответственно, на 71 % ($p < 0,05$) и 79% ($p < 0,05$) относительно фоновой пробы (табл. 11). У юных спортсменок с КА = 72,58 в данном тесте выявлено снижение средней угловой скорости на 47% ($p < 0,05$) и увеличение соотношения ЛС/УС на 23% ($p < 0,05$). Наибольшие изменения показателей стабиллограммы в пробе с поворотом головы направо установлены в группе спортсменок с индивидуальным профилем асимметрии, соответствующему амбидекстрии: произошло повышение средней линейной и угловой скоростей, соотношения ЛС/УС и нормированной площади вектрограммы, соответственно, на 75% ($p < 0,05$), 32% ($p < 0,05$), 35% ($p < 0,05$) и 27% ($p < 0,05$). В результате в этой группе спортсменок в пробе с поворотом головы направо происходило снижение качества функции равновесия на 16% ($0,05 < p < 0,1$).

Значимых различий показателей у девочек с разным индивидуальным профилем асимметрии контрольной группы в пробе с

поворотом головы направо не установлено. Тогда как у спортсменов с разными ИПА выявлены различия показателей стабилотграммы. У спортсменов амбидекстров относительно правой выявлены более высокие значения средней линейной и угловой скорости при поддержании центра тяжести в пробе с поворотом головы направо, соответственно, на 36% ($p < 0,05$) и 184% ($p < 0,01$).

Значимые различия показателей стабилотграммы установлены между контрольной группой девочек и спортсменками с одинаковым индивидуальным профилем асимметрии (табл. 11). Среди правой у спортсменов при повороте головы направо установлены более низкие значения нормированной площади векторграммы, средней линейной и угловой скоростей, а также отношения ЛС/УС по сравнению с девочками контрольной группы, соответственно, на -48% ($p < 0,05$), -37% ($p < 0,05$), -51% ($p < 0,05$) и +31% ($p < 0,05$). У амбидекстров данные различия носили иной характер: у спортсменов качество функции равновесия было выше на 21% ($p < 0,05$), а нормированная площадь векторграммы ниже на 59% ($p < 0,05$), чем у девочек контрольной группы. Более высокая устойчивость спортсменов амбидекстров по сравнению с не занимающимися в спортивных секциях девочек в пробе с поворотом головы направо можно объяснить повышенной средней угловой скоростью у спортсменов (на 43%; $p < 0,05$) относительно девочек контрольной группы.

Таблица 11

Показатели стабилотграммы в тесте с поворотом головы (поворот головы направо) у спортсменов и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости от индивидуального профиля асимметрии (ИПА)

ИПА	Показатели стабилотграммы	контроль	спортсмены
Правши КА= 72,58±3,53	КФР	66,58±3,27	77,18±3,64
	НПВ	0,29±0,013	0,15±0,007*
	ЛСС	15,88±0,74	10,05±0,49*
	УСС	22,74±1,21	11,09±0,051*
	ЛС/УС	0,69±0,035	0,91±0,043*
Амбидекстры КА= 24,58±1,22	КФР	63,99±3,19	77,28±3,52*
	НПВ	0,34±0,018	0,14±0,006*
	ЛСС	16,30±0,77	13,69±0,63
	УСС	21,99±0,89	31,54±0,14*
	ЛС/УС	0,76±0,033	0,46±0,020*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно

но значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

В табл. 12 представлены результаты исследования стабилотографических показателей у обследованных девочек в пробе с поворотом головы налево. Установлено, что в контрольной группе у девочек, имеющих $KA=72,58$ (правши), показатели нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей и соотношения ЛС/УС превышают соответствующие значения в фоновой пробе, соответственно, на 65% ($p < 0,05$), 120% ($p < 0,05$), 75% ($p < 0,05$) и 27% ($p < 0,05$). У девочек амбидекстров контрольной группы выявлены различия НПВ (на +68%; $p < 0,05$), средней линейной (на +82%; $p < 0,05$) и угловой скоростей (на 65%; $p < 0,05$) по сравнению с показателями в фоновой пробе. Однако значимых различий показателей стабилотограммы девочек контрольной группы с разным индивидуальным профилем асимметрии при выполнении пробы с поворотом головы налево не установлено.

При сравнении показателей стабилотограммы в тесте с поворотом головы налево относительно пробы с поворотом головы направо в контрольной группе установлено следующее (табл. 7–8). У правшей контрольной группы в пробе с поворотом головы налево значения средней линейной и угловой скоростей превышало показатели в пробе с поворотом головы направо, соответственно, на 82% ($p < 0,05$) и 51% ($p < 0,05$); а у амбидекстров данные различия составили 66% ($p < 0,05$) и 39% ($p < 0,05$). Таким образом, при повороте головы налево в контрольных группах девочек наблюдаются более значимые изменения позднего контроля относительно пробы с поворотом головы направо, особенно у правшей.

У юных спортсменок при повороте головы налево также наблюдали повышение значения нормированной площади вектрограммы как у правшей (на 83%; $p < 0,05$), так и амбидекстров (на 54%; $p < 0,05$) по сравнению с фоновой пробой. Повышение нормированной площади вектрограммы у правшей происходило на фоне возрастания средней линейной скорости (на 40%; $p < 0,05$), а у амбидекстров, – увеличения как линейной (на 54%; $p < 0,05$), так и угловой скоростей (на 67%; $p < 0,05$) (табл. 12). Относительно показателей при повороте головы направо в пробе с поворотом головы налево установлены отличия только у спортсменок с индивидуальным профилем асимметрии «правши». В том числе, выявлены более высокие значения нормированной площади вектрограммы (на 47%; $p < 0,05$) и средней угловой скорости (на 128%; $p < 0,01$) и снижение соотношения ЛС/УС на 49% ($p < 0,05$)

(табл. 11--12).

Таблица 12

Показатели стабилограммы в тесте с поворотом головы (поворот головы налево) у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости от индивидуального профиля асимметрии (ИПА)

ИПА	Показатели стабилограммы	контроль	спортсмены
Правши КА= 72,58±3,53	КФР	67,31±3,52	79,88±3,75
	НПВ	0,28±0,012	0,22±0,008
	ЛСС	28,93±1,37	11,60±0,87*
	УСС	34,43±1,46	25,32±1,19*
	ЛС/УС	0,85±0,041	0,46±0,022*
Амбидекстры КА= 24,58±1,22	КФР	61,95±2,96	82,35±4,25*
	НПВ	0,32±0,014	0,17±0,073*
	ЛСС	27,06±1,24	13,08±0,61*
	УСС	30,67±1,38	33,56±1,42
	ЛС/УС	0,88±0,041	0,39±0,019*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

При сравнении значений стабилограммы у девочек с разным сенсомоторным профилем асимметрии установлено, что у фоновой пробе теста с поворотом головы наиболее высокие значения качества функции равновесия были у юных спортсменок с латеральным профилем АА. Данный показатель превышал значения девочек контрольной группы с латеральным профилем АА на 25% ($p < 0,05$) (табл. 13).

При сравнении показателей у правой при повороте головы налево отмечено, что у юных спортсменок в данной функциональной пробе более низкие значения средней линейной и угловой скоростей, а также соотношения ЛС/УС, соответственно, на 60% ($p < 0,05$), 26% ($p < 0,05$) и 46% ($p < 0,05$). У спортсменок-амбидекстров выявлены сниженные показатели нормированной площади вектрограммы (на 47%; $p < 0,05$), средней линейной скорости (на 52%; $p < 0,05$) и соотношения ЛС/УС (на 56%; $p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой девочек-амбидекстров.

Таким образом, при изучении показателей стабилограммы у девочек с разным индивидуальным профилем асимметрии установлено влияние данного фактора на характер поддержания равновесия в пробах с поворотом головы.

В группах спортсменок с латеральным профилем АП и АЛ показатель качества функции равновесия также был выше значе-

ний КФР у девочек контрольных групп с аналогичными типами сенсомоторной асимметрии ($0,05 < p < 0,1$).

Не установлено значимых различий показателя качества функции равновесия только между юными спортсменками и девочками контрольной группы с профилем асимметрии ПА. Тем не менее, данный показатель был выше на 13% у юных спортсменок, что, вероятно, можно объяснить меньшими значениями у них средней линейной скорости (на 33%; $p < 0,05$) относительно контрольной группы.

Между девочками, не имеющих предпочтения по руке и с доминирующим правым глазом (АП), выявлены различия нормированной площади вектрограммы, средней угловой скорости и соотношения ЛС/УС: у спортсменок эти значения были ниже, соответственно, на 39% ($p < 0,05$), 40% ($p < 0,05$) и 43% ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой.

Таблица 13

Показатели стабиллограммы в тесте с поворотом головы (фоновая проба) у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости латерального профиля по предпочтению руки и глаза

Латеральный профиль, в зависимости от предпочтения руки и глаза	Показатели стабиллограммы	контроль	спортсмены
ПА	КФР	78,36±3,67	88,49±4,32
	НПВ	0,16±0,074	0,14±0,069
	ЛСС	12,53±0,59	8,39±0,40*
	УСС	19,37±0,93	20,15±0,99
	ЛС/УС	0,65±0,031	0,42±0,018*
АП	КФР	72,43±3,28	86,74±4,52
	НПВ	0,18±0,074	0,11±0,004*
	ЛСС	13,78±0,59	8,32±0,43*
	УСС	19,93±0,98	21,35±1,20
	ЛС/УС	0,69±0,032	0,39±0,011*
АА	КФР	74,62±3,61	93,31±4,63*
	НПВ	0,16±0,071	0,10±0,004*
	ЛСС	13,49±0,63	7,64±0,34*
	УСС	19,18±1,02	26,35±1,17*
	ЛС/УС	0,70±0,037	0,29±0,001*
АЛ	КФР	76,42±3,49	89,75±4,09

	НПВ	0,22±0,009	0,11±0,005*
	ЛСС	16,27±0,77	8,04±0,38*
	УСС	17,95±0,065	21,31±1,12
	ЛС/УС	0,91±0,050	0,38±0,002*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Как ранее указывали, самые значительные различия стабилографических показателей выявлены у девочек с латеральным профилем АА. Достоверно более высокое значение качества функции равновесия у спортсменок, предположительно, обусловлено было тем, что при поддержании равновесия перераспределение центра тяжести у них обеспечивалось преимущественно за счет возрастания значений средней угловой (на 43 %; $p < 0,05$) и снижения средней линейной скорости (на 37 %; $p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой девочек. В результате и показатель нормированной площади вектрограммы у спортсменок был ниже на 38 % ($p < 0,05$) относительно девочек контрольной группы.

Еще более значительное различие показателя нормированной площади вектрограммы (на 50%; $p < 0,05$) в фоновой пробе теста с поворотом головы установлено между спортсменками и не занимающимися спортом девочек с латеральным профилем АЛ. Значение средней линейной скорости у спортсменок с данным латеральным профилем было ниже на 50 % ($p < 0,05$), чем в контрольной группе.

В табл. 13 представлены результаты сравнительного анализа показателей стабилографии в тесте с поворотом головы направо. Нужно отметить, что по сравнению с фоновой пробой при повороте головы направо отмечено снижение качества функции равновесия у большинства обследованных девочек.

В контрольной группе в фоновой пробе значения качества функции равновесия превышали соответствующие показатели при повороте головы направо у девочек латеральными профилями ПА (на 22%; $0,05 < p < 0,1$), АА (на 19%; $0,05 < p < 0,1$) и АЛ (на 17%; $0,05 < p < 0,1$). У девочек с профилем сенсомоторной асимметрии ПА нормированная площадь вектрограммы и средняя линейная скорость при повороте головы направо повышались, соответственно, на 94% ($p < 0,05$) и на 31% ($p < 0,05$). У девочек с латеральными профилями АП и АЛ при повороте головы направо увеличивалась нормированная площадь вектрограммы на 50% ($p < 0,05$) по сравнению с фоновой пробой. Наиболее значительное увеличение нормированной площади вектрограммы при по-

вороте головы направо выявлено в группе девочек контрольной группы с латеральным профилем АА (на 119%; $p < 0,05$); также относительно фоновой пробы увеличились значения средней линейной и угловой скоростей, соответственно, на 26% ($p < 0,05$) и 37% ($p < 0,05$).

У юных спортсменок при повороте головы направо изменения качества функции равновесия носили менее выраженный характер: снижение данного показателя выявлено только в группах с латеральными профилями ПА (на 15%) и АА (на 17%), однако эти изменения не были статистически значимыми. Увеличение нормированной площади вектрограммы наблюдали при повороте головы направо у юных спортсменок с латеральными профилями АП (на 27%; $p < 0,05$) и АЛ (на 36%; $p < 0,05$) относительно фоновой пробы.

Также установлено возрастание угловых скоростей при поддержании равновесия при повороте головы направо у юных спортсменок с профилями сенсомоторной асимметрии ПА (на 26%; $p < 0,05$), АА (на 26%; $p < 0,05$) и АЛ (на 44%; $p < 0,05$). В этих же группах спортсменок возрастали значения соотношений ЛС/УС относительно фоновой пробы.

Таблица 14

Показатели стабиллограммы в тесте с поворотом головы (поворот головы направо) у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости латерального профиля по предпочтению руки и глаза

Латеральный профиль, в зависимости от предпочтения руки и глаза	Показатели стабиллограммы	контроль	спортсмены
ПА	КФР	64,32±3,15	76,78±3,63
	НПВ	0,31±0,013	0,17±0,008*
	ЛСС	16,42±0,74	10,59±0,48*
	УСС	23,35±1,08	21,42±1,15
	ЛС/УС	0,70±0,036	0,49±0,023*
АП	КФР	68,84±3,31	77,58±4,01
	НПВ	0,27±0,014	0,14±0,006*
	ЛСС	15,34±0,79	9,51±0,49*
	УСС	22,13±1,30	19,76±0,95
	ЛС/УС	0,69±0,036	0,48±0,023*
АА	КФР	62,47±3,86	79,44±3,84*
	НПВ	0,35±0,022	0,12±0,005*

	ЛСС	17,12±0,67	9,73±0,49
	УСС	26,37±1,18	41,64±1,88*
	ЛС/УС	0,65±0,023	0,38±0,017*
АЛ	КФР	65,51±3,21	75,12±3,74
	НПВ	0,33±0,014	0,15±0,007*
	ЛСС	15,49±0,72	11,65±0,46*
	УСС	17,62±0,85	21,44±1,04
	ЛС/УС	0,88±0,039	0,54±0,022*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Далее приведены результаты сравнения показателей стабилографии в тесте с поворотом головы направо у девочек контрольной группы и юных спортсменок (табл. 14). У спортсменок с латеральным профилем сенсомоторной асимметрии ПА значения нормированной площади вектрограммы, средней линейной скорости и соотношения ЛС/УС были ниже показателей у девочек контрольной группы с латеральным профилем ПА, соответственно, на 45% ($p < 0,05$), 36% ($p < 0,05$) и 30% ($p < 0,05$). Аналогичные различия данных показателей обнаружены и между группами спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях, с латеральным профилем АП. У спортсменок с латеральным профилем АА качество функции равновесия было выше показателя у девочек контрольной группы на 27% ($p < 0,05$). Также у спортсменок было повышено значение средней угловой скорости на 58% ($p < 0,05$) и снижен показатель нормированной площади вектрограммы на 66% ($p < 0,05$) относительно девочек контрольной группы с латеральным фенотипом АА. У девочек с латеральным профилем АЛ выявлены различия показателей нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей и соотношения ЛС/УС: у спортсменок данные показатели отличались от значений в контрольной группе девочек, соответственно, на -55% ($p < 0,05$), -25% ($p < 0,05$), +22% ($0,05 < p < 0,1$) и -39% ($p < 0,05$).

При повороте головы налево, как и в предыдущей пробе, установлено снижение координационных качеств у обследованных девочек (табл. 15). Как и при повороте головы направо, в данной пробе снижение качества функции равновесия было в контрольной группе у девочек с латеральными профилями ПА и АП. В тоже время у девочек с сенсомоторными профилями асимметрии АА и АЛ значение КФР снижалось относительно фоновой пробы, соответственно, на 19% ($0,05 < p < 0,1$) и 17% ($0,05 < p < 0,1$). В контрольной группе у девочек с латеральным профилем ПА

наблюдали возрастание показателей нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей и соотношения ЛС/УС, соответственно, на 63% ($p < 0,05$), 111% ($p < 0,05$), 50% ($p < 0,05$) и 40% ($p < 0,05$); в группе девочек с сенсомоторным профилем асимметрии АА изменялись эти же показатели, соответственно, на 106% ($p < 0,01$), 81% ($p < 0,05$), 44% ($p < 0,05$) и 27% ($p < 0,05$) по сравнению с фоновой пробой. Тогда как в контрольной группе девочек с латеральными профилями АП и АЛ соотношения ЛС/УС при повороте головы налево не отличались от соответствующих показателей в фоновой пробе. Так, в группе с латеральным профилем АП увеличение нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей составило, соответственно, 61% ($p < 0,05$), 128% ($p < 0,01$) и 99% ($p < 0,05$), а в группе с латеральным профилем АЛ, - соответственно, 36% ($p < 0,05$), 82% ($p < 0,05$) и 88% ($p < 0,05$).

У юных спортсменок с латеральным профилем ПА наблюдали возрастание показателей нормированной площади вектрограммы на 78% ($p < 0,05$) и средней линейной скорости на 39% ($p < 0,05$) при повороте головы налево относительно фоновой пробы. У юных спортсменок с латеральным профилем АП при повороте головы налево происходили сходные изменения показателей НПВ и ЛСС, но также у них наблюдали повышение значения средней угловой скорости на 23% ($0,05 < p < 0,1$). Возрастание нормированной площади вектрограммы (на 60% $p < 0,05$) в пробе с поворотом головы налево у девочек-спортсменок с латеральным профилем АА выявлено одновременно с еще более значительным увеличением средней линейной (на 80%; $p < 0,05$) и угловой скоростей (на 54%; $p < 0,05$) при поддержании равновесия. Также выраженные изменения нормированной площади вектрограммы, средней линейной и угловой скоростей и соотношения ЛС/УС выявлены при повороте головы налево у спортсменок с латеральным профилем АЛ, а именно, на 63% ($p < 0,05$), 54% ($p < 0,05$), 24% ($0,05 < p < 0,1$) и 26% ($0,05 < p < 0,1$) (табл. 15).

Далее приведены результаты сравнения показателей стабิโลграммы в двух пробах: при повороте головы направо и налево (табл. 14–15).

Относительно значений стабิโลграммы в пробе с поворотом головы направо при повороте головы налево у девочек контрольной группы с латеральным профилем ПА были увеличены значения нормированной площади вектрограммы (на 63%; $p < 0,05$), средней линейной (на 25%; $p < 0,05$) и угловой скоростей (на 30%; $p < 0,05$). У девочек с латеральным профилем АП наблю-

дали возрастание средней линейной и угловой скоростей, соответственно, на 104% ($p < 0,05$) и 80% ($p < 0,05$). У девочек-амбидекстров по руке и глазу (АА) выявлено повышение значений средней линейной скорости на 43% ($p < 0,05$) и соотношения ЛС/УС на 37% ($p < 0,05$). У девочек контрольной группы с латеральным профилем АП установлено увеличение средней линейной и угловой скоростей, соответственно, на 91% ($p < 0,05$) и 92% ($p < 0,05$) при повороте головы налево относительно показателей в пробе с поворотом головы направо.

Изменения показателей стабиллограммы при повороте головы налево у спортсменок были менее выраженными относительно девочек контрольной группы. Так, у юных спортсменок с латеральными профилями асимметрии ПА и АА обнаружено повышение значения только нормированной площади вектрограммы, соответственно, на 47% ($p < 0,05$) и 33% ($p < 0,05$) относительно пробы с поворотом головы направо.

У спортсменок с сенсомоторным профилем асимметрии АП кроме возрастания нормированной площади вектрограммы (на 28%; $p < 0,05$) выявлено увеличение средней угловой скорости (на 33 %; $p < 0,05$) при повороте головы налево относительно пробы с поворотом головы направо.

Таблица 15

Показатели стабиллограммы в тесте с поворотом головы (поворот головы налево) у спортсменок и девочек, не занимающихся в спортивных секциях в зависимости латерального профиля по предпочтению руки и глаза

Латеральный профиль, в зависимости от предпочтения руки и глаза	Показатели стабиллограммы	контроль	спортсмены
ПА	КФР	69,45±3,81	79,34±3,59
	НПВ	0,26±0,010	0,25±0,12
	ЛСС	26,43±1,25	11,73±0,53*
	УСС	29,11±1,42	24,32±1,17
	ЛС/УС	0,91±0,48	0,48±0,026*
АП	КФР	65,17±3,21	80,42±3,99*
	НПВ	0,29±0,025	0,18±0,06*
	ЛСС	31,42±1,05	11,47±0,53*
	УСС	39,75±1,57	26,32±1,21*
	ЛС/УС	0,79±0,034	0,43±0,020*
АА	КФР	60,31±2,21	83,55±4,32*
	НПВ	0,33±0,012	0,16±0,075*

	ЛСС	24,47±1,35	13,79±0,62*
	УСС	27,56±1,52	40,64±1,77*
	ЛС/УС	0,89±0,044	0,34±0,016*
АЛ	КФР	63,58±3,06	81,14±3,44*
	НПВ	0,30±0,014	0,18±0,075*
	ЛСС	29,65±1,26	12,38±0,58*
	УСС	33,78±1,64	26,47±1,14*
	ЛС/УС	0,87±0,045	0,48±0,021*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Тогда как у юных спортсменок с латеральным профилем АЛ при повороте головы налево изменилось значение только средней угловой скорости (на 23%; $0,05 < p < 0,1$).

Также проводили сравнение показателей стабиллограммы между спортсменками и девочками, не посещающими спортивные секции, в пробе с поворотом головы налево (табл. 15). У юных спортсменок с латеральным профилем ПА значения средней линейной скорости и соотношения ЛС/УС были ниже, чем у девочек контрольной группы, соответственно, на 58% ($p < 0,05$) и 47% ($p < 0,05$). Качество функции равновесия в остальных группах спортсменок с разным латеральным профилем было выше, чем в контрольной группе в пробе с поворотом головы налево: в группе с латеральным фенотипом АП у спортсменок данный показатель превышал значение у девочек контрольной группы на 23% ($0,05 < p < 0,1$). В группах с латеральными профилями эта разница составила, соответственно, 38% ($p < 0,05$) и 28% ($p < 0,05$). Однако более высокий уровень поддержания равновесия у спортсменок с разными профилями сенсомоторной асимметрии при повороте головы налево обеспечивался за счет разных способов. Так, в группе с латеральным профилем АП у юных спортсменок были снижены значения средней линейной (на 63%; $p < 0,05$) и угловой скоростей (на 34%; $p < 0,05$) относительно контрольной группы. В группе с латеральным профилем АА у спортсменок выявлено сниженное значение средней линейной скорости (на 44%; $p < 0,05$) и повышение средней угловой скорости (на 47%; $p < 0,05$) относительно контрольной группы в данной функциональной пробе. У юных спортсменок с латеральным профилем АЛ относительно контрольной группы девочек отличалось лишь значение средней линейной скорости: оно было ниже у спортсменок на 58% ($p < 0,05$).

Таким образом, в тесте с поворотом головы выявлены различия способов поддержания равновесия у девочек в зависимости

как от индивидуального профиля асимметрии и типа сенсомоторного латерального профиля (предпочтения руки и глаза), а также между спортсменками и девочками, не занимающимися в спортивных секциях.

2.5. Особенности показателей стабิโลграммы у спортсменок с разным латеральным профилем в тесте на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы

В условиях изменения опорной поверхности, фактически при односторонней стойке, выявлены различия показателей стабילוграммы у девочек контрольной группы и юных спортсменок. У спортсменок, имеющих латеральный профиль «правша по руке и амбидекстр по глазу», показатель общего усилия левой ноги выше на 116% ($p < 0,05$), а правой – на 47% ($p < 0,05$) относительно девочек контрольной группы (табл. 16).

Показатели динамики давления стопы, как левой ноги, так и правой также выше было у юных спортсменок. При этом когда девочки контрольной группы выполняли тест на давление левой ногой, у них наблюдали в основном смещение в сторону носка, а когда правой – в сторону пятки. У спортсменок в обоих тестах выявлено смещение в сторону пятки; в тесте динамического усилия стопы правой ноги смещение в сторону пятки у спортсменок было значительно ниже относительно девочек контрольной группы.

Аналогичные различия показателей стабילוграммы установлены между спортсменками и девочками контрольной группы с латеральным профилем «амбидекстр по руке - доминирующий правый глаз» (табл. 17). У юных спортсменок с данным латеральным профилем показатель динамического усилия стопы выше на 32% ($p < 0,05$) относительно спортсменок с латеральным профилем ПА (табл. 16–17).

Таблица 16

Показатели стабילוграммы в контрольной группе девочек и у спортсменок и девочек с латеральным профилем «правая рука – амбидекстр по глазу»

Показатели стабילוграммы		контроль	спортсмены
Общее усилие, усл. ед.	Левая нога	31,47±1,42	67,85±3,24*
	Правая нога	60,94±2,75	89,42±4,27
Динамика стопы,	Преимущественно давил (левая нога)	-17164,36 ±834,17	-46532,75 ±229,49*

усл. ед.	Преимущественно давил (правая нога)	39467,83 ±154,02	54678,21 ±257,84*
	Смещение (левая нога)	15,36±0,73	-20,63±0,95
	Смещение (правая нога)	-43,74±1,99	-26,51±1,21*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Наиболее значительные различия показателей стабиллограммы в тесте на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы выявлены между девочками контрольной группы и спортсменками-амбидекстрами по руке и глазу (табл. 18). Показатель общего усилия при давлении левой ноги у спортсменок был выше на 270% ($p < 0,01$), а правой ноги - на 113% ($p < 0,01$) по сравнению с девочками контрольной группы. Значение динамического усилия стопы левой ноги у спортсменок отличалось от показателя девочек контрольной группы на 368% ($p < 0,01$), а правой ноги – на 214% ($p < 0,01$). Также необходимо заметить, что смещение стопы при давлении на платформу как левой, так и правой ногой у спортсменок происходило в сторону пятки, а у девочек контрольной группы – в сторону носка.

Таблица 17

Показатели стабиллограммы в контрольной группе девочек и у спортсменок с латеральным профилем «амбидекстр по руке – доминирующий правый глаз»

Показатели стабиллограммы		контроль	спортсмены
Общее усилие, усл. ед.	Левая нога	25,31±1,18	62,13±2,79*
	Правая нога	58,49±2,49	96,55±4,71*
Динамика стопы, усл. ед.	Преимущественно давил (левая нога)	-14378,52 ±697,34	-57820,15 ±239,07*
	Преимущественно давил (правая нога)	45981,40 ±241,02	72394,64 ±316,63*
	Смещение (левая нога)	27,13±1,28	-16,51±7,84*
	Смещение (правая нога)	-52,08±2,34	-22,83±1,08*

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Значительные различия показателей стабиллограммы в тесте на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы установлены между группами девочек с латеральным профилем «амбидекстр по руке – доминирующий левый глаз». У юных спортсменок значения общего усилия и динамики стопы при давлении на одну ногу было выше по сравнению с девочками контрольной группы, как и в группах с иными латеральными фенотипами (табл. 19).

Таблица 18

Показатели стабиллограммы в контрольной группе девочек и у спортсменок с латеральным профилем «амбидекстр по руке и глазу»

Показатели стабиллограммы		контроль	спортсмены
Общее усилие, усл. ед.	Левая нога	19,32±0,86	71,49±3,41*
	Правая нога	45,20±2,11	96,33±4,45*
Динамика стопы, усл. ед.	Преимущественно давил (левая нога)	-13428,71 ±637,78	-62874,42 ±315,39*
	Преимущественно давил (правая нога)	25409,28 ±130,47	79825,05 ±361,28*
	Смещение (левая нога)	12,48±5,77	-27,86±1,24*
	Смещение (правая нога)	23,31±1,22	-14,86±6,84*

* - достоверные отличия показателей у спортсменок относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Таким образом, у спортсменок, занимающихся черлидингом, общее усилие при давлении на одну ногу и динамика стопы превышает значения у девочек контрольной группы. Наиболее выраженные различия установлены между обследованными девочками, имеющих сенсомоторный профиль «амбидекстр по руке и глазу». Также показаны различия показателя смещения ноги в условиях односторонней стойки в зависимости от профиля сенсомоторной асимметрии. Это дает основание предполагать, что смещение положения тела при односторонней стойке (на одной ноге) зависит от функциональной межполушарной асимметрии, но в большей степени – от уровня тренированности. В том числе, у девочек-правшей контрольной группы при давлении на левую ногу корпус тела смещается в сторону носка, при давлении на

правую ногу – в сторону пятки. У девочек-амбидекстров контрольной группы при давлении на одну ногу (правую или левую) происходит смещение центра тяжести вперед, т.е. в сторону носка. В то же время у всех спортсменок при давлении на одну из ног смещение тела происходит только в сторону пятки.

Таблица 19

Показатели стабиллограммы в контрольной группе девочек и у спортсменок с латеральным профилем «амбидекстр по руке – доминирующий левый глаз»

Показатели стабиллограммы		контроль	спортсмены
Общее усилие, усл. ед.	Левая нога	14,45±6,52	57,51±2,43*
	Правая нога	32,60±1,27	84,59±3,95*
Динамика стопы, усл. ед.	Преимущественно давил (левая нога)	-16549,58 ±769,34	-49864,44 ±239,16*
	Преимущественно давил (правая нога)	29813,96 ±143,65	69722,64 ±328,32*
	Смещение (левая нога)	18,36±0,87	-39,42±1,53*
	Смещение (правая нога)	29,42±1,38	-26,74±1,29

* - достоверные отличия показателей у спортсменов относительно значений у девочек контрольной группы (при $p < 0,05$)

Далее представлены результаты сравнительного анализа миограммы отдельных групп мышц рук у девочек контрольной группы и юных спортсменок с разным латеральным профилем.

Таким образом, у спортсменок-чирлидингисток, в отличие от не занимающихся спортом девочек, при выполнении стабиллографического теста «Мишень» качество функции равновесия находится в отрицательной зависимости от линейных скоростей при поддержании центра тяжести. Спортсменкам-амбидекстрам характерны самые низкие значения линейных скоростей.

В пробах с поворотом головы у спортсменок устойчивость на стабиллоплатформе более высокая по сравнению с контрольными группами. При повороте головы направо у спортсменок-правшей снижены линейные, а у спортсменок-амбидекстров повышены угловые скорости; в пробе с поворотом головы налево у спортсменок-правшей снижены линейные и угловые скорости, а у спортсменок-амбидекстров – средние линейные скорости относительно девочек контрольных групп с аналогичными латеральными фенотипами. Наиболее высокие значения качества функции рав-

новесия в пробах с поворотом головы характерны для спортсменов амбидекстров по руке и глазу.

При выполнении теста на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы правшами контрольной группы смещение стопы при давлении левой ногой происходит в сторону носка, при давлении правой ногой – в сторону пятки, а у спортсменов в обоих тестах - в сторону пятки. Различий показателей смещения стопы при давлении правой ногой не выявлено между спортсменками и девочками контрольной группы с латеральным фенотипом «амбидекстры с доминированием левого глаза». Смещение положения тела при односторонней стойке (на одной ноге) зависит от уровня тренированности.

Из полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. У спортсменов-чирлидингисток в отличие от не занимающихся спортом девочек при выполнении стабилографического теста «Мишень» качество функции равновесия находится в отрицательной зависимости от линейных скоростей при поддержании центра тяжести. Спортсменкам-амбидекстрам характерны самые низкие значения линейных скоростей.

2. В пробах с поворотом головы у спортсменов устойчивость на стабиллоплатформе более высокая по сравнению с контрольными группами. При повороте головы направо у спортсменок-правшей снижены линейные, а у спортсменов-амбидекстров повышены угловые скорости; в пробе с поворотом головы налево у спортсменок-правшей снижены линейные и угловые скорости, а у спортсменов-амбидекстров – средние линейные скорости относительно девочек контрольных групп с аналогичными латеральными фенотипами. Наиболее высокие значения качества функции равновесия в пробах с поворотом головы характерны для спортсменов амбидекстров по руке и глазу.

3. При выполнении теста на изометрическое сокращение мышц ног и динамику усилия стопы правшами контрольной группы смещение стопы при давлении левой ногой происходит в сторону носка, при давлении правой ногой – в сторону пятки, а у спортсменов в обоих тестах - в сторону пятки. Различий показателей смещения стопы при давлении правой ногой не выявлено между спортсменками и девочками контрольной группы с латеральным фенотипом «амбидекстры с доминированием левого глаза». Смещение положения тела при односторонней стойке (на одной ноге) зависит от уровня тренированности.

3. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕНСОМОТОРНЫХ РЕАКЦИЙ

В настоящее время в современных научных исследованиях метод измерения времени сенсомоторных реакций находит широкое применение (Houglund et al., 2012). Благодаря своей простоте и информативности этот метод с успехом может применяться для оценки физиологических процессов детского организма даже в неонатальный период (Donega et al., 2013). Время условнорефлекторного сенсомоторного поведения человека является удобным лабораторным показателем для оценки функциональных состояний и деятельностных характеристик индивидуума (Stoeckel et al., 2012). Появление компьютерных методик существенно облегчило процедуру регистрации времени реакции, расширило возможности экспериментаторов. Одной из наиболее удобных, получивших широкое распространение методик изучения свойств и состояний динамики нервных процессов и нервно-мышечной координации является рефлексометрия. Рефлексометрия (рефлекс + греч. *metreo* - измерять) - измерение силы и (или) скорости рефлекторных реакций (Малая медицинская энциклопедия, 1991–1996). Под временем двигательной реакции понимается время от начала действия какого-либо пускового сигнала при требовании реагировать «как можно быстрее» до начала ответного действия на этот сигнал. Достоинствами рефлексометрии являются его неинвазивность, экспрессность, возможность частых повторных обследований больных в динамике при их лечении, его необременительность для пациентов (Салей, 1998).

Время реакции – интервал между началом предъявления раздражителя и началом ответной реакции, обычно двигательной. Время реакции человека (или латентный период), время от начала подачи сигнала до ответной реакции организма делится на 3 фазы: время прохождения нервных импульсов от рецептора до коры головного мозга; время, необходимое для переработки нервных импульсов и организации ответной реакции в центральной нервной системе; время ответного действия организма. ВР человека зависит от модальности стимула, иначе говоря, от вида сигнала-раздражителя, интенсивности раздражителя, тренированности, настроенности на восприятие сигнала, возраста и пола, сложности реакции (простая или избирательная). ВР человека на дискретные независимые раздражители меняется в широких пределах. Однако время ответной реакции на стимул не может быть ниже определенного физиологического предела, или

так называемого «несократимого минимума», который составляет около 100 мс (Карпенко, 1988). Обычно для простой реакции среднее ВР человека в самых благоприятных случаях не менее 0,15 сек., а при распознавании зрительных образов не менее 0,4 сек.

С другой стороны, системный анализ условнорефлекторных сенсомоторных реакций человека необходим для познания психофизиологических закономерностей высшей нервной деятельности человека (Бойко, 1964). Как показывает история и современное состояние вопроса, время реакции (ВР) является очень тонким и универсальным показателем процессов высшей нервной деятельности человека, экспериментальное изучение которых представляет многосторонний практический интерес (Ендриховский и др., 1996). Кроме того, ВР используется в качестве оценки функционального состояния нервной системы, отражающей такие основные свойства нервной системы как возбудимость, лабильность и реактивность (Dassonville et al., 1999; Лоскутова, 1975; Мачинская и др., 1997; Невская и др., 1998).

Экспериментально показано, что под влиянием тренировки ВР не только укорачивается, но и стабилизируется, т. е. становится менее подверженным различного рода влияниям. Укорочение ВР наиболее существенно в первые дни выполнения соответствующих упражнений (Чуприкова, 2003; Makarenko et al., 2005). Кроме того, простая реакция поддается влиянию упражнений в заметно меньшей степени, чем реакция выбора. В частности, после лишь одного дня занятий ВР выбора может сократиться на 30–40%, тогда как простой сенсомоторной реакции – лишь на 10%.

Начиная с 3,5–4 лет и до 18–20 лет время реакции неуклонно сокращается, затем оно стабилизируется, а после 40 лет, по мере старения, постепенно возрастает (Гаккель и др., 1962). В возрастной период от 7 до 10 лет у детей возрастает устойчивость внимания и скорость зрительно-моторных реакций, зависящая от степени экстравертированности ребенка. У девочек более выражено улучшение показателей когнитивной деятельности, концентрации внимания и эмоциональной регуляции, у мальчиков – сенсомоторных свойств центральной нервной системы (Канжин, 2004).

На возрастном этапе от 5 до 15 лет показано также чередование периодов резкого уменьшения времени реакции и его относительной стабилизации. Показаны также половые различия при выполнении сенсомоторных тестов: испытуемые мужского пола имеют преимущества в скорости при выполнении простых сенсо-

моторных реакций и совершают большее количество ошибок при дифференцировке зрительных стимулов. Наибольшие возрастные изменения латентных периодов реакций у мальчиков проходят на 1–2 года позже, чем у девочек. Показано отставание детей с задержкой психического развития от нормативных показателей по времени дифференцировочных реакций на 1–3 года, по времени простых сенсомоторных реакций – на 1 год. Дети с задержкой церебрально-органического генеза отстают от нормативных показателей преимущественно по длительности времени дифференцировочных реакций (Зайцев, 2000).

Кроме того, время реакции детерминировано врожденными особенностями ВНД и поэтому может служить индикатором основных свойств нервной системы (Ильин, 2005; Небылицын, 1976). Свидетельством того, что ВР отражает устойчивые индивидуальные характеристики, является тот факт, что вариационные кривые, построенные на основании замеров, сделанных в разные дни и часы у одного и того же лица, как правило, сохраняют «свой индивидуальный портрет» (Лоскутова, 1975). При этом, однако, форма распределения ответных реакций варьирует в соответствии с изменением функционального состояния человека (Зимкин, 1978).

Сенсомоторные тесты используются также для изучения нейрофизиологических параметров функционирования головного мозга, когнитивных процессов (Касатикова и др., 1999; Michelson, 1983). Установлена взаимосвязь между интеллектуальными способностями человека и скоростью зрительно-моторных реакций (Звягина и др., 1999; Касатикова и др., 1999; Олыпанникова, 1962).

Качество сенсомоторных реакций человека зависят от его функционального состояния. В качестве свидетельства ухудшения функционального состояния рассматривается увеличение числа ошибок, времени как простых реакций, так и реакций выбора (Лоскутова, 1975; Павлова, 1988).

Одним из важнейших факторов, влияющих на время реакции, является абсолютная (физическая) и относительная (физиологическая, зависящая от состояния возбудимости анализатора) силы пускового сигнала. При прочих равных условиях и в определенных физиологических пределах, чем больше энергии поступает от пускового раздражителя в ЦНС, тем быстрее протекает реакция мозга во всех ее звеньях и тем энергичнее конечный рефлекторный эффект, если только не имеется каких-либо объективных причин, маскирующих действие этого закона («основного

количественного закона теории условных рефлексов» по терминологии, принятой в школе И. П. Павлова). В частности, при увеличении площади светового или температурного раздражителей ВР заметно убывает. Оно убывает также при перемещении зрительного сигнала от центра поля зрения к периферии, причем в неодинаковой степени по разным направлениям. При очень малых длительностях светового или звукового сигналов (до 30–50 мс) ВР убывает с удлинением раздражения, а начиная с 50 мс, наоборот, возрастает. Обнаружена также закономерная разница в величинах ВР в ответ на появление или исчезновение, а также на увеличение или ослабление интенсивности световых и звуковых раздражителей (Бойко, 1964).

Существует два принципиально различных способа измерения ВР. Их отличительная особенность состоит в том, что в одном случае реакция осуществляется по принципу «заранее оговоренный стимул – определенный вид ответа» (проба «время простой сенсомоторной реакции»), а в другом предусматривается необходимость избирательного реагирования на разные (по форме, цвету, размеру и другим признакам) стимулы (проба «время сложной сенсомоторной реакции»).

Простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР).

Методика экспресс-оценки состояния центральной нервной системы по параметрам простой зрительно-моторной реакции. Применение ПЗМР в этих целях обосновано работами Н.В. Зимкиной (1978). В соответствии с этими работами в основе оценки функционального состояния ЦНС лежит анализ уровня и стабильности сенсомоторных реакций человека в ответ на световые раздражители. Вычисляется уровень функциональных возможностей центральной нервной системы и церебральный гомеостаз, кроме того, регистрируются: максимальная, минимальная и средняя величины времени реакции на зрительный стимул, а также мода, амплитуда моды, среднеквадратичное отклонение и размах интервалов времени между предъявлением светового раздражителя и реакцией обследуемого (Небылицын, 1976; Makarenko et al., 1999).

Время зрительно-моторной реакции определяется тем, что любой новый раздражитель сначала вызывает ориентировочную реакцию с более или менее обширной и длительной иррадиацией возбуждательного процесса по коре больших полушарий, которая затем сменяется фазой концентрации. По мере повторения раздражителя имеет место привыкание, которое сопровождается все менее выраженной иррадиацией возбуждения с одновременным

повышением динамичности возникающих нервных процессов. Постепенная редукция фазы иррадиации и достижение определенного уровня хронической (или статической) концентрации возбудительного процесса в коре, по-видимому, и являются одной из важнейших причин укорочения времени зрительно-моторной реакции (Шерстяных, Сулин, 1998).

В настоящее время установлено влияние индивидуальных особенностей типа высшей нервной деятельности (ВНД) на сенсомоторные реакции человека. Наличие такой зависимости указывает на то, что время реакции детерминировано врожденными особенностями ВНД и поэтому может служить индикатором основных свойств нервной системы (Небылицын, 1976; Ильин, 2005). Этот вывод позволил В.Д. Небылицыну (1976) разработать методику оценки силы нервных процессов по показателям времени зрительно-моторной реакции. Методика основана на различном проявлении «закона силы» у лиц с сильной и слабой нервной системой. У лиц с высокой подвижностью торможения время реакций на любые раздражители (световые, звуковые, сильные, слабые) оказывается, как правило, короче, чем у лиц с низкой подвижностью.

При высокой тренированности время простой двигательной реакции составляет 0,15–0,20 сек. (Тарасова и др., 2000).

Сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР).

Более полную информацию о функциональном состоянии ЦНС и анализаторов можно получить, определяя время сложной реакции. При этом используется не один, а несколько разных сигналов, каждому из которых соответствует определенная ответная реакция. Например, при загорании зеленой лампы нужно нажать на одну кнопку, а при загорании красной лампы – на другую. В этом случае до ответного движения проходит больше времени, чем при простой реакции, так как обследуемый затрачивает его на принятие решения. При утомлении все показатели ухудшаются. Регистрируются время ответной реакции и ошибка реагирования (пропуск, преждевременное нажатие, неправильная реакция).

Рефлекторная двигательная реакция на сложные зрительные стимулы менее изучена. Установлено, что длительность реакции во многом определяется центральным нервным звеном структуры движения. В соответствии с современными представлениями центральное звено формирует моторную программу и пусковой сигнал (Голубева, 1980). В этой связи время двигательной реакции используют также в качестве критерия формирования и реализации программы движений – некоего алгоритма, со-

стоящего из команд, имеющих конкретную последовательность возбуждения и торможения нервных центров (Гиппенрейтер, 1996).

У детей, занимающихся спортом, реактивность нервной системы интенсивно развивается во второй год занятий. Авторы, изучавшие влияние занятий спортом на основные свойства нервной системы, не разграничивая понятия «подвижность и лабильность нервных процессов», отмечали высокие показатели подвижности у представителей игровых видов спорта (Гребаус, 1960).

В данном разделе монографии представлены результаты исследования сложной зрительно-моторной реакции у детей 10-16 лет, занимающихся легкой атлетикой. Описание групп обследованных юных легкоатлетов представлено в п. 1.1.1.

3.1. Метод исследования сложной зрительно-моторной реакции

Для обеспечения многоуровневого контроля исследуемых психофизиологических характеристик человека использовали устройство психофизиологического тестирования УПФТ «Психофизиолог» (производство фирмы «Медиком МТД», г. Таганрог). Благодаря высокой мобильности, обусловленной малой массой, габаритами, выдаче тестирующих заданий на жидкокристаллическом дисплее, а также батарейным питанием и беспроводными коммуникациями, УПФТ может применяться как в специализированных, так и в не предназначенных для этого помещениях. Обработка и анализ осуществляется как средствами самого УПФТ, так и на компьютере инструктора посредством инфракрасного канала (Демакова, Шерстяных, 2004).

Проведение тестирования учащихся осуществляли в первой половине дня после подробного инструктажа. Суть метода сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР) заключается в том, что испытуемый должен как можно быстрее и без ошибок на красный сигнал нажимать кнопку «нет», а на зеленый – кнопку «да».

В тесте СЗМР оценивали уровень быстродействия и уровень безошибочности. Данные показатели измеряют в относительных единицах: 5 – высокий; 4 – выше среднего; 3 – средний; 2 – ниже среднего; 1 – низкий.

Уровень сенсомоторных реакций также оценивается в относительных единицах по следующей 5-бальной шкале: 1 – высокий; 2 – выше среднего; 3 – средний; 4 – ниже среднего; 5 – низкий.

При проведении теста СЗМР мы анализировали также среднее время реакции (мс) на сложные зрительные стимулы.

3.2. Показатели сложной зрительно-моторной реакции в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет

Уровень безошибочности – показатель, отражающий суммарное число ошибок в относительных единицах. Оценивается компьютерной программой «Медиком МТД» по 5-бальной оценочной шкале, где 1 – низкий (более 5 ошибочных реакций), 2 – ниже среднего (3-4 ошибочные реакции), 3 – средний (2 ошибочные реакции), 4 – выше среднего (1 ошибочная реакция), 5 – высокий уровень безошибочности (0 ошибочных реакций). Установлено, что у мальчиков 10 и 11 лет уровень безошибочности достоверно не отличался. В 3 группе данный показатель увеличивался на 46 % ($p < 0,05$) относительно 2 группы мальчиков, после чего в 4 группе отмечено снижение уровня безошибочности на 46% ($p < 0,05$) относительно 3 группы. В 5 группе мальчиков наблюдали увеличение уровня безошибочности на 67% ($p < 0,05$) по сравнению с 4 группой, а у мальчиков 15-16 лет достоверного изменения данного показателя не отмечено.

У девочек отмечено снижение уровня безошибочности в возрасте 12 лет, далее наблюдали постепенное увеличение данного показателя и в возрасте 16 лет уровень безошибочности снижался на 40% ($p < 0,05$) по сравнению с 15-летними девочками. Достоверные половые различия уровня безошибочности установлены в 2, 3, 6 и 7 группах (рис. 17).

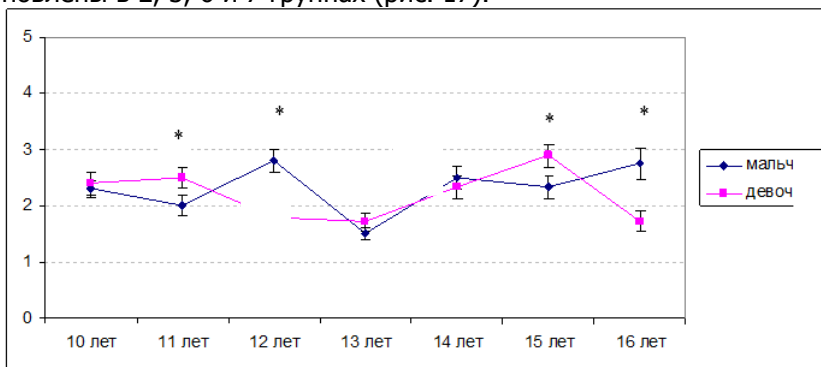


Рис. 17. Уровень безошибочности (усл.ед.) в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет:

* - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Таким образом, средние показатели уровня безошибочности наблюдали у мальчиков 12 и 16 лет и девочек 15 лет, во всех остальных группах детей отмечен сниженный уровень безошибочности на сложный зрительный стимул. Наиболее низкий показатель уровня безошибочности отмечен у подростков 13 лет. Следует отметить, что в данном возрасте у мальчиков и девочек наблюдали также снижение качества функции равновесия.

Уровень бысродействия – показатель, отражающий время сенсомоторной реакции на сложный зрительный стимул. Как и уровень безошибочности оценивается по 5-бальной оценочной шкале. Анализ полученных результатов исследования показал увеличение уровня бысродействия у мальчиков 4 группы на 37% ($p < 0,05$) относительно 3 группы до значений выше среднего, после чего с возрастом уровень бысродействия достоверно не изменялся. У девочек отмечено постепенное увеличение данного показателя к 14-летнему возрасту, однако в возрасте 15 лет отмечено снижение уровня бысродействия на 29% ($p < 0,05$) относительно девочек 5 группы. Однако у девочек 16 лет уровень бысродействия вновь увеличивался на 42% ($p < 0,05$) относительно 15-летних школьниц. Таким образом, для подростков 13–16 лет характерны показатели уровня бысродействия, соответствующие значениям выше среднего (исключение девочки 15 лет) (рис. 18).

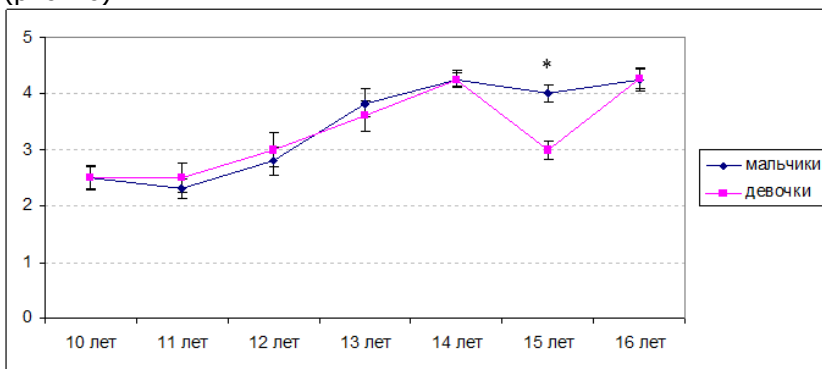


Рис. 18. Уровень бысродействия (усл. ед.) в контрольных группах мальчиков и девочек 10–16 лет:

* - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Анализируя уровень бысродействия и уровень безошибочности, следует отметить, что у мальчиков 10–11 лет наблюда-

ются сниженные показатели скорости и качества реакции на сложные зрительные стимулы. К 12 годам скорость и качество работы увеличиваются до средних значений. В 13 лет увеличение уровня бысродействия до значений выше среднего сопровождается снижением качества работы. После чего в возрасте 14–16 лет высокая скорость реакции на зрительные стимулы сохраняется, однако при этом отмечено снижение количества ошибочных сенсомоторных реакций.

У девочек повышение количества ошибочных реакций в возрасте 12–13 лет сопровождается повышением скорости работы. По всей видимости, наступление менархе у большинства девочек в данный период приводит к снижению качества и скорости зрительно-моторной реакции. Часто девочки в этот период рассеяны, быстро утомляются, у них снижается уровень внимания. Следует отметить, что к 13 годам у девочек также снижается вестибулярная устойчивость. Наиболее высокий уровень безошибочности у девочек отмечен в возрасте 15 лет, однако сохранение качества работы обеспечивается за счет низкой скорости. Повышение скорости зрительно-моторной реакции сопровождается у девочек-подростков увеличением количества ошибочных реакций, что отчетливо просматривается у 16-летних девушек.

Среднее время сложной зрительно-моторной реакции отражено в табл. 20. Достоверные половые различия выявлены в возрасте 15 лет.

Таблица 20

Среднее время реакции (мс) у мальчиков и девочек 1–7 контрольных групп ($M \pm m$)

№ группы	Пол	Среднее время реакции
1 группа	Мальчики	590±30
	Девочки	593±25
2 группа	Мальчики	530±50
	Девочки	588±83
3 группа	Мальчики	542±55
	Девочки	519±59
4 группа	Мальчики	443±60
	Девочки	461±46
5 группа	Мальчики	416±20
	Девочки	413±27
6 группа	Мальчики	430±22*
	Девочки	509±23

7 группа	Мальчики	412±21
	Девочки	410±31

Примечание: * - отличия достоверны относительно девочек

Уровень сенсомоторных реакций является интегральным показателем, отражающим уровень дифференцировки, быстроту и качество реакции на зрительный стимул. Уровень сенсомоторных реакций оценивается по следующей 5-бальной шкале: 1 – высокий; 2 – выше среднего; 3 – средний; 4 – ниже среднего; 5 – низкий. В нашем исследовании установлено, что у мальчиков и девочек 10–12 лет уровень сенсомоторных реакций соответствовал значениям высоким – выше среднего.

К 13-летнему возрасту уровень сенсомоторных реакций снижался до средних значений, после чего постепенно увеличивался до значений выше среднего. Достоверных половых различий уровня сенсомоторных реакций не выявлено (табл. 21).

Таблица 21

Уровень сенсомоторных реакций (усл. ед.) у мальчиков и девочек 10–16 лет контрольных групп ($M \pm m$)

№ группы	Пол	Уровень сенсомоторных реакций
1 группа	Мальчики	1,7±0,36
	Девочки	2,1±0,40
2 группа	Мальчики	1,5±0,42
	Девочки	1,5±0,44
3 группа	Мальчики	1,6±0,40
	Девочки	1,4±0,36
4 группа	Мальчики	3,2±0,34
	Девочки	3,0±0,40
5 группа	Мальчики	2,6±0,42
	Девочки	2,5±0,44
6 группа	Мальчики	2,5±0,46
	Девочки	2,5±0,44
7 группа	Мальчики	2,2±0,36
	Девочки	2,5±0,38

Таким образом, снижение вестибулярной устойчивости у подростков 13 лет сопровождается также снижением уровня сенсомоторных реакций на сложные зрительные стимулы.

3.3. Показатели сложной зрительно-моторной реакции у юных легкоатлетов 10–16 лет

При анализе показателей СЗМР у мальчиков с высоким уровнем физических нагрузок установлено, что уровень безошибочности снижается в 3 группе на 41% ($p < 0,05$) относительно 2 группы и в 4 группе на 21% ($p < 0,05$) по сравнению с 3 группой. У мальчиков 14, 15 и 16 лет отмечено достоверное увеличение уровня безошибочности с возрастом. У девочек уровень безошибочности снижается во 2 группе на 13% ($p < 0,05$) и в 3 группе на 15% ($p < 0,05$) относительно 1 и 2 групп соответственно. У девочек 13 и 14 лет данный показатель увеличивался, а в возрасте 15-16 лет достоверно не изменялся (рис. 19).

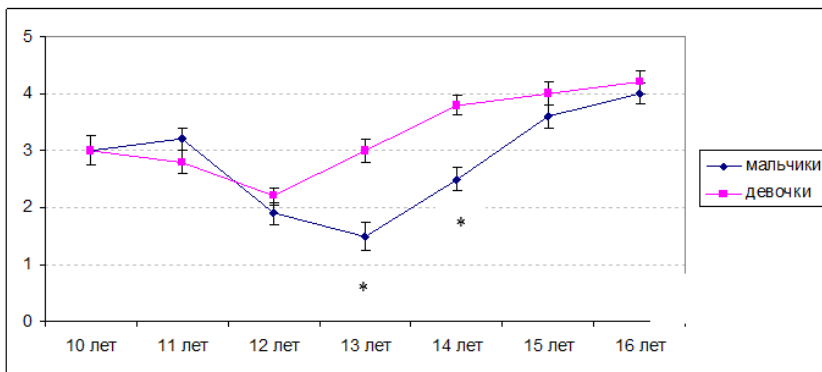


Рис. 19. Уровень безошибочности (усл.ед.) у юных легкоатлетов 10-16 лет. * - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Следует отметить, что у мальчиков с высоким уровнем двигательной активности уровень безошибочности выше в 1, 2, 6 и 7 группах на 30 % ($p < 0,05$), 60% ($p < 0,05$), 55% ($p < 0,05$) и 45% ($p < 0,05$) относительно соответствующих групп контроля. Однако в 3 группе мальчиков-спортсменов уровень быстродействия на 32% ($p < 0,05$) ниже, чем в 3 контрольной группе. У девочек-спортсменов уровень безошибочности выше, чем у девочек контрольных групп (исключение девочки 11 лет, у которых различия данного показателя не являются статистически значимыми).

Уровень быстродействия снижался у мальчиков к 13 годам, а в возрасте 14 лет увеличивался на 57 % ($p < 0,05$) по сравнению с 13-летними спортсменами. У девочек с высоким уровнем двигательной активности уровень быстродействия снижался в 3 группе

на 17% ($p < 0,05$) относительно 2 группы, далее с возрастом отмечено постепенное увеличение данного показателя. Достоверные половые различия уровня быстродействия выявлены в возрасте 12 и 13 лет (рис. 20).

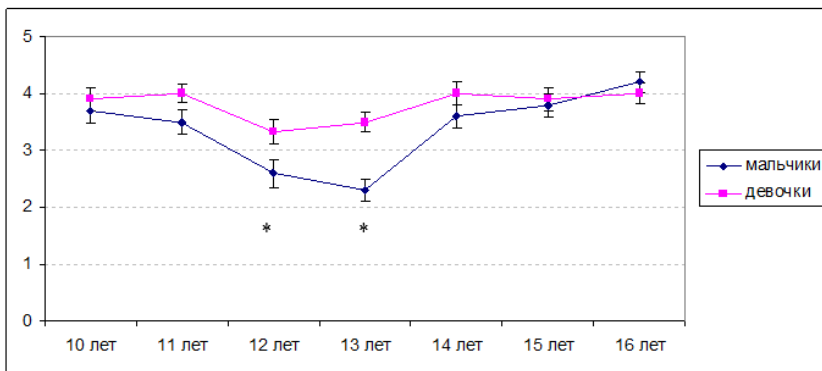


Рис. 20. Уровень быстродействия (усл.ед.) у юных легкоатлетов 10–16 лет. * - отличия достоверны относительно показателей у девочек

Анализируя различия уровня быстродействия, следует отметить, что у мальчиков с высоким уровнем двигательной активности данный показатель выше в 1 и 2 группах на 48% ($p < 0,05$) и 52% ($p < 0,05$) и ниже в 4 и 5 группах на 40% ($p < 0,05$) и 15% ($p < 0,05$) относительно соответствующих групп контроля. У девочек уровень быстродействия в возрасте 10, 11 и 15 лет выше на 56% ($p < 0,05$), 60% ($p < 0,05$) и 30% ($p < 0,05$) соответственно относительно контроля.

Следует также отметить, что у мальчиков 10-11 лет средние значения уровня безошибочности соответствуют уровню быстродействия выше среднего. В возрасте 12 и 13 лет у мальчиков отмечено резкое снижение качества и скорости работы (уровень безошибочности и быстродействия – ниже среднего). Данный факт может быть связан с наличием асимметрии векторных показателей у мальчиков данного возраста при проведении теста с поворотом головы. У мальчиков-спортсменов 15-16 лет отмечено увеличение качества и скорости реакции на зрительные стимулы до значений выше среднего.

У девочек 10–11 лет, так же как у мальчиков, средние значения уровня безошибочности соответствуют уровню быстродействия выше среднего. В 13-летнем возрасте качество и скорость работы снижаются, постепенно увеличиваясь далее к 16-

летнему возрасту. У девочек-спортсменов 14–16 лет скорость и качество выполнения теста соответствует значениям выше среднего.

В таблице 21 представлены значения среднего времени сложной зрительно-моторной реакции.

Уровень сенсомоторных реакций у подростков 1–2 групп – средний, далее снижается у подростков 3 и 4 групп до значений ниже среднего, а в 6–7 группах увеличивается до показателей выше среднего. Достоверные половые различия установлены в 3–5 группах (у мальчиков уровень сенсомоторных реакций достоверно ниже, чем у девочек) (табл. 22).

Таблица 21

Среднее время реакции (мс) у юных легкоатлетов 1–7 групп (M±m)

№ группы	Пол	Среднее время реакции
1 группа	Мальчики	447±32
	Девочки	430±34
2 группа	Мальчики	454±59
	Девочки	425±25
3 группа	Мальчики	552±52*
	Девочки	478±48
4 группа	Мальчики	585±62*
	Девочки	454±38
5 группа	Мальчики	480±40
	Девочки	456±42
6 группа	Мальчики	472±46
	Девочки	435±44
7 группа	Мальчики	400±40
	Девочки	460±44

Примечание: * – отличия достоверны относительно девочек

Таблица 22

Уровень сенсомоторных реакций (усл.ед.) у юных легкоатлетов 10–16 лет (M±m)

№ группы	Пол	Уровень сенсомоторных реакций
1 группа	Мальчики	2,7±0,40
	Девочки	2,7±0,38
2 группа	Мальчики	2,7±0,44
	Девочки	2,6±0,42
3 группа	Мальчики	3,8±0,38

Биология и общая патология

	Девочки	3,3±0,48
4 группа	Мальчики	3,9±0,44*
	Девочки	2,8±0,48
5 группа	Мальчики	3,0±0,38*
	Девочки	2,1±0,36
6 группа	Мальчики	2,3±0,42
	Девочки	2,1±0,40
7 группа	Мальчики	2,0±0,36
	Девочки	1,9±0,49

Примечание: * - отличия достоверны относительно девочек

Кроме того, у мальчиков-легкоатлетов 1-4 групп уровень сенсомоторных реакций достоверно ниже, чем у мальчиков соответствующих контрольных групп. У девочек-спортсменов 1-3 групп уровень сенсомоторных реакций также ниже, чем в контрольных группах девочек. Таким образом, у легкоатлетов 10–12 лет качество сенсомоторных реакций на сложные зрительные стимулы снижено относительно детей контрольных групп. Данный факт необходимо учитывать при организации спортивных тренировок у младших подростков.

Таким образом, у мальчиков в возрасте 12–13 лет и у девочек 12 лет, занимающихся легкой атлетикой, снижается скорость реакции и увеличивается количество ошибочных реакций на зрительный стимулы. У детей с высоким уровнем двигательной активности выявлены также половые различия уровня выполнения сенсомоторных тестов – у мальчиков 13-14 лет наблюдается сниженное качество реакций на стимулы, а в возрасте 12-13 лет отмечено увеличение времени дифференцировки зрительных стимулов по сравнению с девочками.

Известно, что время сенсомоторных реакций существенно снижается с 3,5 лет вплоть до юношеского возраста, достигая устойчивого уровня, т.е. с возрастом растет стабильность ответных реакций (Бойко, 1964; под ред. Фарбер и др., 1990). В настоящее время данный факт объясняют гипотезой глобального увеличения скорости переработки информации с возрастом (Айзенк, 1995; David, 1998). В исследованиях отечественных авторов доказано наличие функциональных перестроек в организации и структуре двигательных актов, подчеркивается важная роль в этих процессах двигательного научения и второй сигнальной системы (Бернштейн, 1990; Лурия, 1973), однако конкретные механизмы происходящих изменений остаются невыясненными.

В подростковом возрасте наблюдается изменение функци-

онирования психических процессов, уменьшение объема внимания, снижение скорости его переключения, снижение способности распределения внимания и его концентрации. Условное торможение, особенно дифференцированное, ослабевает. В нашем исследовании установлено, что у подростков отмечен сниженный уровень безошибочности, особенно у мальчиков и девочек 13 лет.

Начало полового созревания характеризуется резким повышением активности гипоталамо-гипофизарной системы – центрального звена регуляции желез внутренней секреции. Поскольку гипоталамус является одной из важнейших структур лимбической системы, повышение его активности не может не сказаться на функциональном взаимодействии структур мозга и возможностях системы регуляции и контроля корковой активации (Дубровинская и др., 2000; Nielsen et al., 2011; Мociienko, 2012; Trickett et al., 2010). Для подростков типично общее повышение возбудимости ЦНС, преобладание процессов возбуждения над процессами торможения. Нами установлено, что у большинства подростков 13–16 лет (в большей степени у мальчиков) отмечен уровень быстродействия выше среднего.

Ошибочные реакции при выполнении зрительно-моторных тестов обусловлены неправильным принятием решения в процессе выбора, что связано как с нарушением когнитивных процессов, так и с регуляцией психофизиологических процессов, обеспечивающих высшую нервную деятельность, в том числе, концентрацию, переключения и объема внимания (Канжин, 2004).

Систематическое вовлечение мышечной системы в двигательную активность оказывает огромное влияние на весь организм, а также стимулирует интеллектуальную деятельность человека, повышает продуктивность умственного труда. Важнейшим условием, повышающим работу памяти, является здоровое состояние нервов, для чего необходимы физические упражнения. Под влиянием физических тренировок увеличивается сила и подвижность нервных процессов в коре головного мозга. При снижении функционального состояния организма время реакции существенно увеличивается (Яковлев, Литовченко, 2005).

Так, по данным Н. Р. Мociienko (2012), у учеников спортивных классов нервные процессы характеризуются более высокими нейродинамическими качествами. Длительные физические нагрузки в зависимости от типологической градации видов спорта способствуют повышению активации этих процессов, улучшению показателей сенсомоторных реакций, которые влияют на некоторые функции внимания. При этом у мальчиков спортивных клас-

сов более высокая функциональная подвижность нервных процессов, что обеспечивает более короткий скрытый период комплекса сенсомоторных реакций выбора правильного стимула, более интенсивную активацию скорости обработки информации и переключения внимания. Все проанализированные автором параметры нейродинамических реакций могут изменяться в зависимости от продолжительности физических тренировок.

Согласно проведенному исследованию у детей с высоким уровнем двигательной активности снижается уровень сенсомоторных реакций в 10–12-летнем возрасте относительно контрольной группы школьников, в 13–16 лет значимых различий со школьниками со средним уровнем двигательного режима нет. Проведенный статистический анализ взаимодействия разных факторов показал, тем не менее, взаимосвязь факторов «двигательная активность» и с показателями сложной зрительно-моторной реакции. Но с фактором «возраст» связь этих показателей выявлена только у мальчиков. Вероятно, в пубертатный период наиболее интенсивно происходит становление сенсомоторных качеств именно у мальчиков, тогда как у девочек эти качества в большей степени уже сформированы в период первого детства. Также нужно отметить, что в отличие от данных литературы, где сообщают, что девочки старших классов демонстрируют более высокие показатели нейродинамических процессов вне зависимости от уровня тренированности (Vadziuk et al., 2004), нами были получены противоположные результаты. У всех обследованных школьников с разным уровнем двигательной активности среди мальчиков уровень нейродинамических показателей превышал таковой у девочек.

Установленные возрастно-половые особенности координационных качеств и сенсомоторных реакций у детей с разным уровнем двигательной активности можно использовать в качестве психофункционального обоснования ведения образовательной деятельности с детьми и подростками.

Также в области спортивной физиологии уделяют большое внимание и моторной асимметрии нижних конечностей (Семенов, 2009; Расулов и др., 2011; Fousekis et al., 2011; Parkin et al., 2001; Rahnama et al., 2005 и др.), поскольку от индивидуальных особенностей асимметрии ног зависят координационные возможности и точность движений. Однако кроме асимметрий опорно-двигательного аппарата в спортивной деятельности важны и сенсорные асимметрии. Динамические виды спорта в этом плане очень удобны для изучения роли сенсорных асимметрий в успеш-

ности к конкретному виду спорта. Время-пространственные ограничения при совершении движений требуют от спортсмена способности к быстрому предугадыванию намерений противника каждый следующий момент времени (Yarrow et al., 2009). В результате способности к быстрому реагированию позволяет спортсмену совершать точные согласованные движения. К настоящему времени появились работы, в которых установлено, что для спортсмена-правши представляется достаточно сложным предугадать реакцию своего противника-левши (Hagemann, 2009; Loffing et al., 2012, 2015).

В следующем разделе монографии представлены результаты исследования зрительно-моторного реагирования у юных теннисистов с разным латеральным фенотипом спустя полгода после начала спортивных тренировок и через год после первого обследования.

Дизайн обследования юных теннисистов

В обследовании приняли участие 211 мальчиков 7,5–15,5-летнего возраста (в табл. 1 указан средний возраст в каждой возрастной группе), посещавших секцию настольного тенниса. Первое обследование юных теннисистов проводили тогда, когда время посещения секции было в среднем 0,5 года; через 1 год проводили повторное обследование. Контрольную группу составили 251 мальчиков, не посещавших спортивные секции. У всех обследованных определяли индивидуальный профиль асимметрии (ИПА). По возрастному критерию и результатам определения ИПА мальчиков делили на группы (табл. 23).

Частота встречаемости латеральных фенотипов в контрольных группах и у юных спортсменов различалась, особенно частота синестральных признаков у теннисистов старшей возрастной группы (табл. 24), что можно объяснить тем, что среди профессиональных теннисистов, согласно статистике, около 40 % левшей; имеющим синестральные признаки начинающим теннисистам также легче адаптироваться к данному виду спорта.

Таблица 23

Количество обследованных юных спортсменов и мальчиков контрольной группы с разным латеральным профилем асимметрии

возраст	Латеральный профиль	группы	
		Контроль, n	Спортсмены, n
7,5–9,5 лет	ПППП	22	18
	ППЛП	25	21
10,5–12,5	ПППП	22	17

лет	ПППЛ	22	19
	ППЛП	20	22
	ЛПЛП	17	17
13,5–15,5 лет	ПППП	20	16
	ПППЛ	23	17
	ППЛП	21	19
	ЛПЛП	20	15
	ППЛЛ	22	17
	ЛЛЛЛ	17	13
Всего		251	211

Для определения возрастных особенностей изменения изучаемых показателей в контрольной группе мальчиков обследование проводили дважды (как и у теннисистов).

В ходе обследования мальчиков были выделены следующие латеральные фенотипы с градуально нарастающей праволатеральностью сенсомоторных асимметрий:

1) абсолютные левши (ЛЛЛЛ), 2) леволатеральный фенотип с ведущими правой ногой и правым ухом – ЛПЛП, 3) преимущественно леволатеральный с ведущим правым глазом – ЛППЛ и ЛЛПЛ, 4) леворукие с правыми сенсорными асимметриями – ЛППП и ЛЛПП, 5) амбидекстры с различными сочетаниями сенсорных асимметрий – А, 6) праворукие с левыми сенсорными асимметриями – ППЛЛ, 7) преимущественно праволатеральный с ведущим левым глазом - ППЛП, 8) преимущественно праволатеральный с ведущим левым ухом – ПППЛ, 9) абсолютно праволатеральный – ПППП.

Таблица 24

Распределение латеральных фенотипов в контрольных группах и у юных спортсменов разного возраста (I – младшая возрастная группа; II – средняя возрастная группа; III – старшая возрастная группа), %

Латеральные фенотипы/ группы	Контрольная группа			Спортсмены		
	I	II	III	I	II	III
ЛЛЛЛ	3	3	4	6	8	12
ЛПЛП	2	7	5	4	10	10
ЛППЛ и ЛЛПЛ	4	2	0	6	6	4
ЛППП и ЛЛПП	2	1	2	8	6	8

А	10	6	7	8	0	6
ППЛЛ	9	7	14	4	8	10
ППЛП	25	29	18	24	18	16
ПППЛ	23	21	22	6	12	15
ПППП	22	24	28	34	32	19

При обследовании у испытуемых проводили регистрацию биоэлектрической активности мозга (электроэнцефалограммы), миограммы мышц рук и определяли показатели сложной трехэтапной зрительно-моторной реакции. Первое обследование юных теннисистов проводили тогда, когда время посещения секции было в среднем 0,5 года; через 1 год проводили повторное обследование. Обследование мальчиков контрольной группы проводили по аналогичной схеме.

Определение латерального фенотипа проводили, используя методы, описанные в п. 2.2. При этом латеральный профиль асимметрии определяли у детей контрольной группы и юных теннисистов, как при первом, так и втором обследовании. Метод исследования сложной зрительно-моторной реакции описан в п. 3.1.

3.4. Влияние занятий настольным теннисом на сенсомоторный профиль асимметрии мальчиков 7,5–15,5-летнего возраста

При обследовании мальчиков, посещавших секцию настольного тенниса, были выявлены группы юных спортсменов с разными сенсомоторными профилями асимметрии. Преобладающее количество юных спортсменов 7,5–8,5 лет имели два типа профиля асимметрии: абсолютные правши (ПППП – доминирующие правая рука, правая нога, правый глаз и правое ухо) и правши с доминированием левого глаза (ППЛП – доминирующие правая рука, правая нога, левый глаз и правое ухо). Поэтому для сравнения изучаемых показателей были выбраны мальчики контрольной группы с аналогичными типами сенсомоторных профилей асимметрии.

Согласно полученным результатам в контрольной группе мальчиков младшей возрастной группы (7,5–8,5 лет) на момент второго обследования (через 1 год после первого обследования, 8,5–9,5 лет) значения коэффициентов асимметрии парных органов, как и показатели индивидуальных профилей асимметрии, не изменились (табл. 25).

Среди юных спортсменов 10,5–11,5 лет преобладающее количество мальчиков имели четыре типа сенсомоторных профилей асимметрии: абсолютные правши (ПППП), правши с доминирова-

нием левого уха (ПППЛ – доминирующие правая рука, правая нога, левый глаз и левое ухо), правши с доминированием левого глаза (ППЛП), а также мальчики с латеральным профилем ЛПЛП (доминирующие левая рука, правая нога, левый глаз и правое ухо). Мальчики с такими же типами сенсомоторных профилей асимметрии контрольной группы составили группу сравнения.

Согласно результатам второго обследования у мальчиков контрольной группы с сенсомоторным типом асимметрии ЛПЛП к 11,5–12,5 годам происходило достоверное снижение значения коэффициента слуховой асимметрии (на 30%; $p < 0,05$) (табл. 26).

В старшей возрастной группе юных теннисистов (13,5–14,5 лет) были выделены шесть основных типов сенсомоторных профилей: абсолютные правши (ПППП), правши с доминирующим левым ухом (ПППЛ), правши с доминирующим левым глазом (ППЛП), подростки с латеральным профилем ЛПЛП, правши с левосторонним сенсорным доминированием (ППЛЛ - доминирующие правая рука, правая нога, левый глаз и левое ухо) и абсолютные левши (ЛЛЛЛ). Соответственно, для сравнения исследуемых показателей в контрольную группу подростков того же возраста вошли имеющие эти же типы сенсомоторных профилей асимметрии.

Установлено, что при втором обследовании в контрольной группе мальчиков-подростков наибольшие изменения коэффициентов асимметрии парных органов наблюдались у имеющих латеральный профиль ПППП (абсолютные правши). У этих подростков к 14,5-15,5 годам происходило снижение КА как моторных признаков (коэффициента моторной асимметрии рук снизился на 22%; $p < 0,05$; коэффициента моторной асимметрии ног – на 21%; $p < 0,05$), так и зрительной асимметрии (на 25%; $p < 0,05$). Также установлено снижение коэффициента моторной асимметрии рук (на 22%; $p < 0,05$) у подростков контрольной группы с профилем асимметрии ППЛП (табл. 27).



Таблица 25

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в контрольных группах мальчиков 7,5–8,5 лет (первое обследование) и 8,5–9,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	№ обследования	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
7,5–8,5 лет	1	ПППП	47±3	54±3	68±4	96±5	66±3
		ППЛП	54±4	65±3	-74±4	69±3	29±2
8,5–9,5 лет	2	ПППП	39±2	58±2	64±3	92±4	63±3
		ППЛП	43±2	77±4	-89±4	95±5	32±1

Таблица 26

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в контрольных группах мальчиков 10,5–11,5 лет (первое обследование) и 11,5–12,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	№ обследования	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
10,5–11,5 лет	1	ПППП	57±3	62±3	57±3	95±5	68±3
		ППЛЛ	49±2	69±3	75±4	-69±3	31±1
		ППЛП	45±2	72±4	-45±2	71±3	44±2
		ЛПЛП	-54±3	75±3	-91±4	77±4	4±0,2
11,5–	2	ПППП	49±2	61±3	69±3	95±5	69±3

12,5 лет	пппл	57±3	69±3	61±3	-71±3	36±2
	пплп	49±2	62±4	-45±2	61±3	37±1
	лплп	-45±2	61±3	-95±5	54±2*	3±0,2

* - достоверные изменения коэффициентов асимметрии парных органов на момент второго обследования относительно значений, полученных при первом обследовании ($p < 0,05$)

Таблица 27

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в контрольных группах мальчиков 13,5-14,5 лет (первое обследование) и 14,5-15,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	№ обследования	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
13,5-14,5 лет	1	пппп	65±3	57±3	79±4	95±5	74±3
		пппл	48±2	74±3	82±4	-59±3	39±2
		пплп	69±3	79±4	-59±3	74±3	44±2
		лплп	-51±2	57±2	-82±4	69±3	-5±0,2
		пплл	45±2	54±2	-74±4	-79±4	9±0,5
		лллл	-54±3	-74±3	-38±2	-48±2	-54±3
14,5-15,5 лет	2	пппп	51±3*	45±2*	59±3*	95±5	63±3
		пппл	45±2	79±4	69±3	-48±2	46±2
		пплп	54±3*	82±4	-54±3	69±3	45±2
		лплп	-45±2	69±3	-79±4	63±3	-11±0,6
		пплл	45±2	57±3	-71±3	-74±4	32±2
		лллл	-51±3	-82±4	-32±2	-46±2	-55±3

* - достоверные изменения коэффициентов асимметрии парных органов на момент второго обследования относительно значений, полученных при первом обследовании ($p < 0,05$)

Таблица 28

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в группах юных теннисистов 7,5-8,5 лет (первое обследование) и 8,5-9,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	Продолжительность занятий в секции	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
7,5-8,5 лет	0,5	ПППП	31±1	48±2	60±3	100±5	60±3
		ППЛП	45±2	78±4	-88±4	78±4	28±1
8,5-9,5 лет	1,5	ПППП	25±1	36±2*	52±3	84±4	49±2
		ППЛП	29±2*	71±3	-100±5	100±5	25±1

* - достоверные изменения коэффициентов асимметрии парных органов на момент второго обследования относительно значений, полученных при первом обследовании ($p < 0,05$)

Таким образом, при обследовании контрольной группы мальчиков установлены отдельные изменения коэффициентов сенсомоторной асимметрии, что, вероятно, связано с социальными влияниями на латеральный профиль, либо с возрастными перестройками регуляции парных органов.

У юных спортсменов младшей возрастной группы (7,5–8,5 года) через год после первого обследования (к 8,5–9,5 годам) выявлены изменения коэффициентов асимметрии моторных признаков. В группе абсолютных правшей наблюдали снижение коэффициента моторной асимметрии ног на 25 % ($p < 0,05$), а в группе правшей с доминированием левого глаза – снижение коэффициента моторной асимметрии рук на 36 % ($p < 0,05$) относительно первого обследования (табл. 28).

У теннисистов второй возрастной группы к 11,5–12,5-летнему возрасту наблюдали изменение коэффициентов моторной асимметрии рук. Так, у абсолютных правшей данный коэффициент был снижен на 28% ($p < 0,05$), у правшей с доминирующим левым глазом (ППЛП) – на 28%, а у теннисистов с латеральным профилем ЛПЛП коэффициент моторной асимметрии рук увеличился на 26% ($p < 0,05$) относительно первого обследования (табл. 29).

У теннисистов подросткового возраста к 14,5-15,5 годам также установлено изменение коэффициентов асимметрии парных органов, причем занятия настольным теннисом способствовали изменению КА только в сторону возрастания. У абсолютных правшей наблюдали повышение коэффициента моторной асимметрии рук на 31% ($p < 0,05$), у правшей с левосторонним доминированием сенсорных признаков (ППЛЛ) – на 40% ($p < 0,05$), у абсолютных левшей (ЛЛЛЛ) – на 38% ($p < 0,05$). Возрастание коэффициента моторной асимметрии ног выявлено у правшей с доминированием левого глаза (ППЛП) на 33% ($p < 0,05$) и у спортсменов с латеральным профилем ЛПЛП на 30% ($p < 0,05$). Также у абсолютных левшей установлено повышение коэффициента сенсорной асимметрии глаз на 36% ($p < 0,05$) (табл. 30).

Таблица 29

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в группах юных теннисистов 10,5-11,5 лет (первое обследование) и 11,5-12,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	Продолжительность занятий в секции	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
10,5-11,5 лет	0,5	пппп	43±2	66±3	53±3	100±5	66±3
		пппл	52±2	71±3	78±4	-78±3	31±1
		пплп	29±1	64±3	-50±2	67±3	28±1
		лплп	-43±2	71±4	-100±5	67±3	4±0,2
11,5-12,5 лет	1,5	пппп	31±1*	54±2	46±2	100±5	58±3
		пппл	47±2	65±3	62±3	-82±4	29±2
		пплп	21±1*	56±2	-58±3	63±3	21±1
		лплп	-54±3*	64±3	-100±5	56±3	-3±0,1

* - достоверные изменения коэффициентов асимметрии парных органов на момент второго обследования относительно значений, полученных при первом обследовании ($p < 0,05$)

Таблица 30

Значения коэффициентов асимметрии парных органов и индивидуальных профилей асимметрии (ИПА) в группах юных теннисистов 13,5-14,5 лет (первое обследование) и 14,5-15,5 лет (второе обследование) с разным латеральным профилем

возраст	Продолжительность занятий в секции	Тип сенсомоторного профиля асимметрии	Значение коэффициентов асимметрии парных органов, %				ИПА, %
			моторных		сенсорных		
			рука	нога	глаз	ухо	
13,5-14,5 лет	0,5	пппп	54±2	51±2	68±3	81±4	64±3
		пппл	43±2	72±4	67±3	-33±1	33±2
		плпл	50±2	61±3	-50±2	67±3	28±1
		ллпл	-29±1	43±2	-67±3	67±3	-2±0,1
		пллл	15±1	29±1	-67±4	-67±4	8±0,4
		лллл	-24±1	-62±3	-11±1	-33±1	-33±1
14,5-15,5 лет	1,5	пппп	71±3*	51±2	62±3	100±5	72±4
		пппл	48±2	79±4	72±3	-39±2	35±1
		плпл	57±2	81±4*	-57±2	79±4	35±2
		ллпл	-35±1	56±2*	-72±4	75±3	11±0,7
		пллл	21±1*	35±1	-75±4	-72±3	12±1*
		лллл	-33±2*	-67±3	-15±1*	-35±1	-37±2

* - достоверные изменения коэффициентов асимметрии парных органов на момент второго обследования относительно значений, полученных при первом обследовании ($p < 0,05$)

Интересно отметить, что у теннисистов подросткового возраста изменения сенсомоторной асимметрии были направлены в сторону повышения коэффициентов асимметрии, тогда как у подростков контрольной группы – в сторону снижения.

При сравнении мальчиков контрольных групп и юных спортсменов установлено, что у теннисистов ко второму обследованию более значительно изменяются коэффициенты сенсомоторной асимметрии (преимущественно коэффициенты моторной асимметрии) относительно мальчиков, не посещавших спортивные секции. Таким образом, занятия настольным теннисом оказывают влияние на латерализацию парных органов, что, вероятно, способствует оптимизации выполнения движений, характерных для данного вида спорта. Причем изменения коэффициентов сенсомоторной асимметрии различаются в группах юных спортсменов с разным латеральным профилем асимметрии.

3.5. Показатели сложной зрительно-моторной реакции у юных теннисистов с разным латеральным профилем

При первом обследовании в каждой возрастной группе у мальчиков контрольной группы и юных спортсменов с одинаковым латеральным профилем значительных различий показателей сложной зрительно-моторной реакции не установлено. Поэтому далее представлены данные сравнительного анализа показателей у мальчиков (контрольной группы и юных спортсменов) при первом обследовании, а также результаты обследования отдельно контрольной группы мальчиков и юных теннисистов при втором обследовании.

Согласно результатам исследования изменения показателей 3-этапной сложной зрительно-моторной реакции у *абсолютных правшей 7,5-8,5-летнего возраста* (контрольной группы и юных спортсменов) уровень сенсомоторной реакции не изменялся на всем протяжении тестирования. При этом значение УСМР соответствовало низким показателям. Среднее время реакции значительно увеличивалось ко 2-му этапу тестирования, а к 3-му этапу снижалось, но оставалось выше, чем на 1-м этапе тестирования. В результате уровень бысродействия на 2-м этапе тестирования был низким.

Через 1 год у мальчиков контрольной группы с латеральным профилем ПППП показатель УСМР к 3-му этапу тестирования был на среднем уровне; у юных спортсменов с профилем сенсомоторной асимметрии ПППП данный показатель соответствовал

среднему уровню на 1-м и 3-м этапах тестирования, на 2-м – был ниже среднего уровня. Среднее время реакции у абсолютных правшей при втором обследовании на 2–3-м этапах тестирования было значительно ниже, чем в 7,5–8,5-летнем возрасте. Показатель, отражающий уровень бысродействия у мальчиков контрольной группы и, особенно, юных спортсменов, был выше относительно значений при первом обследовании (рис. 21–23).

У правшей с предпочтением левого глаза (ППЛП) в 7,5–8,5 лет (контрольная группа и юные спортсмены) на протяжении всего тестирования УСМР был ниже среднего уровня. Среднее время реакции у данной группы мальчиков на 3-м этапе тестирования значительно увеличивалось; уровень бысродействия был низким (рис. 21–23).

В контрольной группе правшей с предпочтением левого глаза (ППЛП) при втором обследовании (в 8,5-9,5 лет) значительных изменений УСМР на 1-м и 2-м этапах тестирования не выявлено относительно показателей, полученных при первом обследовании. Также при втором обследовании у них наблюдали снижение среднего времени реакции на 1-м и 3-м этапах тестирования и увеличение уровня бысродействия к концу тестирования. При этом среднее время реакции по сравнению с абсолютными правшами этого же возраста у мальчиков контрольной группы с латеральным профилем ППЛП было ниже. У юных спортсменов с латеральным профилем ППЛП выявлен средний уровень сенсомоторных реакций на 2-м и 3-м этапах тестирования. Среднее время реакции у спортсменов с латеральным профилем ППЛП на всем протяжении тестирования значительно не изменялось и было ниже на 3-м этапе тестирования, а уровень бысродействия на всем протяжении тестирования – выше (соответствовал высоким значениям бысродействия), чем у мальчиков контрольной группы (ППЛП).

Таким образом, при сравнении показателей сложной зрительно-моторной реакции у мальчиков младшей возрастной группы установлено, что занятия теннисом способствуют снижению среднего времени реакции на предъявляемый стимул. Также установлены различия уровня бысродействия между спортсменами 8,5-9,5-летнего возраста с разным латеральным профилем: у теннисистов с латеральным профилем ППЛП данный показатель был значительно выше, чем у абсолютных правшей.

Биология и общая патология

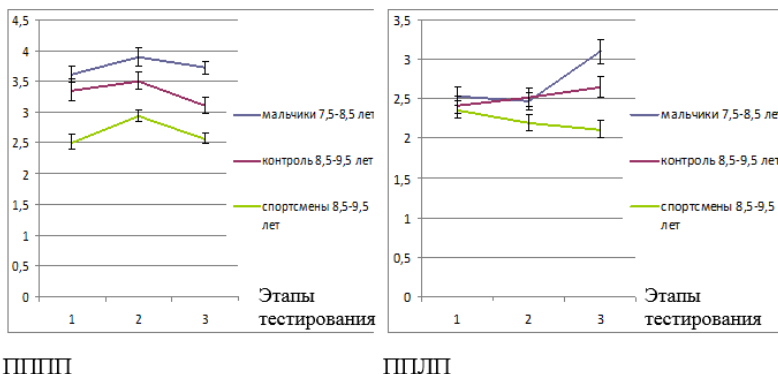


Рис. 21. Изменение уровня сенсомоторной реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (7,5-8,5 лет) и втором обследовании (8,5-9,5 лет)

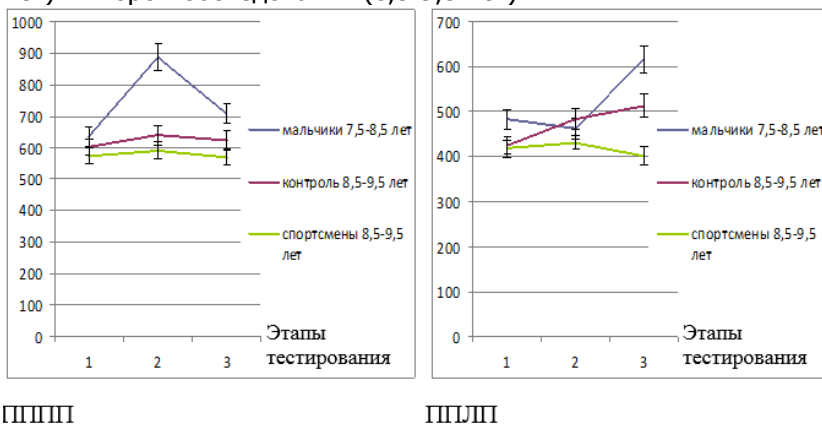
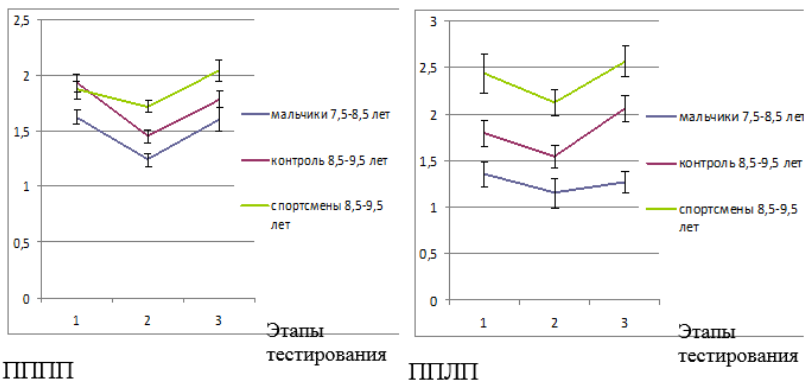


Рис. 22. Изменение среднего времени реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (7,5–8,5 лет) и втором обследовании (8,5–9,5 лет)



ПППП

ПЛП

Рис.23. Изменение уровня бысродействия в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (7,5–8,5 лет) и втором обследовании (8,5–9,5 лет)

Далее представлены данные сравнительного анализа результатов исследования показателей сложной зрительно-моторной реакции мальчиков контрольной группы и юных спортсменов с разным латеральным профилем средней возрастной группы.

При первом обследовании (10,5–11,5 лет) у абсолютных правшей наблюдали выраженное повышение уровня сенсомоторной реакции к 3-му этапу тестирования (показатель на уровне ниже средних значений). Это происходило на фоне повышения среднего времени реакции и снижении уровня бысродействия на 2-м этапе тестирования. При втором обследовании в контрольной группе мальчиков с латеральным профилем ПППП на 2-м этапе тестирования изменился уровень сенсомоторной реакции (соответствовал значениям ниже среднего уровня); время реакции значительно не изменялось в течение тестирования, а уровень бысродействия соответствовал значениям ниже среднего уровня. У юных спортсменов с латеральным профилем ПППП при втором обследовании столь значительных изменений показателей зрительно-моторной реакции, как в контрольной группе, не установлено: УСМР ко 2-му этапу тестирования соответствовал значениям ниже среднего уровня, время реакции на 1-2-м этапах тестирования было ниже, чем в контрольной группе, а уровень бысродействия был на среднем уровне (за счет меньшего допущения ошибочных реакций при тестировании) (рис. 24-26).

У мальчиков 10,5–11,5-летнего возраста с латеральным профилем ПППП уровень сенсомоторных реакций на 1-м этапе

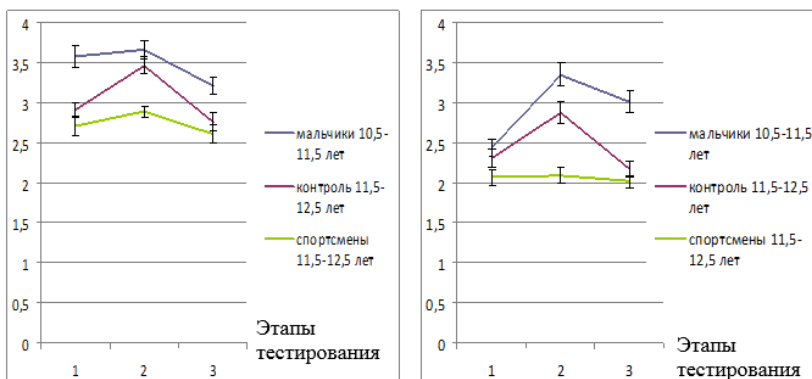
тестирования был средним, на 2-3-м этапах тестирования – ниже средних значений; ко 2-му этапу тестирования у них наблюдали возрастание среднего времени реакции и снижение уровня быстродействия. При втором обследовании в контрольной группе мальчиков уровень сенсомоторных реакций был ниже среднего уровня на 2-м этапе тестирования, когда наблюдали повышение времени реакции и снижение уровня быстродействия (ниже среднего уровня). На 1-м и 3-м этапах тестирования у мальчиков контрольной группы показатель сенсомоторной реакции был на среднем уровне. У юных спортсменов с латеральным профилем ППЛП при втором обследовании (11,5-12,5 лет) на всем протяжении тестирования не изменялся уровень сенсомоторной реакции (был на среднем уровне) и время реакции, но уровень быстродействия на 2-м этапе тестирования несколько снижался за счет большего количества ошибочных реакций относительно 1-го и 3-го этапов тестирования.

У правой с предпочтением левого уха (ПППЛ) при первом тестировании (10,5–11,5 лет) наблюдали резкое снижение уровня сенсомоторных реакций (низкий уровень), повышение времени реакции и снижение уровня быстродействия до низких значений. Аналогичные показатели сложной зрительно-моторной реакции были у мальчиков 7,5-8,5-летнего возраста с латеральным профилем ППЛП. При втором обследовании у мальчиков контрольной группы с латеральным профилем ПППЛ установлено улучшение сенсомоторных реакций к 3-му этапу тестирования (средний уровень); время реакции повышалось на 2-м этапе тестирования, когда снижался уровень быстродействия до значений ниже среднего уровня. На 1-м и 3-м этапах тестирования у них уровень быстродействия соответствовал средним значениям. У юных спортсменов при втором обследовании уровень сенсомоторных реакций на всем протяжении тестирования соответствовал средним значениям, менее значительно изменилось время выполнения задания на 2-м этапе, а уровень быстродействия значительно было выше относительно контрольной группы мальчиков 11,5–12,5 лет с латеральным профилем ПППЛ.

У левой с предпочтением правой ноги, левого глаза и правого уха (ЛПЛП) при первом обследовании (10,5-11,5 лет) наблюдали ухудшение сенсомоторных реакций на 2-м этапе тестирования, но диапазон значений полученных баллов у этих мальчиков на всем протяжении тестирования соответствовал уровню быстродействия ниже среднего уровня. На 2-м этапе тестирования у них также наблюдали выраженное повышение вре-

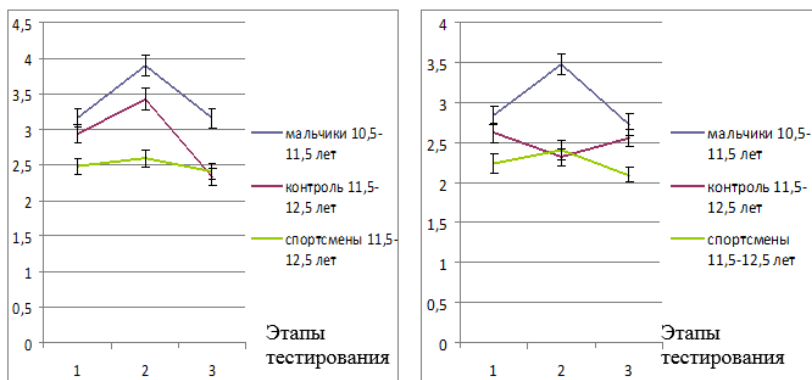
мени реакции и снижение уровня быстродействия до значений ниже среднего уровня; на 3-м этапе тестирования уровень быстродействия у них был на среднем уровне. У юных теннисистов при втором обследовании диапазон значений уровня сенсомоторных реакций был от 2,1 (на 3-м этапе тестирования, что соответствует средним значениям УСМР) до 2,4 (на 2-м этапе тестирования). Достоверные различия времени реакции и уровня быстродействия в данной группе спортсменов установлены между значениями на 2-м и 3-м этапах тестирования; уровень быстродействия на всем протяжении тестирования соответствовал средним значениям.

Таким образом, как и в первой возрастной группе у спортсменов второй возрастной группы при втором обследовании выявлен более высокий уровень сенсомоторных реакций, однако время, затрачиваемое на тестирование, отличается незначительно от группы теннисистов 8,5-9,5-летнего возраста. Данный факт можно объяснить тем, что в 11,5-12,5-летнем возрасте юные спортсмены в процессе тестирования допускают меньше ошибок по сравнению с теннисистами младшей возрастной группы. Также установлены различия между спортсменами с латеральным профилем ПППП и ППЛП 11,5-12,5-летнего возраста аналогичные тем, что были описаны по результатам обследования 8,5-9,5-летних теннисистов с данными сенсомоторными профилями асимметрии.



ПППП

ПЛПЛ

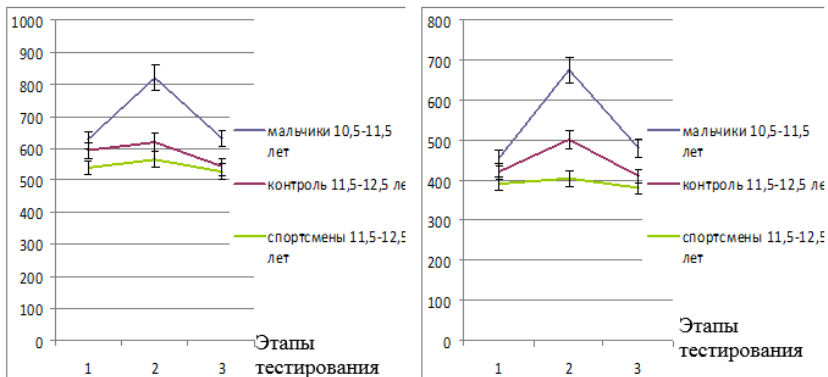


ПППЛ

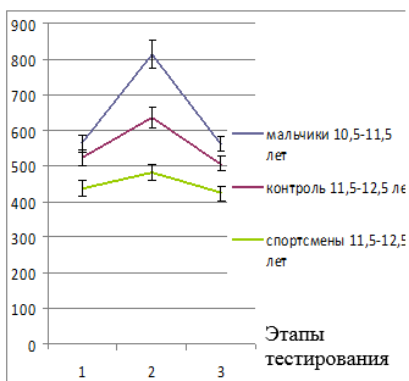
ПЛПП

Рис. 24. Изменение уровня сенсомоторной реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (10,5-11,5 лет) и втором обследовании (11,5-12,5 лет)

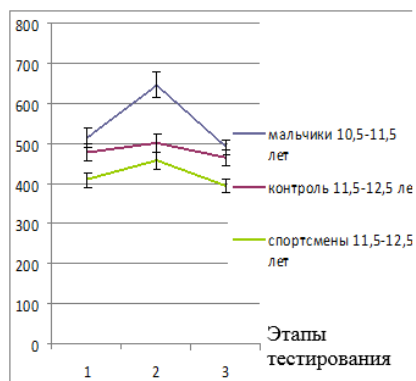
Биология и общая патология



ПШП



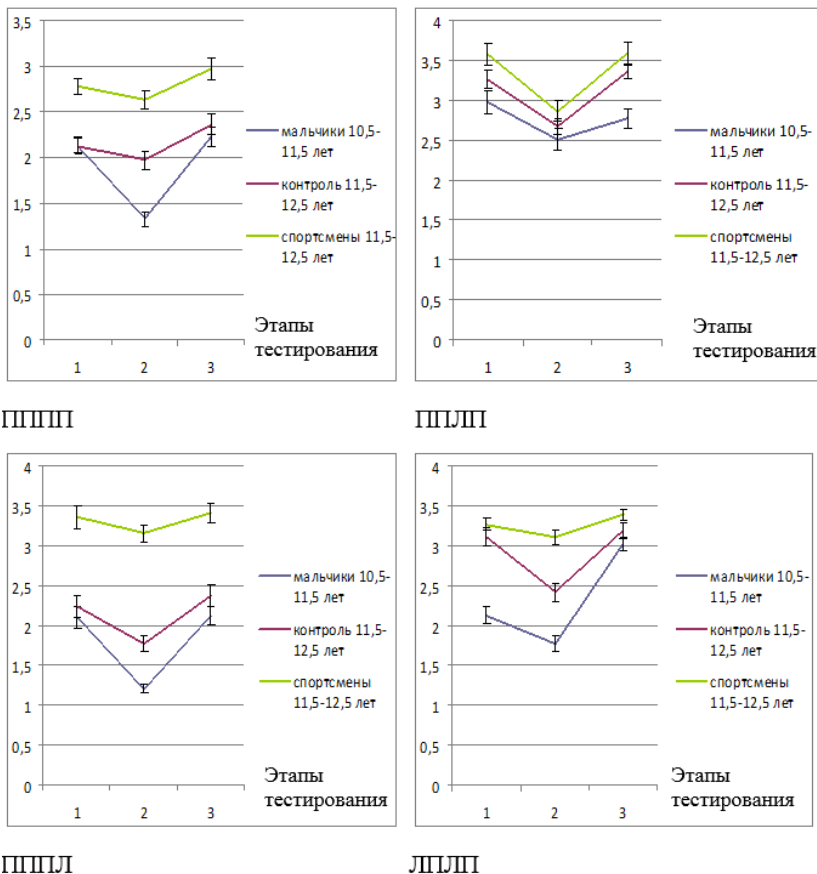
ЛШП



ПШП

ЛШП

Рис. 25. Изменение среднего времени реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (10,5-11,5 лет) и втором обследовании (11,5-12,5 лет)



ПППП

ЛПЛП

Рис. 26. Изменение уровня быстродействия в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (10,5–11,5 лет) и втором обследовании (11,5–12,5 лет)

Далее представлены результаты исследования показателей 3-этапной зрительно-моторной реакции мальчиков третьей возрастной группы. У абсолютных правшей (ПППП) при первом обследовании (13,5–14,5 лет) значения УСМР соответствовали средним значениям сенсомоторной реакции; ко 2-му этапу тестирования показано значительное снижение уровня быстродействия (до значений ниже среднего уровня) и повышение времени реакции. При втором обследовании у мальчиков контрольной группы наблюдали изменения уровня сенсомоторных реакций и времени реакции только на 2-м этапе тестирования относительно значений

при первом обследовании. Уровень быстродействия на всем протяжении тестирования соответствовал среднему уровню. У юных теннисистов с латеральным профилем ПППП в 14,5–15,5 лет уровень сенсомоторных реакций был средним, значительно снизилось время тестирования на всех его этапах прохождения, а уровень быстродействия был выше среднего уровня относительно показателей при первом обследовании (рис. 27–29).

В третьей возрастной группе у правшей с предпочтением левого глаза (ППЛП) при первом обследовании (13,5–14,5 лет) выявлено улучшение сенсомоторных реакций и снижение времени реакции к 3-му этапу тестирования, когда уровень быстродействия соответствовало значениям выше среднего уровня. Аналогичная динамика изменений показателей в процессе тестирования была характерна и для мальчиков контрольной группы и юных теннисистов при втором обследовании. У мальчиков контрольной группы в 14,5–15,5 лет уровень сенсомоторных реакций был средний, а значения уровня быстродействия – выше среднего уровня. Юным спортсменам для выполнения тестирования понадобилось меньше времени, чем мальчикам контрольной группы того же возраста, но уровень быстродействия у них не отличался; уровень сенсомоторных реакций у юных теннисистом соответствовал значениям между высоким и средним уровнем (лучшие показатели были выявлены на 3-м этапе тестирования).

У правшей с доминирование левого уха (ПППЛ) третьей возрастной группы при первом обследовании (13,5–14,5 лет) установлено значительное ухудшение сенсомоторной реакции на 2-м этапе тестирования (на 1-м и 3-м этапах – средний уровень, на 2-м – ниже среднего). Время реакции на 2-м этапе тестирования у них значительно увеличивалось, а уровень быстродействия был выше средних значений только на 1-м этапе тестирования, а на 2-3-м этапах – средний. При втором обследовании (14,5–15,5 лет) у мальчиков контрольной группы и юных спортсменов уровень быстродействия на всем протяжении тестирования был средним; время реакции различалось у спортсменов и мальчиков контрольной группы только на 2-3-м этапах тестирования: теннисисты быстрее справились с заданием. Уровень быстродействия у спортсменов был выше средних значений, а у мальчиков контрольной группы на 1-2м этапах тестирования – средний, на 3-м этапе тестирования – выше среднего уровня.

У правшей с левосторонней сенсорной асимметрией (ППЛЛ) при первом обследовании (13,5-14,5 лет) уровень сенсомоторных реакций был в диапазоне значений 2,5 балла (на 1-м этапе тести-

рования) до 3 баллов (на 2-м этапе тестирования). У них наблюдали повышение времени реакции и снижение уровня быстродействия на 2-м этапе тестирования (ниже среднего уровня). При втором обследовании у мальчиков контрольной группы снижение значений уровня сенсомоторной реакции до 2,2 баллов происходило на 3-м этапе тестирования (соответствует среднему уровню сенсомоторных реакций), на 1-2-м этапах тестирования УСМР соответствовал значениям ниже среднего уровня. Время реакции было ниже, чем при первом тестировании только на 2-м этапе тестирования, а уровень быстродействия соответствовал средним значениям на 1–2-м этапах тестирования и выше среднего уровня на 3-м этапе тестирования.

У левшей с доминированием правой ноги, левого глаза и правого уха (ЛПЛП) при первом обследовании (13,5-14,5 лет), а также при втором обследовании (14,5-15,5 лет) как в контрольной группе мальчиков, так и у юных спортсменов, наблюдали улучшение сенсомоторных реакций ко 2-3-му этапам тестирования. У юных спортсменов в 14,5-15,5 лет средние значения (количество баллов), отражающие УСМР, были ниже на 1-м и 3-м этапах тестирования, т.е. уровень сенсомоторных реакций был выше, чем у всех мальчиков на первом этапе тестирования и в контрольной группе при втором обследовании. Также необходимо отметить, что на 3-м этапе тестирования у юных теннисистов в 14,5-15,5-летнем возрасте УСМР соответствовал средним значениям сенсомоторных реакций, время реакции было ниже, а уровень быстродействия был выше средних значений. Таким образом, всем мальчикам с латеральным профилем ЛПЛП характерно улучшение сенсомоторных реакций к концу тестирования, но лучшие показатели были у юных теннисистов в 14,5-15,5-летнем возрасте. Эти результаты могут свидетельствовать о том, что у подростков с данным сенсомоторным профилем асимметрии при предъявлении заданий, связанных с сенсомоторным реагированием, достаточно длительно идет процесс вработывания, после чего они могут продемонстрировать высокую результативность в спортивной деятельности.

У абсолютных левшей (ЛЛЛЛ) при первом обследовании (13,5-14,5 лет), а также у мальчиков контрольной группы при втором обследовании (14,5-15,5 лет) наблюдали сходные изменения показателей сложной зрительно моторной реакции в процессе тестирования:

- уровень сенсомоторных реакций на 1-м этапе тестирования был средним, на 2-3-м этапах – ниже среднего;

- на 2-м этапе тестирования выполнение задания было более длительным относительно 1-го и 3-го этапа тестирования, а уровень бысродействия – средний.

Уровень сенсомоторных реакций у юных спортсменов с латеральным профилем ЛЛЛЛ при втором обследовании (14,5-15,5 лет) улучшался к концу тестирования: количество набранных баллов варьировало от 1,6 (на 1-м этапе тестирования) до 1,4 (на 3-м этапе тестирования). Время реакции также снижалось, а уровень бысродействия увеличивался к 3-му этапу тестирования (высокий уровень).

Таким образом, улучшение сенсомоторного реагирования на зрительный стимул зависит от нескольких факторов. Во-первых, к 13,5-14,5-летнему возрасту происходит снижение ВР на стимул относительно значений у мальчиков 8,5-9,5 лет контрольной группы (это продемонстрировано на примере абсолютных правшей и мальчиков с латеральным фенотипом ППЛП). Во-вторых, установлено, что занятия настольным теннисом способствовали снижению ВР и увеличению УСМР ко 2-му обследованию в каждой возрастной группе в отличие от мальчиков, не занимающихся спортом. Также показаны отличия возрастных изменений показателей сенсомоторного реагирования у спортсменов с разными латеральными фенотипами: самое низкое значение времени реакции и высокий УСМР при 2-м обследовании были у спортсменов с латеральными фенотипами ППЛП и ЛЛЛЛ. Однако прямой зависимости между процентом правых и синестральных поведенческих признаков и уровнем сенсомоторного реагирования на зрительный стимул у юных теннисистов не обнаружено.

Биология и общая патология

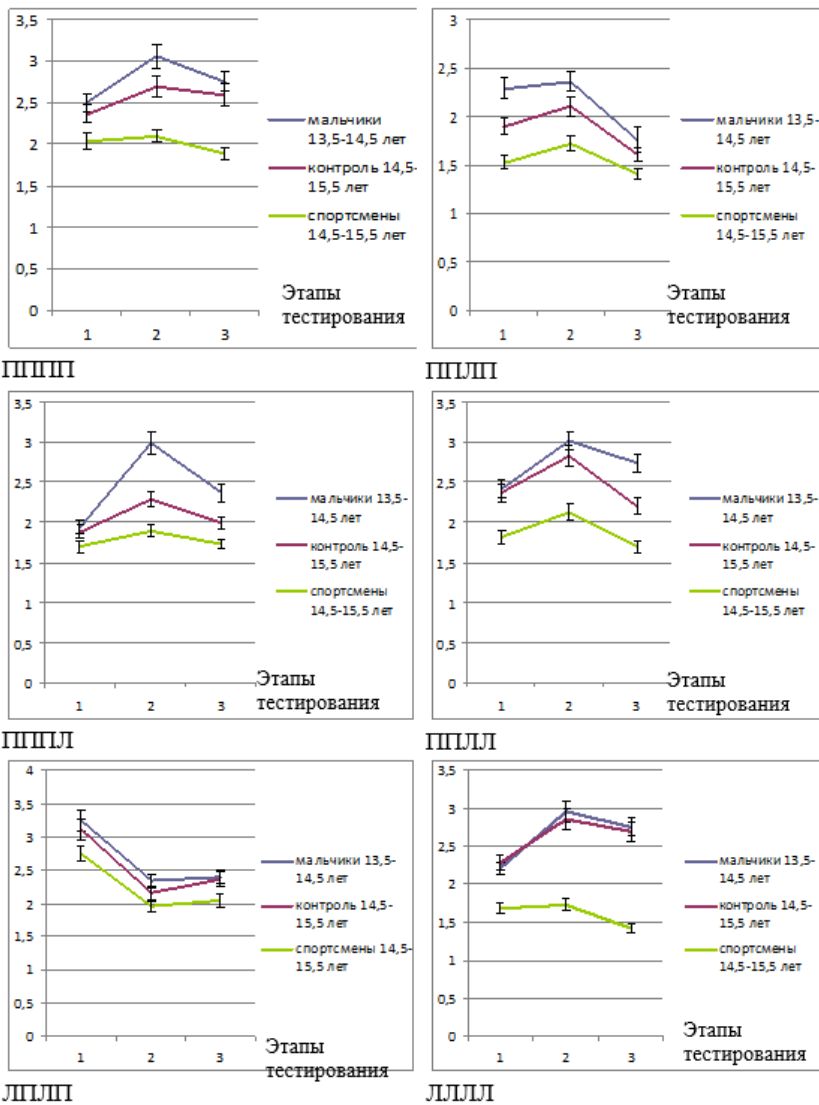


Рис. 27. Изменение уровня сенсомоторной реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (13,5–14,5 лет) и втором обследовании (14,5–15,5 лет)

Биология и общая патология

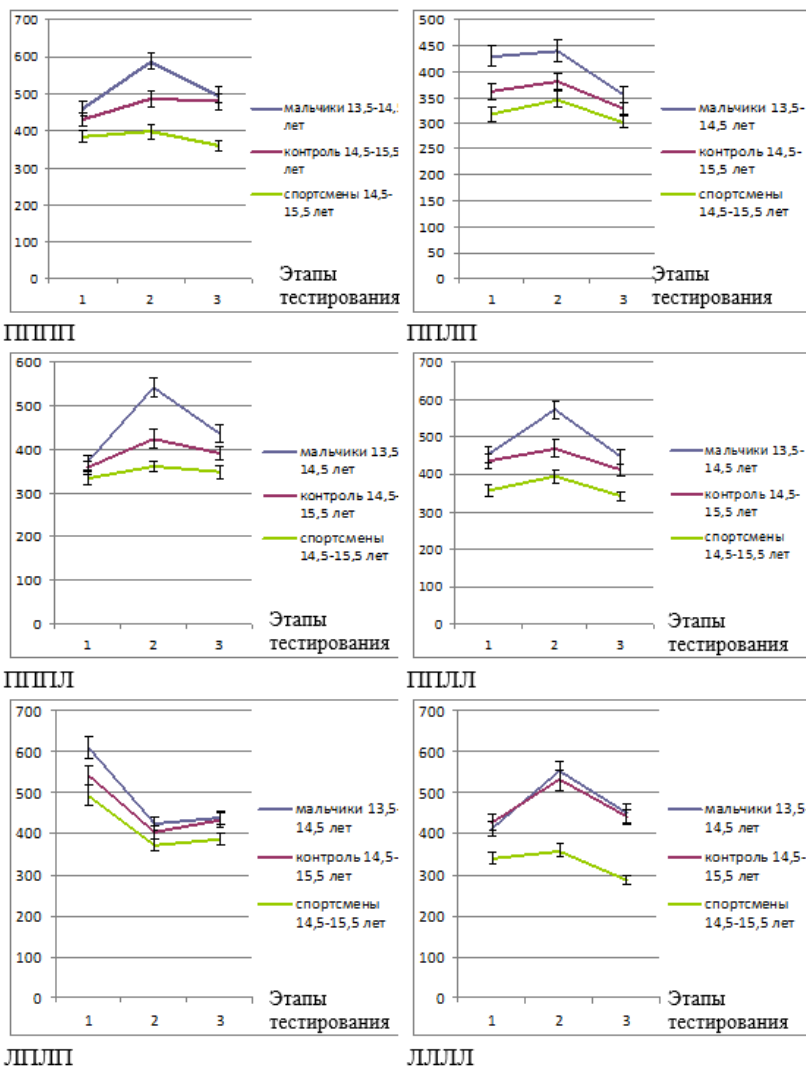


Рис. 28. Изменение среднего времени реакции в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (13,5-14,5 лет) и втором обследовании (14,5-15,5 лет)

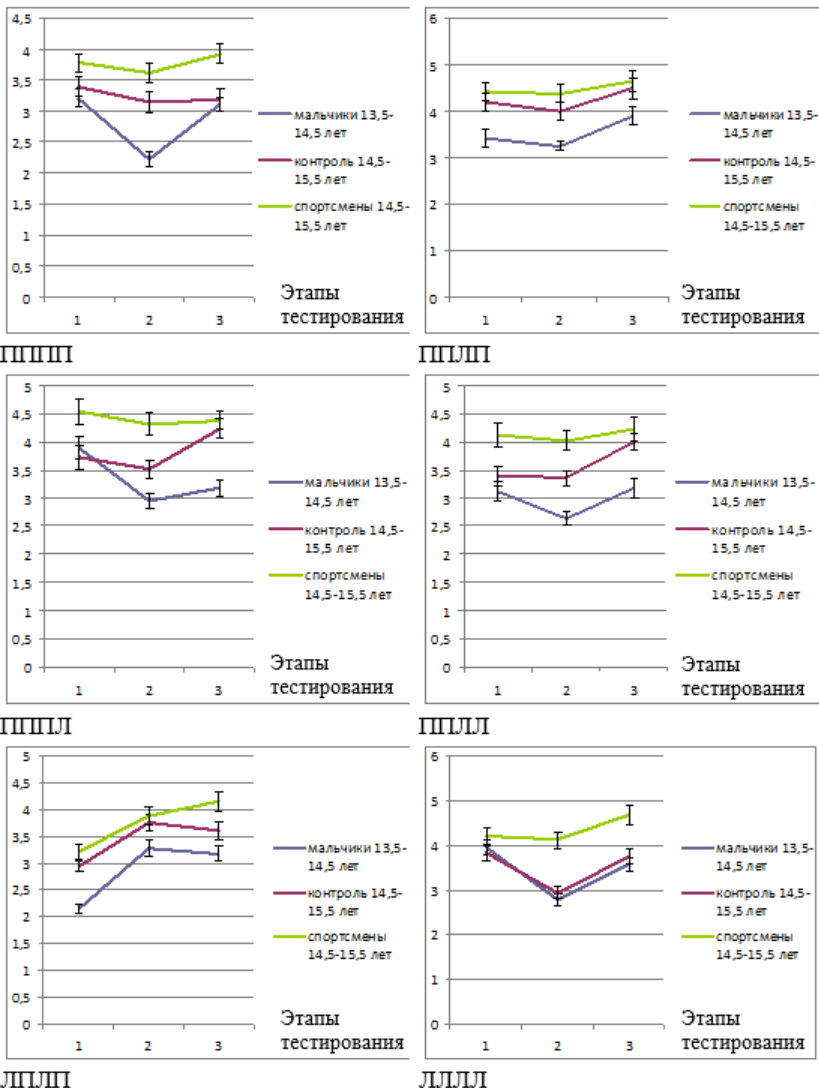


Рис. 29. Изменение уровня быстродействия в динамике тестирования у мальчиков контрольной группы и юных теннисистов с разным латеральным профилем при первом (13,5-14,5 лет) и втором обследовании (14,5-15,5 лет)

В настоящее время остается открытым вопрос относительно роли функциональной межполушарной асимметрии в профессиональном отборе, в том числе спортсменов. Одни авторы утверждают, что сила и асимметрия гибкости суставов или конечностей

могут привести к неподходящему контролю движения тела (Grygorowicz et al., 2010). Другие авторы установили, что мануальная асимметрия имеет определенную значимость на скоростные качества спортсмена. Особое внимание уделяют проблеме левшества: так, U. Tap и M. Tap (1997) указали на лучшие скоростные качества левой руки у левшей, особенно женщин. Однако существуют доказательства того, что при игре в теннис наибольшие различия между правшами и левшами встречаются у мужчин, а не у женщин (Breznik, 2013). Таким образом, многие специалисты сходятся на том, что среди теннисистов наиболее успешными в спорте являются левши (Hagemann, 2009). Левши, как правило, лучше ориентируются в пространстве, имеют лучшие моторные качества, и у них выше способность к концентрации внимания (Geschwind, Galaburda, 1987). У мужчин лучше развито зрительно-пространственное реагирование, им также характерен более высокий уровень латерализации полушарий мозга, чем женщинам (Grabowska et al., 1994; Voyer, Bryden, 1990, Vogel et al., 2003; Rilea et al., 2004).

С опорой на эти данные в настоящей работе был проведен сравнительный анализ функциональных показателей у мальчиков-теннисистов с разными латеральными фенотипами. Было продемонстрировано, что систематические занятия настольным теннисом способствуют изменению коэффициентов сенсорных или моторных асимметрий в отличие от мальчиков контрольных групп: в целом значения индивидуальных профилей асимметрии у спортсменов ниже, чем в контрольных группах. Динамические изменения сенсорных и/или моторных асимметрий у спортсменов являются адаптивными: несмотря на то, что латеральный фенотип у теннисистов не изменяется, снижение у них коэффициентов асимметрии парных органов в сторону синестральных признаков, вероятно, является поведенческим отражением нейрофизиологической перенастройки в работе мозга. Вероятно, в данном процессе определенную роль играют и возрастные изменения нейродинамических характеристик мозга, которые, в свою очередь, могут влиять на скорость обработки сенсомоторной информации, овладение моторного навыка (Diersch et al., 2013), способность к предвидению предстоящего события относительно имеющегося у индивида опыта (Carp et al., 2011; Heuninckx et al., 2005, 2010; Langan, 2010 и др.). Нейронные сети, участвующие в общем представлении о предполагаемом действии и собственным его восприятием, формируются в процессе накопления сенсомоторного опыта (Press, 2011).

Исходя из представленных в данном разделе результатов обследования юных теннисистов были сделаны следующие выводы:

1. Через 1 год после 1-го обследования у 11,5–12,5- и 14,5–15,5-летних мальчиков с разным латеральным профилем, не посещающих спортивные секции, происходит снижение коэффициентов асимметрии сенсомоторных признаков. У спортсменов-правшей 1-й и 2-й возрастных групп происходит снижение коэффициентов моторных асимметрий, а у левшей к 11,5–12,5 годам – повышение коэффициента моторной асимметрии рук. У спортсменов-правшей к 14,5–15,5 годам повышаются коэффициенты моторных, а у левшей – сенсорных асимметрий.

2. Снижение времени сенсомоторного реагирования на зрительный стимул в контрольной группе, и особенно у юных теннисистов, происходит наиболее интенсивно к пубертатному периоду. Ко 2-му обследованию наиболее высокий уровень сенсомоторного реагирования наблюдается у теннисистов 3-й возрастной группы с латеральными фенотипами ППЛП и ЛЛЛЛ. Прямой зависимости между процентом правых и синестральных поведенческих признаков и уровнем сенсомоторного реагирования на зрительный стимул у юных теннисистов не выявлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абаскалова Н.П., Пыжьянова Н.Н. Функциональная межполушарная асимметрия, обучение и здоровье. // Вестник БГПУ. - 2002. - № 1. - С. 23 - 34.
2. Аганянц Е.К., Бердичевская Е.М., Гронская А.С., Перминова Т.А., Огнерубова Л.Н. Функциональные асимметрии в спорте: место, роль и перспективы исследования. // Теория и практика физической культуры, 2004. - № 8. - С. 22-24.
3. Айзенк Г.Ю. Интеллект: новый взгляд // Вопр. психол. - 1995. № 1. - С. 111-131.
4. Алексанянц Г.Д., Локтев С.А. Информативность некоторых методов, применяемых при контроле за текущим функциональным состоянием организма юных спортсменов. // Вестник спортивной медицины России, 1995. - № 3-4. - С. 87.
5. Бакуменко С.А., Бугаец Я.Е. Функциональный профиль асимметрии у спортсменов-армреслеров.// Тезисы докладов XXXIV научной конференции студентов и молодых учёных вузов Южного федерального округа. Краснодар, 2007. - Ч. 1. – С. 9–10.
6. Балкарова Е.О., Блюм Ю.Е. Динамика мышечных асимметрий в условиях физических нагрузок. // Вестник восстановительной медицины, 2008. - № 6. – С. 81.
7. Беленко И.С. Психофизиологические особенности у юных спортсменов игровых видов спорта разного возрастного периода развития и тренированности. // Вестник ТГПУ, 2009. - № 3. – Вып. 81. – С. 54-57.
8. Бердичевская Е.М. Функциональная межполушарная асимметрия и спорт. Хрестоматия «Функциональная межполушарная асимметрия». Научное издание. Коллектив авторов. – М.: Научный мир. – 2004. – С. 636-671.
9. Бердичевская Е.М., Гронская А.С. Функциональная асимметрия и спорт // Руководство по функциональной межполушарной асимметрии. Научное издание. – М.: Научный мир, 2009. – С. 647-691.
10. Бернштейн Н.А. Физиология движений и активность. – М.: Наука, 1990. – С.373-392.
11. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных. - Л.: Наука, 1985. - 295 с.
12. Бойко Е.И. Время реакции человека. - М.: Медицина, 1964. - 440 с.
13. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Медицина. - 1988. – 239 с.

14.Брискин Ю.А., Корягин В.М., Блавт О.З. Использование современных электронных технологий для тестирования координации движений. // Теория и практика физ. культуры. – 2013. – № 3. – С. 52–55.

15.Бурдаков Д.С. Стиль саморегуляции и динамические характеристики функциональной межполушарной асимметрии мозга. // Ученые записки. Электронный журнал Курского государственного университета, 2010. - № 3. – Вып. 15. – С. 37-42.

16.Варвулева И.Ю. Динамика распределения профиля функциональной межполушарной асимметрии в первые три года обучения в школе // Валеология. - 2000. - № 3. - С. 17 -22.

17.Гаже П-М., Вебер Б. Постурология. Регуляция и нарушения равновесия тела человека. – СПб: МАПО. – 2007. – 316 с.

18.Гаккель Л.Б., Молоткова И.А., Усов А.Г. Об изменении высшей нервной деятельности при физиологической и патологической старости // Вопр. геронтологии и гериатрии. - М: Медгиз, 1962. - С. 75.

19.Геодакян В.А. Асинхронная асимметрия (половая и латеральная дифференциация - следствие асинхронной эволюции). // Журн. высш. нервн. деят. - 1993. - Т. 43. - Вып. 3. - С. 543-561.

20.Гигиеническая норма двигательной активности детей и подростков 5-18 лет. – М., 1984. – 78 с.

21.Гиппенрейтер Ю.Б. Введение в общую психологию. – М., 1996 - С. 256-292.

22.Голубева Э.А. Индивидуальные особенности памяти человека. - М.: Педагогика, 1980. - 152 с.

23.Демакова О.А., Шерстяных В.А. Зависимость времени простой зрительно-моторной реакции от латентного периода предъявления стимула и уровня функционального напряжения. // Биология – наука XXI века: 8-ая Пущинская школа-конференция молодых ученых. – Пущино, 2004. – С. 109.

24.Дмитренко Л.М., Карантыш Г.В., Косенко Ю.В. Особенности стабилографических показателей у подростков-спортсменов 11-16 лет. // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 2012. - № 5. - С. 95-98.

25.Дубровинская Н.В., Фарбер Д.А., Безруких М.М. Психофизиология ребенка: Психофизиологические основы детской валеологии. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. - 144 с.

26.Ендриховский С.Н., Шамшинова А.М., Соколов Е.Н., Нестерюк Л.И.. Время сенсомоторной реакции в современных психофизиологических исследованиях. // Сенсорные системы, 1996. - Т. 10. - №2. - С. 13-29.

27.Звягина Н.В., Колосова Т.С., Морозова Л.В. Особенности произвольной регуляции зрительно-моторных реакций у 6 и 7-летних детей. // Экология образования: Актуальные проблемы, Архангельск: Изд-во Поморского гос.ун-та, 1999. – С. 49-51.

28.Зимкин Н.В. Физиология человека. – М.: Просвещение, 1978. – 495 с.

29.Иванов О.И., Анцыперов В.В., Сентябрев Н.Н. Особенности проявления двигательной асимметрии в технике выполнения прыжков в воду. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 132-137.

30.Иванова Г.П., Спиридонов Д.В., Саутина Э.Н. Двигательная асимметрия как определяющий фактор координационной структуры ударного действия в теннисе. // Теория и практика физической культуры, 2003. - № 8. – С. 56-59.

31.Ильин Е.П. Психофизиология состояний человека. - СПб.: Питер, 2005. - 412 с.

32.Канжин А.В. Психофизиологический анализ зрительно-моторных реакций у детей при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью: Дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2004. – 136с.

33.Капилевич Л.В., Гужов Ф.А., Бредихина Ю.П., Ильин А.А. Физиологическое обеспечение точности и координации движений в условиях неустойчивого равновесия и подвижной цели: (на примере ударов в спортив. карате). // Теория и практика физ. культуры, 2014. – № 12. - С. 22-24.

34.Карпенко А.В. Колебательная структура психофизиологических показателей как источник информации о продуктивности умственной деятельности // Физиология человека. - 1988. – Т. 14. - №.5. – С. 730-738.

35.Касатикова Е.В., Ларионов Н.П., Брязгунов И.П. Исследование распространенности, показателей внимания и факторов риска для развития синдрома дефицита внимания с гиперактивностью у школьников // Педиатрия. Ж.им. Г.Н. Сперанского - 1999. № 5. – С. 73-76.

36.Кимура Д. Половые различия в организации мозга. // В мире наук. - 1992. - № 11-12. - С. 73-80.

37.Климов Е.А. Некоторые особенности моторики в связи с типологическими различиями по подвижности нервных процессов // Вопросы психологии, 1960. - № 3. - С. 89–97.

38.Кондратенкова Е.А., Мартусевич Н.О., Борисов О.Л. Анализ особенностей сенсомоторного реагирования у гребцов 13–16 лет // Актуальные проблемы естественных наук и их преподава-

ния: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию МГУ им. А.А. Кулешова. - Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2013. - С. 466-468.

39. Кураев А.Г., Соболева И.В. Функциональная межполушарная асимметрия мозга и проблемы валеологии. // Валеология. - 1996. - № 2. - С. 29-34.

40. Кураев Г.А., Чораян И.О. Влияние личностных характеристик на параметры адаптивности и изменение психоэмоционального статуса при умственной и физической нагрузках. // Валеология. - 2001. - № 1. - С. 4-13.

41. Кучма В.Р. Гигиена детей и подростков. - М.: ИГ «ГЭОТАР-Медиа», 2008. - 480 с.

42. Лебедев В.М. Динамическая латерализация функций в процессе результативной деятельности человека и животных.... Автореф. дисс. док-ра биол. наук. - Минск, 1992. - 42 с.

43. Леутин В.П., Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. - СПб: Речь, 2005. - 368 с.

44. Леутин В.П., Николаева Е. И., Фомина Е.В. Асимметрия мозга и адаптация человека. // Журнал Асимметрия. - 2007. - Т. 1. - № 1. - С. 71-74.

45. Лоскутова Т.Д. Оценка функционального состояния центральной нервной системы по параметрам простой двигательной реакции. // Физиол. журнал СССР. - 1975. - Т. 61.- № 1. - С. 3-12.

46. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. - М.: Изд-во МГУ, 1973. -374 с.

47. Малая медицинская энциклопедия. - М.: Медицинская энциклопедия, 1991-96 гг.

48. Мачинская Р.И., Лукашевич И.П., Фишман М.Н. Динамика электрической активности мозга у детей 5-8-летнего возраста в норме и при трудностях обучения // Физиология человека. - 1997. - Т. 23. - № 5. - С. 5-11.

49. Мельников А.А., Савин А.А. Функция равновесия у спортсменов-борцов. - Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВПО ЯГПУ им. К.Д. Ушинского. - 2012. - 144с.

50. Менджерицкий А.М., Карантыш Г.В., Дмитренко Л.М. - Состояние постуральной системы у детей 10-14 лет с разным уровнем двигательной активности. // Известия ЮФУ. Педагогические науки. - 2011. - № 12. - С. 191-199.

51. Москвин В.А. Нейрохимическая асимметрия и индивидуальные особенности. // Архів психіатрії. Вип. 12 -13. Асиметрія мозгу в нормі та при патології. - Київ. - 1997. - С. 39.

52. Моттагиталаб М., Масуми Ш. Скоростно-силовые показа-

тели мышц коленного сустава у спортсменов и их асимметрия. // Молодой ученый, 2013. - № 11. - С. 782-784.

53. Муртазина Е.П. Функциональные особенности выполнения стабиллографических тестов у испытуемых с различными антропометрическими данными. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Перспективы медицинского приборостроения». - Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. - 2009. - № 9. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. - С. 123-128.

54. Небылицын В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. - М.: Медицина, 1976. - 284 с.

55. Невская А.А. Леушина Л.И., Бондаренко В.П. Формирование наглядно-образного мышления у младенцев первого года жизни с дефектом зрения // Физиология человека. - 1998. – Т. 24. - № 3. – С. 20-26.

56. Олыпанникова А.Е. Проявление закона силы в условиях сопоставимых и не сопоставимых с условиями работы операторов // Вопросы психологии, 1962. - № 5. – С. 25-27.

57. Павлова Л.П. Доминантные механизмы работоспособности. / В кн.: Нервная система. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1988. – Вып. 26. – С. 203-218.

58. Плотников С.Г. Влияние двигательной асимметрии на функциональное состояние элитных спортсменов-лыжников // Мат. конф. ГУ «НИИ Мозга» РАМН совместно с ГУ «НИИ Неврологии» РАМН «Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга». - М., 2006. – С. 345-346.

59. Полякова В.М., Колесникова Л.И. Функциональная асимметрия мозга в онтогенезе (обзор литературы отечественных и зарубежных авторов). // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН, 2005. - № 5. – Вып. 43. – С. 206-215.

60. Расулов М.М., Лобов, А.П., Нурбеков М.К. Изменения мануальной асимметрии и свойств психики при занятиях плаванием. // Теория и практика физической культуры, 2011. - № 3. - С. 46-49.

61. Руководство пользователя «Стабилан-01» / Программно-методическое обеспечение компьютерного стабиллографического комплекса. – Таганрог: ЗАО ОКБ «РИТМ», 2007. – 176 с.

62. Салей А.П. Варианты анализа латентных периодов простой зрительно-моторной реакции. // Физиология и психофизиология мотиваций: Межрегиональный сборник научных работ, посвященный 80-летию Воронежского государственного университета. - Вып. 2. – Воронеж: ВГУ, 1998. – С. 91-98.

63. Семенюков А.А. Рационализация методики тренировки юных футболистов с учетом различных проявлений моторной асимметрии ног. // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта, 2009. - № 11. Вып. 57. - С. 86-89.

64. Степанов В.С. «Симметрия асимметрия» биомеханической структуры движения. - СПб.: Изд-во СПбГАФК им. П.Ф. Лесгафта. - 2000. - 94 с.

65. Строганова Т.А., Пущина Н.П., Орехова Е.В., Посикера И.Н., Цетлин М.М. Функциональная асимметрия мозга и индивидуальные различия в предпочтении руки в раннем онтогенезе. // Физиология человека, 2004 т.30, № 1. С. 20-30.

66. Таймазов В.А., Бакулев С.Е. Значение функциональной асимметрии как генетического маркера спортивных особенностей. // Научно-теоретический журнал «Ученые записки». – 2006. – Вып. 22. – С. 74-82.

67. Тарасова А.Ф., Селиверстова Н.В., Жданкина Л.В. Исследование времени простой и сложной зрительно-моторной реакции учащихся // Физиология и психофизиология мотиваций: Межрегиональный сборник научных работ. - Вып. 28. – Воронеж: ВГУ, 2000. – С. 52-54.

68. Тришин А. С., Тришин Е.С., Катрич Л. В., Бердичевская Е. М. Сравнительная характеристика профиля функциональной асимметрии у квалифицированных спортсменов, специализирующихся в настольном теннисе и баскетболе. // Физическая культура, спорт – наука и практика, 2012. – Вып. 4. – С. 55-58.

69. Тришин А.С., Тришин Е.С., Бердичевская Е.М., Катрич Л.В. Особенности пострурального контроля у высококвалифицированных спортсменов в ситуационных видах спорта при воздействии латерализованных факторов. // Асимметрия. – 2015. - № 1. – С. 4-12.

70. Фарбер Д.А., Бетелева Т.Г., Мачинская Р.И. Возрастные особенности функциональной специализации полушарий при когнитивной деятельности. // Материалы Второй всероссийской научной конференции «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии». – М.: НИИ мозга РАМН, 2003. – С. 317-318.

71. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Динамические характеристики функциональной межполушарной асимметрии. // В кн.: Функциональная межполушарная асимметрия. – М.: Научный мир, 2004. – С. 322-328.

72. Фомина Е. В. Функциональная асимметрия мозга и адаптация человека к экстремальным спортивным нагрузкам / Е. В.

- Фомина: автореф. дис. ...д-ра биол. наук. - Омск, 2006. - 44 с.
73. Фомина Е.В. Функциональная асимметрия мозга и адаптация к экстремальным спортивным нагрузкам. – Омск: СибГУФК, – 2005. –196 с.
74. Хомская Е.Д. Новый подход к нейропсихологической диагностике. // *Вопр. психологии* - 1998. - № 2. - С. 12-17.
75. Чермит К.Д., Аганянц Е.К. Симметрия, гармония, адаптация. – Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ. – 2006. – 304 с.
76. Чуприкова Н.И. Умственное развитие и обучение (к обоснованию системно-структурного подхода). - М.: МПСИ, 2003. - 317 с.
77. Шерстяных В.А., Сулин В.Ю. Зависимость времени зрительно-моторной реакции от параметров дифференцировочного сигнала. // *Физиология и психофизиология мотиваций: Межрегиональный сборник научных работ, посвященный 80-летию Воронежского государственного университета*. - Вып. 2. – Воронеж: ВГУ, 1998. – С. 88-102.
78. Яковлев Б.П., Литовченко О.Г. Теоретические аспекты исследования психической нагрузки в условиях учебной деятельности. // *Вестник высшей школы*, 2005. – № 6. – С. 3-6.
79. Achard S., Salvador R., Whitcher B. et al. A resilient, low-frequency, small-world human brain functional network with highly connected association cortical hubs. // *Journal of Neuroscience*, 2006. – Vol. 26. - № 1. – P. 63–72.
80. Aboitiz F., Scheibel A.B., Fisher R.S., Zaidel E. Fiber composition of the human corpus callosum. // *Brain Res.* - 1992. – Vol. 598. – P. 143–153.
81. Albert N.B., Robertson E.M., Miall R.C. The resting human brain and motor learning. // *Curr Biol.*, 2009. – Vol. 19. – P. 1023–1027.
82. Amunts K., Jancke L., Mohlberg H. et al. Interhemispheric asymmetry of the human motor cortex related to handedness and gender. // *Neuropsychologia*, 2000. – Vol. 38. – P. 304–312.
83. Andrews-Hanna J.R. The brain's default network and its adaptive role in internal mentation. // *Neuroscientist*, 2012. – Vol. 18. – P. 251–270.
84. Angyan L., Teczely T., Angyan Z. Factors affecting postural stability of healthy young adults. // *Acta Physiol. Hung.*, 2007. – V.94. – P. 289-299.
85. Annett M. A model of the inheritance of handedness and cerebral dominance. // *Nature.* - 1964. – Vol. 204. – P. 59-60.
86. Arroyo S., Lesser R.P., Gordon B. et al. Functional signifi-

cance of the mu rhythm of human cortex: an electrophysiologic study with subdural electrodes. // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* – 1993. – Vol. 87. – P. 76–87.

87.Asanuma H. *The Motor Cortex.* New York: Raven Press. – 1989. P. - 329.

88.Ashe J., Lungu O.V., Basford A.T., Lu X. Cortical control of motor sequences. // *Curr Opin Neurobiol.* – 2006. - Vol. 16. – P. 213–221.

89.Babiloni C., Carducci F., Cincotti F. Et al. Human movement-related potentials vs. desynchronization of EEG alpha rhythm: a high-resolution EEG study. // *Neuroimage.* 1999. – Vol. 10. – P. 658-665.

90.Babiloni C., Del Percio C., Iacononi M. Et al. Golf putt outcomes are predicted by sensorimotor cerebral EEG rhythms. // *J. Physiol.* – 2008. - Vol. 586. – Pt. 1. – P. 131–139.

91.Barrick T.R., Lawes I.N., Mackay C.E., Clark C.A. White matter pathway asymmetry underlies functional lateralization. // *Cerebral Cortex,* 2007. - 17(3). – P. 591–598.

92.Beloozerova I.N., Zelenin P.V., Popova L.B. et al. Postural control in the rabbit maintaining balance on the tilting platform. // *J. Neurophysiol.* - 2003a. – Vol. 90. P. –3783–3793.

93.Beloozerova I.N., Sirota M.G., Orlovsky G.N. et al. Activity of pyramidal tract neurons in the cat during postural corrections. // *J. Neurophysiol.* 2005. – Vol. 93. P. - 1831–1844.

94.Bernstein N. *The Coordination and Regulation of Movements.* Pergamon, New York; 1967. – P. – 1-10.

95.Bishop D.V. Cerebral asymmetry and language development: cause, correlate, or consequence? // *Science.* - 2013. - Vol. 340. – P. 1230531.

96.Blouin J., Guillaud E., Bresciani J.P. et al. Insights into the control of arm movement during body motion as revealed by EMG analyses. // *Brain Res.,* 2010. - Vol. 1309. – P. 40-52.

97.Botvinick M.M., Cohen J.D., Carter C.S. Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: an update. // *Trends Cogn. Sci.* - 2004. - Vol. 8. – P. 539–546.

98.Bouisset S., Do M.C. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. // *Neurophysiol. Clin.* – 2008. - Vol. 38. – P. 345–362.

99.Breznik K. On the Gender Effects of Handedness in Professional Tennis. // *J. Sports Sci. Med.* - 2013 - Vol. 12(2). – P. 346–353.

100. Brown G.R., Spencer K.A. Steroid hormones, stress and the adolescent brain: A comparative perspective. // *Neuroscience.* – 2012. - S0306-4522. - № 12. – P. 1197-1199.

101. Bucci M.P., Seassau M. Saccadic eye movements in chil-

dren: a developmental study. // Exp. Brain Res. Exp. - 2012. - Vol. 222. - № 1–2. - P. 21–30.

102. Büchel C., Raedler T., Sommer M. et al. White matter asymmetry in the human brain: a diffusion tensor MRI study. // Cerebral Cortex, 2004. - Vol. 14(9). – P. 945–951.

103. Buckner R.L., Andrews-Hanna J.R., Schacter D.L. The brain's default network: anatomy, function, and relevance to disease. // Ann N. Y. Acad. Sci. - 2008. - Vol. 1124 - P. 1–38.

104. Buckner R.L., Sepulcre J., Talukdar T. et al. Cortical hubs revealed by intrinsic functional connectivity: mapping, assessment of stability, and relation to Alzheimer's disease. // J. Neurosci., 2009. - Vol. 29. – P. 1860–1873.

105. Buckner R.L., Krienen F.M. The evolution of distributed association networks in the human brain. // Trends Cogn. Sci. - 2013. - Vol. 17. – P. 648–665.

106. Buetti D., Lasaponara S., Cercignani M., Macaluso E. Learning about time: plastic changes and interindividual brain differences. // Neuron, 2012. - Vol. 75. - № 4. – P. 725–737.

107. Bullmore E., Sporns O. Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems. // Nature Reviews. - 2009. - Vol. 10(3). – P. 186–198.

108. Cai Q., Van der Haegen L., Brysbaert M. Complementary hemispheric specialization for language production and visuospatial attention. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. - 2013. - Vol. 110. - E322–E330.

109. Carp J., Park J., Polk T.A., Park D.C. Age differences in neural distinctiveness revealed by multi-voxel pattern analysis. // Neuroimage. – 2011. – Vol. 56. – P. 736–743.

110. Carpenter M.G., Adkin A.L., Brawley L.R. et al. Postural, physiological and psychological reactions to challenging balance: Does age make a difference? // Age Ageing. - 2006. – Vol. 35. P. - 298–303.

111. Chen Z.J., He Y., Rosa-Neto P. et al. Revealing modular architecture of human brain structural networks by using cortical thickness from MRI. // Cerebral Cortex. – 2008. – Vol. 18(10). – P. 2374–2381.

112. Chvatal S.A., Macpherson J.M., Torres-Oviedo G., Ting L.H. Absence of postural muscle synergies for balance after spinal cord transection. // J. Neurophysiol., 2013. - Vol. 110. – P. 1301–1310.

113. Churchland M.N., Afshar A., Shenoy K.V. A central source of movement variability. // Neuron. - 2006. – Vol. 52. P. - 1085–1096.

114. Coan J.A., Allen J.J. Frontal EEG asymmetry and the behavioral activation and inhibition systems. // Psychophysiology. –

2003. - Vol. 40. - № 1. – P. 106–114.

115. Collins J.J., De Luca C.J. Random walking during quiet standing. // *Phys. Rev. Lett.* - 1994. - Vol. 73. - P. - 764–767.

116. Corballis M.C. The evolution and genetics of cerebral asymmetry. // *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* – 2009. – Vol. 364. – P. 867–879.

117. Cordo P.J., Nashner L.M. Properties of postural adjustments associated with rapid arm movements. // *J. Neurophysiol.* - 1982. - Vol. 47. - P. - 287–302.

118. Creath R., Kiemel T., Horak F. et al. A unified view of quiet and perturbed stance: Simultaneous co-existing excitable modes. // *Neurosci. Lett.* - 2015. - Vol. 377. P. - 75–80.

119. Crews D.J., Landers D.M. Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to the golf putt. // *Med Sci Sports Exerc.* – 1993. Vol. 25. – P. 116–126.

120. Cullen K.E. The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. // *Trends Neurosci.*, 2012. - Vol. 35. – P. 185–196.

121. Curby K.M., Hayward G., Gauthier I. Laterality effects in the recognition of depth-rotated novel objects. // *Cogn. Affect Behav. Neurosci.* – 2004. – Vol. 4. – P. 100–111.

122. Dassonville P., Lewis S.H., Foster H.E., Ashe J. Choice and stimulus-response compatibility affect duration of response selection. // *Cogn. Brain Res.* – 1999. - Vol. 7. – P. 235-240.

123. d’Avella A., Saltiel P., Bizzi E. Combinations of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior. // *Nat. Neurosci.* - 2003. – Vol. 6. P. - 300–308.

124. David E.J. Visual perception: myths and mechanisms. // *TINS.* -1998. - Vol. 21. - P. 225-226.

125. Davidson R.J., Hugdahl K. *Brain Asymmetry.* - Cambridge, Mass, USA: MIT Press. - 1995. – 547 p.

126. Day B.L., Ramsay E., Welgampola M.S. et al. The human semicircular canal model of galvanic vestibular stimulation. // *Exp. Brain Res.* - 2011. – Vol. 210. - P. - 561–568.

127. Deiber M.P., Passingham R.E., Colebatch J.G., Friston K.J. et al. Cortical areas and the selection of movement: a study with positron emission tomography. // *Exp. Brain. Res.* – 1991. – Vol. 84. – P. 393–402.

128. Diersch N., Mueller K., Cross E.S., Stadler W. et al. Action Prediction in Younger versus Older Adults: Neural Correlates of Motor Familiarity. // *PLoS One.* – 2013. – Vol. 8(5). - e64195.

129. Del Percio C., Brancucci A., Bergami F. Et al. Cortical alpha

rhythms are correlated with body sway during quiet open-eyes standing in athletes: a high-resolution EEG study. // *Neuroimage*. – 2007. – Vol. 36. – P. 822–829.

130. Del Percio C., Marzano N., Tilgher S. et al. Pre-stimulus alpha rhythms are correlated with post-stimulus sensorimotor performance in athletes and non athletes: a high-resolution. // *EEG Study Clin. Neurophysiol.* - 2007b. – Vol. 118. – P. 1711–1720.

131. Deliagina T.G., Popova L.B., Grant G. The role of tonic vestibular input for postural control in rats. // *Arch. Ital. Biol.* - 1997. – Vol. 135. - P. - 239–261.

132. Deliagina T.G., Beloozerova I.N., Orlovsky G.N. et al. Contribution of supraspinal systems to generation of automatic postural responses. // *Front Integr. Neurosci.*, 2014. – Vol. 8. – P. 76.

133. Destrebecqz A., Cleeremans A. Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. // *Psychon. Bull. Rev.* – 2001. – Vol. 8. – P. 343–350.

134. Destrebecqz A., Peigneux P., Laureys S., Degueldre C. et al. The neural correlates of implicit and explicit sequence learning: interacting networks revealed by the process dissociation procedure. // *Learn. Mem.* – 2005. – Vol. 12. – P. 480–490.

135. Dobbins I.G., Schnyer D.M., Verfaellie M., Schacter D.L. Cortical activity reductions during repetition priming can result from rapid response learning. // *Nature*. – 2004. – Vol. 428. – P. 316–319.

136. Donega V., van Velthoven C.T., Nijboer C.H. et al. Intranasal mesenchymal stem cell treatment for neonatal brain damage: long-term cognitive and sensorimotor improvement. // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8. - № 1. - e51253.

137. Dorsaint-Pierre R., Penhune V. B., Watkins K. E., et al. Asymmetries of the planum temporale and Heschl's gyrus: relationship to language lateralization. // *Brain*. – 2006. – Vol. 129(5). – P. 1164–1176.

138. Dubois J., Hertz-Pannier L., Cachia A. et al. Structural asymmetries in the infant language and sensori-motor networks. *Cerebral Cortex*. 2009;19(2):414–423.

139. Dufossé M., Macpherson J., Massion J. et al. The postural reaction to the drop of a hindlimb support in the standing cat remains following sensorimotor cortical ablation. // *Neurosci. Lett.* – 1985. - Vol. 55. - P. - 297–303.

140. Duysens J., Clarac F., Cruse H. Load-regulating mechanisms in gait and posture: comparative aspects. // *Physiol. Rev.* – 2000. - Vol. 80. P. - 83–133.

141. Eger E., Schweinberger S.R., Dolan R.J., Henson R.N. Fa-

miliarity enhances invariance of face representations in human ventral visual cortex: fMRI evidence. // *Neuroimage*. – 2005. – Vol. 26. – P. 1128–1139.

142. Ehrlich I., Humeau Y., Grenier F. et al. Amygdala inhibitory circuits and the control of fear memory. // *Neuron*. – 2009. – Vol. 62(6). – P. 757–771.

143. Epstein R., Kanwisher N. A cortical representation of the local visual environment. // *Nature*. – 1998. – Vol. 392. – P. 598–601.

144. Epstein R.A. Parahippocampal and retrosplenial contributions to human spatial navigation. // *Trends Cogn. Sci.* – 2008. – Vol. 12. – P. 388–396.

145. Fair D.A., Schlaggar B.L., Cohen A.L. et al. A method for using blocked and event-related fMRI data to study “resting state” functional connectivity. // *Neuroimage*. – 2007. – Vol. 35. – P. 396–405.

146. Fitzpatrick R.C., Gorman R.B., Burke D. et al. Postural proprioceptive reflexes in standing human subjects: Bandwidth of response and transmission characteristics. // *J. Physiol, London*. – 1992.- Vol. 458. P. - 69–83.

147. Fousekis K., Tsepis E., Poulmedis P., Athanasopoulos S., Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. // *Br. J. Sports Med.* – 2011. – Vol. 45(9). – P. 709–14.

148. Fransson P. Spontaneous low-frequency BOLD signal fluctuations: an fMRI investigation of the resting-state default mode of brain function hypothesis. // *Hum. Brain Mapp.* – 2005. – Vol. 26. – P. 15–29.

149. Fransson P. Spontaneous low-frequency BOLD signal fluctuations: an fMRI investigation of the resting-state default mode of brain function hypothesis. // *Hum. Brain Mapp.* – 2005. – Vol. 26. – P. 15–29.

150. Gastaut H. Etude electrocorticographique de la reactivite des rythmes rolandiques. // *Rev Neurol.* – 1952. – Vol. 87. – P. 176–182.

151. Gazzaniga M.S. Cerebral specialization and interhemispheric communication: does the corpus callosum enable the human condition? // *Brain*. – 2000. – Vol. 123. – P. 1293–1326.

152. Geschwind N., Galaburda A. Cerebral lateralization. - MIT Press, Cambridge, MA. – 1987. – 364 p.

153. Glasauer S., Dieterich M., Brandt T. Modeling the role of the interstitial nucleus of Cajal in otolithic control of static eye position. // *Acta. Otolaryngol.* - Suppl. 2001. - № 545. - P. 105-107.

154. Glasser M.F., Rilling J.K. DTI tractography of the human brain's language pathways. // *Cerebral Cortex*. – 2008. – Vol. 18(11). – P. 2471–2482.

155. Goldman-Rakic P.S. Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. // *Annu Rev. Neurosci.* – 1988. – Vol. 11. – P. 137–156.

156. Goldberg J.M., Smith C.E., Fernandez C. Relation between discharge regularity and responses to externally applied galvanic currents in vestibular nerve afferents of the squirrel monkey. // *J. Neurophysiol.* – 1984. – Vol. 51. P. 1236–1256.

157. Gong G., Jiang T., Zhu C. et al. Asymmetry analysis of cingulum based on scale-invariant parameterization by diffusion tensor imaging. // *Human Brain Mapping*. – 2005. – Vol. 24(2). – P. 92–98.

158. Gong G., He Y., Concha L., et al. Mapping anatomical connectivity patterns of human cerebral cortex using in vivo diffusion tensor imaging tractography. // *Cerebral Cortex*. – 2009. – Vol. 19(3). – P. 524–536.

159. Gorgiladze G.I. Electrical stimulation of labyrinths and vestibular reactions. // *Bull. Exp. Biol. Med.* – 2004. – Vol. 138. P. - 629–631.

160. Gottlieb G.L. Muscle activation patterns during two types of voluntary single-joint movement. // *J. Neurophysiol.* – 1998. – Vol. 80. - P. 1860–1867.

161. Grabowska A., Herman A., Nowicka A., Szatkowska I., Szelag E. Individual differences in the functional asymmetry of the human brain. // *Acta Neurobiologiae Experimentalis*. – 1994. – Vol. 54(2). – P. 155-162.

162. Grillner S., Hongo T. Vestibulospinal effects on motoneurons and interneurons in the lumbosacral cord. // *Prog. Brain Res.* – 1972. - Vol. 37. P. - 244–262.

163. Gogtay N., Giedd J.N., Lusk L. et al. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* – 2004. - Vol. 101. - № 21. – P. 8174-8179.

164. Grouios G., Tsorbatzoudis H., Alexandris K., Barkoukis V. Do left-handed competitors have an innate superiority in sports? // *Percept Mot. Skills*. - 2000. - Vol. 90. - № 3. - Pt. 2. - P. 1273-1282.

165. Grygorowicz M., Kubacki J., Pilis W., Gieremek K., Rzepka R. Selected isokinetic test in knee injury prevention. // *Biol. Sport*. – 2010. – Vol. 27(1). – P. 47–51.

166. Gualberto Cremades J. The effects of imagery perspective as a function of skill level on alpha activity. // *Int J Psychophysiol.* –

2002. – Vol. 43. – P. 261–271.

167. Habas C., Kamdar N., Nguyen D. et al. Distinct cerebellar contributions to intrinsic connectivity networks. // *J. Neurosci.* – 2009. – Vol. 29. – P. 8586–8594.

168. Hagemann N. The advantage of being left-handed in interactive sports. // *Attent. Percept. Psychophys.* – 2009. – Vol. 71. – P. 1641–1648.

169. Hagmann P., Kurant M., Gigandet X., et al. Mapping human whole-brain structural networks with diffusion MRI. // *PLoS ONE.* – 2007. – Vol. 2(7). - e597.

170. Hagmann P., Cammoun L., Gigandet X., et al. Mapping the structural core of human cerebral cortex. // *PLoS Biology.* – 2008. – Vol. 6 (7, article e159). - P. 1479–1493.

171. Halle AC, Engelhardt A. The good day care center. Education, health and motor activity in routine day care. // *Kinderkrankenschwester*, 2012. - Vol. 31. - № 11. – P. 468–470.

172. Hamilton A.F., Jones K.E., Wolpert D.M. The scaling of motor noise with muscle strength and motor unit number in humans. // *Exp. Brain Res.* -2004. - Vol.157. - P. - 417–430.

173. Harris C.M., Wolpert D.M. Signal-dependent noise determines motor planning. // *Nature, London.* – 1998. – Vol. 394. - P. 780–784.

174. Hasson U., Nusbaum H.C., Small S.L. Task-dependent organization of brain regions active during rest. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – Vol. 106. – P. 10841–10846.

175. Hatfield B.D., Landers D.M., Ray W.J. Cognitive processes during self paced motor performance: an electroencephalographic profile of skilled marksmen. // *J Sport Psychol.* – 1984. – Vol. 6. – P. 42–59.

176. He Y., Chen Z. J., Evans A. C. Small-world anatomical networks in the human brain revealed by cortical thickness from MRI. // *Cerebral Cortex.* – 2007. – Vol. 17(10). – P. 2407–2419.

177. Henson R.N., Rugg M.D. Neural response suppression, haemodynamic repetition effects, and behavioural priming. // *Neuropsychologia.* – 2003. – Vol. 41. – P. 263–270.

178. Hering-Hanit R., Achiron R., Lipitz S. et al. Asymmetry of fetal cerebral hemispheres: in utero ultrasound study.// *Arch. Child. Fetal Neonatal.*, 2001. - № 85. – P. 194–196.

179. Heuninckx S., Wenderoth N., Debaere F., Peeters R., Swinnen S.P. Neural basis of aging: The penetration of cognition into action control. // *J. Neurosci.* – 2005. – Vol. 25. – P. 6787–6796.

180. Heuninckx S., Wenderoth N., Swinnen S.P. Age-related re-

duction in the differential pathways involved in internal and external movement generation. // *Neurobiol. Aging.* – 2010. – Vol. 31. – P. 301-314.

181. Hirashima M., Nozaki D. Learning with slight forgetting optimizes sensorimotor transformation in redundant motor systems. // *PLoS Comput. Biol.*, 2012. - Vol. 8. - № 6. - e1002590.

182. Hong S.L., James E.G., Newell K.M. Age-related complexity and coupling of children's sitting posture. // *Dev. Psychobiol.* – 2008. - Vol. 50. - № 5. – P. 502-510.

183. Horak F.B., Hlavacka F. Somatosensory loss increases vestibulospinal sensitivity // *J. Neurophysiol.*, 2001. – V.86. – P. 575-585.

184. Horak F.B., Macpherson J. Postural orientation and equilibrium, in *Handbook of Physiology. / Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems* eds Shepard J., Rowell L., editors. New York: Oxford University Press. – 1996. - P. 255–292.

185. Horak F.B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls // *Age and Ageing.* – 2006. –V. 35-S2. – P. 117-111.

186. Horn C.C., Zhurov Y., Orekhova I.V. et al. Cycle-to-cycle variability of neuromuscular activity in *Aplysia* feeding behavior. // *J. Neurophysiol.* – 2004. – Vol. 92. - P. 157–180.

187. Houglund M.T., Harrison B.J., Magnuson D.S. et al. The Transcriptional Response of Neurotrophins and Their Tyrosine Kinase Receptors in Lumbar Sensorimotor Circuits to Spinal Cord Contusion is Affected by Injury Severity and Survival Time. // *Front. Physiol.* – 2012. - Vol. 3. – P. 478.

188. Hsu L.J., Zelenin P.V., Orlovsky G.N. et al. Effects of galvanic vestibular stimulation on postural limb reflexes and neurons of spinal postural network. // *J. Neurophysiol.* - 2012. – Vol. 108. - P. 300–313.

189. Hugdahl K. Lateralization of cognitive processes in the brain. // *Acta Psychologica.* – 2000. – Vol. 105(2-3). – P. 211–235.

190. Inglis J.T., Horak F.B., Shupert C.L. et al. The importance of somatosensory information in triggering and scaling automatic postural responses in humans. // *Exp. Brain Res.* – 1994. – Vol. 101. - P. 159-164.

191. Inglis J.T, Macpherson J.M. Bilateral labyrinthectomy in the cat: Effects on the postural response to translation. // *J. Neurophysiol.* - 1995. - Vol. 73. - P. 1181–1191.

192. Ingram J.N., Wolpert D.M. Naturalistic approaches to sensorimotor control. // *Prog. Brain Res.*, 2011. - Vol. 191. – P. 3-29.

193. Iturria-Medina Y., Sotero R. C., Canales-Rodríguez E. J.,

Alemán-Gómez Y., Melie-García L. Studying the human brain anatomical network via diffusion-weighted MRI and Graph Theory. // *NeuroImage*. - 2008. – Vol. 40(3). – P. 1064–1076.

194. Ivaniura I.O. The characteristics of the functional development of higher nervous activity in middle-school pupils during long-term physical loading. // *Fiziol. Zh.* – 2000. - Vol. 46. - № 1. – P. 94–100.

195. Jung P., Baumgärtner U., Stoeter P., Treede R.-D. Structural and functional asymmetry in the human parietal opercular cortex. // *Journal of Neurophysiology*. – 2009. – Vol. 101(6). – P. 3246–3257.

196. Klimkeit E.I., Bradshaw J.L. Anomalous lateralisation in neurodevelopmental disorders. // *Cortex*. – 2006. – Vol. 42. – P. 113–116.

197. Kording K. Decision theory: What 'should' the nervous system do? // *Science*. - 2007. – Vol. 318. - P. 606–610.

198. Karayannidou A., Deliagina T.G., Tamarova Z.A. et al. Influences of sensory input from the limbs on feline corticospinal neurons during postural responses. // *J. Physiol.* – 2008. – Vol. 586. - P. 247–263.

199. Karayannidou A., Beloozerova I.N., Zelenin P.V. et al. Activity of pyramidal tract neurons in the cat during standing and walking on an inclined plane. // *J. Physiol.* - 2009b. – Vol. 587. - P. 3795–3811.

200. Ke M., Zou R., Shen H., et al. Bilateral functional asymmetry disparity in positive and negative schizophrenia revealed by resting-state fMRI. // *Psychiatry Research*. – 2010. – Vol. 182(1). – P. 30–39.

201. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. // *Brain Res Brain Res Rev.* - 1999. - Vol. 9. – P. 169–195.

202. Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T. et al. Brain oscillations and human memory. EEG correlates in the upper alpha and theta band. // *Neurosci Lett.* – 1997. – Vol. 238. – P. 9–12.

203. Konstantinov K.V., Trushina V.N., Iakovlev N.M., Klimenko V.M. Modulation of the functional activity of the acoustic and visual analyzers under conditions of listening to one's own EEG acoustic image of the temporal and occipital cortex areas. // *Russ. Fiziol. Zh. Im. I.M. Sechenova*, 2009. - Vol. 95. - № 1. – P. 87–95.

204. Koutstaal W., Wagner A.D., Rotte M. et al. Perceptual specificity in visual object priming: functional magnetic resonance imaging evidence for a laterality difference in fusiform cortex. // *Neuro-*

psychologia. – 2001. – Vol. 39. – P. 184–199.

205. Krishnamoorthy V., Latash M.L., Scholz J.P. et al. Muscle modes during shifts of the center of pressure by standing persons: Effect of instability and additional support. // *Exp. Brain Res.* – 2004. – Vol. 157. – P. 18–31.

206. Landers D.M., Han M., Salazar W. Et al. Effects of learning on electroencephalographic and electrocardiographic patterns in novice archers. // *Int. J. Sport Psychol.* – 1994. – Vol. 25. – P. 313–330.

207. Landgren S., Silfvenius H., Nucleus Z. The medullary relay in the projection path to the cerebral cortex of group I muscle afferents from the cat's hind limb. // *J. Physiol.* – 1971. – Vol. 218. P. – 551–571.

208. Langan J., Peltier S., Bo J., Fling B.W., Welsh R.C. et al. Functional implications of age differences in motor system connectivity. // *Front. Syst. Neurosci.* – 2010. – Vol. 4. – P. 1–11.

209. Latash M.L., Scholz J.P., Schoner G. Toward a new theory of motor synergies. // *Motor Control.* – 2007. – Vol. 11. – P. 276–308.

210. Lebel C., Beaulieu C. Lateralization of the arcuate fasciculus from childhood to adulthood and its relation to cognitive abilities in children. // *Human Brain Mapping.* – 2009. – Vol. 30(11). – P. 3563–3573.

211. Lee W.A., Michaels C.F., Pai Y.C. The organization of torque and EMG activity during bilateral handle pulls by standing humans. // *Exp. Brain Res.*, 1990. – Vol. 82. – P. 304–314.

212. Lewis C.M., Baldassarre A., Committeri G. et al. Learning sculpts the spontaneous activity of the resting human brain. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – Vol. 106. – P. 17558–17563.

213. Li Y., Liu Y., Li J., et al. Brain anatomical network and intelligence. // *PLoS Computational Biology.* – 2009. – Vol. 5(5). – P. 3678–3682.

214. Liu H., Stuffelbeam S.M., Sepulcre J. et al. Evidence from intrinsic activity that asymmetry of the human brain is controlled by multiple factors. // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 2009. – Vol. 106. P. 20499–20503.

215. Liu Y., Liang M., Zhou Y., et al. Disrupted small-world networks in schizophrenia. // *Brain.* – 2008. – Vol. 131(4). – P. 945–961.

216. Lockhart D.B., Ting L.H. Optimal sensorimotor transformations for balance. // *Nat. Neurosci.* – 2007. – Vol. 10. – P. 1329–1336.

217. Loffing F., Hagemann N. Side bias in human performance: a review on the left-handers' advantage in sports. / in *Bias in Human Behaviour*, eds. Dutta T., Mandal M., Kumar S. (Hauppauge, NY: Nova

Science), 2012. – P. 163–182.

218. Loffing F., Hagemann N., Schorer J., Baker J. Skilled players' and novices' difficulty anticipating left- vs. right-handed opponents' action intentions varies across different points in time. // *Hum. Mov. Sci.* – 2015. – Vol. 40. – P. 410–421.

219. Loftus W. C., Tramo M. J., Thomas C. E., Green R. L., Nordgren R. A., Gazzaniga M. S. Three-dimensional quantitative analysis of hemispheric asymmetry in the human superior temporal region. // *Cerebral Cortex.* – 1993. – Vol. 3(4). – P. 348–355.

220. Lomond K.V., Henry Sh.M., Jacobs J.V. et al. Protocol to assess the neurophysiology associated with multi-segmental postural coordination. // *Physiol Meas.* – 2013. – Vol. 34(10). – P. 137-142.

221. Loram I.D., Maganaris C.N., Lakie M. Human postural sway results from frequent, ballistic bias impulses by soleus and gastrocnemius. // *J. Physiol.* – 2005. – Vol. 564. - P. 295–311.

222. Loze G.M., Collins D., Holmes P.S. Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots. // *Sports Sci.* – 2001. – Vol. 19. – P. 727–733.

223. Luders E., Narr K. L., Thompson P. M., Rex D. E., Jancke L., Toga A. W. Hemispheric asymmetries in cortical thickness. // *Cerebral Cortex.* – 2006. – Vol. 16(8). – P. 1232–1238.

224. Luna B., Velanova K., Geier C.F. Development of eye-movement control. // *Brain Cogn.* – 2008. - Vol. 68. - № 3. – P. 293-308.

225. Macpherson J.M., Everaert D.G., Stapley P.J. et al. Bilateral vestibular loss in cats leads to active destabilization of balance during pitch and roll rotations of the support surface. // *J. Neurophysiol.* – 2007. – Vol. 97. - P. 4357–4367.

226. Mahon B.Z, Caramazza A. What drives the organization of object knowledge in the brain? // *Trends Cogn. Sci.* – 2011. – Vol. 15. – P. 97–103.

227. Makarenko M.V., Holiaka S.K. Individual-typological qualities of the higher nervous activity and sensomotor reactions in students with different level of sport qualifications.// *Fiziol .Zh.* – 2005. - Vol. 51. - № 4. – P. 70-74.

228. Makarenko M.V., Lyzohub V.S., Davydova O.M. Neurodynamic functions in older school-age pupils with different levels of development in the properties of their basic neural processes.// *Fiziol. Zh.* – 1999. - Vol. 45. - № 3. – P. 3-10.

229. Marsden J.F., Castellote J., Day B.L. Bipodal distribution of human vestibular-evoked postural responses during asymmetrical standing. // *J. Physiol.* – 2002. – Vol. 542. P. - 323–331.

230. Marsolek C.J., Burgund E.D. Dissociable neural subsystems underlie visual working memory for abstract categories and specific exemplars. // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* – 2008. – Vol. 8. – P. 17–24.

231. Martin A. Shades of Déjerine-forging a causal link between the visual word form area and reading. // *Neuron.* – 2006. – Vol. 50. – P. 173–175.

232. Massion J. The mammalian red nucleus. // *Physiol. Rev.* – 1967. – Vol. 47. - P. - 383–436.

233. Matsuyama K., Drew T. Vestibulospinal and reticulospinal neuronal activity during locomotion in the intact cat. II. Walking on an inclined plane. // *J. Neurophysiol.* – 2000. – Vol. 84. - P. 2257–2276.

234. Mesulam MM. From sensation to cognition. // *Brain.* – 1998. – Vol. 121. – P. 1013–1052.

235. Meunier D., Achard S., Morcom A., Bullmore E. Age-related changes in modular organization of human brain functional networks. // *NeuroImage.* – 2009. – Vol. 44(3). – P. 715–723.

236. Mezaour M., Yiou E., Le Bozec S. Effect of lower limb muscle fatigue on anticipatory postural adjustments associated with bilateral-forward reach in the unipedal dominant and non-dominant stance. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2010. - Vol. 110. – P. 1187–1197.

237. Mian O.S., Dakin C.J., Blouin J.S. et al. Lack of otolith involvement in balance responses evoked by mastoid electrocal stimulation. // *J. Physiol.* – 2010. - Vol. 588. - P. 4441–4451.

238. Michelsson K. Minimal Brain Dysfunction. // *Nord. Med.* - 1983. - Vol. 98. – № 12. – P. 297.

239. Miller E.K., Cohen J.D. An integrative theory of prefrontal cortex function. // *Annu Rev. Neurosci.* – 2001. – Vol. 24. – P. 167–202.

240. Minor L.B., Goldberg J.M. Vestibular-nerve inputs to the vestibulo-ocular reflex: a functional-ablation study in the squirrel monkey. // *J. Neurosci.* – 1991. – Vol. 11. - P. 1636–1648.

241. Mociienko H.P. Role of hypophyseal-gonadal system in the genesis of functional pathologies of the digestive system in adolescents. // *Lik Sprava.* – 2012. - № 3-4. – P. 86–89.

242. Musienko P.E., Zelenin P.V., Lyalka V.F. et al. Postural performance in decerebrated rabbit. // *Behav. Brain Res.* – 2008. – Vol. 190. - P. - 124–134.

243. Musienko P.E., Zelenin P.V., Orlovsky G.N. et al. Facilitation of postural limb reflexes with epidural stimulation in spinal rabbits. // *J. Neurophysiol.* – 2010. – Vol. 103. - P. 1080–1092.

244. Neely K.A., Heath M. Visuomotor mental rotation: reaction

time is determined by the complexity of the sensorimotor transformations mediating the response. // *Brain Res.*, 2010. - Vol. 1366. – P. 129-140.

245. Neubauer A.C., Freudenthaler H.H. Ultradian rhythms in cognitive performance: no evidence for a 1.5-H. // *Rhythm. Biol. Psychol.* – 1995. – Vol. 40. – P. 281–298.

246. Neuper C., Pfurtscheller G. Event-related dynamics of cortical rhythms: frequency-specific features and functional correlates. // *Int J Psychophysiol.* - 2001. – Vol. 43. – P. 41–58.

247. Nielsen S.E., Ertman N., Lakhani Y.S., Cahill L. Hormonal contraception usage is associated with altered memory for an emotional story. // *Neurobiol. Learn. Mem.* – 2011. - Vol. 96. - № 2. – P. 378-384.

248. Niendam T.A., Laird A.R., Ray K.L. et al. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. // *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* – 2012. – Vol. 12. – P. 241–268.

249. Olivier I., Cuisinier R., Vaugoyeau M. et al. (2007) Dual-task study of cognitive and postural interference in 7-year-olds and adults. // *NeuroReport.* – 2007. - Vol. 18. - № 8. – P. 817–821.

250. Olivier I., Cuisinier R., Vaugoyeau M. et al. Age-related differences in cognitive and postural dual-task performance. // *Gait Posture.* – 2010. - Vol. 32. - № 4. – P. 494-499.

251. Otsuka Y., Osaka N., Osaka M. Functional asymmetry of superior parietal lobule for working memory in the elderly. // *NeuroReport.* – 2008. – Vol. 19(14). – P. 1355–1359.

252. Palluel E., Nougier V., Olivier I. Postural control and attentional demand during adolescence. // *Brain Res.* – 2010. - Vol. 1358. – P. 151-159.

253. Palva S., Palva J.M. New vistas for alpha-frequency band oscillations. // *Trends Neurosci.* – 2007. – Vol. 30. – P. 150–158.

254. Park H.-J., Westin C.-F., Kubicki M., et al. White matter hemisphere asymmetries in healthy subjects and in schizophrenia: a diffusion tensor MRI study. // *NeuroImage.* – 2004. – Vol. 23(1). – P. 213–223.

255. Parkin S., Nowicky A.V., Rutherford A.V., McGregor A.H. Do oarsmen have asymmetries in the strength of their back and leg. // *Journal of Sports Sciences.* - 2001.-Vol. 19. - P. 521-526.

256. Pascual-Leone A., Amedi A., Fregni F., Merabet L.B. The plastic human brain cortex. // *Annu Rev. Neurosci.* – 2005. - Vol. 28. – P. 377-401.

257. Peterka R.J. Postural control model interpretation of sta-

bilogram diffusion analysis. // *Biol. Cybern.* – 2000. – Vol. 82. - P. 335–343.

258. Peterka R.J. Sensorimotor integration in human postural control. // *J. Neurophysiol.* – 2002. – Vol. 88. P. - 1097–1118.

259. Petras J.M. Cortical, tectal and tegmental fiber connections in the spinal cord of the cat. // *Brain Res.* – 1967. – Vol. 6. P. - 275–324.

260. Pfurtscheller G., Neuper C., Krausz G. Functional dissociation of lower and upper frequency mu rhythms in relation to voluntary limb movement. // *Clin Neurophysiol.* – 2000. – Vol. 111. – P. 1873–1879.

261. Pfurtscheller G., Lopes da Silva F.H. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles. // *Clin Neurophysiol.* - 1999. – Vol. 110. – P. 1842–1857.

262. Press C., Heyes C., Kilner J.M. Learning to understand others' actions. // *Biol. Lett.* – 2011. – Vol. 7. – P. 457–460.

263. Rahnama N., Lees A., Bambaecichi E. A comparison of muscle strength and flexibility between the dominant and non-dominant leg in English soccer players. // *Ergonomics.* – 2005. – Vol. 48(11–14). – P. 1568–1575.

264. Ramnani N., Owen A.M. Anterior prefrontal cortex: insights into function from anatomy and neuroimaging. // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2004. – Vol. 5. – P. 184–194.

265. Rilea S.L., Roskos-Ewoldsen B., Boles D. (2004) Sex differences in spatial ability: A lateralization of function approach. // *Brain and Cognition.* – 2004. - Vol. 56(3). – P. 332-343.

266. Roozendaal B., McEwen B. S., Chattarji S. Stress, memory and the amygdala. // *Nature Reviews Neuroscience.* – 2009. – Vol. 10(6). – P. 423–433.

267. Rosenbaum D.A., Meulenbroek R.J., Vaughan J., Jansen C. Posture-based motion planning: applications to grasping. // *Psychol. Rev.* – 2001. – Vol. 108. – P. 709–734.

268. Rosenbaum D.A., Vaughan J., Barnes H.J., Jorgensen M.J. Time course of movement planning: selection of handgrips for object manipulation. // *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.* – 1992. – Vol. 18:1058–1073.

269. Rougier P., Garin M. Performing saccadic eye movements or blinking improves postural control.// *Motor Control.* - 2007. – Vol. 11(3). – P. 213–223.

270. Rouiller E.M., Liang F., Babalian A. et al. Cerebellothalamocortical and pallidothalamocortical projections to the primary and supplementary motor cortical areas: a multiple tracing

study in macaque monkeys. // J. Comp. Neurol. – 1994. – Vol. Vol. 345. – P. 185–213.

271. Rubens A. B., Mahowald M. W., Hutton J. T. Asymmetry of the lateral (sylvian) fissures in man. // Neurology. – 1976. – Vol. 26(7). – P. 620–624.

272. Rushmer D.S., Macpherson J.M., Dunbar D.C. et al. Automatic postural responses in the cat: responses of proximal and distal hindlimb muscles to drop of support from a single hind- or forelimb. // Exp. Brain Res. – 1987. – Vol. 65. - P. 527-537.

273. Salazar W., Landers D.M., Petruzzello S.J. Et al. Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. // Res Q Exerc Sport. – 1990. – Vol. 61. – P. 351–359.

274. Salman M.S., Sharpe J.A., Eizenman M. et al. Saccades in children. // Vision Res. – 2006. - Vol. 46. - № 8-9. – P. 1432-1439.

275. Schendan H.E., Ganis G. Electrophysiological potentials reveal cortical mechanisms for mental imagery, mental simulation, and grounded (embodied) cognition. // Front. Psychol., 2012. - № 3. – P. 329.

276. Schacter D.L., Buckner R.L. Priming and the brain. // Neuron. – 1998. – Vol. 20. – P. 185–195.

277. Schacter D.L., Dobbins I.G., Schnyer D.M. Specificity of priming: a cognitive neuroscience perspective. // Nat. Rev. Neurosci. – 2004. – Vol. 5. – P. 853–862.

278. Schacter D.L., Wig G.S., Stevens W.D. Reductions in cortical activity during priming. // Curr. Opin. Neurobiol. – 2007. –Vol. 17. – P. 171–176.

279. Schärli A.M., Keller M., Lorenzetti S., Murer K. Balancing on a Slackline: 8-Year-Olds vs. Adults and Rolf van de Langenberg. // Front Psychol., 2013. – Vol. 4. – P. 208.

280. Schärli A.M., van de Langenberg R., Murer K., Müller R.M. The influence of gaze behaviour on postural control from early childhood into adulthood. // Gait Posture, 2012. – Vol. 36. – P. 78-84.

281. Schmid M., Conforto S., Lopez L., D'Alessio T. Cognitive load affects postural control in children. // Exp. Brain Res. – 2006. - Vol. 179. - № 3. – P. 375–385

282. Schneider P., Sluming V., Roberts N., et al. Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. // Nature Neuroscience. – 2005. – Vol. 8(9). -1241–1247.

283. Schnyer D.M., Dobbins I.G., Nicholls L., Schacter D.L., Verfaellie M. Rapid response learning in amnesia: delineating associative learning components in repetition priming. // Neuropsychologia. –

2006. – Vol. 44. – P. 140–149.

284. Schnyer D.M., Dobbins I.G., Nicholls L. et al. Item to decision mapping in rapid response learning. // *Mem. Cognit.* – 2007. – Vol. 35. – P. 1472–1482.

285. Scholz J.P., Danion F., Latash M.L. et al. Understanding finger coordination through analysis of the structure of force variability. // *Biol. Cybern.* – 2002. – Vol. 86. - P. 29-39.

286. Scholz J.P., Schoner G. The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. // *Exp. Brain Res.* – 1999. – Vol. 126. - P. - 289–306.

287. Scinicariello A.P., Eaton K., Inglis J.T. et al. Enhancing human balance control with galvanic vestibular stimulation. // *Biol. Cybern.* - 2001. - Vol. 84. - P. - 475–480.

288. Sepulcre J, Liu H, Talukdar T, Martincorena I, Yeo BT, Buckner RL. The organization of local and distant functional connectivity in the human brain. // *PLoS Comput. Biol.* – 2010. – Vol. 6. - e1000808.

289. Séverac Cauquil A., Martinez P., Ouaknine M. et al. Orientation of the body response to galvanic stimulation as a function of the inter-vestibular imbalance. // *Exp. Brain Res.* – 2000. – Vol. 133. - P. 501–505.

290. Shadmehr R., Krakauer J.W. A computational neuroanatomy for motor control. // *Exp. Brain Res.* – 2008. – Vol. 185. - P. 359-381.

291. Shaw J.C. Electroencephalographic measures of attentional patterns prior to golf putt. // *Med Sci Sports Exerc.* – 1993. – Vol. 25. – P. 1084–1085.

292. Shaw J.C. Intention as a component of the alpha-rhythm response to mental activity. // *Int J Psychophysiol.* – 1996. – Vol. 24. – P. 7–23.

293. Shul'gina G.I. Effects of sodium nitrite, a NO donor, on activity of neurons in visual and sensorimotor regions of cortex during learning. // *Vestn. Ross. Akad. Med. Nauk*, 2000. - № 7. – P. 3-8.

294. Shumway-Cook A., Woollacott M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. // *J. Gerontol. a Biol. Sci. Med. Sci.* – 2000. - Vol. 55. - № 1. – P. 10-16.

295. Simons J.S., Koutstaal W., Prince S. et al. Neural mechanisms of visual object priming: evidence for perceptual and semantic distinctions in fusiform cortex. // *Neuroimage.* – 2003. – Vol. 19. – P. 613–626.

296. Simmons W.K, Reddish M., Bellgowan P.S, Martin A. The selectivity and functional connectivity of the anterior temporal lobes.

// Cereb. Cortex. – 2010. – Vol. 20. – P. 813–825.

297. Squire L. R. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. // Psychological Review. – 1992. – Vol. 99(2). - 195–231.

298. Smith P.F., Curthoys I.S. Mechanisms of recovery following unilateral labyrinthectomy: a review. // Brain Res. Rev. - 1989. – Vol. 14. P. - 155–180.

299. Sperry R.W. Forebrain commissurotomy and conscious awareness.// J. Med. Philos. - 1977. – Vol. 2. – P. 101–126.

300. Sporns O., Chialvo D. R., Kaiser M., Hilgetag C. C. Organization, development and function of complex brain networks. // Trends in Cognitive Sciences. – 2004. – Vol. 8(9). – P. 418–425.

301. Spreng R.N., Stevens W.D., Chamberlain J.P., Gilmore A.W., Schacter DL. Default network activity, coupled with the frontoparietal control network, supports goal-directed cognition. // Neuroimage. – 2010. – Vol. 53. – P. 303–317.

302. Spreng R.N., Sepulcre J., Turner G.R. et al. Intrinsic architecture underlying the relations among the default, dorsal attention, and fronto-parietal control networks of the human brain. // J. Cogn. Neurosci. – 2013. – Vol. 25. – P. 74–86.

303. Stapley P.J., Ting L.H., Hulliger M. et al. Automatic postural responses are delayed by pyridoxine-induced somatosensory loss. // J. Neurosci. – 2002. – Vol. 22. - P. 5803–5807.

304. Stapley P.J., Drew T. The pontomedullary reticular formation contributes to the compensatory postural responses observed following removal of the support surface in the standing cat. // J. Neurophysiol. – 2009. – Vol. 101. - P. 1334–1350.

305. Stevens W.D., Buckner R.L., Schacter D.L. Correlated low-frequency BOLD fluctuations in the resting human brain are modulated by recent experience in category-preferential visual regions. // Cereb. Cortex. – 2010. – Vol. Vol. 20. – P. 1997–2006.

306. Stevens W.D., Kahn I., Wig G.S., Schacter D.L. Hemispheric Asymmetry of Visual Scene Processing in the Human Brain: Evidence from Repetition Priming and Intrinsic Activity. // Cereb. Cortex. – 2012. – Vol. 22(8). – P. 1935–1949.

307. Stoeckel M.C., Morgenroth F., Bueteifisch C.M., Seitz R.J. Differential grey matter changes in sensorimotor cortex related to exceptional fine motor skills. // PLoS One. – 2012. - Vol. 7. - № 12. - e51900.

308. Stoffregen T., Bardy B., Bonnet C. et al. Postural sway and the frequency of horizontal eye movements. // Motor Control, 2007. – Vol. 11(1). – P. 86–102.

309. Strick P.L., Sterling P. Synaptic termination of afferents from the ventrolateral nucleus of the thalamus in the cat motor cortex. A light and electron microscopy study. // J. Comp. Neurol. – 1974. – Vol. 153. - P. 77-106.

310. Swadlow H.A. Thalamocortical control of feed-forward inhibition in awake somatosensory “barrel” cortex. // Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci. – 2002. – Vol. 357. - P. 1717-1727.

311. Tamarova Z.A., Sirota M.G., Orlovsky G.N. et al. Role of GABAA inhibition in modulation of activity of pyramidal tract neurons during postural corrections. // Eur. J. Neurosci. – 2007. - Vol. 25. - P. 1484-1491.

312. Tambini A., Ketz N., Davachi L. Enhanced brain correlations during rest are related to memory for recent experiences. // Neuron. – 2010. – Vol. 65. – P. 280–290.

313. Tan U., Tan M. The mixture distribution of left minus right hand skill in men and women // Int. J. Neuroscience. – 1997. – Vol. 92. - № 1-2. – P. 1-8.

314. Ting L.H., Macpherson J.M. A limited set of muscle synergies for force control during a postural task. // J. Neurophysiol. - 2005. – Vol. 93. - P. 609-613.

315. Ting L.H., McKay J.L. Neuromechanics of muscle synergies for posture and movement. // Curr. Opin. Neurobiol. – 2007. – Vol. 17. - P. 622-628.

316. Todorov E., Jordan M.I. Optimal feedback control as a theory of motor coordination. // Nat. Neurosci. – 2002. – Vol. 5. - P. – 1226-1235.

317. Toga A.W., Thompson P.M. Mapping brain asymmetry. // Nat. Rev. Neurosci. – 2003. – Vol. 4. – P. 37–48.

318. Toga A.W., Thompson P.M., Sowell E.R. Mapping brain maturation. // Trends Neurosci. - 2006. - Vol. 29. - № 3. – P. 148-159.

319. Toro C., Deuschl G., Thatcher R. et al. Event-related desynchronization and movement-related cortical potentials on the ECoG and EEG. // Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. – 1994. – Vol. 93. – P. 380–389.

320. Torres-Oviedo G., Macpherson J.M., Ting L.H. Muscle synergy organization is robust across a variety of postural perturbations. // J. Neurophysiol. – 2006. – Vol. 96. - P. – 1530-1546.

321. Tresch M.C., Saltiel P., Bizzi E. The construction of movement by the spinal cord. // Nat. Neurosci. – 1999. – Vol. 2. - P. 162–167.

322. Trickett P.K., Noll J.G., Susman E.J. et al. Attenuation of

cortisol across development for victims of sexual abuse. // *Dev. Psychopathol.* – 2010. - Vol. 22. - № 1. – P. 165-175.

323. Tulving E., Schacter D.L. Priming and human memory systems. // *Science.* – 1990. – Vol. 247. – P. 301–306.

324. Waites A.B., Stanislavsky A., Abbott D.F., Jackson G.D. Effect of prior cognitive state on resting state networks measured with functional connectivity. // *Hum. Brain Mapp.* – 2005. – Vol. 24. – P. 59–68.

325. Wang D., Buckner R.L., Liu H. Cerebellar asymmetry and its relation to cerebral asymmetry estimated by intrinsic functional connectivity. // *J. Neurophysiol.* – 2013. – Vol. 109. – P. 46–57.

326. Wang D., Buckner R.L., Liu H. Functional Specialization in the Human Brain Estimated By Intrinsic Hemispheric Interaction. // *J. Neurosci.* – 2014. – Vol. 34(37). – P. 12341–12352.

327. Wang K., Yu C., Xu L. et al. Offline memory reprocessing: involvement of the brain's default network in spontaneous thought processes. // *PLoS One.* – 2009. – Vol. 4 - e4867.

328. Watkins K.E., Paus T., Lerch J.P., et al. Structural asymmetries in the human brain: a voxel-based statistical analysis of 142 MRI scans. // *Cerebral Cortex.* – 2001. – Vol. 11(9). – P. 868–877.

329. Watts D. J., Strogatz S. H. Collective dynamics of 'small-world' networks. // *Nature.* – 1998. – Vol. 393(6684). – P. 440–442.

330. Welch T.D., Ting L.H. A feedback model reproduces muscle activity during human postural responses to support-surface translations. // *J. Neurophysiol.* - 2008. - Vol. 99. - P. 1032–1038.

331. Wertheim A.H. Occipital alpha activity as a measure of retinal involvement in oculomotor control. // *Psychophysiology.* – 1981. – Vol. 18. – P. 432–439.

332. Wey H.Y., Phillips K.A., McKay D.R. et al. Multi-region hemispheric specialization differentiates human from nonhuman primate brain function. // *Brain Struct Funct.* – 2014. – Vol. 219. – P. 2187-2194.

333. Wiesendanger M., Wise S.P. Current issues concerning the functional organization of motor cortical areas in nonhuman primates. // *Adv. Neurol.* – 1992. – Vol. 57. – P. 117–134.

334. Wiesendanger M., Rouiller E.M., Kazennikov O., Perrig S. Is the supplementary motor area a bilaterally organized system? // *Adv. Neurol.* – 1996. – Vol. 70. – P. 85–93.

335. Wig G.S., Grafton S.T., Demos K.E., Kelley W.M. Reductions in neural activity underlie behavioral components of repetition priming. // *Nat. Neurosci.* – 2005. – Vol. 8. – P. 1228–1233.

336. Wig G.S., Buckner R.L., Schacter D.L. Repetition priming

influences distinct brain systems: evidence from task-evoked data and resting-state correlations. // J. Neurophysiol., 2009. – Vol. 101. – P. 2632–2648.

337. Wiggs C.L., Martin A. Properties and mechanisms of perceptual priming. // Curr. Opin. Neurobiol. – 1998. - Vol. 8. – P. 227–233.

338. Woollacott M., Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. // Gait and Posture. – 2002. – Vol. 16. - P. 1-14.

339. Vadziuk S.N., Ratyns'ka O.M. Sensorimotor reactions in students of high school age during different types of the weather. // Fiziol. Zh. – 2004. - Vol. 50. - № 1. – P. 81-84.

340. Vernooij M. W., Smits M., Wielopolski P. A., Houston G. C., Krestin G. P., van der Lugt A. Fiber density asymmetry of the arcuate fasciculus in relation to functional hemispheric language lateralization in both right- and left-handed healthy subjects: a combined fMRI and DTI study. NeuroImage. 2007;35(3):1064–1076.

341. Vidal J., Borràs P.A., Ponseti F.J. et al. Effects of a postural education program on school backpack habits related to low back pain in children. // Eur. Spine J., 2012. - Vol. 10. – P. 1168-1172.

342. Vincent J.L., Kahn I., Snyder A.Z. et al. Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. // J. Neurophysiol. – 2008. – Vol. 100. – P. 3328–3342.

343. Vogel J.J., Bowers C.A., Vogel D.S. Cerebral lateralization of spatial abilities: a meta-analysis. // Brain and Cognition. – 2003. – Vol. 52(2). – P. 197–204.

344. Voyer D., Bryden M.P. Gender, level of spatial ability, and lateralization of mental rotation. // Brain and Cognition. – 1990. – Vol. 13(1). – P. 18-29.

345. Vuilleumier P., Henson R.N., Driver J., Dolan R.J. Multiple levels of visual object constancy revealed by event-related fMRI of repetition priming. // Nat Neurosci. – 2002. – Vol. 5. – P. 491–499.

346. Vuilleumier P., Schwartz S., Duhoux S. et al. Selective attention modulates neural substrates of repetition priming and “implicit” visual memory: suppressions and enhancements revealed by FMRI. // J. Cogn. Neurosci. – 2005. – Vol. 17. – P. 1245–1260.

347. Yarrow K., Brown P., Krakauer J.W. Inside the brain of an elite athlete: the neural processes that support high achievement in sports. // Nat. Rev. Neurosci., 2009. – Vol. 10. – P. 585–596.

348. Yeo B.T., Krienen F.M., Sepulcre J. et al. The organization of the human cerebral cortex estimated by intrinsic functional connectivity. // J. Neurophysiol. - 2011. – Vol. 106. – P. 1125–1165.

349. Yiou E., Schneider C., Roussel D. Coordination of rapid stepping with arm pointing: anticipatory changes and step adaptation. // Hum. Mov. Sci. – 2007. - Vol. 26. – P. 357–375.

350. Yiou E., Mezaour M., Le Bozec S. Anticipatory postural adjustments and focal performance during bilateral forward-reach task under different stance conditions. // Motor Control. – 2009. - Vol. 13. – P. 142–160.

351. Yiou E., Caderby T., Hussein T. Adaptability of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement.// World J. Orthop., 2012. - Vol. 3. - № 6. – P. 75-86.

352. Zalesky A., Fornito A. A DTI-derived measure of cortico-cortical connectivity. // IEEE Transactions on Medical Imaging, 2009. – Vol. 28. - № 7. – P. 1023–1036.

353. Zelenin P.V., Beloozerova I.N., Sirota M.G. et al. Activity of red nucleus neurons in the cat during postural corrections. // J. Neurosci. – 2010. – Vol. 30. - P. 14533–14542.

354. Zelenin P.V., Hsu L.J., Orlovsky G.N. et al. Use of galvanic vestibular feedback to control postural orientation in decerebrate rabbits. // J. Neurophysiol. – 2012. – Vol. 107. - P. 3020-3026.

355. Zelenin P.V., Lyalka V.F., Hsu L.J. et al. Effects of reversible spinalization on individual spinal neurons. // J. Neurosci. – 2013. – Vol. 33. - P. 18987-18998.