

На правах рукописи

**ФОМИНА ЕЛЕНА ВАЛЕНТИНОВНА**

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МОЗГА  
И АДАПТАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА К ЭКСТРЕМАЛЬНЫМ  
СПОРТИВНЫМ НАГРУЗКАМ**

03.00.13 – физиология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени

доктора биологических наук

Тюмень - 2006

Работа выполнена в Сибирском государственном университете физической культуры и спорта

Научный консультант: доктор биологических наук,  
профессор Виталий Петрович Леутин

Официальные оппоненты: доктор медицинских наук,  
профессор Вячеслав Иванович Хаснулин;  
доктор медицинских наук,  
профессор Елена Маевна Бердичевская;  
доктор биологических наук,  
профессор Александр Павлович Кузнецов

Ведущая организация – Российский государственный университет физической культуры, спорта и туризма

Защита состоится 23 июня 2006 г. в 9 часов на заседании диссертационного совета ДМ212.274.07 в Тюменском государственном университете по адресу: 625043, г.Тюмень, ул. Пирогова, д.3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Тюменского государственного университета.

Автореферат диссертации разослан «\_\_» мая 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук,  
профессор

Е.А.Чирятьев

**Актуальность.** Взаимодействие полушарий интенсивно изучается в настоящее время при анализе механизмов адаптации человека к факторам окружающей среды, так как динамические перестройки межполушарной асимметрии способствуют пластичности приспособления человека к экстремальным условиям. Инверсия полушарного доминирования отмечена при благоприятном протекании адаптации к особым климато-географическим условиям (Пыстина Е.А с соавт., 2001), нормобарической гипоксии (Леутин В.П., Платонов Я.Г., 2004) и смене временных поясов при трансмеридиальном перелете (Ежов С.Н., Кривошеков С.Р., 2004).

Способность к адаптации зависит от межполушарных взаимоотношений, так как тип межполушарного взаимодействия является фактором, обуславливающим особенности протекания физиологических (Леутин В.П. с соавт., 1996, 2005, Хаснулин В.И., 1992) и психофизиологических процессов (Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н., 1988), а также обладает конституциональными признаками (Никитюк Б.А., 2000).

Большой интерес вызывает исследование связи функциональной асимметрии мозга с двигательными способностями (Коган А.Б. с соавт., 1982; Ермаков П.Н, 1988; Лебедев В.М., 1992; Ефимова И.В., 1996; Бердичевская Е.М., 2004; Чермит К.Д., 1993, 2004). В последние годы была осознана потребность анализа латеральных предпочтений у спортсменов различных специализаций (Аганянц Е.К. с соавт., 2004), при этом роль стороны сенсорных предпочтений различной модальности остается мало изученной. Спортсмены с парциальным доминированием обычно объединяются в одну группу без изолированного учета предпочтений в зрительной и слуховой сенсорных системах, что ведет к накоплению противоречивых данных из-за неоднородности групп по латеральному фенотипу. Адекватная оценка функциональных асимметрий с учетом стороны предпочтения и в зрительной, и в слуховой сенсорных системах позволит дополнить представления о физиологических механизмах организации произвольных движений, так как накопленные знания указывают на то, что определенное сочетание

функциональных асимметрий может быть маркером особенностей мозговой деятельности. В этой связи представляет интерес изучение перестроек биоэлектрической активности коры головного мозга под влиянием специфической физической нагрузки у лиц, различающихся стороной сенсорных предпочтений.

Изучение влияния функциональной асимметрии на протекание процессов срочной и долговременной адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам актуально для прогнозирования успешности спортивной деятельности и планирования тренировочного процесса. Комплексный анализ динамики латеральных предпочтений под влиянием спортивной нагрузки у спортсменов высокой квалификации ранее не проводился. Изучение роли латерального фенотипа при адаптации к специфической двигательной активности в спорте высших достижений дает возможность проанализировать системные аспекты регуляции на уникальной модели максимальной мобилизации функциональных резервов организма.

Эффективное освоение новых высот спортивного мастерства требует разработки новых высоких технологий спортивной подготовки, основанных на отказе от допинговых средств стимуляции работоспособности и опирающихся на выявление спортивных талантов (Бальсевич В.К., Пьянзин А.И., 2004). Выявление особенностей частотно-пространственной организации активности коры головного мозга, наиболее успешных в соревновательной деятельности спортсменов, способствует пониманию механизмов индивидуальной фенотипической адаптации и может лечь в основу разработки новых технологий. Понимание механизмов адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам расширяет знания о закономерностях взаимодействия организма человека с окружающей средой, расширяет знание о преобразовании потенциальных возможностей организма в способность к мобилизации функциональных резервов.

Современная наука располагает знаниями о роли латеральных предпочтений в процессе адаптации, основанными на интегральной оценке

сенсомоторных асимметрий, однако парциальная оценка с учетом слуховой и зрительной асимметрии до настоящего времени не проводилась.

Наше исследование посвящено проблеме адаптации в спорте высших достижений и возможности прогнозирования профессиональной успешности на основе парциального учета латерализации сенсорных и моторных предпочтений.

**Гипотезой** исследования служит предположение о том, что особенности протекания процессов адаптации к экстремальной спортивной нагрузке сопряжены с функциональной асимметрией мозга, обеспечивающей наиболее эффективную интегративную деятельность полушарий для реализации мозговых механизмов мобилизации функциональных резервов организма человека.

**Целью** исследования явилось изучение влияния функциональной асимметрии мозга на физиологические механизмы адаптации человека к экстремальным спортивным нагрузкам.

**Задачи исследования:**

1. Проанализировать психофизиологические и морфологические показатели лиц, различающихся сенсорными и моторными асимметриями, и разработать классификацию латеральных фенотипов, отражающую возможности адаптации организма человека к экстремальным спортивным нагрузкам, связанным с проявлением физического качества быстроты.
2. Провести дифференцированный анализ распределения латеральных фенотипов у высококвалифицированных спортсменов и выборки сверстников, не занимающихся спортом профессионально, с учетом половой принадлежности.
3. Определить латеральные фенотипы юношей и девушек, обеспечивающие высокие возможности адаптации к спортивным нагрузкам, связанным с необходимостью быстрой реализации моторных программ.

4. Предложить модель взаимосвязи индивидуально-типологических особенностей человека с латеральным фенотипом на основе учета психофизиологических показателей, нейротипа и дактилотипа.
5. Изучить динамические изменения функциональных асимметрий мозга под влиянием специфической физической нагрузки различных видов спорта в зависимости от спортивной квалификации и половой принадлежности.
6. Изучить особенности частотно-пространственной организации активности коры головного мозга у представителей спортивной элиты в зависимости от фактора ведущего глаза до и после спортивной нагрузки.
7. Проанализировать асимметрию паттернов ЭЭГ у представителей спортивной элиты, различающихся успешностью соревновательной деятельности, для выявления мозговых механизмов мобилизации функциональных резервов организма человека в процессе адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам.
8. Изучить паттерны ЭЭГ, сопутствующие успешной адаптации к спортивной деятельности.

**Научная новизна.** Предложена концепция оптимального взаимодействия полушарий головного мозга при успешной адаптации к спортивным нагрузкам.

Впервые проведен анализ физиологических и психофизиологических особенностей на большом контингенте высококвалифицированных спортсменов широкого спектра видов спорта и предложена классификация латеральных фенотипов с учетом стороны мануального доминирования в сочетании с латеральностью предпочтений в зрительной и слуховой сенсорных системах. Показано увеличение долей латеральных фенотипов с признаками синистральности в выборке высококвалифицированных спортсменов по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом регулярно и не адаптированных к экстремальной двигательной активности. Различия с контрольной группой более выражены в выборке юношей.

Проведенные исследования позволяют расширить представления о влиянии типа сенсомоторного доминирования на процессы жизнедеятельности и дополняют знания о конституциональных особенностях человека.

Новыми являются полученные данные о том, что предпочтение левого зрительного сенсорного входа создает благоприятные предпосылки к мобилизации функциональных резервов правого полушария для успешного протекания процессов адаптации к спортивной нагрузке, связанной с возникновением гипоксического состояния. Впервые выявлена активация левостороннего сенсорного входа у наиболее успешных и правостороннего сенсорного входа у менее успешных спортсменов. Новым является раскрытие особенностей мозговых механизмов регулирования и формирования функциональных систем у спортсменов, различающихся успешностью спортивной деятельности.

Обоснована необходимость принимать во внимание предпочтение зрительного сенсорного входа при проведении психофизиологических и ЭЭГ-исследований. Данной преференции не уделялось достаточного внимания в работах других авторов. Впервые проведена оценка влияния фактора ведущего глаза на динамические перестройки межполушарной асимметрии спектральных характеристик ЭЭГ под влиянием спортивной нагрузки. Показаны динамические перестройки биоэлектрической активности головного мозга под влиянием спортивных нагрузок у спортсменов с левосторонней зрительной преференцией, в то время как у спортсменов с правосторонней зрительной преференцией значимые перестройки активации полушарий отсутствовали.

Автором предложена модель расположения латеральных фенотипов в вершинах булева куба, адекватно описывающая взаимосвязь латеральных преференций с индивидуально-типологическими особенностями человека.

Выявлены новые прогностические критерии успешности соревновательной деятельности на основе анализа биоэлектрической активности коры больших полушарий головного мозга представителей спортивной элиты. Это мозаичная

правосторонняя асимметрия мощности  $\beta$ -диапазонов в теменных, центральных и передне-височных областях, наблюдаемая у призеров соревнований, позволяющая говорить о парциальном правополушарном доминировании, а также низкие показатели мощности медленноволновых диапазонов.

Предложена концепция оптимальной межполушарной интеграции при адаптации человека к экстремальным спортивным нагрузкам.

**Теоретическая и практическая значимость.** Данное исследование позволяет расширить современные представления о закономерностях взаимодействия организма человека с окружающей средой и влиянии функциональной асимметрии мозга на протекание процесса адаптации человека к экстремальным спортивным нагрузкам. Предложена концепция оптимальной межполушарной интеграции на основе мозаичной активности полушарий головного мозга, обеспечивающей эффективные физиологические механизмы адаптации человека к нагрузкам спорта высших достижений.

Смещение латеральных фенотипов высококвалифицированных спортсменов в сторону синистральности и топография распределения паттернов ЭЭГ с правосторонней асимметрией мощности  $\beta$ -диапазонов в теменно-височной области у наиболее успешных в соревновательной деятельности спортсменов подтверждает включенность правого полушария в обеспечение физиологических механизмов адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам. Левое полушарие, в свою очередь, обеспечивает быстроту реализации моторных программ.

Согласно полученным данным, предпочтение левого зрительного сенсорного входа создает благоприятные предпосылки к мобилизации функциональных резервов правого полушария для успешной адаптации к спортивной нагрузке.

Результаты работы важны для понимания нейрофизиологических механизмов, сопровождающих адаптацию к спортивной деятельности с точки зрения концепции билатерального регулирования. Активация левостороннего сенсорного входа у наиболее успешных и правостороннего сенсорного входа у



менее успешных спортсменов указывает на различие в механизмах регулирования и формирования функциональных систем у спортсменов с различной успешностью. Результаты работы расширяют представления о влиянии типа сенсомоторного доминирования на процессы адаптации. Индивидуально-типологическая классификация латеральных фенотипов, описываемая моделью булева куба, адекватно отражает взаимосвязь индивидуально-типологических особенностей человека с латеральным фенотипом и дополняет знания о конституциональных особенностях человека.

Использование разработанного программно-аппаратного комплекса (Фомина Е.В. с соавт., 1999) для определения функциональных асимметрий мозга на основе парциального учета латеральных предпочтений обеспечивает индивидуализацию тренировочного процесса в спорте высших достижений, так как позволяет прогнозировать возможность мобилизации функциональных резервов. Использование методики обследования межполушарных асимметрий мозга позволяет оптимизировать спортивный отбор и обеспечивает индивидуализацию тренировочного процесса. Данные, полученные в работе, могут быть использованы при прогнозировании поведения человека-оператора, при отборе лиц для профессиональной деятельности, требующей быстроты реагирования на фоне интенсивных физических и эмоциональных нагрузок. Программа «Определитель индивидуального профиля функциональных асимметрий мозга» зарегистрирована в «Реестре программ для ЭВМ», Свидетельство об официальной регистрации № 990842, от 25 ноября 1999 года.

Рекомендации автора широко внедрены в практику спортивной тренировки для повышения ее эффективности, что подтверждается актами внедрения на уровне Олимпийского комитета России, олимпийского клуба плавания «Сибирь», сборной команды России по бадминтону, сборных командах Омской области по греко-римской борьбе, тяжелой атлетике, авторской школы по художественной гимнастике Л.В. Лебедевой, Омского кадетского корпуса, детских юношеских спортивных школ и училища олимпийского резерва города Омска. Результаты исследования используются в

учебном процессе Сибирского государственного университета физической культуры и спорта, Омского государственного педагогического университета и Омской государственной медицинской академии при чтении лекций и проведении практических занятий в курсах: «Физиология человека», «Спортивная физиология» и «Спортивная морфология».

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Экстремальные спортивные нагрузки предъявляют повышенные требования к мобилизации функциональных резервов организма, такие нагрузки эффективно переносят лица, характеризующиеся повышенным представительством синистральных признаков.
2. Латеральный фенотип является фактором, определяющим успешность протекания процессов адаптации юношей и девушек к спортивным нагрузкам, связанным с необходимостью быстрой реализации моторных программ. Благоприятными латеральными фенотипами для проявления быстроты у юношей являются правый и преимущественно правый фенотип с ведущим левым глазом, а у девушек - сочетание праворукости с левыми сенсорными асимметриями.
3. Предпочтение левого зрительного сенсорного входа является предпосылкой для инверсии асимметрии биоэлектрической активности коры головного мозга и включения функциональных резервов правого полушария для обеспечения механизмов срочной адаптации к экстремальной спортивной нагрузке.
4. Наиболее успешные в соревновательной деятельности спортсмены отличаются мозаичной правосторонней асимметрией мощности  $\beta$ -диапазонов в теменных, центральных и передне-височных областях и низкими показателями мощности спектра медленноволновых диапазонов ЭЭГ.
5. Комплексными психофизиологическими критериями возможности адаптации организма человека к спортивной нагрузке являются

сенсомоторные предпочтения, а также представленность и топография распределения паттернов ЭЭГ.

**Апробация работы.** Материалы диссертации докладывались на XVIII и XIX съездах физиологического общества им. И.П. Павлова, IV и V Съездах физиологов Сибири и 21 конференции, в том числе двух международных.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 300 страницах машинописного текста, содержит 53 таблицы и 40 рисунков, состоит из введения, обзора литературы, изложения материалов и методов исследования, четырех глав собственных исследований, обсуждения полученных результатов, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 459 источников, и приложений.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 52 печатных работы. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с темой 02.03.00 Сводного плана НИОКР в сфере физической культуры и спорта на 2004 –2008 годы.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Всего было обследовано 539 человек (332 юноши и 207 девушек). Действующие спортсмены составили 329 человек со спортивной квалификацией от первого взрослого разряда до мастера спорта международного класса, среди которых были представлены участники, призеры и победители Олимпийских игр в Атланте (1996), Сиднее (2000) и Афинах (2004), призеры Игр доброй воли, победители и призеры чемпионатов мира по плаванию, художественной гимнастике и тяжелой атлетике, чемпион мира по боксу, чемпионка Европы по художественной гимнастике и чемпион Европы по тяжелой атлетике, а также призеры всероссийских соревнований. Остальные обследуемые являлись студентами Омского государственного университета (101 юноша и 109 девушек). Оценка успешности спортивной деятельности проводилась с выделением двух групп спортсменов в каждом виде спорта: в

первую группу входили мастера спорта (МС), мастера спорта международного класса (МСМК) и заслуженные мастера спорта (ЗМС), во вторую кандидаты в мастера спорта (КМС) и перворазрядники (юноши и девушки рассматривались отдельно). Оценка успешности соревновательной деятельности проводилась на основе результатов обследования тринадцати пловцов перед выступлением на чемпионате России по плаванию и отбором на чемпионат Европы. Спортсмены, занявшие призовые места, образовали группу призеров, а остальные были объединены в группу участников соревнований.

Регистрация ЭЭГ производилась в состоянии покоя до тренировки и непосредственно после выполнения спортивной нагрузки с помощью компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр» (монополярно с 16 стандартных точек отведения в соответствии с международной системой «10-20»), в качестве референтного использовался объединенный ушной электрод. Рассматривались следующие частотные диапазоны:  $\delta$  (0,5-4 Гц),  $\theta$  (4-8 Гц),  $\alpha$  (8-13 Гц),  $\beta_1$  (13-21 Гц),  $\beta_2$  (21-33 Гц). Продолжительность регистрации составляла 60 с, эпохи анализа по 4 с, частота квантования 256 Гц. Спектральную мощность вычисляли с помощью быстрого преобразования Фурье. Массивы полученных оценок абсолютной мощности процессов подвергались нормализации посредством преобразования  $Y = \log X$  (здесь и далее  $\log$  обозначает десятичный логарифм), асимметрия мощности вычислялась как разность логарифмов абсолютной мощности правого и левого полушарий.

Определение функциональных асимметрий проводилось на основе 20 проб для определения ведущей руки, ноги, глаза, уха и предпочитаемого направления вращения. Разработанный нами программно-аппаратный комплекс «Определитель индивидуального профиля функциональных асимметрий мозга» тестов предоставляет возможность оценить сторону и степень мануальной, слуховой и зрительной асимметрии, а также количественно охарактеризовать изучаемые параметры. Комплекс представляет собой пакет из следующих программ: индивидуальной карты для занесения результатов проб на

определение сенсомоторных асимметрий, программы тестов для исследования критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) и критической частоты различения мельканий (КЧРМ), теппинг-теста, времени простых двигательных реакций (прямой и перекрестной) на световой и звуковой раздражители и реакции выбора, а также программу предварительной обработки результатов и выявления асимметрии изученных показателей (Фомина Е.В. с соавт., 1999). КЧСМ рассматривается как показатель функциональной лабильности зрительной сенсорной системы и ЦНС в целом в процессе восприятия и переработки информации. Уровень лабильности определяется скоростью изменения процессов ионной проводимости, обусловленных перестройками кластерной структуры ионных каналов (Гелетюк В.П. с соавт., 1989-1990). Функциональная лабильность является одним из слагаемых физического качества быстроты.

Коэффициент асимметрии рассчитывался как отношение разности показателей для правой и левой стороны к сумме этих показателей. Регистрация ЭЭГ и все компьютерные тесты выполнялись до и после специфической физической нагрузки с использованием компьютера IBM PC Notebook непосредственно в спортивных сооружениях.

Морфологические особенности изучались на основе дерматоглифических маркеров пальцев рук, количественная оценка которых проводилась с помощью расчета дельтового индекса. Психологические особенности обследованных лиц изучались с использованием цветового теста Люшера и личностного опросника Айзенка.

Статистическая обработка включала в себя выявление различий средних значений с использованием дисперсионного анализа ANOVA и выявление значимых различий посредством апостериорных сравнений с использованием критерия Фишера. Использованы также t-критерий Стьюдента и критерий Манна-Уитни. Нормальность распределения проверялась с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. Статистическая обработка проводилась с использованием пакетов программ Microsoft EXCEL и Stat Soft STATISTICA.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **Классификация латеральных фенотипов и анализ латеральных предпочтений в различных выборках**

На основе анализа особенностей лиц, различающихся стороной сенсорных и моторных предпочтений, предложена классификация латеральных фенотипов. В основу предлагаемой классификации положен тип мануального доминирования как наиболее значимый вид асимметрии с учетом различных сочетаний сенсорных асимметрий (односторонних и смешанных) (рис. 1).

Группы с ведущим правым глазом и ведущим левым ухом рассматриваются отдельно от противоположного сочетания сенсорных асимметрий, амбидекстры выделены в отдельную группу.

Юноши и девушки были разделены на группы в соответствии с латеральным фенотипом: первая группа – левый фенотип (ЛЛЛ), вторая – преимущественно левый фенотип с ведущим правым ухом (ЛЛП), третья – преимущественно левый фенотип с ведущим правым глазом (ЛПП), четвертая – леворукие с правыми сенсорными асимметриями (ЛПП), пятая - амбидекстры с различными сочетаниями сенсорных асимметрий (А), шестая - праворукие с левыми сенсорными асимметриями (ПЛЛ), седьмая - преимущественно правый фенотип с ведущим левым глазом (ПЛП), восьмая - преимущественно правый фенотип с ведущим левым ухом (ППЛ), девятая группа – правый фенотип (ППП).

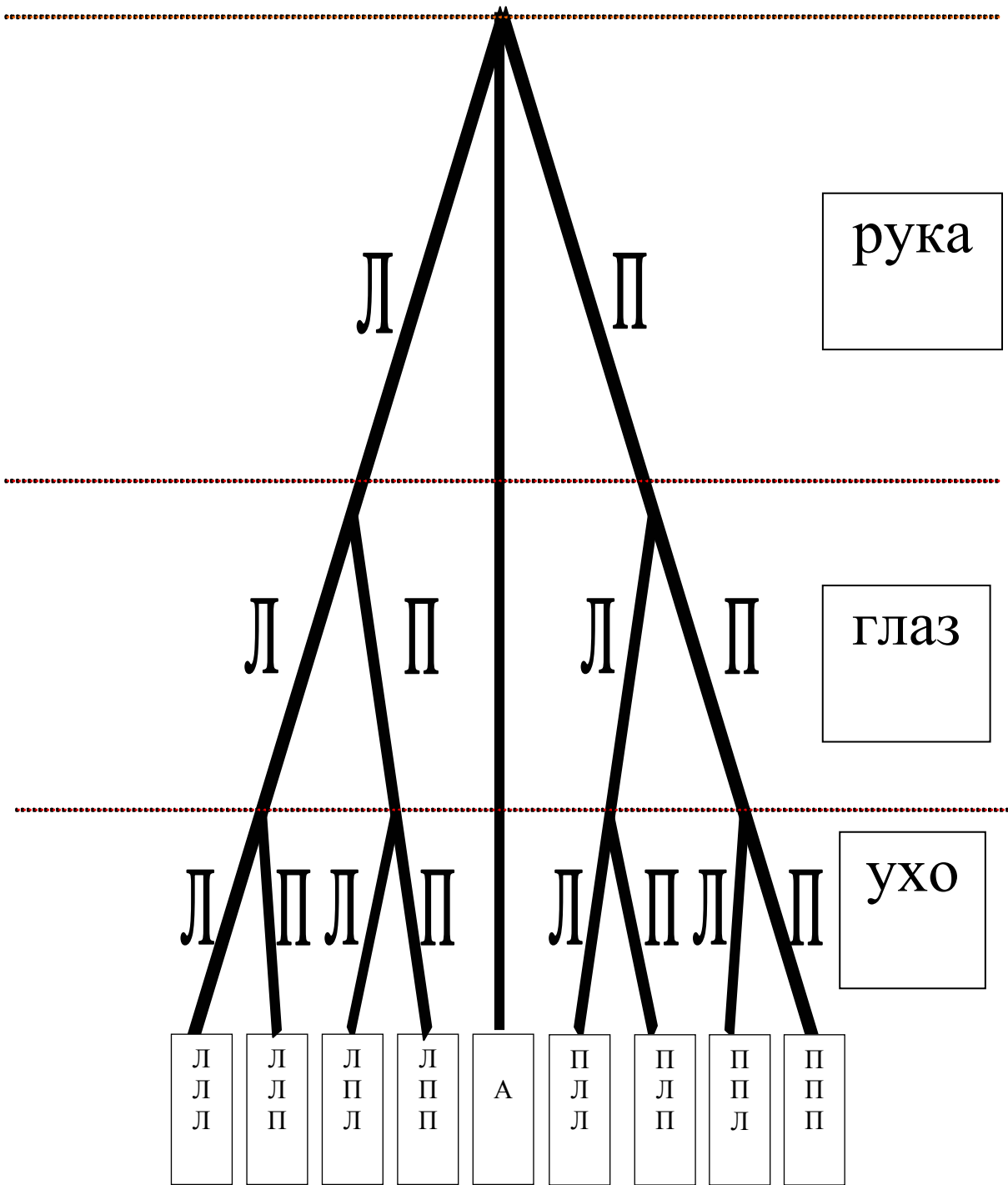


Рис. 1. Формирование групп по классификации с учетом мануальной, зрительной и слуховой асимметрии.

Сравнение распределения латеральных фенотипов в выборках спортсменов и их сверстников, не занимающихся спортом, показало, что юноши с абсолютно леволатеральным фенотипом среди спортсменов составили 6%, а среди студентов Омского государственного университета таковых обнаружено не было (рис. 2. А, Б).

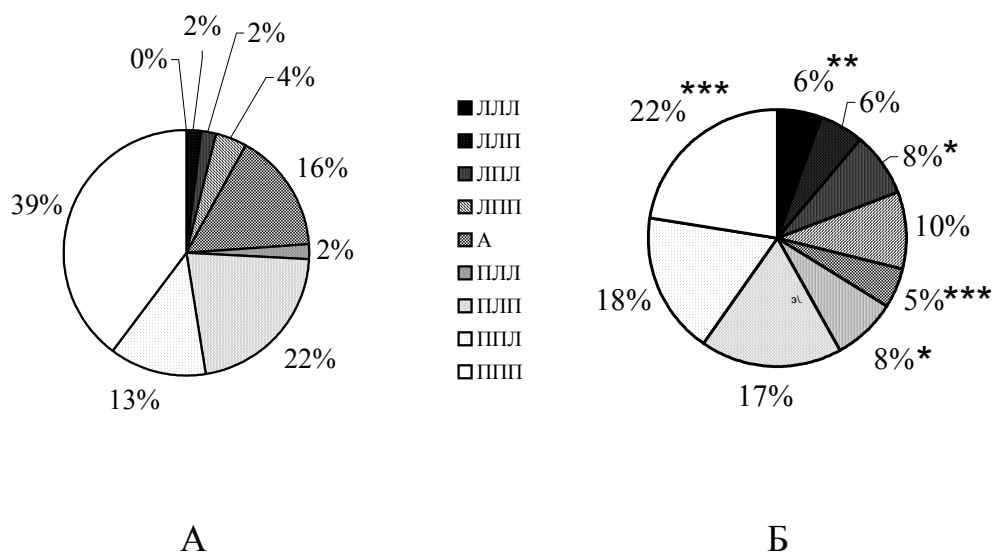


Рис. 2. Распределение лиц с различными латеральными фенотипами среди юношей (А - студенты ОмГУ, Б - высококвалифицированные спортсмены). Различия доли латеральных фенотипов в выборке спортсменов по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом: \*-  $p < 0,05$ ; \*\*\*-  $p < 0,005$ .

Доля юношей с правым фенотипом среди спортсменов оказалась значительно меньше, чем среди студентов университета. Отмечена также меньшая доля амбидекстров в выборке спортсменов и более высокая частота встречаемости праворуких спортсменов с левыми сенсорными асимметриями. Таким образом, среди спортсменов в целом чаще встречаются признаки синистральности.

Девушки с левым фенотипом отсутствовали как в группе спортсменок, так и в группе студенток, не занимающихся спортом профессионально (рис. 3). Доли амбидекстров и праворуких девушек с левыми сенсорными асимметриями оказались значительно меньше, а доля девушек с преимущественно левым латеральным фенотипом с ведущим правым ухом



оказалась больше в выборке высококвалифицированных спортсменок по сравнению с выборкой сверстниц, не занимающихся спортом профессионально.

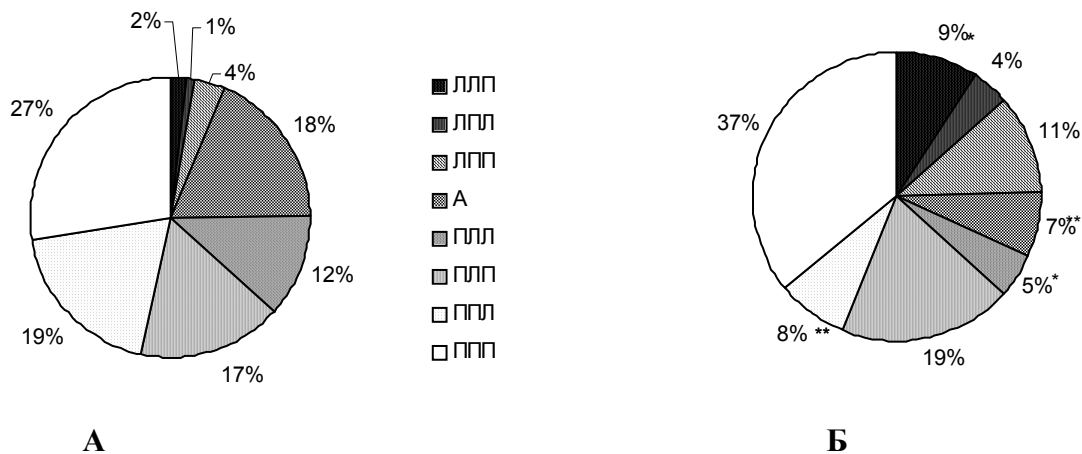


Рис. 3. Распределение лиц с различными латеральными фенотипами среди девушек (А - студентки ОмГУ, Б - высококвалифицированные спортсменки). Различия доли латеральных фенотипов в выборке спортсменок по сравнению со сверстницами, не занимающимися спортом \*-  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ .

Описанные наблюдения позволяют предположить, что особенность выборки высококвалифицированных спортсменов обусловлена характером деятельности и является, с одной стороны, проявлением долговременной адаптации к специфической двигательной активности, а с другой стороны, результатом стихийного отбора лиц, отличающихся наиболее высокими способностями адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам.

### **Психофизиологические показатели лиц с различными латеральными предпочтениями**

Исследование времени прямой и перекрестной реакции на световой раздражитель и ее изменений под действием спортивной нагрузки выявило отличия в скорости реакции между группами лиц, отличающихся сочетаниями функциональных асимметрий. Спортсмены с фенотипом ПЛП превосходят по скорости правосторонней реакции лиц со всеми остальными типами парциального доминирования, кроме леворуких спортсменов со сходным

сочетанием сенсорных асимметрий. Следовательно, сочетание ведущего правого уха с ведущим левым глазом можно рассматривать как один из критериев отбора лиц, предрасположенных к проявлению быстроты. Сочетание леворукости с ведущим правым глазом и ведущим левым ухом является наиболее неблагоприятным сочетанием функциональных асимметрий для проявления быстроты.

Леворукие спортсмены, отличающиеся сочетанием сенсорных асимметрий, значительно различались по скорости реагирования после нагрузки, что также указывает на недопустимость формирования групп только с учетом мануальной асимметрии.

Изменения времени реакции после воздействия специфической физической нагрузки различались у лиц с различными фенотипами. Уменьшение времени правосторонней реакции отмечалось в группах спортсменов с ведущим левым глазом и в группе с правым фенотипом; в других группах не происходило значимых изменений времени реакции.

Изучение времени реакции на звуковой раздражитель и его изменений под действием нагрузки важно для профессионального отбора лиц, чья деятельность связана с получением информации через слуховую сенсорную систему и сопряжена с физическими нагрузками. После нагрузки время левосторонней реакции на звуковой раздражитель уменьшилось в группе амбидекстров, и эта группа, наряду со спортсменами с фенотипом ПЛП, превосходит юношей с левым фенотипом по времени левосторонней реакции. Исследование перекрестной двигательной реакции на звук показало, что наименьшее время реакции до нагрузки отмечается в группе с фенотипом ПЛП (рис.4).

Время реакции в группе амбидекстров больше для сигнала, предъявляемого правому сенсорному входу, по сравнению с группами с фенотипом ППП, ППЛ и ЛЛП ( $p < 0,03$ ), и для сигнала для левого уха – по сравнению с группой с фенотипом ЛЛП ( $p < 0,04$ ).

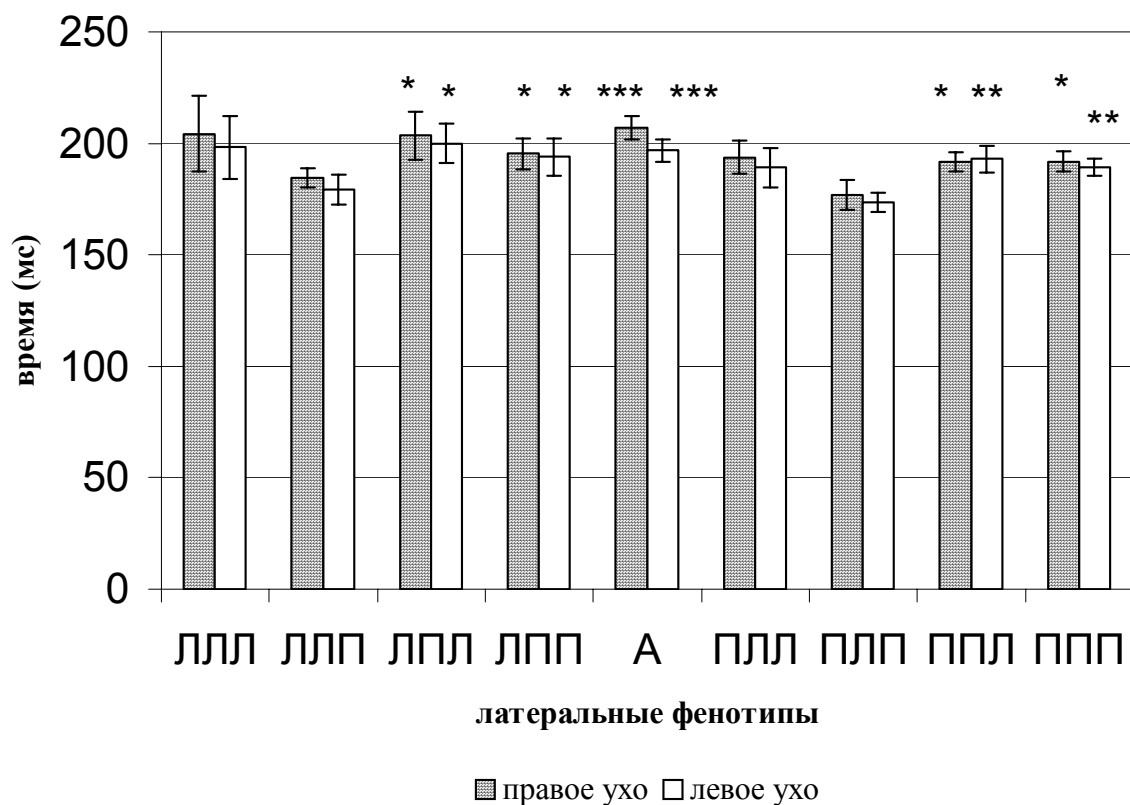


Рис. 4. Время перекрестной реакции на звук до нагрузки в группах спортсменов с различными латеральными фенотипами. Значимые различия от показателей группы ПЛП обозначены: \* -  $p < 0,03$ , \*\* -  $p < 0,005$ , \*\*\* -  $p < 0,0005$ .

После нагрузки отличия времени реакции на сигнал для правого уха сохраняются между группой с фенотипом ПЛП и амбидекстрами (рис. 5). Амбидекстры отличались также большим временем реакции на сигнал, предъявляемый правому уху по сравнению с группами спортсменов с фенотипами ПЛП, ПЛЛ и ПЛП ( $p < 0,02$ ) и для левостороннего сигнала по сравнению с группами ПЛП и ПЛЛ ( $p < 0,03$ ). Время реакции на звуковой сигнал для левого сенсорного входа в группе с фенотипом ЛПЛ больше, чем в группах с фенотипом ПЛП, ПЛЛ и ЛЛП ( $p < 0,05$ ).

Воздействие спортивной нагрузки привело к увеличению скорости правосторонней реакции выбора в группе амбидекстров и левосторонней реакции в группах с правым латеральным фенотипом, а также у праворуких спортсменов с левыми сенсорными асимметриями ( $p < 0,05$ ).

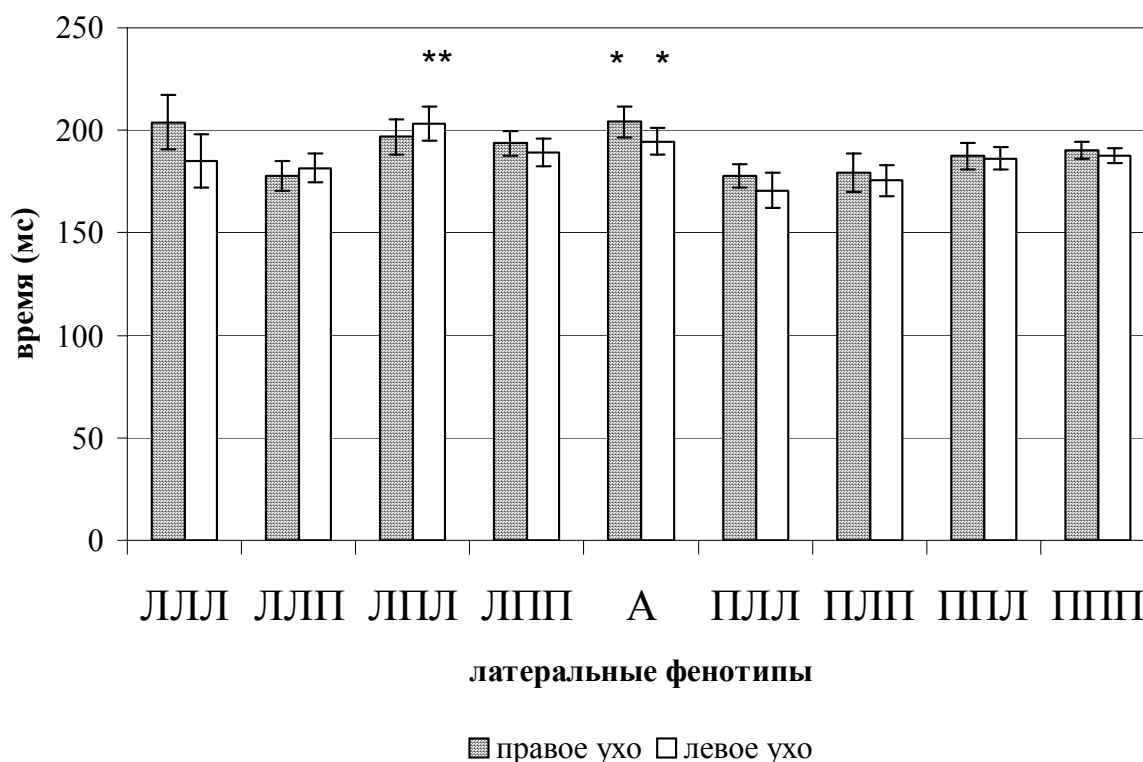


Рис. 5. Время перекрестной реакции на звук после нагрузки в группах спортсменов с различными латеральными фенотипами. Значимые различия от показателей группы ПЛП обозначены: \* -  $p < 0,03$ , \*\* -  $p < 0,005$ .

После нагрузки для правого глаза отмечено увеличение КЧРМ во всех группах, кроме праворуких спортсменов с левыми сенсорными асимметриями ( $p < 0,05$ ). У юношей с левым фенотипом отмечено увеличение КЧРМ как для правого, так и для левого глаза после спортивной нагрузки, и показатель КЧРМ становится выше, чем в группах леворуких спортсменов с ведущим правым глазом.

Спортсмены с фенотипом ЛПЛ отличались низкой функциональной лабильностью зрительной сенсорной системы, а спортсмены с фенотипом ПЛП - высокими показателями лабильности. Следовательно, необходимо учитывать не только ипсилатеральность сочетания мануальной асимметрии со слуховой и контралатеральность со зрительной, но и сторону латеральных предпочтений. После нагрузки наблюдалась более высокая, по сравнению с другими группами, функциональная лабильность зрительной системы у спортсменов с ведущим левым глазом.

До нагрузки наименьшая функциональная лабильность нервно-мышечного аппарата правой руки отмечена в группе спортсменов с преимущественно левым фенотипом с ведущим правым глазом, а для левой руки – у лиц с односторонним левым фенотипом (табл. 1).

Таблица 1

Теппинг-тест в группах высококвалифицированных спортсменов, отличающихся латеральным фенотипом, мс ( $M \pm m$ )

латеральный фенотип	n	До нагрузки		После нагрузки	
		правая рука	левая рука	правая рука	левая рука
ЛЛЛ	14	5,5±0,3 ЛЛЛ-ППП*	4,7±0,1 ЛЛЛ-ППП ****	5,4±0,4	5,1±0,2 • ЛЛЛ-ППП*
ЛЛП	14	6,2±0,2 ЛЛЛ-ЛЛП*	5,8±0,3 ЛЛЛ-ЛЛП *** ЛЛП-ЛЛП*	6,1±0,2	5,9±0,3 ЛЛЛ-ЛЛП* ЛЛЛ-ЛЛП*
ЛЛЛ	18	5,5±0,2 ЛЛЛ-ЛЛЛ *	5,6±0,2 ЛЛЛ-ЛЛЛ**	5,7±0,2	5,6±0,2
ЛПП	23	6,0±0,2 ЛЛЛ-ЛПП *	5,1±0,2 ЛЛЛ-ЛПП* ЛЛП-ЛПП*	6,2±0,2 •	5,3±0,1 ЛЛЛ-ЛПП*
А	13	6,0±0,3 ЛЛЛ-А *	5,3±0,1 ЛЛЛ- А *	6,2±0,2	5,1±0,2 ЛЛЛ- А *
ЛЛЛ	18	5,9±0,2 ЛЛЛ-ЛЛЛ *	5,1±0,2 ЛЛЛ-ЛЛЛ *	5,9±0,2	5,0±0,3 ЛЛЛ-ЛЛЛ*
ЛЛП	39	6,0±0,1 ЛЛЛ-ЛЛП *	5,2±0,1 ЛЛЛ-ЛЛП *	6,0±0,2	5,3±0,2
ЛЛЛ	41	5,9±0,2 ЛЛЛ-ЛЛЛ *	5,4±0,1 ЛЛЛ-ЛЛЛ**	6,2±0,2	5,3±0,2
ЛПП	51	6,2±0,2 ЛЛЛ-ППП **	5,3±0,1	6,2±0,1	5,6±0,1 •

Примечание: различия между группами \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$ ; \*\*\*\* -  $p < 0,005$ ; изменения показателей после нагрузки  $p < 0,05$  - •.

Наибольшее количество движений правой рукой выполняли юноши с односторонним правым фенотипом.

Сравнение лабильности нервно-мышечного аппарата до и после нагрузки указывает на увеличение лабильности для правой руки у спортсменов с фенотипом ЛПП и для левой руки у лиц с односторонними правым и левым

фенотипами. После нагрузки наибольшее количество движений в теппинг-тесте левой рукой выполняли спортсмены с фенотипами ППП и ЛПЛ.

Девушки с левым фенотипом в выборке высококвалифицированных спортсменок отсутствовали. Исследование времени простых и перекрестных реакций продемонстрировало преимущество по этим показателям праворуких девушек с левыми сенсорными асимметриями, а также девушек с правым фенотипом. Результаты изучения времени прямой реакции на световой раздражитель указывают, что на наибольшее время отмечено у амбидекстров (табл. 2).

Таблица 2

Время прямой зрительной реакции в группах высококвалифицированных спортсменок, отличающихся латеральным фенотипом, мс ( $M \pm m$ )

латеральный фенотип	n	До нагрузки		После нагрузки	
		правый глаз	левый глаз	правый глаз	левый глаз
ЛЛП	9	249±13	231±7 ЛЛП-А **	236±1 ЛЛЛ-А **	258±12
ЛПЛ	4	255±11	242±1	226±1 ЛЛЛ-А ***	226±13 ЛЛЛ-А **
ЛПП	11	255±8 ЛЛЛ-ЛПП *	249±1 ЛЛЛ-ЛПП ***	244±5 ЛПП-А **	243±6 ЛЛЛ-ЛПП **
А	7	273±6 ЛЛЛ-А ***	276±9	276±5 ЛЛЛ-А ***	287±12 ЛЛЛ-А ***
ЛЛЛ	5	232±3 ЛЛЛ-А **	213±1 ЛЛЛ-А ****	212±4 ЛЛЛ-А ****	213±3 ЛЛЛ-А *
ЛЛП	19	239±5	243±8 ЛЛЛ-ЛЛЛ ***	233±7 ЛЛЛ-А **	235±9 ЛЛЛ-ЛЛЛ **
ЛЛЛ	8	239±12	233±13	227±7	241±6
ЛЛЛ	35	242±5 ЛЛЛ-А **	245±5 ЛЛЛ-ЛЛЛ ****	239±5 ЛЛЛ-А ***	243±6 ЛЛЛ-ЛЛЛ *

Примечание: различия между группами \*-  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,03$ ; \*\*\* -  $p < 0,005$ ; \*\*\*\* -  $p < 0,001$ ; изменение показателей после нагрузки •  $p < 0,05$ .

Таким образом, сочетание сенсомоторных асимметрий влияет на проявление физического качества быстроты, что отражается на скорости сенсомоторных реакций, функциональной лабильности зрительной сенсорной системы и нервно-мышечного аппарата. Юноши с фенотипом ЛЛЛ имели

наименьшее время сенсомоторных реакций и высокую функциональную лабильность зрительной системы как до, так и после специфической физической нагрузки. После физической нагрузки у лиц с односторонним правым и односторонним левым фенотипами отмечено значительное увеличение функциональной лабильности органа зрения, а у спортсменов с фенотипом ПЛЛ выявлено ее снижение. До нагрузки у юношей с фенотипом ППП отмечена высокая, а с фенотипом ЛЛЛ - низкая лабильность нервно-мышечного аппарата.

После нагрузки лица с фенотипом ЛПП увеличивают работоспособность правой руки, а лица с фенотипом ППП сохраняют ее на высоком уровне. Лабильность нервно-мышечного аппарата левой руки увеличивается после нагрузки у юношей с фенотипом ЛЛЛ.

Полученные результаты могут быть использованы в профессиональном отборе. Высокие показатели функциональной лабильности зрительной системы и скорости сенсомоторных реакций у лиц с ведущим левым глазом указывают на благоприятность этого фактора при отборе людей на работу, связанную с необходимостью быстрого реагирования на сенсорную информацию и большими физическими нагрузками, благоприятным для такой нагрузки является также односторонний правый фенотип. Неблагоприятными для адаптации к специфической двигательной активности, по нашим данным, являются фенотипы ЛПЛ и ПЛЛ.

Таким образом, нами была показана необходимость учета модальности сенсорных предпочтений и различие по физиологическим и психофизиологическим показателям лиц с латеральными фенотипами, выделенными на основе такой классификации. Результаты исследования особенностей биоэлектрической активности коры головного мозга у спортсменов экстра-класса, различающихся по предпочтениям в зрительной системе, подтверждают правомочность нашей концепции.

Особенности динамических перестроек биоэлектрической активности коры под влиянием спортивной нагрузки у лиц, различающихся по предпочитаемому

зрительному входу, выявлены при проведении анализа ANOVA межполушарной асимметрии суммарной мощности  $\alpha$ - и  $\beta_2$ -диапазонов. Анализ взаимодействия факторов «Ведущий глаз»  $\times$  «Нагрузка» ( $F(1,11)=9,005$ ,  $p=0,012$ ) показал, что спортсмены с левым ведущим глазом проявили способность к значительной перестройке активации полушарий ( $p=0,002$ ). До нагрузки у спортсменов с левым ведущим глазом мощность  $\alpha$ -диапазона больше в правом полушарии, а после нагрузки - в левом, что указывает на увеличение активности правого полушария после нагрузки. После нагрузки лица с предпочтением левого зрительного сенсорного входа значительно отличаются более выраженной левосторонней асимметрией мощности  $\alpha$ -диапазона по сравнению с лицами, предпочитающими правый зрительный вход ( $p=0,004$ ).

Взаимодействие факторов «Ведущий глаз»  $\times$  «Нагрузка» в  $\beta_2$ -диапазоне ( $F(1,11)=7,40$ ,  $p=0,019$ ) было обусловлено тем, что в результате воздействия спортивной нагрузки происходят значимые изменения коэффициента асимметрии мощности  $\beta_2$ -диапазона у спортсменов с левым ведущим глазом ( $p=0,04$ ). До нагрузки у лиц, предпочитающих левый зрительный сенсорный вход, мощность  $\beta_2$ -диапазона имеет большую величину в левом полушарии, а после нагрузки – в правом. Асимметрия мощности  $\beta_2$ -диапазона после нагрузки имеет различия у лиц, отличающихся стороной зрительной преференции ( $p=0,02$ ): у лиц с предпочтением правого зрительного сенсорного входа выше мощность в левом полушарии, а у лиц с предпочтением левого – выше мощность в правом.

Таким образом, спортсмены с левым ведущим глазом отличаются инверсией полушарного доминирования по мощности  $\alpha$ - и  $\beta_2$ -диапазонов, что свидетельствует о повышении активности правого полушария после воздействия спортивной нагрузки. В  $\beta_1$ -диапазоне выявлена значимость фактора «Ведущий глаз» ( $F(1,11)=8,14$ ;  $p=0,015$ ). Лица с предпочтением левого зрительного сенсорного входа отличались более выраженной мощностью  $\beta_1$ -



диапазона в правом полушарии, а у лиц с предпочтением правого отмечена симметрия мощности в правом и левом полушарии.

### **Модель взаимосвязи индивидуально-типологических особенностей с латеральным фенотипом**

Изучение физиологических, психологических и морфологических особенностей лиц с различными сочетаниями функциональных асимметрий позволило предложить наглядную модель с расположением рассмотренных латеральных фенотипов в вершинах булева куба (рис. 7). Присутствие правого признака обозначается 1, а его отсутствие, то есть левшество, обозначается 0. Амбидекстры помещены в центре. Использование данной модели позволяет наглядно представить сходство и различия групп с разными сочетаниями сенсомоторных асимметрий. Группы, имеющие наибольшие различия по обследованным нами параметрам, наиболее удалены друг от друга; группы наиболее близкие по изученным показателям находятся в соседних вершинах куба.

Важно отметить, что психологические характеристики спортсменов с различными сочетаниями сенсомоторных асимметрий подтвердили адекватность предложенной нами модели. Применение комплексного подхода позволило выявить особенности дактилотипа и нейротипа лиц с различными латеральными фенотипами. Сенсорные асимметрии наряду с моторными связаны с асимметрией распределения дельт на правой и левой руке, а также психофизиологическими особенностями человека.

Использование данной модели позволяет наглядно представить сходство и различия групп, отличающихся латеральными фенотипами. Так, лица с фенотипом ПЛП (010) демонстрировали наиболее высокие скорость реакции и функциональную лабильность органа зрения как до, так и после нагрузки. Этот фенотип отнесен нами к наиболее благоприятным для спортивной деятельности, связанной с проявлением физического качества быстроты.

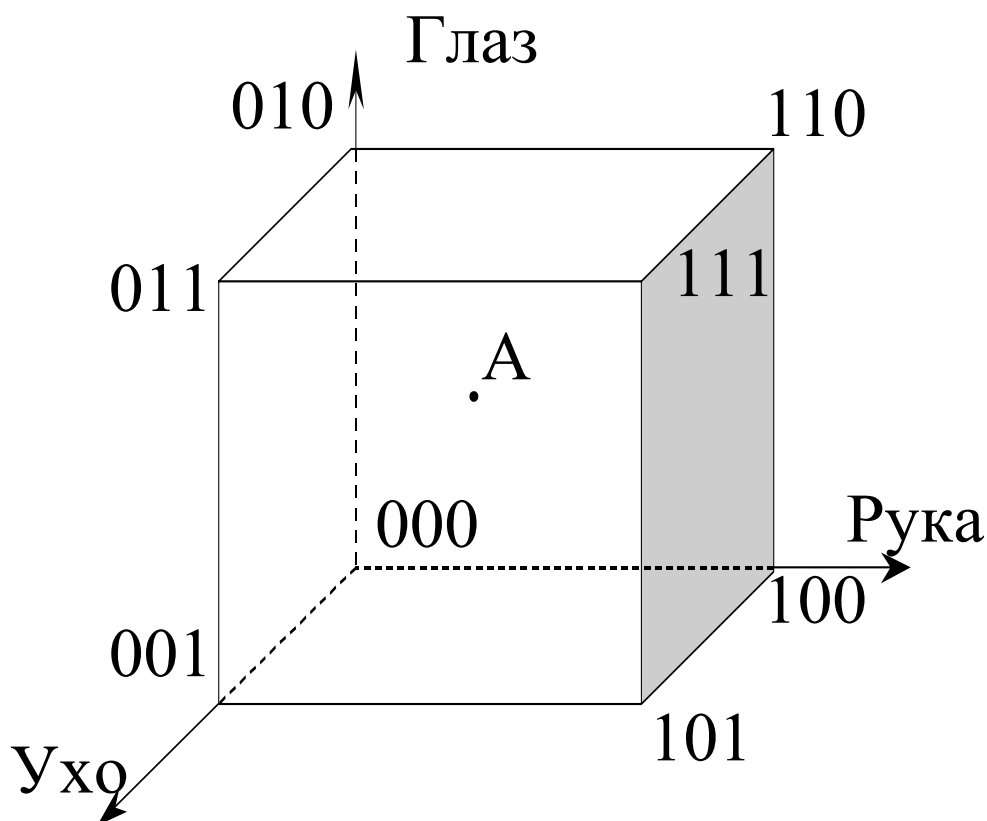


Рис. 7. Модель расположения латеральных фенотипов в вершинах булева куба.

Спортсмены с фенотипом ЛПЛ (010) продемонстрировали наименьшую скорость реакции и низкую функциональную лабильность органа зрения. Другими словами, спортсмены этих групп имели наибольшие различия по обследованным нами параметрам. Эти группы наиболее удалены друг от друга в предлагаемой нами модели. Значительные различия времени реакции обнаружены в группах девушек с фенотипами ПЛЛ (100) и ЛПП (011), также расположенных в противоположных вершинах куба.

Односторонние фенотипы ППП (111) и ЛЛЛ (000) также находятся на наибольшем расстоянии, что отражает их значительное различие, особенно по лабильности нервно-мышечного аппарата рук. Расстояние между группами, сходными по ведущей руке, но различными по сенсорным асимметриям, меньше, чем в предыдущих примерах, это вершины 110 и 101. Группы, сходные

по ведущей руке, но зеркальные по сенсорным асимметриям, находятся на одной диагонали грани куба. Представители этих групп оказались ближе по психофизиологическим показателям, чем спортсмены групп, расположенных в наиболее удаленных друг от друга вершинах. В то же время, обнаружены значительные отличия во времени реакции, указывающие на необходимость отдельного рассмотрения этих групп.

Профили, отличающиеся по ведущей руке, но сходные правыми сенсорными асимметриями (111 и 011) находятся в соседних вершинах куба, результаты оценки лабильности нервно-мышечного аппарата у представителей этих групп очень близки, они совершают большое число касаний в теппинг-тесте. Интересно, что низкая лабильность нервно-мышечного аппарата рук отмечена в группах с левыми сенсорными асимметриями (000 и 100). Они также находятся в соседних вершинах куба. Таким образом, предложенная модель отражает сходство и различие психофизиологических показателей групп в соответствии с расстоянием между вершинами.

Деятельность, связанная с физическими нагрузками и необходимостью быстрого реагирования на световые и звуковые сигналы, рекомендуется для юношей с преимущественно правым латеральным фенотипом и ведущим левым глазом. Такая деятельность не рекомендуется лицам с преимущественно левым латеральным фенотипом и ведущим правым глазом. Юноши с правыми сенсорными асимметриями способны длительно поддерживать высокий темп движений, а у спортсменов с левыми сенсорными асимметриями такой способности не отмечено.

Подробная характеристика индивидуально-типологических особенностей лиц с различными латеральными фенотипами подтверждает правомочность нашей гипотезы о том, что латеральные предпочтения влияют на протекание адаптации в спорте высших достижений.

## **Функциональная асимметрия и механизмы срочной адаптации к специфической физической нагрузке у спортсменов, различающихся успешностью спортивной деятельности**

Изучение эффектов срочной адаптации у наиболее успешных в соревновательной деятельности спортсменов представляет большой интерес, так как они отличаются от менее успешных эффективной мобилизацией функциональных резервов и оптимальными перестройками механизмов регуляции.

Обнаружены отличия латерализации КЧСМ и динамики этого показателя у спортсменов различной квалификации у представителей таких видов спорта, как борьба, легкая атлетика и плавание (табл. 3).

До специфической физической нагрузки отличий в латерализации КЧСМ в группах борцов, легкоатлетов и пловцов, различающихся квалификацией, не обнаружено. После нагрузки коэффициент асимметрии, являющийся показателем латерализации, имеет отрицательную величину в группах наиболее высококвалифицированных борцов и бегунов и положителен в группах менее квалифицированных спортсменов этих видов спорта.

Таким образом, после нагрузки у наиболее высококвалифицированных спортсменов функциональная лабильность выше для левого глаза по сравнению с правым, а у менее квалифицированных - выше для правого глаза.

Изменения латерализации под влиянием спортивной нагрузки также имеют противоположно направленную динамику в группах, различающихся спортивной квалификацией. В группах наиболее квалифицированных спортсменов изменения латерализации указывают на левостороннее увеличение функциональной лабильности органов зрения, а в группах менее квалифицированных отмечены правосторонние изменения.

Таблица 3

Динамические изменения асимметрии КЧСМ (%) в группах спортсменов различной квалификации

Виды спорта	Квалификация	n	Коэффициент асимметрии		
			до нагрузки	после нагрузки	изменение
борьба	МС, МСМК	13	1,18±1,4	-1,54±1,09**	-2,73±1,47**
	КМС, 1разряд	29	0,26±1,05	2,51±0,9	2,25±1,26
плавание	МС, МСМК	6	-0,31±1,85	-2,2±1,02**	-1,89±2,16
	КМС, 1разряд	27	1,2±1,18	1,63±0,87	0,43±1,4
легкоатлетический бег	МС, МСМК	8	1,03±1,52	0,69±0,62	-0,34±1,53*
	КМС, 1разряд	17	-1,95±0,8	2,71±0,9	4,66±1,19

Примечание: различия между группами: \*-  $p < 0,01$ , \*\* -  $p < 0,01$ .

У девушек с различной спортивной квалификацией также выявлены различия в латерализации психофизиологических показателей после нагрузки. В видах спорта, связанных с проявлением физического качества быстроты, у мастеров спорта время реакции на световой сигнал, предъявляемый левому сенсорному входу, меньше, чем правому, а в группе, объединяющей девушек, имеющих спортивную квалификацию первый разряд и кандидат в мастера спорта, меньше время для правостороннего сенсорного входа ( $p < 0,04$ ).

Исследования, проведенные нами, указывают на особенности протекания процессов адаптации у спортсменов различной квалификации. Воздействие специфической физической нагрузки ведет к значительным изменениям асимметрии ряда показателей. Изменение асимметрии у наиболее квалифицированных спортсменов и спортсменок указывает на увеличение активности левосторонних сенсорных входов, что косвенно свидетельствует о вовлечении правого полушария при благоприятном протекании процессов адаптации в видах спорта, сопряженных с проявлением физического качества быстроты. Левостороннее увеличение лабильности зрительной сенсорной

системы сопровождается оптимальные перестройки мозговых механизмов адаптации к специфической двигательной активности и характерно для успешных высококвалифицированных спортсменов.

Особенности биоэлектрической активности коры у лиц, различающихся по успешности соревновательной деятельности, выявлены при проведении анализа ANOVA межполушарной асимметрии суммарной мощности ЭЭГ, усредненной по восьми отведениям каждого полушария. Анализ основных эффектов различий асимметрии мощности ЭЭГ, обусловленных рассматриваемыми факторами D (диапазон частот - 5 уровней), S (до и после спортивной нагрузки - 2 уровня) и U (успешность соревновательной деятельности - 2 уровня) показал значимость взаимодействия факторов  $D \times S \times U$  ( $F(4,44)=9,14$ ,  $p=0,00002$ ). Анализ взаимодействия факторов выявил различия в динамических перестройках асимметрии мощности частотных диапазонов ЭЭГ у призеров и других участников чемпионата России, а также в динамических перестройках асимметрии после воздействия спортивной нагрузки. Значительные отличия мощности  $\beta_2$ -диапазона ЭЭГ призеров от мощности этого диапазона у других участников чемпионата обусловлены выраженной правосторонней асимметрией у призеров и левосторонней асимметрией у других участников ( $p<0,005$ ).

После спортивной нагрузки у призеров зарегистрированы значительные изменения асимметрии  $\beta_2$ -диапазона, свидетельствующие об уменьшении межполушарной асимметрии ( $p<0,0005$ ). У других участников чемпионата значимых изменений асимметрии после воздействия спортивной нагрузки не обнаружено.

Дальнейший анализ проводился на основе сравнения асимметрии мощности  $\delta$ -,  $\theta$ -,  $\alpha$ -,  $\beta_1$ -,  $\beta_2$ -диапазонов для каждой пары симметричных отведений у призеров и участников чемпионата. До нагрузки значимые различия асимметрии по отведениям отмечены для  $\beta_1$ - и  $\beta_2$ -диапазонов. Значимые различия асимметрии  $\beta_1$ -диапазона отмечены для средне-

фронтальной и теменной области, где у призеров отмечается значительная правосторонняя асимметрия до спортивной нагрузки (рис. 8).

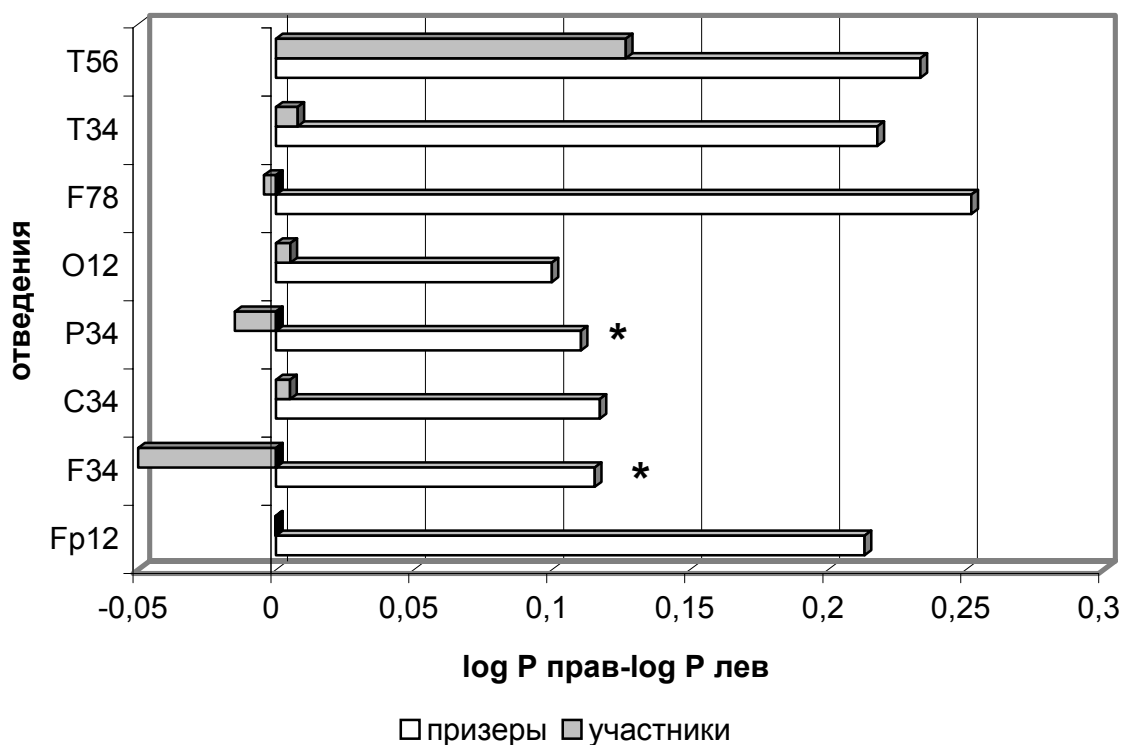


Рис. 8. Региональные значения асимметрии мощности  $\beta_1$ -диапазона ( $\log P_{\text{прав}} - \log P_{\text{лев}}$ ); \* - отличие призеров от других участников соревнований при  $p < 0,05$ .

После нагрузки зарегистрированы значимые различия в асимметрии  $\beta_1$ -диапазона в теменной области и области центральной борозды, где отмечается правосторонняя асимметрия у призеров и левосторонняя асимметрия у других участников соревнований ( $p < 0,05$ ).

До нагрузки зарегистрированы различия асимметрии мощности  $\beta_2$ -диапазона в области центральной борозды, а также в теменной и передневисочной области. Выраженная правосторонняя асимметрия отмечена у чемпионов, в то время как у прочих участников наблюдалась левосторонняя асимметрия ( $p < 0,05$ ).

Наиболее успешные в соревновательной деятельности спортсмены отличаются от менее успешных мозаичной правосторонней асимметрией мощности  $\beta_1$ - и  $\beta_2$ -диапазонов. Необходимо обратить внимание, что различия в асимметрии характерны для областей, активно вовлеченных в реализацию

моторных программ. Так, правая теменная область вовлечена в процессы пространственного гнозиса, постцентральные зоны мозговой коры оказывают настраивающее и модулирующее влияние на зоны коры, являющиеся началом двигательного пирамидного пути, в то время как премоторные отделы коры являются аппаратом, приспособленным для интеграции эфферентных двигательных импульсов (Бернштейн Н.А., 1997). Таким образом, призеры отличались от других участников соревнований латерализацией активности в областях, ответственных за реализацию моторных программ; у призеров это были области правого полушария, а у других участников соревнований – левого.

Анализ различий мощности по 16 отведениям для каждого частотного диапазона позволил детализировать полушарные особенности биоэлектрической активности коры у призеров и других участников чемпионата. До нагрузки значительные различия мощности обнаружены только для  $\alpha$ -диапазона, его мощность значимо выше у участников соревнований во всех обследованных областях кроме передне-височной области левого полушария, а также во фронтальных (лобной и латеральной) областях правого полушария (рис. 9). После нагрузки мощность  $\alpha$ -диапазона значительно ниже у призеров соревнований в центральной, теменной и височных областях левого полушария, а также в теменной и затылочной областях правого полушария по сравнению с участниками чемпионата.



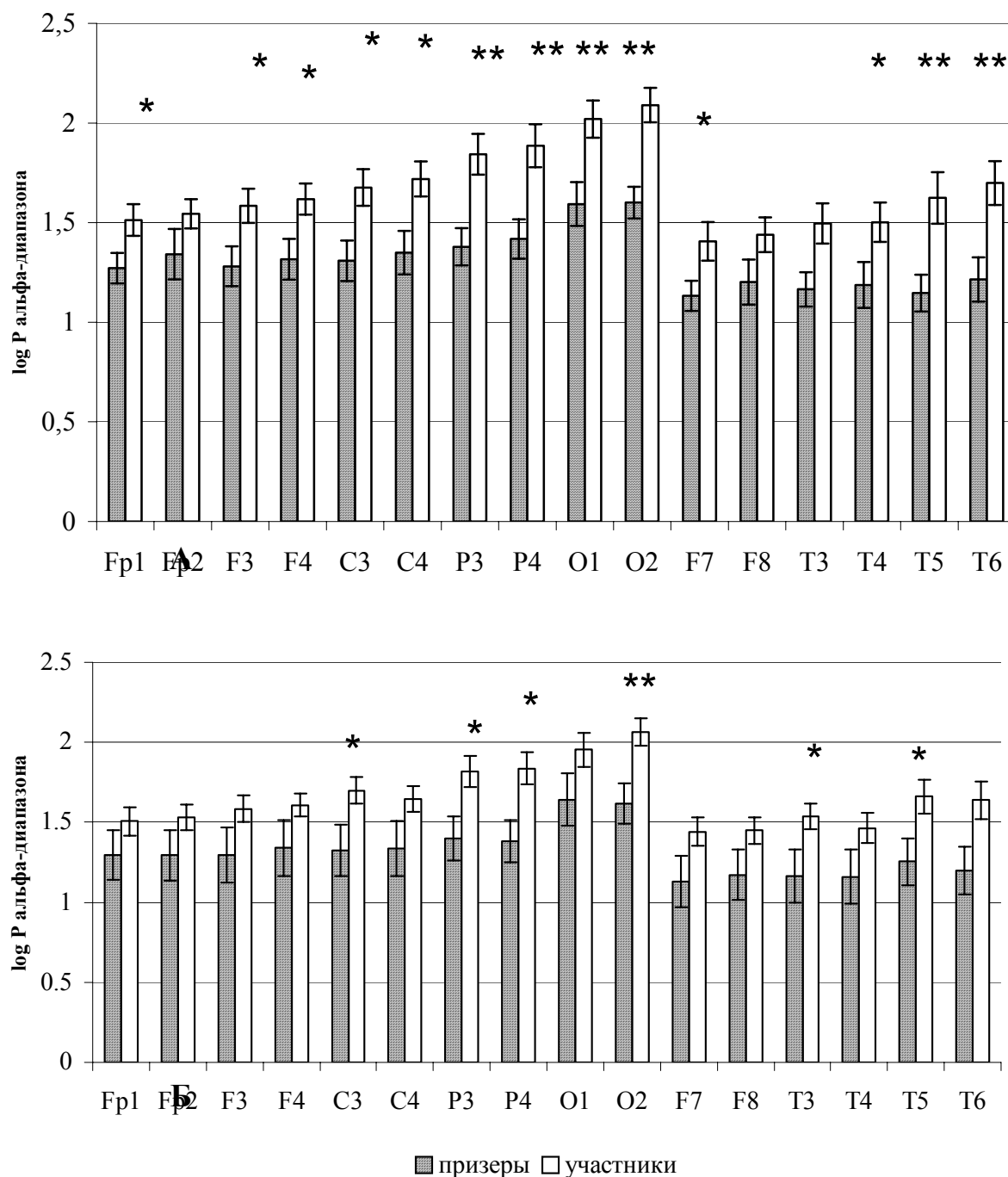


Рис. 9. Среднее значение логарифма мощности  $\alpha$ -диапазона ЭЭГ и ошибка среднего до спортивной нагрузки (А) и после спортивной нагрузки (Б). Различия по отношению к призерам чемпионата России:  $p < 0,05$  -\*,  $p < 0,01$  -\*\*.

После нагрузки призеры соревнований отличаются также более низкими показателями мощности  $\theta$ -диапазона по сравнению с прочими участниками, что зарегистрировано в теменной, затылочной и височных областях (рис. 10).

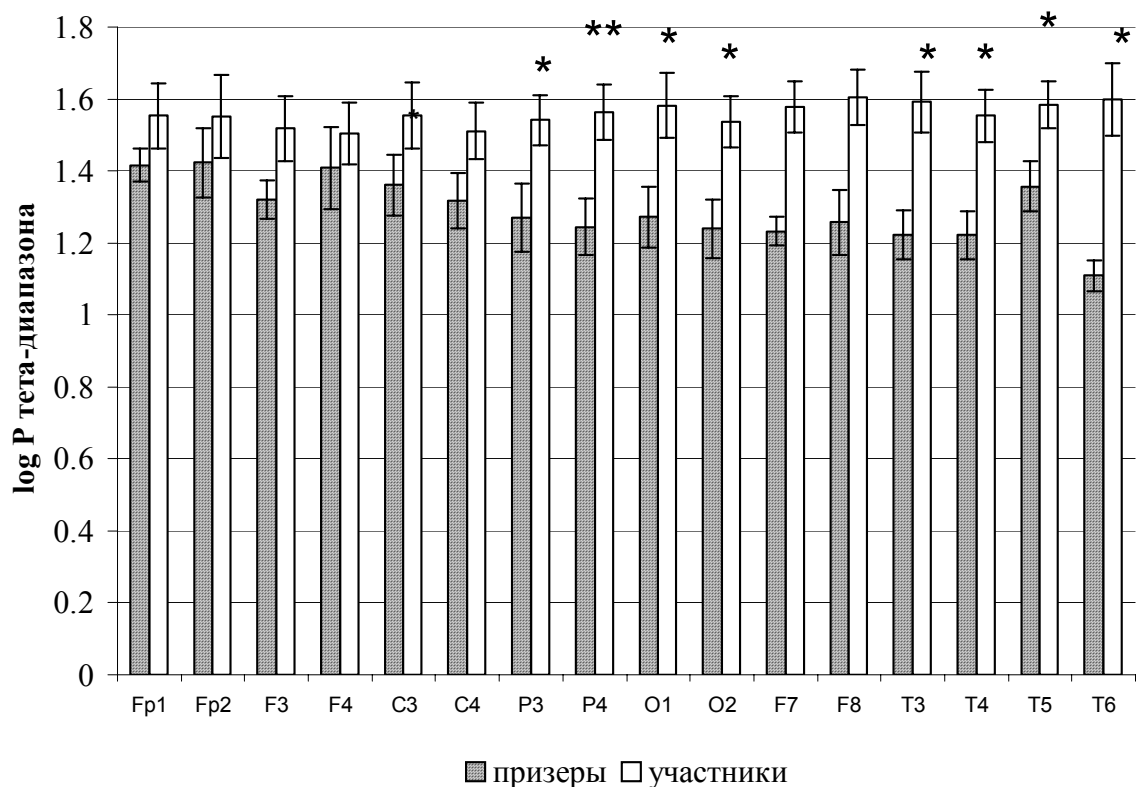


Рис. 10. Среднее значение логарифма мощности  $\theta$ -диапазона ЭЭГ и ошибка среднего после спортивной нагрузки. Различия по отношению к призерам чемпионата России:  $p < 0,05$  -\*,  $p < 0,01$  -\*\*.

Индивидуальные особенности  $\delta$ -,  $\theta$ -,  $\alpha$ -ритма ЭЭГ отражают не столько функционирование отдельных структур мозга, сколько характер регуляторных процессов, обеспечивающих координацию корково-подкорковых взаимодействий. Выявленные в нашем исследовании различия спектральных характеристик ЭЭГ спортсменов с различной успешностью спортивной деятельности можно объяснить различной степенью выраженности восходящих влияний на кору со стороны лимбико-ретикулярных структур. Влияния такого рода выражаются в более низкой мощности  $\theta$ - и  $\alpha$ -диапазонов после воздействия спортивной нагрузки.

Согласно результатам современных электрофизиологических исследований, мощность медленноволновых диапазонов отрицательно связана с показателем шкалы ценности цели в мотивации достижения, другими

словами, чем ниже мощность медленноволновых диапазонов, тем выше цель ставит индивид, и наоборот, лица с высокой мощностью медленноволновых диапазонов стремятся к достижению легко доступной цели (Русалов В.М. с соавт., 2002). Мы полагаем, что выявленные нами различия биоэлектрической активности коры головного мозга наиболее успешных спортсменов, по сравнению с менее успешными, отражают особенности мотивации спортсменов, достигающих высоких спортивных результатов. Эти данные согласуются с полученными нами результатами и указывают на особенности мотивации достижения цели у наиболее успешных спортсменов.

Активность теменно-височных отделов правого полушария связывают с интенсивностью эмоционального напряжения, благодаря тесным связям этих областей со структурами промежуточного мозга (Болдырева Г.Н., 2004). По нашему мнению, особенности межполушарной асимметрии наиболее успешных спортсменов создают благоприятные предпосылки к включению функциональных резервов второй очереди, сопряженных с эмоциональным фоном. Это предположение основывается на сложившихся в настоящее время представлениях об избирательном правополушарном контроле эмоциональной компоненты вегетативных реакций (Афтанас Л.И., 2000.). Согласно накопленным знаниям, правая теменно-височная область вовлечена в модуляцию вегетативной и поведенческой активации. Активность этой зоны связывают со степенью и интенсивностью эмоционального напряжения безотносительно знака, что вызвано развитыми связями этой области со структурами промежуточного мозга. Выход эмоционального напряжения на вегетативные функции обеспечивается активностью этой зоны, что проявляется в виде сдвигов кровяного давления и секреции кортизола (Heller W., et al. 1997).

В нашем исследовании показано, что наряду с различиями в асимметрии теменной области и области центральной борозды, призеры отличались асимметрией в теменно-височной области, что, вероятно, является признаком различий в центральных механизмах регуляции вегетативных функций, сопровождающих эмоциональное напряжение.

Данное исследование позволяет расширить представления о влиянии типа сенсомоторного доминирования на процессы жизнедеятельности и дополняет знания о конституциональных особенностях человека. Согласно полученным данным, фактор левого ведущего глаза создает благоприятные предпосылки к мобилизации функциональных резервов правого полушария для успешной адаптации к спортивной нагрузке. Результаты работы важны для понимания нейрофизиологических процессов, сопровождающих адаптацию к спортивной деятельности в рамках концепции межполушарной интеграции. Мозаичное повышение активности правой заднеассоциативной области благоприятно для эффективного взаимодействия полушарий при воздействии спортивной нагрузки.

## **ВЫВОДЫ**

1. Анализ психофизиологических и морфологических особенностей лиц, различающихся сенсорными и моторными асимметриями, указывает на необходимость проведения оценки функциональных возможностей адаптации организма человека к экстремальным спортивным нагрузкам на основе парциального учета сенсорных и моторных функциональных асимметрий с выделением в индивидуально-типологической классификации групп (таксонов), различающихся модальностью сенсорных предпочтений.
2. Латеральные фенотипы высококвалифицированных спортсменов отличаются от фенотипов сверстников, не занимающихся спортом профессионально, большей долей фенотипов с признаками синистральности, что характерно, как для юношей, так и для девушек и указывает на необходимость повышенной активности правого полушария для эффективного обеспечения механизмов протекания адаптации к экстремальным спортивным нагрузкам.
3. Высокие возможности адаптации к спортивным нагрузкам, связанным с необходимостью быстрой реализации моторных программ, отмечены у лиц,

обладающих латеральными фенотипами, обеспечивающими мозаичную активность коры головного мозга. Это преимущественно правый латеральный фенотип с ведущим левым глазом у юношей и сочетание праворукости с левыми сенсорными асимметриями у девушек.

4. Представление полипараметрических психофизиологических показателей латерализации в модели булева куба адекватно отражает взаимосвязь индивидуально-типологических особенностей человека с латеральным фенотипом.
5. Лица, различающиеся предпочтением зрительного сенсорного входа, имеют особенности мозговых механизмов срочной адаптации к экстремальной спортивной нагрузке. Инверсия асимметрии  $\alpha$  и  $\beta_2$  диапазонов с увеличением активности правого полушария имеет место у высококвалифицированных спортсменов с ведущим левым глазом.
6. Левостороннее увеличение функциональной лабильности зрительной сенсорной системы сопровождается оптимальные адаптивные перестройки мозговых механизмов к специфической физической нагрузке, требующей проявления физического качества быстроты и характерно для успешных высококвалифицированных спортсменов юношей и девушек.
7. Наиболее успешные в соревновательной деятельности спортсмены отличаются от менее успешных правосторонней асимметрией мощности  $\beta$ -диапазонов в теменно-височной области.
8. Низкие показатели мощности медленноволновых диапазонов ЭЭГ сопутствуют успешности соревновательной деятельности.

### **Практические рекомендации**

1. В индивидуально-типологической классификации на основании функциональных асимметрий необходимо учитывать сенсорные асимметрии, выделяя группы, отличающиеся по ведущему глазу и ведущему уху.
2. Деятельность, связанная с физическими нагрузками и необходимостью быстрого реагирования на световые и звуковые сигналы, рекомендуется для

юношей с правым латеральным фенотипом, а также с преимущественно правым фенотипом с ведущим левым глазом и не рекомендуется юношам с преимущественно левым фенотипом с ведущим правым глазом.

3. Девушки с ведущей правой рукой и левыми сенсорными асимметриями отличаются наименьшим временем сенсомоторных реакций, а амбидекстры – наибольшим.
4. Юноши с правыми сенсорными асимметриями способны длительно поддерживать высокий темп движений, а у юношей с преимущественно левым латеральным фенотипом и ведущим правым глазом нет такой способности.
5. Левостороннее увеличение функциональной лабильности зрительной сенсорной системы под влиянием специфической физической нагрузки спорта высших достижений сопровождается оптимальными адаптивными перестройками физиологических механизмов, обеспечивающих протекание процесса срочной адаптации к специфической двигательной активности, требующей проявления физического качества быстроты и характерно для успешных высококвалифицированных спортсменов юношей и девушек.
6. Высокая мощность и доминирующей частоты быстроволновых диапазонов в правой височно-теменной области является благоприятным прогностическим критерием успешности соревновательной деятельности.
7. Низкая мощность медленноволновых диапазонов сопутствует успешности соревновательной деятельности.

#### **Список основных работ, опубликованных по теме диссертации**

##### **Монографии**

1. Фомина, Е.В. Сенсомоторные асимметрии спортсменов/ Е.В.Фомина //Омск: СибГУФК, 2003. – 152 с.
2. Фомина, Е.В. Функциональная асимметрия мозга и адаптация к экстремальным спортивным нагрузкам/ Е.В.Фомина //Омск: СибГУФК, 2005. – 272 с.

##### **Авторское свидетельство**

Фомина, Е.В., Фомин В.В., Еремеев А.В. Определитель индивидуального профиля функциональных асимметрий мозга //Свидетельство об официальной регистрации №990842 выдано 25 ноября 1999 года.

#### **Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК**

1. Фомина, Е.В. Особенности частотно-пространственной организации активности коры головного мозга как предиктор успешности в спорте/ Е.В.Фомина //Теория и практика физической культуры. - 2005, №10, С.57-59.
2. Фомина, Е.В. Роль латеральных предпочтений в адаптивности гомеостата/ Е.В.Фомина // Вестник УГТУ-УПИ.-Екатирибург:ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005.№16(68). Вып.5.Том 2.- С. 260-264.
3. Фомина, Е.В. Латерализация сенсорных входов и индивидуально-типологические особенности человека/ Е.В.Фомина // Вестник Бурятского университета.-2005, серия 2 (биология), Вып.7.- С.93-106.
4. Фомина, Е.В Латеральный фенотип высококвалифицированных спортсменов и элементарные формы проявления быстроты /Е.В.Фомина, В.П.Леутин //Теория и практика физической культуры.- 2006, №3, С.43-45.
5. Гелетюк, В.И. Действие  $Mg^{2+}$  на быстрые  $K^{+}$ - каналы в нейронах моллюска /В.И.Гелетюк, В.Н.Казаченко Е.В.Фомина//ДАН СССР. - 1988. - Т. 301, №4. - С. 997 - 1002.
6. Караваев, А.Ф. Этапы формирования профессионального призвания/А.Ф.Караваев, В.Г.Гиль, Е.В.Фомина // Психопедагогика в правоохранительных органах.- 2005, №2 (24). - С. 39-40.
7. Фомина, Е.В. Влияние стороны предпочтения зрительного сенсорного входа на динамические перестройки межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ/ Е.В.Фомина // Омский научный вестник. - 2006, №1(34). - С. 231-235.
8. Фомина, Е.В. Влияние спортивной нагрузки на функциональные асимметрии мозга/ Е.В.Фомина, В.В. Шпаков // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова.- 2004. - Т. 90, № 8. - С. 254-255.
9. Фомина, Е.В. Булев куб как модель связи сенсомоторных асимметрий и психофизиологических особенностей человека/ Е.В.Фомина// Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. - 2004. - Т. 90, № 8. - С. 42.
10. Фомина, Е.В Сенсомоторные асимметрии при адаптации к спортивной нагрузке/ Е.В.Фомина// Бюллетень сибирской медицины. - 2005. -Т.4. - С. 145.

11. Фомина, Е.В. Динамика сенсомоторных асимметрий под влиянием локального альфа-стимулирующего тренинга у спортсменов различной успешности/ Е.В.Фомина [и др.]// Бюллетень сибирской медицины. - 2005. -Т.4 - С. 153-154.

#### **Материалы выступлений на съездах и международных конференциях**

1. Фомина, Е.В. Индивидуально-типологические особенности лиц с различными ансамблями функциональных асимметрий (АФА)/ Е.В.Фомина [и др.]// XVII Съезд физиологов России: тезисы докладов. – Казань: Издательство КГУ, 2001. - С.467.
2. Фомина, Е.В. Индивидуально-типологические особенности лиц с различными ансамблями функциональных асимметрий (АФА)/ Е.В.Фомина [и др.]// XVIII Съезд физиологов России: тезисы докладов. – Казань: Издательство КГУ, 2001. - С.467.
3. Фомина, Е.В. Роль функциональных асимметрий мозга в успешности адаптации к специфической физической нагрузке/ Е.В.Фомина// IV Съезд физиологов Сибири: Тезисы докладов. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. - С. 292.
4. Фомина, Е.В. Роль функциональных асимметрий мозга в успешности адаптации к специфической физической нагрузке/ Е.В.Фомина// IV Съезд физиологов Сибири: Тезисы докладов. – Новосибирск: СО РАМН, 2002. - С. 292.
5. Фомина, Е.В. Генетические маркеры силовых и скоростно-силовых способностей/ Е.В.Фомина, В.В.Шпаков М.В.Долотина// Физиология мышц и мышечной деятельности: Материалы III Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности. – М: Телер, 2005. - С. 97.
6. Фомина, Е.В. Особенности динамики функциональных асимметрий при адаптации к мышечной деятельности /Е.В.Фомина// Физиология мышц и мышечной деятельности: Материалы III Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности. – М: Телер, 2005. - С. 98.
7. Фомина, Е.В. Динамические перестройки биоэлектрической активности мозга под влиянием специфической физической нагрузки у пловцов спортивной элиты/ Е.В.Фомина, В.П.Леутин, Е.В.Бочанцева// Научные труды I Съезда физиологии СНГ под редакцией Р.П. Сепиашвили, Т.1, М. Медицина-здоровье, 2005. - С. 200.

Подписано в печать 16.05.06. Формат 60X84 1/16.

Объем 2,0 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Заказ 68.

Издательство СибГУФК.

644009, г. Омск, ул. Масленникова, 144.