

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«РЕСПУБЛИКАНСКИЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР СПОРТА»

**УПРАВЛЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ
В ВИДАХ СПОРТА, ТРЕБУЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТИ,
С УЧЕТОМ ДАННЫХ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ**

Практическое пособие

Минск
БГУФК
2014

УДК 796.015.4+575
ББК 7АТ.62+57.023
У67

Рекомендовано к изданию экспертной комиссией НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь, протокол № 2 от 5 мая 2014 года

Подготовлено в рамках задания Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2011–2015 годы 84-11п «Разработать методику управления подготовкой спортсменов в видах спорта, требующих выносливости, с использованием молекулярно-генетического анализа»

А в т о р ы:

доктор педагогических наук, доктор биологических наук,
доцент *А. А. Михеев*; кандидат биологических наук *И. Л. Рыбина*;
кандидат педагогических наук, доцент *А. И. Нехвадович*;
кандидат биологических наук *Н. Н. Иванчикова*;
А. Н. Будко; *О. Н. Садомова*; кандидат химических наук *А. А. Гилеп*

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат биологических наук, доцент *И. Н. Рубчenea*;
кандидат педагогических наук, доцент *Н. В. Иванова*

Управление тренировочным процессом в видах спорта, требующих выносливости, с учетом данных молекулярной генетики : практ. пособие / А. А. Михеев [и др.]. – Минск : БГУФК, 2014. – 71 с.

ISBN 978-985-7076-83-3.

В издании представлен один из подходов к разработке данного направления, который заключается в оценке срочной реакции и долговременной адаптации организма спортсмена к различным по характеру, типу и продолжительности тренировочным нагрузкам во взаимосвязи с генотипом спортсмена. Авторами представлены генетические маркеры адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам, которые выявлены в результате длительных динамических наблюдений.

Издание предназначено для врачей спортивной медицины, тренеров, может быть использовано студентами и преподавателями в учебном процессе.

УДК 796.015.4+575
ББК 7АТ.62+57.023

Издано по заказу государственного учреждения «Республиканский научно-практический центр спорта».

ISBN 978-985-7076-83-3

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр спорта», 2014
© Оформление. Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
физической культуры», 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Результаты собственных исследований и анализ международного опыта говорят о том, что в спорте существует два перспективных направления использования результатов генетических исследований. Первое направление связано с совершенствованием многоуровневой системы отбора, спортивной ориентации и профилизации. Второе направление связано с оптимизацией тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов. Следует отметить, что в настоящий момент большинство исследований в области спортивной генетики посвящено разработке первого направления, связанного с многоуровневой системой отбора, а второе направление менее разработано. Одним из подходов к разработке данного направления может быть оценка срочной реакции организма спортсмена на различные по характеру, типу и продолжительности тренировочные нагрузки, а также выявление характера долговременной адаптации организма спортсмена к специфическим для данного вида спорта нагрузкам на этапах годичной и многолетней подготовки. Так называемые генетические маркеры «адаптации организма спортсменов к тренировочным нагрузкам» могут быть выявлены в результате динамических наблюдений на протяжении длительного периода тренировочного процесса путем исследования реакции на определенные тренировочные нагрузки и поиска ее взаимосвязи с генотипом спортсмена.

Результаты исследований влияния полиморфных генов на спортивную деятельность позволят модернизировать систему медико-генетического обеспечения физической культуры и спорта с учетом оценки генетического потенциала организма спортсмена, внедрить в практику основы профилактической персонализированной медицины, помочь в планировании и коррекции тренировочного процесса спортсменов.

Определение генетических маркеров позволяет прогнозировать закономерности развития физических качеств у спортсменов. Изучение влияния генетической детерминированности на тренируемость спортсменов позволяет определить подходы к разработке и коррекции тренировочных программ спортсменов с учетом их генетического полиморфизма.

1. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ВИДАХ СПОРТА, ТРЕБУЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТИ, НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

1.1. Общетеоретические подходы к проблеме спортивного отбора

Определение генетической детерминированности проявления двигательных качеств человека играет важную роль во многих сферах профессиональной подготовки специалистов (спортсмены, спасатели, пожарные, космонавты, сотрудники специальных подразделений Министерства обороны, Министерства внутренних дел, Комитета государственной безопасности Республики Беларусь и других ведомств). Наиболее ярко это проявляется в спорте и именно поэтому изучение генетического полиморфизма, определяющего формирование, развитие и проявление физических качеств, целесообразно изучать на спортсменах различных специализаций. Именно у них, в силу специфических особенностей энергетического обмена в организме при выполнении различных по интенсивности и длительности физических нагрузок, можно с большой долей вероятности выявить генетические детерминанты, регулирующие этот процесс.

Высокой информативностью обладают генетические маркеры, ассоциированные с развитием и проявлением физических качеств, а также с биохимическими, антропометрическими и физиологическими показателями, значимыми в условиях спортивной деятельности [1–5]. Генетические маркеры физической работоспособности, выявляемые с помощью молекулярно-генетического анализа полиморфизма ДНК, представляют собой варианты генов, обуславливающие индивидуальные различия в развитии и проявлении фенотипических признаков.

Исследования в области функциональной геномики показали сложность изучаемого явления и участия в нем многих генов. В настоящее время сделаны только первые открытия, и дальнейший путь лежит через выявление взаимосвязей генетических маркеров и физиологических показателей, определяющих проявление различных физических качеств че-

ловека. Согласно последним обобщающим данным (Карта генов физической активности человека [5]), зарубежными специалистами обнаружены полиморфизмы 8 генов (*ACE*, *ACTN3*, *ADRA2A*, *ADRB2*, *AMPD1*, *BDKRB2*, *EPAS1*, *PPARGC1A*), ассоциированных со спортивной деятельностью. Вместе с тем проведенные исследования не обеспечивают целостного представления о молекулярных механизмах, лежащих в основе наследственной предрасположенности человека к двигательной деятельности. Остается неразработанной также методология поиска генетических маркеров физической работоспособности человека и их значимость в диагностике предрасположенности к выполнению физических упражнений различной направленности и длительности.

Главным преимуществом молекулярно-генетического метода выявления наследственной предрасположенности человека к двигательной деятельности является высокая информативность при оценке потенциала развития физических качеств и возможность осуществления ранней диагностики. К отличительным свойствам такой диагностики также следует отнести возможность определения наследственной предрасположенности к развитию профессиональных патологий – факторов, лимитирующих физическую работоспособность человека и ухудшающих его качество жизни.

Наличие функционально значимых ДНК-полиморфизмов в генах, участвующих в функционировании сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, предполагает выявление их взаимосвязи с физическими качествами человека, развивающимися в онтогенезе под значительным влиянием среды. Установление ассоциаций полиморфизмов данных генов с предрасположенностью к выполнению физических упражнений различной длительности и интенсивности, а также с фенотипами, значимыми в условиях спортивной деятельности, позволит разработать систему критериев прогностической оценки физических способностей человека.

Таким образом, внедрение молекулярно-генетических методов в практику профессионального отбора может существенно повысить прогностические возможности, улучшить профессиональную ориентацию в разных сферах деятельности человека и сохранить его здоровье.

Совершенно очевидно, что запросы практики всегда остаются приоритетными, а точное и своевременное прогнозирование спортивной одаренности является решающим условием прогресса отечественного спорта. Поэтому создание научно обоснованной и высокоэффективной системы начального отбора становится задачей первостепенной важности.

Спортивный отбор следует понимать как процесс определения соответствия способностей человека и особенностей данной спортивной дисциплины. Главный мотив спортивного отбора – стремление связать воедино творческий расцвет личности и высшие спортивные достижения.

Спортивный отбор предлагает систему организационно-методических мероприятий, включающих педагогические, психологические, методико-биологические и социологические методы исследования, на основании которых выявляются способности детей, подростков и юношей к специализации в определенном виде спортивных игр. Таким образом, отбор в спортивных играх следует понимать как процесс определения соответствия способностей человека способностям данной игре.

Уже не одно десятилетие проблема отбора юных спортсменов привлекает пристальное внимание ученых и практиков. В мировой литературе она освещена достаточно широко. Накоплены значительные экспериментальные данные, характеризующие основные аспекты отбора в отдельных видах спорта. Идут исследования актуальных вопросов отбора и спортивной ориентации. Поиск юных талантов является главной задачей многих специалистов, работающих в области детского и юношеского спорта.

Но несмотря на это, на сегодняшний день отсутствуют:

- общепризнанная система отбора;
- единомыслие специалистов в отношении этапности и последовательности задач отбора;
- научно обоснованные критерии, на основе которых можно было бы с определенной степенью уверенности предсказать спортивную судьбу того или иного индивидуума.

Возможным объяснением этого является то, что «спортивный отбор не получил согласованного истолкования». К сожалению, эта оценка может быть дополнена и отсутствием дефиниций таких часто используемых понятий, как «спортивная ориентация», «спортивная пригодность», «спортивная перспективность».

В аспекте решения проблемы отбора специалисты рассматривают также такие понятия, как «прогноз», «спортивные способности», «одаренность», «талант», «биологический возраст», «генетический потенциал» и др.

Спортивная пригодность – это соответствие между индивидом и спортивной деятельностью, взаимное проникновение и стимулирующее воздействие спортивной деятельности на личность и личности на спортивную деятельность.

Отбор в спортивные школы предусматривает прогноз успешности на 6–10 лет вперед и более.

Прогноз – это вероятное научно обоснованное суждение относительно наблюдаемого состояния объекта (в нашем случае спортсмена) в какой-то момент времени (как правило, на соревнованиях) или относительно возможных путей достижения такого состояния, определенного в качестве цели. Отличительной особенностью определения потенциала спортивной деятельности является долгосрочный прогноз. Предметом прогноза являются задатки качеств личности, определяющие способности к успешному овладению деятельностью в спорте.

В основе способностей лежат врожденные анатомо-физиологические особенности. В понятие способности включаются также психические свойства личности, обладая которыми человек может сравнительно легко добиваться успеха в той или иной деятельности. Способности могут существовать только в развитии и проявляются лишь в процессе конкретной деятельности.

Понятие «*спортивные способности*» определяется как совокупность качеств человека, отвечающих требованиям данного вида спорта, обеспечивающим достижения в нем определенных успехов. Реализация спортивных способностей зависит от многих факторов. Здесь имеет значение и физическая подготовка, и психика спортсмена, и личность тренера, его знания, опыт, влияние окружающей среды, наконец, время, когда эти способности были выявлены, и многое другое.

Таким образом, понятие спортивных способностей в большей мере отражает возможность достижения высокого результата, нежели непреходящую успешность спортивной деятельности.

Одаренность называют то качественно своеобразное сочетание способностей, от которого зависит возможность достижения большего или меньшего успеха в выполнении той или иной деятельности. От одаренности зависит не успех, а только возможность его достижения. Кроме сочетания способностей для этого необходимо еще обладание умениями и навыками.

Одаренность человека характеризуется своеобразным сочетанием различных способностей. При этом одаренность проявляется только к определенному виду деятельности.

Спортивная одаренность рассматривается как качественно своеобразное сочетание высокоразвитых моторных, функциональных и психологических качеств индивида, отвечающих требованиям спортивной специализации, создающее возможность успеха в конкретной деятельности.

Понятие «*талант*» определяют как выдающиеся природные способности, дарование, одаренность. Талантом также называют высшую степень развития способностей. Талант индивидуален, и связано это с тем, что в таланте проявляется вся личность, которая изменчива и которую невозможно изменить и оценить в полном объеме.

Спортивный талант чаще определяется различными факторами, среди которых выделяются наследственность, биологический возраст молодого поколения, особенности телосложения, биомеханические параметры, темпы развития работоспособности.

Ученые отмечают, что говоря о способности, подчеркиваются возможности человека что-то делать, а говоря о таланте (одаренности), имеют в виду прирожденный характер данного качества у человека.

Вопросы открытия талантливых спортсменов, создания наилучших условий для проявления их одаренности всегда волновали научную мысль. Врачи, психологи, антропологи, физиологи, спортивные педагоги и другие ученые стремятся раскрыть тайны прогнозирования спортивных достижений.

Работы многих исследователей направлены на определение потенциальных возможностей личности, занятой какой-либо спортивной деятельностью, т. е. на выявление индивидов со спортивными способностями, людей одаренных, талантливых.

Однако проблема идентификации спортивной одаренности справедливо относится к категории наиболее сложных в теории спорта, что объясняется рядом причин. Одна из них состоит в заведомой ограниченности того контингента, который обладает ярко выраженным превосходством в проявлении моторики. Высокая степень одаренности понимается как отклонение от нормы, величина которого в 2–3 раза превышает медиану. Если же исходить из необходимости одновременного проявления сразу нескольких спортивно значимых качеств, то вероятность обнаружения такого удачного сочетания составит величину $\leq 0,0001$.

Спортивная ориентация связана, прежде всего, с комплексом мероприятий, направленных на подбор для человека тех видов спорта, которые в наибольшей мере соответствуют его желаниям, предрасположенности и способностям. Выявление этих факторов – специфическая цель ориентации.

Актуальность решения проблемы правильного выбора спортивной специализации ни у кого сомнений не вызывает. Рано и правильно выбранная специализация (в соответствии с необходимым для данного вида спорта генетическим потенциалом) помогает спортсмену быстро прогрессировать, достигать больших высот и долголетия в спорте. Выдающийся

русский ученый К.А. Тимирязев подчеркивал, что влияние внешних условий тем глубже, чем раньше они начинают действовать. А это значит, что чем моложе ребенок, на которого мы направляем наши воспитательные воздействия, тем успешнее и глубже будут результаты этих воздействий. Но при этом необходимо учитывать возрастные особенности и возможности детей, иначе вместо пользы можно навредить.

Относительно начала занятий в том или ином виде спорта существуют самые противоречивые мнения. Заслуживает внимание утверждение, что нужна не ранняя специализация в конкретном виде спорта, а просто ранняя тренировка для создания базы моторики юного спортсмена. Имеются также данные о том, что воздействие тренировок в раннем возрасте более эффективно для одаренных детей; напротив, для детей с невысоким уровнем развития двигательных способностей максимальный эффект тренировок проявляется в более позднем возрасте.

Правильное осуществление ранней специализации следует рассматривать как вступительный этап тренировок, начинающих в соответствующем, т. е. оптимальном для ребенка возрасте. Этот этап не может быть похожим на тренировки взрослых, так как имеет другие цели и задачи. Самая важная из них – построение мощного фундамента для будущей спортивной специализации. К наиболее прочным основам спортивной специализации причисляется всестороннее двигательное развитие, учитывающее, прежде всего, развитие всех основных координационных способностей (КС). Это подразумевает умелое использование сенситивных периодов в двигательном развитии ребенка, т. е. его особенной реакции на раздражители (упражнения). В этом возрасте (между 7 и 11 годами) можно добиться самых больших сдвигов в области различных КС. Накопленный в этот период двигательный потенциал будет способствовать более быстрому овладению технически сложными специализированными упражнениями. Поэтому умелое использование этого периода может стать основой будущих спортивных успехов.

Немаловажную, а подчас и решающую роль для эффективного отбора начинающих атлетов играет уровень сформированности интереса детей к занятиям тем или иным видом спорта. Существует немало примеров, когда ребенок, обладающий всеми необходимыми природными данными для спортивной игры, но не имеющий достаточной мотивации, уклоняется от спортивной деятельности, выбирая порой ту, которая в гораздо меньшей степени соответствует его возможностям. Поэтому одной из главных задач ориентации и является агитационно-пропагандистская и сугубо педагогическая работа, направленная на воспитание интереса у ребенка.

Многие специалисты указывают на то, что успехи в спорте зависят от уровня развития комплекса психофизиологических и моторных качеств, проявление которых в спортивной деятельности тесно связано с анатомическими и физиологическими особенностями человека.

При этом значимость отдельных компонентов этого комплекса неравноценна для разных видов спорта. Каждый вид спорта имеет свою специфику, обуславливающую преимущественную значимость отдельных качеств занимающихся. Комплектуя группы новичков, тренер всегда, пусть интуитивно, ориентируется на известный ему идеал. Однако этот идеал будет выглядеть неопределенно, если он не наполнен четкими качественными и количественными характеристиками.

Таким образом, необходима разработка модельных характеристик сильнейших спортсменов как своего рода эталона, с учетом которого должна строиться вся многоступенчатая система отбора и спортивной ориентации.

Полученные информационные модели дают возможность оценить значимость специальных качеств и свойств личности спортсменов в различных видах игр, амплуа и игровой деятельности в целом. Это позволяет проводить игровую, видовую и ролевую ориентацию более целеустремленно и надежно.

Но нельзя и переоценивать эти модели, как бы ни была высока квалификация экспертов и корректны методы математической обработки, все же обобщаются субъективные мнения.

Важным критерием для оценки пригодности какого-либо вида спорта для конкретного ребенка являются результаты антропометрического обследования, прогнозирование индивидуального развития дефинитивных значений роста по ювенильным величинам в возрасте 7–11 лет. Интересно отметить, что в пубертатном периоде (у девочек 11–14 лет, у мальчиков 13–15 лет) предсказание дефинитивных значений роста будет менее уверенным (В.М. Зациорский с соавт., 1973).

По мнению С.Б. Тихвинского (1980), особое внимание следует уделять биологическому возрасту ребенка, так как разница в скорости созревания может давать преимущество акселератам и ограничивать дорогу в большой спорт детям с несколько замедленным развитием (ретардантам), потенциально обладающим ничуть не меньшими способностями, а зачастую и большими. От степени биологической зрелости зависят темпы нарастания и абсолютные значения тотальных размеров тела (линейные размеры, поверхность, объем), а с ними важнейшие морфологические и функциональные показатели деятельности организма: связь минутного и

ударного объема сердца – с поверхностью тела; объем сердца – с ростом и весом и т. д. Взаимосвязь ряда показателей физической подготовленности с биологическим возрастом доказана работами ряда ученых.

В многочисленных исследованиях установлено, что дети одного и того же паспортного возраста значительно различаются по биологической зрелости, а это оказывает большое влияние на уровень психологического и физического развития, двигательной и функциональной подготовленности.

Результаты исследований показали, что более позднее и более продолжительное половое созревание у медиантов и ретардантов обеспечивает рост тела в длину и период интенсивного физического развития на 3–4 года длиннее, чем у акселератов.

В настоящее время считают, что очень часто рост и развитие у акселератов заканчиваются раньше, а у ретардантов продолжают значительно дольше. В результате конечная длина тела во взрослом состоянии у ретардантов может оказаться больше, чем у акселератов. Более медленное созревание мозга также приводит к лучшему его развитию и более высоким умственным способностям. Показано, что у спортсменов сердце растет медленнее и достигает большего объема и большей мощности сердечной мышцы, чем у нетренированных сверстников.

Лишь спортсмены, имеющие большую длительность стадии быстрого роста, при ее раннем начале достигают в спорте высоких результатов, так как чем дольше этот период, тем лучше рост спортивных возможностей.

К сожалению, сложившаяся практика отбора в ДЮСШ по результатам выполнения контрольных упражнений детьми одного и того же хронологического (паспортного) возраста существенно искажает объективную картину. В возрасте 7–8 лет отставание в биологическом развитии на 1–2 года отчетливо просматривается. У акселератов замечен более высокий уровень интеллектуального развития, ассоциативных способностей и большая склонность к обобщению. В благоприятных условиях все это может иметь положительное влияние на процесс формирования спортсмена. В то же время акселераты, не имеющие прочного фундамента разносторонней физической подготовленности, могут быть подвержены срывам, так как они нередко являются жертвами форсирования тренировки.

Как и всякий прогноз, прогноз перспективности юных спортсменов не может быть абсолютно достоверным, так как на формирование их молодых растущих организмов оказывает влияние множество заранее не предвиденных факторов. Достаточно высокая достоверность прогноза может быть сделана лишь в отношении отдельных морфологических характеристик и функций организма, имеющих тесную связь с генотипом человека.

Считается, что прогнозирование спортивных способностей должно осуществляться путем изучения либо стабильности индивидуальных уровней развития, либо темпов прироста.

Уровень высоких достижений талантливого спортсмена определяется генетическим и фенотипическим факторами. Генетически закодированные качества могут оптимально развиваться в процессе онтогенеза в так называемые сенситивные (чувствительные) периоды организма, если используются адекватные раздражители.

Прирост показателей физических качеств тем больше выражен, чем ниже у человека их исходный уровень, но по мере приближения к предельным для данного человека возможностям (его генетически определенной норме реакции) степень прироста уменьшается. Величина изменчивости отдельных функциональных показателей и физических качеств зависит от врожденной нормы реакции, т. е. способности генов, контролирующих эти признаки, реагировать на изменение условий индивидуального развития и факторов внешней среды.

Знание генетического потенциала позволяет дифференцировать прогностически сильные и слабые стороны физических возможностей юных спортсменов и, соответственно, активно совершенствовать сильные компоненты подготовленности, а также направленно с помощью специальных методов развивать малообеспеченные генетические потенциалы.

Актуальность прогноза различных способностей и особенностей человека (его генетического потенциала) стремительно возрастает. Тренерам хорошо известно, что далеко не каждое качество можно развить в ученике. Если свойства, относящиеся к социальной сфере (например, трудолюбие, сознательность), не только поддаются воспитанию, но и являются важным объектом педагогического воздействия, то психофизиологическая сфера человека весьма консервативна. Это связано с тем, что развитие человека проходит под воздействием социальной и генетической программ.

Социальная программа включает в себя сумму знаний, накопленных человечеством за всю его историю и передаваемых в процессе обучения. Генетические факторы определяют потенциальные возможности развития.

Таким образом, достижение высоких спортивных результатов, с одной стороны, ограничено генотипом, а с другой – стимулируется условиями воспитания и подготовки.

Наследственные влияния на различные физические качества не однотипны. Они проявляются в различной степени генетической зависимостью и обнаруживаются на различных этапах онтогенеза. В наибольшей степе-

ни генетическому контролю подвержены быстрые движения, требующие в первую очередь особых скоростных свойств нервной системы: высокой лабильности (скорости протекания возбуждения) и подвижности нервных процессов (смены возбуждения на торможение и наоборот), а также развития анаэробных возможностей организма и наличия быстрых волокон в скелетных мышцах. Для различных элементарных проявлений качества быстроты – времени простых и сложных двигательных реакций, максимального темпа движений, скорости одиночных двигательных актов (ударов, прыжков, метаний) – получены высокие показатели наследуемости.

Имеется особая закономерность семейного сходства в выборе спортивной специализации: наибольшее сходство выявлено в выборе занятий борьбой (85,71 %), тяжелой атлетикой (61,11 %) и фехтованием (55,0 %); наименьшее сходство в предпочтении баскетбола и бокса (29,4 %), акробатики (28,57 %) и волейбола (22,22 %) [6].

Современный уровень знаний позволяет прийти к заключению, что, несмотря на исключительно высокую значимость генотипа в процессах развития человека, жесткой зависимости между ними не существует. Многое корректируется средовыми влияниями и зависит от обучения и воспитания. Это определяется различиями между задатками и способностями. Если задатки консервативны и в высшей степени детерминированы наследственностью, то способности динамичны и формируются только в процессе деятельности.

В ряде исследований выявлено положительное влияние на овладение физическим мастерством в спорте наличия у занимающихся предварительного двигательного опыта. Авторы этих работ рекомендуют широко использовать занятия такими видами спорта, средства и методы которых носят характер, сходный с проявлением мышечных усилий в избранной спортивной специализации.

Анализ состояния проблемы начального отбора и спортивной ориентации приводит к заключению, что в настоящее время накоплен значительный научный материал, позволяющий судить о различных сторонах спортивных способностей, факторах их определяющих, формах организации и методике отбора, складывающихся методологических подходах к изучению вопросов отбора и ориентации. Но, к сожалению, все это пока не обеспечивает высокого качества всех поставленных перед спортивной селекцией задач.

При решении проблем спортивного отбора и спортивной ориентации, особенно на этапе начального отбора, несмотря на солидный опыт педагогов и тренеров, очень часто (40–50 % случаев) составляются непра-

вильные прогнозы успешности отдельных спортсменов. Современные методы спортивной генетики позволяют избежать многих неуспешных решений в этом плане с помощью генетических маркеров, четко отражающих наследственные задатки индивидуумов. Маркером называют легко определяемый, устойчивый признак организма, жестко связанный с его генотипом, по которому можно судить о вероятности проявления другой, трудно определяемой характеристики организма. Генетические маркеры позволяют распознавать наследственные задатки человека, его врожденные возможности. Выявленные у детей, они сохраняются до конца жизни человека.

Для успешного развития тренированности спортсменов в плане отбора и прогноза необходимы два фактора:

1) адекватный для генетических задатков выбор спортивной специализации, стиля соревновательной деятельности, ведущей руки и ноги спортсмена;

2) многоступенчатый отбор на каждом этапе многолетней подготовки с учетом генетически присущей спортсмену скорости адаптации к специализированным нагрузкам.

Лишь сочетание обоих этих факторов в совокупности может обеспечить высокие результаты на уровне спорта высших достижений и сохранение здоровья спортсмена. Основой для суждения о тренируемых качествах в различных видах спорта являются уже достаточно известные информативные морфофункциональные и психофизиологические критерии.

1.2. Физиолого-генетический подход к вопросам спортивного отбора

Среди мероприятий по физическому воспитанию населения весьма важная роль принадлежит процессам спортивного отбора и спортивной ориентации. Эти процессы имеют принципиальное различие. В процессе спортивной ориентации изучаются врожденные особенности человека и подбираются адекватные для него физические упражнения или вид спорта. В ходе спортивного отбора определяются модельные характеристики соревновательной деятельности ведущих спортсменов и специфические для данного вида спорта важные качества, а затем производятся поиск и подбор людей с соответствующими врожденными и развившимися в процессе жизнедеятельности морфофункциональными особенностями.

Наряду с педагогическими, психологическими и социологическими методами изучения индивидуальных особенностей человека, использу-

ются генетические и морфофункциональные методы, которые позволяют описать не только врожденные особенности, т. е. задатки человека, но и развитые в течение жизни комплексы его индивидуальных особенностей, определяющих его способности. Получаемые характеристики должны быть различными на разных этапах подготовки спортсмена, так как спортивный отбор представляет собой многоступенчатый процесс с изменяющимися требованиями к организму человека в ходе многолетней тренировки. При этом необходимо учитывать не только исходные показатели, но и многие другие параметры:

- динамику индивидуальных реакций организма спортсмена на предъявляемые нагрузки;
- возрастные периоды наибольшей эффективности тренирующих воздействий для развития разных физических качеств;
- индивидуальный тип адаптации к физическим упражнениям определенной направленности;
- скорость и мощность мобилизации функциональных резервов данного организма;
- выраженность и темпы проявления срочной и долговременной адаптации ко всему комплексу спортивной деятельности.

Неадекватный выбор спортивной специализации или стиля соревновательной деятельности, как показывают современные исследования, резко замедляет рост спортивного мастерства и ограничивает уровень спортивных достижений, а также является фактором риска для здоровья спортсмена.

За последние годы все больше выявляется фактов о влиянии наследственных факторов на многие показатели строения и функций организма человека, а также на степень развития разных физических качеств. Их учет в организации тренировочного процесса и спортивном отборе становится все более насущным.

Наследственность заключается в способности живых организмов передавать свои признаки следующим поколениям. В противоположность этому изменчивость связана со способностью изменения наследственных задатков и их проявлений в процессе развития организмов.

Совокупность всех наследственных задатков называется *генотипом*, а совокупность всех признаков организма – *фенотипом*. Фенотип зависит от возможности врожденных задатков проявиться в определенных условиях жизни. Таким образом, основные черты организма определяются как унаследованными свойствами, так и влияниями различных факторов среды. Иными словами, фенотип есть генотип плюс средовые влияния.

Изучение наследственности у человека характеризуется определенными ограничениями генетического анализа. У человека невозможно проведение направленного скрещивания, экспериментального получения мутаций, обеспечение строгого контроля его окружения и условий среды на протяжении роста и развития организма. Использование статистического подхода затрудняют малочисленность потомства, длительный период полового созревания, отсутствие сведений об отдаленных предках и их морфофункциональных особенностях. Огромное разнообразие наследственных признаков у человека и большое количество групп сцепления генов также являются препятствием для точного анализа генетических влияний.

К основным методам исследования генетики человека относят следующие:

- генеалогический, в котором составляются и анализируются родословные для изучаемого человека, которого называют в данном случае пробандом;
- цитологический;
- популяционный;
- близнецовый, основанный на сравнении различных признаков у близнецов.

Одним из простых количественных показателей наследственности является коэффициент Хольцингера, который определяет генетическую долю в общем развитии организма. При $H=1,0$ изучаемый показатель полностью зависит от генотипа, при $H>0,7$ доля генетических влияний очень высока и лишь небольшая часть приходится на средовые воздействия. Чем меньше этот коэффициент, тем больше средовые влияния на признаки.

1.3. Наследственные влияния на морфофункциональные особенности и физические качества спортсмена

Изучение степени наследуемости различных морфофункциональных показателей организма человека показало, что генетические влияния на них чрезвычайно многообразны. Они отличаются по срокам обнаружения, степени воздействия, стабильности проявления. Чем больше выражены наследственные влияния на признаки организма, тем больше учет должен быть при отборе.

Наибольшая наследственная обусловленность выявлена для морфологических показателей организма человека, меньшая – для физиологических параметров и наименьшая – для психологических признаков.

Среди морфологических признаков наиболее значительны влияния наследственности на продольные размеры тела, меньшие – на объемные размеры, еще меньшие – на состав тела. Величина коэффициента наследуемости наиболее высока для костной ткани, меньше для мышечной и наименьшая – для жировой ткани. Для подкожной клетчатки женского организма она особенно мала.

Для функциональных показателей выявлена значительная генетическая обусловленность многих физиологических параметров, среди которых большая часть метаболических характеристик организма: аэробные и анаэробные возможности, процент быстрых и медленных волокон в мышцах, объем и размеры сердца, характеристики ЭКГ, систолический и минутный объем крови в покое, частота сердцебиений при физических нагрузках, артериальное давление, жизненная емкость легких и жизненный показатель, частота и глубина дыхания, минутный объем дыхания, длительность задержки дыхания на вдохе и выдохе, парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе и крови, содержание холестерина в крови, скорость оседания эритроцитов, группы крови, иммунный статус, гормональный профиль и некоторые др.

Многие психологические, психофизиологические, нейродинамические, сенсомоторные показатели, характеристики сенсорных систем также находятся под выраженным генетическим контролем: большая часть показателей электрической активности коры больших полушарий, скорость переработки информации, пропускная способность мозга, коэффициент интеллектуальности, пороги чувствительности сенсорных систем, цветоразличение и его дефекты, нормальная и дальнозоркая рефракция, критическая частота слияния световых мельканий, типологические свойства нервной системы, черты темперамента, доминантность полушарий, моторная и сенсорная функциональная асимметрия и др.

Большая часть поведенческих актов контролируется целым комплексом генов. Чем сложнее поведенческая деятельность человека, тем менее выражено влияние генотипа и больше роль окружающей среды. Для более простых двигательных навыков наследуемость выше, чем для более сложных.

По мере обогащения человека жизненным опытом и знаниями относительная роль генотипа в его жизнедеятельности снижается.

Обнаружены некоторые различия в наследовании признаков по полу. У мужчин в большей мере наследуются проявления леворукости, дальтонизма, показатели объема и размеров сердца, артериального давления и ЭКГ, содержание липидов и холестерина в крови, характер отпечатков

пальцев, особенности полового развития, способность решения цифровых и пространственных задач, ориентация в новых ситуациях. У женщин в большей степени запрограммированы генетически рост и вес тела, развитие и сроки начала моторной речи, проявления симметрии в функциях больших полушарий.

Наследственные влияния на различные физические качества не однотипны. Они проявляются в различной степени генетической зависимости и обнаруживаются на различных этапах онтогенеза. В наибольшей степени генетическому контролю подвержены быстрые движения, требующие в первую очередь особых скоростных свойств нервной системы: высокой лабильности и подвижности нервных процессов, а также развития анаэробных возможностей организма и наличия быстрых волокон в скелетных мышцах.

Для различных элементарных проявлений качества быстроты – времени простых и сложных двигательных реакций, максимального темпа движений, скорости одиночных двигательных актов – получены высокие показатели наследуемости. С помощью близнецового и генеалогического методов подтверждена высокая зависимость от врожденных свойств показателей скоростного бега на короткие дистанции, теппинг-теста, кратковременного педалирования на велоэргометре в максимальном темпе, прыжков в длину с места и других скоростных и скоростно-силовых упражнений. Высокая генетическая обусловленность получена также для качества гибкости.

В меньшей степени генетические влияния выражены для показателей абсолютной мышечной силы. Так, например, коэффициенты наследуемости для динамометрических показателей силы правой руки $H=0,61$, левой руки $H=0,59$, становой силы $H=0,64$, в то время как для показателей времени простой двигательной реакции $H=0,84$, сложной двигательной реакции $H=0,80$. В наименьшей степени наследуемость обнаруживается для показателей выносливости к длительной циклической работе и качеству ловкости. Другими словами, наиболее тренируемыми физическими качествами ловкость и общая выносливость, а наименее тренируемыми – быстрота и гибкость. Среднее положение занимает качество силы. Это подтверждается данными Н.В. Зимкина и др. о степени прироста различных физических качеств в процессе многолетней спортивной тренировки: показатели качества быстроты увеличиваются в 1,5–2,0 раза, качества силы при работе локальных мышечных групп – в 3,5–3,7 раза, при глобальной работе – на 75–150 %, качества выносливости – в десятки раз.

Проявления генетических влияний зависят от возраста. Они больше выражены в молодом возрасте по сравнению с более пожилыми людьми. Влияния генотипа также зависят от мощности работы – они нарастают с увеличением мощности работы.

Наследственные влияния на морфофункциональные особенности и физические качества человека зависят от периодов онтогенеза. Различают критические и сенситивные периоды.

Критические периоды характеризуются повышенной активностью отдельных генов и их комплексов, контролирующих развитие каких-либо признаков организма. В эти периоды происходит значительная перестройка регуляторных процессов, качественный и количественный скачок в развитии отдельных органов и функциональных систем, результатом чего является возможность адаптации к новому уровню существования организма и его взаимодействия со средой. Такая перестройка увеличивает число степеней свободы организма, открывает новые горизонты поведения человека, т. е. по существу является «опережающим отражением действительности».

Сенситивные периоды – это периоды снижения генетического контроля и повышенной чувствительности отдельных признаков организма к средовым влияниям, в том числе педагогическим и тренерским.

Критические и сенситивные периоды совпадают лишь частично. Если критические периоды создают морфофункциональную основу существования организма в новых условиях жизнедеятельности, то сенситивные периоды реализуют эти возможности, обеспечивая адекватное функционирование систем организма соответственно новым требованиям окружающей среды.

Для тренеров и педагогов, работающих в области физического воспитания и спорта, знание сенситивных периодов чрезвычайно важно, так как один и тот же объем физической нагрузки, количество тренировочных занятий, подходов к снарядам и т. п. лишь в сенситивный период обеспечивают наибольший тренировочный эффект, который в другие возрастные периоды не может быть достигнут. К тому же учет сенситивных периодов необходим при проведении спортивного отбора для правильной оценки состояния организма и особенностей физических качеств спортсмена.

Сенситивные периоды для различных физических качеств проявляются гетерохронно, т. е. в разное время.

Хотя имеются индивидуальные варианты сроков их наступления, все же можно в среднем выделить общие закономерности. Так, сенситивный период проявления различных показателей качества быстроты приходит-

ся на возраст 11–14 лет и к 15-летнему возрасту достигается его максимальный уровень. Близкая к этому картина наблюдается в онтогенезе и для проявления качеств ловкости и гибкости.

Несколько позже отмечается чувствительный период качества силы. После сравнительно небольших темпов ежегодных приростов силы в дошкольном и младшем школьном возрасте наступает некоторое их замедление в возрасте 11–13 лет. Затем наступает чувствительный период развития мышечной силы в 14–17 лет, когда особенно значителен прирост силы в процессе спортивной тренировки. К 18–20 годам у юношей достигается максимальное проявление силы основных мышечных групп. Чувствительный период выносливости приходится примерно на 15–20 лет, после чего наблюдается максимальное ее проявление и рекордные достижения на стайерских дистанциях в беге, плавании, гребле, лыжных гонках и других видах спорта, требующих выносливости.

1.4. Учет физиолого-генетических особенностей человека в спортивном отборе

Знание степени наследственных влияний на морфофункциональные особенности человека и его физические качества позволяет в ходе спортивного отбора опираться на те показатели, которые в наибольшей степени находятся под генетическим контролем, т. е. являются наиболее прогностичными и мало изменяемыми в ходе тренировки.

В практике спорта известна роль семейной наследственности. По П. Астранду, в 50 % случаев дети выдающихся спортсменов имеют выраженные спортивные способности, многие братья и сестры показывают высокие результаты в спорте. Если оба родителя – выдающиеся спортсмены, то высокие результаты у их детей могут быть в 70 % случаев.

Еще в 1930-х гг. было показано, что выраженную внутрисемейную наследуемость имеют показатели скорости выполнения теппинг-теста. Если оба родителя по теппинг-тесту попадали в группу «быстрых», то среди детей таких родителей значительно больше было «быстрых», чем «медленных». Если оба родителя оказывались «медленными», то среди детей преобладали «медленные» (71 %), а остальные были «средними». Оказалось, что внутрисемейное сходство зависит от характера упражнений, особенностей популяции, порядка рождения ребенка в семье. Более высокие внутрисемейные взаимосвязи присущи скоростным циклическим и скоростно-силовым упражнениям. Изучение архивов в английских закрытых колледжах, где по традиции обучались дети избранных

семейств, показало определенное сходство двигательных возможностей детей и родителей в 12-летнем возрасте. Достоверная корреляция была установлена для некоторых морфологических признаков и скоростно-силовых упражнений: длина тела, бег на 50 ярдов, прыжки в длину с места. Однако корреляция отсутствовала для сложнокоординационных движений, таких как метание теннисного мяча, гимнастические упражнения.

Изучению подвергались многие семейные особенности различных функций организма.

Исследования сдвигов легочной вентиляции в ответ на недостаток кислорода и избыток углекислого газа у взрослых бегунов-стайеров показали, что дыхательные реакции находящихся в хорошей спортивной форме бегунов на длинные дистанции и не занимающихся спортом их родственников были практически одинаковы. При этом они достоверно отличались от более высоких сдвигов легочной вентиляции у контрольной группы лиц, не занимающихся спортом.

Некоторые противоречивые данные внутрисемейного исследования морфологических признаков генетики объясняют влияниями популяционных особенностей. Так, например, имеются различия в характере внутрисемейных генетических влияний на длину тела в разных популяциях:

- в американской популяции самая высокая взаимосвязь выявлена в парах мать–дочь, затем ее снижение в парах мать–сын, отец–сын, отец–дочь;

- в африканской популяции снижение корреляции отмечено в другом порядке: от пары отец–сын к парам мать–сын, мать–дочь, отец–дочь.

Генетически зависимыми являются многие морфофункциональные признаки, определяющие спортивные способности человека и передающиеся по наследству от родителей.

Специальный анализ наследования спортивных способностей человека был проведен Л.П. Сергиенко в 163 семьях спортсменов высокого класса. Оказалось, что чаще всего высокие достижения отмечались в смежных поколениях – дети–родители. При этом не было «пропусков» поколений. Отсюда было сделано предположение о доминантном типе наследования.

Было установлено, что у родителей, братьев и сестер выдающихся спортсменов двигательная активность значительно превышала уровень, характерный для людей обычной популяции. Физическим трудом или спортом занимались 48,7 % родителей, в большей мере отцы, чем матери; более активными были братья, чем сестры.

У спортсменов-мужчин не было ни одного случая, когда мать занималась спортом, а отец не занимался. У выдающихся спортсменов было гораздо больше родственников мужского пола, чем женского, и родственники-мужчины имели более высокую спортивную квалификацию, чем родственницы-женщины. Таким образом, у мужчин-спортсменов двигательные способности передавались несомненно по мужской линии. У женщин-спортсменок, в отличие от этого, спортивные способности передавались преимущественно по женской линии.

Выдающиеся спортсмены, специализирующиеся в упражнениях на выносливость, были преимущественно младшими детьми и рождались, как правило, в семьях с двумя или тремя детьми, а в таких видах спорта, как бокс, таэквондо, это преимущественно первенцы.

Имеется особая закономерность семейного сходства в выборе спортивной специализации: наибольшее сходство выявлено в выборе занятий борьбой, тяжелой атлетикой и фехтованием; наименьшее сходство – в предпочтении баскетбола и бокса, акробатики и волейбола.

1.5. Использование генетических маркеров для поиска высоко и быстро тренируемых спортсменов

В практике спорта эффективность отбора обычно превышает 50–60 %. Хотя отмечалось, что предсказание перспективности спортсменов более эффективно, чем предсказание неперспективности. Однако даже у опытных тренеров с использованием комплекса современных методов прогнозных решений она не более 70–80 %.

Современные методы спортивной генетики позволяют избежать многих ошибок в этом плане. В настоящее время достигнуты определенные успехи в поиске генов предрасположенности к мышечной деятельности аэробного характера. Учитываются влияния генов, переключающих жировой обмен с образования белого жира, откладывающегося про запас, не преимущественное образование бурого жира, обеспечивающего двигательную активность человека. Однако выделение отдельных генов или их комплексов чрезвычайно трудоемкий и пока мало разработанный процесс. Для практики спорта особую важность все более приобретает использование в отборе так называемых маркеров, отражающих наследственные задатки отдельных индивидуумов.

К основным свойствам генетических маркеров относят:

- жесткую генетическую обусловленность;
- полное проявление в последующих поколениях;

- хорошую выраженность;
- малую зависимость от факторов внешней среды;
- практическую неизменность на протяжении различных периодов жизни.

С помощью генетических маркеров возможно выявление генетических задатков даже у малолетних детей, для которых нельзя использовать тесты, разработанные для взрослых людей. Выявленные маркерами задатки человека, характеризующие возможные его способности, сохраняют свое влияние на всю последующую жизнь. Для практического удобства было предложено различать маркеры абсолютные и условные.

Абсолютные маркеры характеризуются наиболее высокой наследуемостью. К ним относят: группы крови; скорость возникновения некоторых вкусовых ощущений; показатели кожных узоров пальцев; формы зубов; особенности хромосомных наборов и др.

Условные маркеры менее обусловлены наследственно. К ним относятся: соматотип человека; его темперамент; доминирование правого или левого полушария; особенности сенсорной и моторной функциональной асимметрии и тип индивидуального профиля асимметрии; соотношение быстрых и медленных мышечных волокон в скелетных мышцах; гормональный статус и др.

Использование генетических маркеров позволяет значительно расширить возможности и точность прогнозирования и отбора в спорте, особенно на начальных его этапах. Ранее начало занятий многими видами спорта не позволяет у детей 5–6-летнего возраста различить важные для того или иного вида спорта качества, характерные для взрослых спортсменов в избранном виде спорта, так как они еще не сформированы на данном этапе онтогенеза.

С целью спортивной ориентации и отбора генетические маркеры можно использовать в двух основных направлениях:

- поиск спортсменов с адекватными для данного вида спорта признаками организма;
- отбор среди них не только спортсменов с высокой, но и с быстрой тренируемостью в избранном виде спорта.

Для каждого тренера важно не только подготовить спортсмена высокого класса, но и сделать это без вреда для его здоровья и с наименьшими затратами времени. В связи с этим особую ценность в настоящее время приобретает выявление наиболее информативных генетических маркеров, позволяющих дифференцировать спортсменов по их тренируемости в каждом отдельном виде спорта, т. е. отличить высоко и быстро трениру-

емых от высоко и медленно тренируемых, низко и быстро тренируемых и тем более низко и медленно тренируемых спортсменов.

Так, например, среди юных спортсменов, специализировавшихся в таэквондо и занимавшихся у одного тренера по одной и той же методике на протяжении 10 лет, лишь часть достигла уровня черного пояса, а некоторые выполнили лишь нормативы низкого разряда, т. е. отстали на 6 лет подготовки. При этом установлено, что наиболее информативными показателями – абсолютными и условными генетическими маркерами, позволяющими определить спортсменов-таэквондистов, высоко и быстро тренируемых являются:

1. *Спортивно-педагогические*: достижение более высокого уровня квалификации при затрате в среднем на 3–4 года меньше на выполнение нормативов одного и того же уровня по сравнению с низко и медленно тренируемыми.

2. *Генеалогические*: высоко и быстро тренируемые таэквондисты имеют достоверно больше родственников-спортсменов, в том числе единоборцев, и являются практически исключительно первенцами по порядку рождения в семье.

3. *Морфологические*: отличительным признаком является достоверно меньшая доля жирового компонента в составе тела, большая обезжиренная масса, а также принадлежностью к морфотипу долихоморфов.

4. *Принадлежность к определенной группе крови системы АВО*: преобладание III группы крови и достоверно меньшая встречаемость I группы крови у спортсменов с низкой и медленной тренируемостью.

5. *Показатели физических качеств*: достоверно большая быстрота в теппинг-тесте и большая мышечная сила рук, особенно правой руки.

6. *Физиологические показатели*: более высокие анаэробные возможности и специфика функциональной асимметрии – доминирование правой руки, правой ноги, правого глаза и, соответственно, достоверное преобладание одностороннего индивидуального профиля асимметрии.

7. *Психофизиологические и психические характеристики темперамента и личностных особенностей*: достоверное преобладание экстравертов, более высокий уровень нейротизма, большая выраженность холерического темперамента и отсутствие флегматиков, а также более высокая субъективная оценка самочувствия.

Выявление подобных информативных комплексов генетических маркеров для отдельных видов спорта позволит разработать более эффективные технологии спортивного отбора высоко и быстро тренируемых спортсменов. При этом важно выявлять в каждой специализации быстро тренируемых спортсменов.

1.6. Генотипирование как один из методов отбора на различных этапах спортивной подготовки

Методика спортивного отбора на этапе начальной подготовки определяется основной задачей первой ступени отбора – помочь ребенку правильно выбрать вид спорта для спортивного совершенствования.

Главным преимуществом молекулярно-генетических методов диагностики в спорте является высокая информативность при оценке потенциала развития физических качеств и возможность осуществления ранней диагностики.

Проведение генетической диагностики в спорте делится на пять последовательных этапов [7]:

1. Анкетирование.
2. Фенотипирование.
3. Забор и транспортировка биологического материала, выделение ДНК из биоматериала и организация ее длительного хранения.
4. Генотипирование нужных участков ДНК.
5. Интерпретация данных генотипирования и фенотипирования. Составление заключения специалиста и выдача рекомендаций.

Анкетирование со сбором полной информации об испытуемом, и, при необходимости, о его родственниках (наличие спортивного разряда и стажа у его родителей, братьев и сестер, сведения о заболеваниях и т. п.) является неотъемлемой частью генетической диагностики.

Помимо этого обследуемый либо его родители, тренер, врач команды должны подробно описать цель обращения к спортивному генетику, например: подбор вида (видов) спорта; определение склонности к занятиям конкретным видом спорта; оптимизация тренировочного процесса (для тех, кто определился с выбором спорта, но хочет знать, какие у него слабые и сильные стороны, какую узкую специализацию выбрать); оптимизация питания и фармакологического обеспечения тренировочной и соревновательной деятельности; другое (например, «сохранение здоровья и снижение риска заболеваний при занятиях спортом», «как решить проблему с медленным набором мышечной массы», «как эффективнее развить выносливость», «как убрать лишний вес» и т. п.).

Фенотипирование является важным моментом, поскольку при решении вопросов спортивной специализации и отбора, оптимизации и коррекции тренировочного процесса, профилактики профессиональных заболеваний спортсменов молекулярно-генетическое тестирование не мо-

жет заменить фенотипическую диагностику, а может лишь дополнить и конкретизировать отдельные ее моменты. Связано это не только с тем, что на данный момент мы не располагаем всей информацией о генетических маркерах, ассоциированных с двигательной и психической деятельностью человека, но и с тем, что генетическая диагностика не распространяется дальше генотипа (она не позволяет установить промежуточный или конечный результат взаимодействия генотипа, эпигенетических модификаций и средовых факторов).

К наиболее распространенным в спорте видам фенотипической диагностики, которая проводится по показаниям, относятся:

- антропометрия;
- биохимическое обследование в покое, до, во время и после физической нагрузки;
- тестирование физической подготовленности;
- функциональная диагностика;
- биомеханическое обследование;
- психологические и психофизиологические тесты;
- гистологические методы (биопсия мышечной ткани с выявлением состава мышечных волокон, определением биохимических показателей, выявлением степени экспрессии генов). Кроме того, эпигенетическая диагностика (например, выявление метилированных участков генов, ассоциированных с изменением генной экспрессии) в будущем может в значительной мере дополнить генетическую и фенотипическую диагностику.

Интерпретация результатов генетического тестирования в спорте – ответственное и трудоемкое дело, которым должен заниматься подготовленный специалист (либо коллектив специалистов), обладающий знаниями в области молекулярной генетики человека, физиологии и биохимии мышечной деятельности, спортивной медицины и антропологии, а также разбирающийся в различных аспектах спортивной педагогики и питания спортсменов

Забор биоматериала для выделения ДНК осуществляется путем соскоба клеток ротовой полости (буккальный тест) (рис. 1).

После гигиены полости рта испытуемым предлагается протирание специальным зондом внутренних поверхностей щек в течение 2–3 минут, избегая контакта с губами.



Рисунок 1 – Забор биоматериала для выделения ДНК из клеток
буккального эпителия

Забор биоматериала для выделения ДНК проводится после подписания испытуемыми спортсменами информированного согласия, в котором оговорены основные аспекты юридических и этических взаимоотношений донора и банка ДНК, и заполнения анкеты донора ДНК со слов испытуемого, содержащей основные данные о доноре и его ближайших родственниках

Выделение ДНК осуществляется из клеток буккального эпителия. В основе метода положен принцип сорбции нуклеиновых кислот на поверхности неорганических сорбентов в присутствии высокой концентрации хаотропных агентов.

Для получения достоверной оценки перспективности претендента в том или ином виде спорта результаты генетического анализа необходимо совмещать с результатами других видов тестирований – педагогических, физиологических и т. д.

Следует подчеркнуть, что результаты генотипирования и несовпадение фактического уровня развития отдельных параметров физического развития юных спортсменов с приведенными не является строгим противопоказанием к отбору в детско-юношеские спортивные школы, поскольку успех в различных видах деятельности определяется комплексом способностей, и даже ряд признаков, неблагоприятно влияющих, например на результаты в плавании, могут быть компенсированы очень высоким уровнем развития других качеств. Достаточно привести следующие примеры. Рост экс-рекордсмена мира в плавании на дистанциях 100 и 200 м на спине Т. Стока (США) составлял 167,2 см, двукратного олимпийского

чемпиона Б. Гуделла – 173 см, серебряного медалиста, олимпийского чемпиона Д. Нельсона – 167,2 см, двукратного олимпийского чемпиона в плавании на 1500 м вольным стилем М. Бартона – 171 см, рекордсменки мира в плавании на 400 и 800 м вольным стилем австралийской спортсменки Т. Уикхэм – 156 см, знаменитой американской спортсменки Ц. Вудхед – 162 см и т. д. Имея небольшой рост, эти пловцы добились выдающихся успехов на водной дорожке, обладая другими ярко выраженными способностями (Platonov, Fesenko, 1994).

Окончательное решение о привлечении ребенка к занятиям тем или иным видом спорта должно основываться на комплексной оценке по всем перечисленным критериям отбора, а не на учете какого-либо одного или двух признаков. Особая важность комплексного подхода на этой ступени многолетнего отбора обусловлена тем, что спортивный результат здесь практически не несет информации о перспективности юного спортсмена.

На втором этапе отбора основным критерием оценки перспектив юного спортсмена является наличие у него способностей к эффективному спортивному совершенствованию. После 2–3 лет начальной подготовки и задолго до достижения оптимальной возрастной границы в том или ином виде спорта еще невозможно дать точное заключение о наличии у юного спортсмена задатков и способностей, позволяющих ему надеяться на достижение результатов международного уровня. Важным элементом в системе оценки перспективности являются генетические исследования.

После принципиального решения о целесообразности дальнейшего продолжения занятий на этапе предварительной базовой подготовки следует выявить наиболее перспективное направление совершенствования юного спортсмена, отвечающее его природным задаткам. Очень важным здесь является четкое понимание того, что по данным обследований юные спортсмены могут быть разделены на различные группы в зависимости от их предрасположенности к достижению высоких спортивных результатов не только в различных видах спорта, но и в различных видах соревнований одного вида спорта. На этом этапе решающее значение имеют результаты генотипирования, которые показывают, к какому виду спортивной деятельности претендент предрасположен (с преимущественным проявлением силы, выносливости и т. д.).

Например, спортсмены, специализирующиеся в плавании, могут быть разделены на три относительно самостоятельные группы – на основании широкого комплекса показателей, отражающих предрасположенность юных спортсменов к спринтерской или стайерской работе.

Первая группа – спортсмены с ярко выраженными спринтерскими способностями (спринтеры).

Вторая группа – спортсмены со смешанными способностями при относительно равномерном уровне их развития.

Третья группа – спортсмены с ярко выраженными стайерскими способностями (стайеры)[8].

Приведенный подход с использованием генотипирования является высокоэффективным для ориентации юных спортсменов на этапе предварительной базовой подготовки к спринтерской или стайерской работе.

Основной задачей третьего этапа отбора является выявление способностей спортсмена к достижению высших спортивных результатов в избранном виде спорта, перенесению высоких тренировочных и соревновательных нагрузок. В это время уже необходимо определиться, в каком конкретном виде соревнований будет специализироваться спортсмен, выявить его сильные качества, за счет которых в основном и планируется достичь высоких спортивных результатов. Особенно это важно для спортивных игр, что связано с выбором игрового амплуа и соответствующей ориентацией всей системы последующей подготовки.

Соответственно на этом этапе результаты генетической экспертизы (на основании полученных данных полиморфных вариантов исследуемых генов) позволяют давать рекомендации:

- по профилизации спортивной деятельности;
- организации тренировочного процесса спортсменов с учетом генетического полиморфизма;
- особенностям медико-биологического обеспечения процесса подготовки спортсменов.

Существенной стороной отбора на данном этапе является оценка техники выполнения различных специально-подготовительных упражнений. Например, в сложнокоординационных видах оценивают владение базовыми и профилирующими элементами, количественное, качественное и структурное разнообразие элементов, артистизм, элегантность, выразительность и стабильность их выполнения. Об эффективности движений в большинстве циклических видов спорта свидетельствует их невысокий темп при большой длине шага и высокой скорости при прохождении коротких отрезков. Особую прогностичность такая манера движений имеет при отборе и ориентации подготовки спринтеров-бегунов, пловцов и конькобежцев.

На четвертом этапе отбора необходимо выяснить, способен ли спортсмен к достижению результатов международного класса, сможет ли он

переносить исключительно напряженную тренировочную программу и эффективно адаптироваться к применяемым нагрузкам. Данные генетических исследований, наряду с комплексом других показателей, могут помочь тренеру в выборе наиболее перспективных спортсменов, реально оценить их возможности, правильно определить начало четвертого этапа многолетней подготовки – этапа максимальной реализации индивидуальных возможностей. Задачи генотипирования аналогичны тем, что были представлены на предыдущем этапе. Рекомендации также полностью совпадают.

На первом этапе проведения отбора преимущество отдается тем спортсменам, которые имеют генотип, полностью соответствующий виду спорта. При этом учитываются особенности внутри вида спорта, как это описано в предыдущем разделе. На втором этапе отбора в расчет принимаются психолого-педагогические и иные критерии. Преимущество отдается спортсменам, которые сумели добиться больших сдвигов в уровне спортивного мастерства, при ограниченном использовании самых мощных средств педагогического воздействия. Чем меньшими усилиями был достигнут прогресс в уровне спортивного мастерства, тем большие резервы остались для дальнейшего совершенствования. Поэтому на данной ступени отбора особое внимание уделяется анализу тренировки предыдущего этапа.

Заключительный отбор является чрезвычайно важной составной частью системы подготовки, так как его основной задачей является определение целесообразности дальнейшего продолжения занятий спортом для спортсмена высокого класса, добившегося серьезных результатов в современном спорте. От того, насколько точным и объективным будет заключение, во многом зависят не только дальнейшая спортивная карьера известного спортсмена, его авторитет в спорте, но и вся последующая жизнь – образование, личная жизнь, профессиональная карьера и т. д.

Существует мнение, что спортсмены, которые пытались сохранить высшие достижения за счет предельных величин тренировочных и соревновательных нагрузок, как правило, терпели неудачу и вынуждены были покинуть большой спорт в результате травм, физических и психических перегрузок. Однако эту проблему можно рассматривать и с другой стороны. Мы считаем, что элитные спортсмены, которые выступают в течение 20–30 лет, имея по несколько десятков стартов ежегодно, с большой долей вероятности должны иметь генетическую предрасположенность к преодолению постоянных часто повторяющихся стрессов, коими являются соревнования. Действительно, любой старт элитного спортсмена не что

иное, как стрессовая ситуация, складывающаяся из предельных физических нагрузок, сопряженных с экстремальными психическими нагрузками. По нашему мнению здесь открывается перспектива для генетических исследований, результаты которых могут вывести процесс спортивного отбора на совершенно новый качественный уровень.

1.7. Характеристика генов для оценки перспективности спортсменов в видах спорта, связанных с выносливостью

Обобщенная аналитическая информация о генах, используемых для определения предрасположенности к выносливости, представлена в таблице 1.

Результаты исследований, основанные на определении генетического полиморфизма у 223 спортсменов циклических видов спорта (легкая атлетика, плавание, лыжные гонки, велоспорт, гребля академическая, триатлон), показали, что одним из информативных маркеров для определения предрасположенности к выносливости и скоростно-силовым качествам является I/D полиморфизм гена *ACE*. Например, в нашем исследовании у представителей метаний, толканий и спринта отмечается снижение встречаемости генотипа II (17,6 и 9,5 % соответственно) и возрастание доли генотипа DD (35,3 и 28,6 %). В то же время в группе спортсменов, специализирующихся в видах спорта, связанных с выносливостью, наблюдается тенденция возрастания частоты встречаемости генотипа II до 40,0 % и снижение числа лиц с DD генотипом до 13,3 %, что говорит в пользу ассоциации I аллеля с выносливостью.

В исследуемых видах спорта, связанных с выносливостью, выявлены особенности распределения полиморфизма исследуемых генов, имеющие потенциальную связь с отбором и профилизацией в этих видах спорта.

Легкая атлетика. Анализ полиморфизмов гена *NOS3* в группах с проявлением различных физических качеств в легкой атлетике показал, что более тесную ассоциацию с выносливостью имеет определение G894T по сравнению с определением 4a/4b полиморфизма. Встречаемость полиморфных вариантов 4a/4b и 4b/4b в группе выносливости характеризуется как 1:1. В остальных группах наличие 4a/4b полиморфизма колеблется от 17,6 (метания) до 23,8 % (спринт). Следует отметить отсутствие среди обследованных элитных атлетов генотипа 4a/4a, который ассоциирован со снижением выработки оксида азота (NO). Вместе с тем, возможно, даже наличие половины обследованных спортсменов в группе выносливости с гетерозиготным генотипом не в полной мере согласуются с предположе-

Таблица 1 – Общая характеристика генов, связанных с развитием выносливости

Ген	Полное название гена	Функция в организме	Полиморфизм (варианты)	Ассоциации с физическими качествами и состоянием метаболизма
<i>ACE</i>	Ген ангиотензин-превращающего фермента	Катализирует превращение ангиотензина-I в ангиотензин-II, регулирующий сосудистый тонус	I/D (II, ID, DD)	I ассоциирован с выносливостью. D ассоциирован со скоростно-силовыми качествами
<i>BDKRB2</i>	Ген рецептора брадикинина, тип B2	Опосредует действие брадикинина – сосудорасширяющего фактора	-9/+9 (-9/-9, -9/+9, +9/+9)	-9 ассоциирован с выносливостью и высокой физической работоспособностью. +9 ассоциирован со скоростно-силовыми качествами
<i>NOS3</i>	Ген NO-синтазы 3	Участвует в синтезе оксида азота эндотелиальными клетками, вызывает сосудорасширяющий эффект	a/b (aa, bb, ab) G/T (GG, GT, TT)	b и G ассоциированы с лучшим кровоснабжением мышечной ткани в условиях длительных нагрузок, благоприятен для работы на выносливость. A и T связаны с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний, является неблагоприятным для адаптации в условиях среднегорья, корректируются фармакологически
<i>AGT</i>	Ген ангиотензина	Участвует в регуляции сосудистого тонуса	M/T (MM, MT, TT)	M – ассоциирован с выносливостью. T – скоростно-силовые качества
<i>AGTRI</i>	Ген рецептора ангиотензина-II 1-го типа	Участвует в регуляции сосудистого тонуса	A/C (AA, AC, CC)	A – ассоциирован с выносливостью. C-генотип ассоциирован с быстротой и силой
<i>HIF1A</i>	Ген фактора, индуцируемого гипоксией 1A	Запускает экспрессию генов, повышающих адаптацию организма в условиях гипоксии	C/T (CC, CT, TT)	Аллель C ассоциируется с предрасположенностью к развитию выносливости, T – к развитию скоростно-силовых качеств. Спортсмены с различными генотипами по гену <i>HIF1A</i> отличаются по ответу на подготовку в среднегорье
<i>PPARA</i>	Ген альфа-рецептора, активированного пролифераторами пероксисом (ПП)	Регулирует активность генов, отвечающих за обмен углеводов и жиров	g/c (gg, gc, cc)	Аллель C ассоциируется со снижением экспрессии гена, что приводит к нарушению регуляции липидного и углеводного обменов. Носителям C-аллеля для усиления активности гена рекомендуется применение разрешенных ВАДА активаторов <i>PPARA</i> , а также снижение потребления животных жиров

Окончание таблицы 1

Ген	Полное название гена	Функция в организме	Полиморфизм (варианты)	Ассоциации с физическими качествами и состоянием метаболизма
PPARG	Ген гамма-рецептора, активированного ПП	Регулирует активность генов, отвечающих за обмен углеводов и жиров	Pro/Ala (ProPro, AlaAla, ProAla)	Аллель Ala связан со снижением утилизации жирных кислот. Носителям Ala-аллеля рекомендуется применение разрешенных ВАДА активаторов <i>PPARG</i> , а также снижение потребления животных жиров
ACTN3	Ген белка альфа-актинина 3, локализованного в быстро сокращающихся мышечных волокнах	Стабилизирует сократительный аппарат быстросокращающихся мышечных волокон	R/X (RR, RX, XX)	R – ассоциирован с повышенным содержанием быстросокращающихся мышечных волокон, со скоростью и силой. X – ассоциирован с выносливостью
<i>HP (1-2)</i>	Ген гаптоглобина	Обладает антиоксидантными свойствами	HP1/HP2 (1/1, 1/2, 2/2)	HP1 – нормальная антиоксидантная защита. HP2 – снижена антиоксидантная защита, характеризуется усилением оксидативного стресса

нием, связанным с ассоциацией этого генотипа с предрасположенностью к длительной физической нагрузке, которая обусловлена более высокой концентрацией оксида азота. Вместе с тем, возможно, даже наличие одного аллеля *b* достаточно для обеспечения выработки оксида азота в концентрации, необходимой для поддержания должного тонуса кровеносных сосудов и регуляции тонуса гладкомышечной мускулатуры.

Более тесным образом просматривается связь аллеля *G* с предрасположенностью к физическим нагрузкам на выносливость, поскольку у всех спортсменов группы выносливости наблюдается гомозиготный вариант *GG*-гена *NOS3*, тогда как в группах со скоростно-силовым компонентом гетерозиготная форма *G/T* встречается у 38,1–42,9 % атлетов. Вариант *T/T* во всех обследуемых группах спортсменов не установлен. Отсутствие в группе выносливости атлетов с гетерозиготной формой позволяет ассоциировать аллель *G* с выносливостью.

При анализе распределения частот аллелей гена *HIF1A* доминирующим был выявлен гомозиготный генотип *CC* во всех исследуемых группах от 66,7 % в прыжках до 85,7 % в группе спринта. Значимо более высокий процент носителей *C*-аллеля среди спортсменов всех групп, возможно, связан с ролью гена фактора *HIF1A*, запускающего экспрессию

генов, вовлеченных в гликолиз, и повышающих адаптацию организма в условиях гипоксии.

Анализ полученного распределения полиморфных вариантов гена гемоглобина *HPI/2* показал, что преобладающей является частота аллеля HP2 в группах спринта, выносливости и метателей (55,3; 57,7 и 76,5 % соответственно). Только в группе многоборцев выявлена более высокая частота встречаемости аллеля HP1 (до 62,5 %), что, возможно, свидетельствует о лучшей антиоксидантной защите представителей многоборья по сравнению с обследованными спортсменами других групп, поскольку наличие HP2-аллеля может быть ассоциировано с усилением оксидативного стресса).

Несмотря на то что считается, что носители аллели С гена *PPARA* имеют сниженную утилизацию жирных кислот и предрасположенность к скоростно-силовым упражнениям, в наших исследованиях не отмечено четких ассоциаций с направленностью физических нагрузок. Обнаружено смещение распределения генотипов в сторону G аллеля до 70,7 % у метателей и 90,5 % в группе спринта. В остальных группах так же прослеживается преобладание GG генотипа.

Следует отметить, что частота встречаемости *PPARG* Ala-аллеля в группе спортсменов, связанных с развитием скоростно-силового потенциала (спринт 78,6 % и метание 82,3 %) превышала таковую в группе видов спорта, связанных с развитием выносливости. Среди спортсменов группы выносливости, многоборья и прыжков вообще не встречался гомозиготный вариант генотипа Ala/Ala. Вместе с тем в группе многоборцев все обследованные спортсмены имели только гомозиготный генотип Pro/Pro, а аллель Ala не встречалась вообще. Полученные результаты позволяют сделать предположение, что носительство *PPARG* Ala-аллеля, повышающее чувствительность мышечной ткани к инсулину и усиливающее его анаболическое действие на скелетные мышцы, предрасполагает к развитию и проявлению скоростно-силовых качеств.

Распределение генотипов и аллелей по *PPARGCIB* показало, что частота Pro-аллеля в группе спортсменов, специализирующихся в многоборье, отличалась от выборок спортсменов других специализаций, т. е. в группе спортсменов в многоборье, тренировочная деятельность которых предполагает развитие как выносливости, так и скоростно-силовых качеств, частота встречаемости аллеля Pro гена *PPARGCIB* выше, чем в других видах спорта. Возможно, носительство этого аллеля может благоприятным образом способствовать занятиям видами спорта, тренировочная деятельность которых направлена на развитие как выносливости, так и скоростно-силовых качеств.

Гребля академическая. Спортсмены в гребле академической с полиморфизмами генов *BDKRB2*, *NOS3 (ab)*, *NOS3 (GT)*, *AGT*, *AGTR1*, *ACTN3*, *PPARA*, *PPARG*, ассоциированными с развитием выносливости обладают хорошими показателями адаптации организма к тренировочным нагрузкам. Высокой информативностью при отборе для занятий академической греблей обладает полиморфизм генов, регулирующих работу сердечно-сосудистой системы. Полиморфизм –9/–9 гена *BDKRB2* возможно использовать маркером, ассоциированным с высокими показателями аэробной и анаэробной работоспособности на фоне высокой экономичности работы сердечно-сосудистой системы и низких энергетических затрат на единицу выполненной работы. Гребцы-академисты с полиморфизмом bb гена *NOS3*, GG гена *NOS3*, AA гена *AGTR1*, II гена *ACE*, gg гена *PPARA*, pro/pro гена *PPARG* нуждаются в усиленном медико-биологическом контроле за состоянием энергетического обмена в мышцах после тренировочных и соревновательных нагрузок.

Велоспорт. На основании проведенных исследований гена *PPARA* выявлено, что в велосипедном спорте G-аллель дает преимущество в развитии и проявлении выносливости, в то время как C-аллель благоприятен для развития и проявления скоростно-силовых качеств. Частота встречаемости полиморфизмов, связанных с развитием выносливости, у велосипедистов наибольшая в группе генов, отвечающих за регуляцию работы сердечно-сосудистой системы, метаболизм и энергетический обмен в организме, и наименьшая в группе генов, характеризующих особенности и строение поперечно-полосатой мышечной ткани.

Лыжные гонки. У лыжников-гонщиков наибольшая частота встречаемости полиморфизмов, связанных с развитием выносливости, выявлена в группе генов, регулирующих метаболизм и энергетический обмен в организме, и наименьшая в группе генов, характеризующих особенности и строение поперечно-полосатой мышечной ткани.

Плавание. Для проявления качеств выносливости, силы при выполнении плавательных дистанций наиболее информативными явились так называемые полиморфизмы генов первостепенной важности, детерминирующие физические способности пловцов. Прежде всего, это полиморфизмы гена *ACTN3*, определяющие строение мышечных волокон. Анализ полиморфизма гена *ACTN3* показал, что 52,94 % пловцов являлись носителями гомозиготного RR-генотипа, 41,18 % – гетерозиготного RX-генотипа и только 5,88 % (один спортсмен) оказался носителем редкого гомозиготного XX-генотипа. Смещение распределения генотипов в сторону увеличения частоты генотипов RR указывает на преобладание у

спортсменов с большим содержанием быстросокращающихся мышечных волокон. Этот факт существенно повышает скоростно-силовые качества пловцов. Можно полагать, что высоких спортивных результатов в плавании добиваются спортсмены, имеющие генотипы RR и RX гена *ACTN3*, тогда как спортсмены с генотипом XX существенно ограничены в достижении высоких плавательных результатов. Следовательно, тестирование RR-аллеля гена *ACTN3*, равно как и анализ на наличие генотипа XX гена *ACTN3*, в плавании является прогностическим тестом на выявление предрасположенности к скоростно-силовой работе.

Преобладающими у пловцов являлись также гомозиготные полиморфизмы GG, Pro/Pro и Ala/Ala соответственно генов *PPARA*, *PPARG* и *PPARG CIB*, определяющих обмен жиров и углеводов в мышечных тканях. Гомозиготные GG-полиморфизм гена *PPARA* и pro/pro гена *PPARG* выявлены у 64,71 %, а гетерозиготные GC и pro/ala полиморфизмы этих генов обнаружены только у 35,29 % пловцов. Кроме того 80,0 % пловцов явились носителями ala/ala полиморфизма гена *PPARG CIB* и только 20 % гетерозиготами ala/pro гена *PPARG CIB*. Следовательно, в плавании предпочтительнее гомозиготные полиморфизмы GG гена *PPARA*, pro/pro гена *PPARG* и ala/ala *PPARG CIB*, обладающие высокими гликолитическими возможностями.

Так как одним из факторов успешности пловцов на дистанциях 50 и 100 м является устойчивость к гипоксии, в этом плане информативным явился полиморфизм гена *HIF1A*. Например, С-аллель гена *HIF1A* является информативным для плавания в прогнозе развития выносливости у спортсменов. Выявлено носительство гомозиготного СС-генотипа у 88,23 % пловцов и только у 11,77 % – наличие гетерозиготного СТ-генотипа. Среди стайеров более высокая частота генотипа СС. Носительство Т-аллеля снижает устойчивость клеток к гипоксии (например, за счет экспрессии генов гликолиза). Иначе говоря, при наличии Т-аллеля происходит сдвиг в сторону анаэробного энергообеспечения, что может снизить аэробные возможности организма, но повышает адаптацию клеток к гипоксии. У носителей Т-аллеля обнаружена взаимосвязь с содержанием быстрых мышечных волокон, в связи с чем он является маркером предрасположенности к занятием видами спорта на развитие быстроты и силы.

Выявлено преобладание носителей С-аллели *CYP17* (61,11 %) и меньшая встречаемость носительства Т-аллеля гена *CYP17*, что определяет биоэнергетические характеристики спортсменов в плавании. У лиц ТТ-генотипа отмечают наибольшие показатели тестостерона, самая

высокая концентрация глюкозы и наименьший уровень кортизола. У обладателей СС генотипа *CYP17* наименьший уровень тестостерона, наибольший уровень кортизола, самая низкая концентрация глюкозы в крови выявлено. Промежуточное положение занимали лица с гетерозиготным полиморфизмом ТС гена *CYP17*. С-аллель гена *CYP17* будет способствовать развитию аэробных возможностей организма, а Т-аллель, в свою очередь, будет предрасполагать к развитию анаэробных возможностей. На этом основании можно полагать, что для плавания на дистанциях 50–100 м может быть наиболее благоприятным наличие ТТ-генотипа гена *CYP17*, характеризующегося большими показателями тестостерона, а на средние и длинные, соответственно, СТ- и СС-генотипов.

У 50,0 % обследованных пловцов преобладал генотип *HP1/HP2*, в 35,71 % случаев имел место неблагоприятный генотип *HP2/HP2* гена HP (1/2). Только 22,22 % пловцов являлись носителями благоприятного генотипа *HP1/HP1*. Так как Hр1 обладает более высокой способностью связывать свободный гемоглобин и освобождать его, то носители Hр1-аллеля гена *HP1/HP2* обладают лучшими возможностями снижать уровень окислительного стресса после гипернагрузок. В связи с этим носители гомозиготного *HP1/HP1* и гетерозиготного *HP1/HP2* генотипов, соответственно, высокими и средними, а носители *HP2/HP2* низкими возможностями снижать уровень окислительного стресса. В связи с этим наличие неблагоприятного HP2-аллеля очевидно является одним из сдерживающих факторов скорости восстановления спортсменов после выполнения высокоинтенсивных тренировочных нагрузок и повышения результативности тренировочной и соревновательной деятельности.

Значительную прогностическую значимость у пловцов показали полиморфизмы генов так называемой вторичной значимости, детерминирующие адаптацию к гипоксии сердечно-сосудистой системы – *ACE (I/D)*, *BDKRB2 (-9/+9)*, *NOS3 (a/b)*, *NOS3 (G/T)*.

По полиморфизму гена АКФ у пловцов предпочтительным явился гетерозиготный генотип – I/D-генотип, выявленный у 58,82 % обследованных по сравнению с гомозиготным DD-генотипом, носителями которого явились 35,29 % обследованных. Наличие аллеля I гена АКФ ассоциировано с повышенной концентрацией ангиотензина II, оптимальным сосудистым тонусом, обеспечивает лучший доступ кислорода к мышцам, связан с аэробными возможностями, преобладанием медленных мышечных волокон и предрасположенностью к выносливости. Аллель D наоборот ассоциирован с пониженной концентрацией ангиотензина II, повышенным сосудистым тонусом, сужением просвета сосудов и предрасположенностью

к проявлению скорости и силы за счет анаэробных биоэнергетических способностей организма, что выгодно для достижения наибольшего успеха в спринте. В то же время аллель D является маркером риска развития инфаркта миокарда, гипертрофической кардиомиопатии и других заболеваний сердечно-сосудистой системы. Пловцы, имеющие гомозиготный генотип DD, составляют определенную группу риска, требующую повышенного медико-биологического контроля. Гомозиготный II генотип, наиболее перспективный для плавания на длинные дистанции, оказался редким, носителем которого явилась только одна спортсменка.

У белорусских элитных пловцов преобладает носительство аллеля b (76,47 %) гена эндотелиальной NO-синтазы (*NOS3*), что обуславливает более высокий уровень монооксида азота и лучшее кровоснабжение мышечной ткани в условиях длительных нагрузок по отношению к аллелю a (23,53 %) и больше соответствует специализация в плавании на дистанциях 200 м и более.

Большинство обследованных пловцов национальной команды (58,82 %) генетически предрасположены к плаванию на средние дистанции и не склонны к гипертрофии левого желудочка сердца. Наличие же T-аллеля у 41,18 % пловцов ассоциировано с гипертрофией левого желудочка и предрасположенностью к спринтерским дисциплинам. В связи с этим для увеличения вазодилатации (расширения просвета сосудов) спортсменам с сочетанием T-аллеля *AGT*, C-аллеля *AGTR* и D-аллеля *ACE* рекомендуется использовать в соревновательный период комплексы, содержащие природные (не входящие в состав запрещенных к применению WADA) ингибиторы *ACE* или антагонисты *AGTR*.

Носительство большего количества аллелей выносливости (X-аллеля гена *ACTN3*, аллеля C гена *HIF1A*, C-аллеля гена *CYP17*, Hp1-аллеля гена *HP1/HP2*, I-аллеля гена *ACE*, -9 аллеля гена *BDKRB2*, b-аллеля гена *NOS3* и т. д.) повышает шансы пловцов в улучшении результатов на длинных дистанциях, и наоборот: увеличение носительства аллелей быстроты/силы *HIF1A PPARA PARG PPARGC1B* предпочтительнее для спринтерского плавания.

2. УЧЕТ ДАННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ НАГРУЗОК РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о наследственной предрасположенности к проявлению и развитию качеств, связанных с обеспечением различных функций, влияющих на эффективность соревновательной деятельности спортсменов. С углублением и накоплением знаний о молекулярной структуре ДНК человека и генетических маркерах предрасположенности к физической деятельности появляется все больше возможностей активно влиять на процесс управления тренированностью конкретного спортсмена с достижением максимально возможного соревновательного результата. Основой этому служит вновь возникающая возможность более точного среднесрочного и долгосрочного планирования спортивной подготовки, а также улучшение качества текущей коррекции тренировочного процесса. При этом необходимо понимать, что неотъемлемой базовой ступенью в восходящей лестнице оптимизации профессиональной деятельности спортсмена является повышение точности первоначального отбора (профилизации) и возрастание гарантий сохранения здоровья спортсмена на основе генетического тестирования. Учитывая современный уровень достижений спортивной генетики, это означает, что тренер в процессе своей деятельности значительно повышает профессиональные возможности за счет того, что, во-первых, может работать с объективно перспективными спортсменами при наличии достоверного прогноза их успешности, во-вторых, опираться на объективное знание такого важного фактора, как «быстрота тренируемости» при прогнозировании соревновательных результатов и составлении долгосрочных планов спортивной подготовки, в-третьих, находить оптимальный путь выведения спортсмена на принципиально новый уровень результатов благодаря внедрению наиболее рациональной и наименее проблемной для здоровья методики тренировки, включающей разработку индивидуальной системы нагрузок и разработку индивидуального подхода к восстановлению формы спортсмена после соревнований и периода усиленных тренировок.

2.1. Учет потенциальных возможностей спортсмена на основе генетического анализа

Есть все основания полагать, что моторика и двигательные задатки человека довольно жестко детерминированы наследственностью (В.Б. Шварц, С.В. Хрущев). Уже с момента рождения дети проявляют разную степень двигательной активности, которая в известной мере формируется в соответствии с генетическим кодом индивида. Однако тезис о запрограммированности двигательной активности с раннего детства не следует понимать таким образом, что поведение человека дано при рождении и не зависит от условий среды. Генетические факторы определяют потенциальные возможности развития, которые превращаются в факторы развития лишь при непосредственном контакте организма со средой. Системы детерминированного развития (по аналогии с теорией автоматического регулирования) – это системы, в которых заданная цель осуществляется без всякой свободы выбора, по жесткой программе. В процессе развития живого организма по закодированной системе следуют лишь существенные (жесткие) параметры развития. Другие же зависят от условий внешней среды и постоянно изменяются. Таким образом, в изменяющихся условиях среды одни параметры организма подвергаются существенным изменениям, другие же меняются мало.

Какие же характеристики спортивной работоспособности детей обладают относительной устойчивостью и могут быть рекомендованы как показатели для спортивной ориентации и отбора?

В результате многолетних динамических наблюдений за развитием детей и подростков, «поперечных» исследований возрастной динамики развития детей, генеалогических исследований отдельных семей, а также близнецовых исследований установлено, что наиболее консервативны в онтогенезе у детей морфологические показатели. Среди них следует, прежде всего, назвать продольные размеры тела (длину тела, относительную длину верхних и нижних конечностей, туловища, плеча, предплечья, бедра, голени). Огромное число исследований с очевидностью доказывает возможность предсказания роста человека в очень ранние годы. Влияние спорта на длину тела человека нельзя считать доказанным, между тем как влияние длины тела на спортивные достижения (и в положительном, и в отрицательном смысле) не вызывает сомнений. Если для достижения успехов в данном виде спорта длина тела является недостаточной (ведь известно, какой примерно рост нужен в данном виде спорта), подростку необходимо рекомендовать заняться другим видом. Если этот показатель

очень влияет на спортивный результат (например, в баскетболе), нужно вести поиски спортивных талантов по данному показателю.

Кроме продольных размеров тела относительно консервативна масса тела. В определенной мере наследуется так называемая активная масса тела (АМТ), т. е. масса тела, лишенная жировой ткани. Поэтому иначе ее называют безжировой массой тела.

Поскольку АМТ хорошо коррелирует с большинством показателей спортивной работоспособности, этот показатель можно рассматривать как один из критериев ее оценки. Хотя факторы питания и тренировки оказывают определенное влияние на величину АМТ, генетическая детерминированность этого показателя позволяет рекомендовать его в качестве одного из критериев спортивной ориентации и отбора.

АМТ можно определить самыми разными способами, один из которых – измерение кожно-жировых складок. Однако следует отметить, что жировотложение в разных участках тела испытывает разное влияние генотипа. Поэтому, измеряя кожно-жировые складки только в одном участке тела, можно не получить надежных критериев перспективности спортсмена по данным его АМТ.

Уже давно замечено, что бегуны различаются по времени энергообеспечения своей мышечной работы: одни способны за очень короткий период времени произвести огромное количество энергии (бегуны на короткие дистанции), другие могут произвести также большое количество энергии, но за длительный период времени (бегуны на длинные дистанции). При микроскопическом анализе мышц спортсменов высокого класса было обнаружено, что спринтеры отличаются от стайеров количеством быстрых и медленных волокон. У спринтеров 80–85 % «быстрых» и 20–15 % «медленных» волокон, а у стайеров 85–90 % «медленных» и 10–15 % «быстрых». Доказано, что спортсмен, обладающий преимущественно «медленными» волокнами, не может достичь значительных результатов в спринте.

Состав волокон скелетных мышц детерминирован наследственностью, т. е. процент «быстрых» и «медленных» волокон не меняется при тренинге. Следовательно, зная состав мышц начинающего спортсмена, можно ориентировать его на «быстрые» или «медленные» виды спорта. Перспектива отбора талантливых спортсменов по этому признаку весьма заманчива. Но методика определения «быстрых» и «медленных» волокон весьма трудоемка. Поэтому в настоящее время она и малодоступна для широкого практического применения.

Информативным показателем с точки зрения определения перспективности в видах спорта, требующих выносливости, является МПК – ин-

тегральный показатель энергообеспечения мышечной деятельности небольшой интенсивности и значительной длительности. Как показывают исследования близнецов, а также лонгитудинальные и семейные исследования, он в значительной степени наследственно обусловлен. МПК может быть увеличено путем активных тренировок, но пределы его роста, по видимому, лимитированы индивидуальным генотипом. Это подтверждает и такой пример. Один из ведущих советских лыжников в период расцвета своей спортивной карьеры (около 8 лет) имел показатели МПК от 5,48 до 5,60 л/мин. В это время он усиленно тренировался и устанавливал рекорды, однако его МПК почти не менялось. Следовательно, даже спортсмены международного класса генетически лимитированы в отношении роста их аэробной производительности, и дальнейший тренинг не в состоянии преодолеть этот генетический барьер.

Очень высокие показатели МПК были отмечены не только у спортсменов высокого класса, но и у лиц, никогда ранее не занимавшихся серьезно спортом. Это также означает, что выносливость в известных пределах генетически детерминирована.

Для большого спорта это имеет исключительно важное значение. Современный спорт высших достижений требует от спортсмена огромного напряжения сил. И если спортсмен не обладает высокими показателями МПК, ему, как правило, не стоит затрачивать огромные усилия, стремясь добиться значительных результатов в видах спорта «на выносливость». А главное, не следует подвергать юношу или девушку глубокому разочарованию в будущем, предвещая блестящую спортивную карьеру. И наоборот, определив у подростка неординарные величины МПК, нужно обратить на него самое пристальное внимание и всячески способствовать его спортивному совершенствованию.

Анаэробный механизм обеспечения мышечной деятельности также испытывает значительное влияние генетических факторов. Исследования креатинфосфата, АТФ, АДФ и АМФ у близнецов показали, что коэффициент наследуемости колебался от 70 до 80 %, молочной кислоты – 81 %. П. Коми с соавт. получили аналогичные данные. Все это подтверждает идею о том, что энергозатраты за счет анаэробных источников в огромной степени детерминированы генетическим механизмом.

Известно, что люди бывают медлительные и быстрые, но неизвестно, насколько свойство быстроты тренируемо. Для бегунов-спринтеров принципиально важными являются также такие параметры, как ритм бега, быстрота отталкивания, продолжительность фазы полета. Частота шагов, продолжительность отталкивания мало различаются у некоторых детей и выдающихся спортсменов. Имеются врожденные задатки детей

к освоению правильной структуры движений. По-видимому, огромные индивидуальные различия в скорости движений можно также объяснить наследственными особенностями анаэробного обеспечения энергией мышечной деятельности малой продолжительности. Такое предположение подкрепляют исследования близнецов. Используя близнецовую модель, удалось доказать, что физическое качество быстроты у человека в значительной степени наследственно обусловлено. Это подтверждают, в частности результаты теппинг-теста (постукивания в максимальном темпе кистью руки).

Индивидуальные различия в скорости движений можно связать также с индивидуальными особенностями основных свойств нервной системы человека, которые, как известно, находятся под значительным генетическим контролем. Таким образом, индивидуальные скоростные возможности человека генетически детерминированы, так как генетически детерминирована биоэнергетика мышечной деятельности, с одной стороны, и тип высшей нервной деятельности с другой. Генетическую обусловленность типа высшей нервной деятельности также можно связать с биоэнергетикой организма. Рост спортивных достижений в видах спорта циклического характера происходит параллельно с повышением индивидуальной устойчивости к гипоксии, а этот фактор является хорошим критерием перспективности спортсмена. Существуют разные типы индивидуальной устойчивости к гипоксии. У спортсменов отмечают три разных типа адаптации к гипоксии, причем тип адаптации – явление не только индивидуальное, но и стабильное. Динамические наблюдения выявили постоянство реакции на дефицит кислорода в продолжение длительного времени. Чем квалифицированнее спортсмен, тем выше стабильность индивидуальной реакции на гипоксию. Феномен гипоксии – это уменьшение парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, причем венозная кровь получает меньшее количество кислорода в легких, что и создает состояние гипоксии, которое характеризуется пониженным насыщением гемоглобина крови кислородом и меньшим напряжением этого газа, растворенного в плазме крови, что переносится организмом лишь за счет включения дополнительных адаптационных механизмов.

Известно, что жители гор отличаются адаптацией к гипоксии от жителей равнинных мест. Чем это объяснить? Прежде всего, у них более энергичная легочная вентиляция, больше эритроцитов и гемоглобина, меняется и качественное содержание гемоглобина. У них гипертрофировано правое сердце, больше капилляров в тканях, повышена продукция гормонов, выше давление в легочном круге кровообращения. Вместе с тем дети жителей высокогорья не отличаются от других детей по уровню гемогло-

бина и количеству эритроцитов; лишь после длительного пребывания в горах у них начинают развиваться механизмы адаптации к гипоксии.

Можно предположить, что имеется врожденная предрасположенность к гипоксической устойчивости. Превращение этой предрасположенности в способность происходит под влиянием генетических и средовых факторов. Опыты на близнецах позволяют утверждать, что степень устойчивости к кислородной недостаточности в значительной мере наследственно обусловлена, поэтому она может быть надежным критерием отбора детей для занятий видами спорта, требующими развития высокого уровня выносливости.

Двигательные способности человека не универсальны. Человек может быть более способным в двигательном действии, преимущественно зависящем от развития систем энергетического обеспечения мышечной деятельности, и в то же время менее способным в действии, преимущественно зависящем от развития других физиологических систем.

Некоторые исследования, проведенные в последние годы, показывают, что в той или иной мере наследственно обусловлены гибкость, относительная мышечная сила, время двигательной реакции, точность управления движениями в пространстве и во времени, а также способность к обучаемости точностным двигательным актам. Было обнаружено, что выполнение беговых и прыжковых тестов (бег на 30–60 м, прыжок в длину с места, вертикальный прыжок и т. п.) находится под большим генетическим контролем, чем выполнение метательных тестов. Нужно, однако, помнить, что если необходимо обнаружить спортивный талант в условиях лаборатории, то недостаточно использовать лишь один какой-то тест. Нужно применять ряд тестов, специфических для данного вида спорта, и многократно.

Интересен следующий пример. В течение 8 лет дети, активно тренирующиеся на выносливость, ежегодно обследовались на велоэргометре при одной и той же нагрузке на 1 кг веса. Оказалось, что разделение на сильных, средних и слабых по реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем на нагрузку сохранялось годами. Следовательно, даже реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем на физическую нагрузку испытывают генетический контроль, обладают относительной временной устойчивостью и поэтому могут быть использованы при отборе спортсменов.

Высокий результат в спорте зависит не только от функциональной работоспособности определенных систем организма. Олимпийские игры убедительно свидетельствуют об огромной роли психологического фактора в достижении высоких спортивных результатов. Решающее значение приобретает обеспечение надежности и устойчивости психологических

механизмов управления спортивной деятельностью. От психологической готовности спортсмена к соревнованиям во многом зависит успех его выступления. Основной показатель готовности – высокая стабильность результатов. Как уже говорилось, еще мало известно о наследуемости психологических особенностей, влияющих на спортивный результат.

В общем, методы исследования проблемы «генетика и спорт» пока весьма ограничены. Здесь сказывается невозможность использования на человеке методов классической генетики. Недопустимость экспериментов на человеке компенсируется изучением работы селекционеров домашних и других животных, а также опытами на экспериментальных животных. Весьма перспективны также методы поиска зависимости между заведомо наследуемыми признаками (маркерами) и спортивной работоспособностью.

В этом отношении необходимы исследования генетических моделей олимпийцев. Олимпиец прошел многие барьеры спортивного отбора и поэтому является прекрасным объектом для изучения этой проблемы. Необходимы дальнейшие исследования его морфологии, физиологии, биохимии, серологические исследования, исследования групп и ферментов крови, цитогенетические исследования, исследования по этнической антропологии. Наиболее реальные перспективы изучения проблемы, вероятнее всего, кроются в генетике механизмов энергообеспечения мышечной работы разной интенсивности и длительности.

Нередко возникает вопрос: почему не все одаренные родители имеют одаренных детей? Большинство нормальных признаков наследуется у человека не моногенным, а полигенным путем. Это относится к любому показателю спортивной работоспособности. Генетический анализ подобных полигенов детерминированных признаков у человека пока что исключительно труден или даже невозможен. Именно поэтому в настоящее время трудно по фенотипическим особенностям индивида судить о его генотипических особенностях, а надеяться на точный прогноз, не зная генотипа, нельзя. До сих пор не известно ни одного полигенно обусловленного признака, при наследовании которого было бы известно точное количество участвующих генов.

Полигенно наследуемые признаки у человека могут передаваться с любого участка кривой распределения количественного признака родителей на любой участок кривой распределения этого признака у детей. Равномерный порядок наследования признаков возможен только при бесполом размножении или в чистых линиях, что для человека никогда не может быть реальным явлением. Именно поэтому у родителей-спортсменов могут быть дети, не показавшие себя в спорте. Для теории и практики

спортивного отбора важно различать фенотипическую и генотипическую адаптации. Примером первой является приспособление организма спортсмена к физическим нагрузкам во время тренировочного процесса. Такая адаптация рано или поздно достигает своего предела, так как верхняя ее граница генетически детерминирована. Генотипическая адаптация происходит в результате изменений генотипа путем селекции, что для человека пока нереально. Поэтому для роста спортивных результатов следует постоянно повышать границы физического совершенства человека, но чем выше результат, тем все большее значение, наряду с оптимальными условиями среды, будут иметь генетические предпосылки.

С генетической точки зрения, спортивный талант – явление довольно редкое. Большинство людей показывают в спорте результаты, близкие к средним, а лиц, не способных это сделать, равно как лиц, способных показать результаты, значительно превышающие средние, очень мало. Таким образом, спортивный талант, как всякий другой, не может встречаться часто.

Итак, учет потенциальных возможностей спортсмена на основе генетического анализа позволяет находить более короткую дорогу для выведения спортсмена на принципиально новый уровень результатов путем внедрения наиболее рациональной и наименее проблемной для здоровья методики тренировки.

Каким образом осуществляется названный подход можно увидеть из практики некоторых видов спорта, например, таэквондо. Исследователи предположили, что включение в практику спортивного отбора таэквондистов генетических маркеров позволит, во-первых, на ранних стадиях спортивной тренировки более эффективно развивать ведущие физические качества и формировать необходимые для таэквондо двигательные навыки, во-вторых, на этапах совершенствования более целенаправленно и эффективно готовить спортсменов к выполнению норм и требований данного вида спорта, и, в третьих, более качественно отбирать быстро тренируемых спортсменов. То есть при помощи генотипирования появляется возможность рационального выбора спортивной специализации и определения тренируемости, что способствует повышению качества профессионального отбора и эффективности учебно-тренировочного процесса, а выбор наиболее информативных критериев позволяет прогнозировать скорость достижения спортивного мастерства. Учет генетически детерминированного свойства тренируемости (спортивной обучаемости) позволяет дифференцировать низкую тренируемость, а также медленную тренируемость таэквондистов с различными признаками организма.

В целом дифференцировать быстро тренируемых спортсменов от медленно тренируемых можно с помощью комплекса информативных генетических маркеров и генеалогических особенностей, спортивно-педагогических, морфофункциональных и психологических критериев.

Тренируемость или спортивная обучаемость является в многофакторном процессе подготовки спортсмена системообразующим и генетически-детерминированным признаком, учет которого за 10-летний период позволил дифференцировать группу высоко и быстро тренируемых таэквондистов от низко и медленно тренируемых. Медленно тренируемые таэквондисты затрачивают на достижение одного и того же уровня квалификации (например, 4 года) на 3–4 года больше, чем быстро тренируемые (в среднем соответственно $9,2 \pm 0,28$ лет и $6,5 \pm 0,17$ лет). В результате анализа родословных данных выявлено, что среди родственников таэквондистов достоверно преобладают лица мужского пола ($P < 0,01$), среди самих спортсменов достоверно ($P < 0,05$) преобладают первенцы по порядку рождения в семье, а высоко и быстро тренируемые таэквондисты имеют больше родственников-спортсменов ($P < 0,01$), в том числе единоборцев ($P < 0,05$), и являются исключительно первенцами, что достоверно ($P < 0,05$) отличает их от низко и медленно тренируемых. Установлено, что быстро тренируемые таэквондисты отличаются достоверно ($P < 0,05$) от медленно тренируемых меньшей долей жирового компонента в составе тела ($P < 0,05$), большей обезжиренной массой ($P < 0,01$), а также принадлежностью к морфотипу долихоморфов ($P < 0,05$).

Спортсмены специализации таэквондо по полученным дерматоглифическим данным достоверно ($P < 0,001$) отличаются от нетренированных лиц по выраженному преобладанию кожных узоров типа завитков (63 % против 25 %) и по меньшей встречаемости петель (27 % против 70 %). Однако эти признаки не позволяют различать таэквондистов с разной тренируемостью.

При исследовании физических качеств у быстро тренируемых таэквондистов выявлена большая мышечная сила левой руки ($P < 0,01$) и особенно правой руки ($P < 0,001$) и большая быстрота в теппинг-тесте ($P < 0,001$). По физиологическим показателям высоко и быстро тренируемые таэквондисты отличаются большими анаэробными возможностями: длительностью задержки дыхания на вдохе ($P < 0,001$) и на выдохе ($P < 0,01$) и по функциональной асимметрии – доминированию правой руки ($P < 0,01$), правой ноги ($P < 0,01$), правого глаза ($P < 0,05$) и, соответственно, по одностороннему (правому) индивидуальному профилю асимметрии ($P < 0,01$). Обнаружены отличия быстро тренируемых таэквондистов по характеристикам

темперамента и личностным особенностям: по преобладанию экстравертов ($P < 0,05$), более высокому уровню нейротизма ($P < 0,05$), большей выраженности темперамента холериков ($P < 0,01$) и отсутствием флегматиков ($P < 0,05$), а также более высокой субъективной оценкой самочувствия ($P < 0,01$).

По полученным данным выделен комплекс наиболее информативных спортивно-педагогических, генетических, морфофункциональных и психологических критериев, лежащих в основе фактора высокой тренируемости таэквондистов, а также установлены критерии, достоверно коррелирующие с быстрой тренируемостью, на основании чего разработана более эффективная технология спортивного отбора быстро тренируемых спортсменов.

2.2. Проблема вклада генетического фактора в успешный рост спортивного мастерства

Для повышения точности прогнозирования эффективности соревновательной деятельности конкретного спортсмена совершенно необходимо основывать эти предсказания на специфике спортивной обучаемости – его индивидуальной тренируемости. Успешность прогноза возможна только при системном подходе к проблеме прогнозирования, что предполагает решение задачи прогноза с учетом педагогических, психологических, функциональных и генетических характеристик спортсмена.

К сожалению, все еще недооценивается в современной теории и практике спорта значение вклада генетического фактора в успешный рост спортивного мастерства, хотя известно, что при выборе вида спорта, спортивной специализации и стиля соревновательной деятельности, неадекватном наследственным особенностям человека, в его организме формируется нерациональная функциональная система адаптации, со многими излишними внутрисистемными и межсистемными взаимосвязями, компенсаторными реакциями, с постоянным эмоциональным напряжением, в результате чего создается риск здоровью спортсмена и замедляется или вовсе прекращается рост спортивных результатов. Кроме того, до последнего времени прогнозирование успешности соревновательной деятельности рассматривалось без учета субъект-субъектных отношений спортсмена со своим тренером, представляющих собой единую педагогическую систему. Системное решение проблемы, включающее в себя учет педагогических, функциональных и генетических критериев и подбор необходимых генетических маркеров, выявляющих быструю и медленную индивидуальную тренируемость спортсменов на базе прогнозной успешности тренера, могут существенно повысить эффективность прогнозиро-

вания их индивидуальной успешности в спортивной деятельности. В итоге при этом обеспечивается высокий уровень селективности в спортивном отборе, достижение высоких результатов в избранном виде спорта, рентабельность работы тренеров и сохранение здоровья спортсменов. Для правильного отбора и ориентации требуется учет влияния генетических факторов, определяющих рост и развитие организма человека, особенности и темпы его адаптации к физическим нагрузкам.

При выборе, неадекватном для генетических задатков, время подготовки спортсмена для выполнения квалификационных нормативов особенно резко затягивается, иногда на 5–6 лет и более. В организме формируется неадекватная функциональная система с обилием разнообразных компенсаторных, а также лишних и даже вредных внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей, создающих состояние напряженности и ухудшающих здоровье спортсмена. Рост спортивного мастерства замедляется и в итоге окончательно останавливается.

Для повышения точности прогнозирования успешности соревновательной деятельности конкретного спортсмена необходимо основывать этот прогноз на специфике спортивной обучаемости – его индивидуальной тренируемости. Наиболее информативными для прогнозирования индивидуальной успешности спортсменов являются: генеалогические характеристики, особенности абсолютных генетических маркеров (дерматоглифов, групповой принадлежности крови), условных генетических маркеров (анаэробных возможностей, сенсорной и моторной функциональной асимметрии и типа доминирования)

Обнаружено, что индивидуальные особенности спортсмена заметно проявляются в различной степени его тренируемости. Очевидно ближайшим приоритетным направлением спортивной науки в отношении проблем прогноза и отбора становится задача определения крайних вариантов тренируемости – высокой и быстрой и/или низкой и медленной. Эффективность спортивной тренировки, главным образом, определяется высокой и быстрой тренируемостью. Она крайне мала при низкой и медленной тренируемости. Показателен пример длительности подготовки спортсменов-единоборцев с различной тренируемостью до уровня 1-го разряда: отдельные спортсмены выполняли нормативы 1-го разряда за один год с начала специализированной подготовки, а другие – только через 4–6 лет. В процессе многоступенчатого отбора можно выделять группы спортсменов с гипокинетическим типом реагирования на физические нагрузки и с гиперкинетическим типом реагирования, которые показывают более высокий тренировочный эффект по сравнению с гипокинетической группой. Определенное количество высоко тренируемых спор-

тсменов обнаружено среди представителей ситуационных видов спорта, обладающих наиболее мощными и высоко мобилизуемыми аэробными и анаэробными возможностями: среди волейболисток – 10 %, баскетболисток – 18 %, футболистов – 33 %.

В процессе спортивного отбора необходимо обращать внимание в первую очередь на мало изменяемые показатели, которые имеют наибольшую прогностичность, так как тренировочный процесс их мало затрагивает. Именно эти показатели будут лимитировать спортивные достижения в процессе тренировки.

На протяжении многих лет систематических занятий спортом или профессиональной деятельностью практически не изменяются амплитудно-частотные характеристики электрической активности мозга электроэнцефалограммы, отражающие генетические особенности человека. Это природные свойства индивида с узкой нормой реакции, которые и следует учитывать уже при начальном отборе. Так, например, при отборе спортсменов ситуационных видов спорта, для которых требуется высокое развитие качества быстроты, предпочтительны индивиды с высокой частотой альфа-ритма ЭЭГ. Исследования ЭЭГ высококвалифицированных баскетболистов показали наличие у них высокой частоты этого ритма покоя 1–12 колеб/с, в то время как у лыжников – гонщиков она составляла всего 9–10 колеб/с. В противоположность этому под влиянием спортивной тренировки существенно изменяются пространственно-временные отношения корковых потенциалов. В коре больших полушарий возникают специфические системы взаимосвязанной активности, отражающие особенности формируемых двигательных навыков в избранном виде спорта. Эти особенности отражают уровень функциональной подготовленности спортсменов и их следует учитывать на более высоких этапах отбора.

Важным прогностическим признаком является композиция волокон скелетных мышц. В ходе многолетних занятий спортом у человека отсутствует изменение характерного для него числа медленных и быстрых мышечных волокон, что позволяет отнести этот показатель к числу учитываемых при начальном отборе. Исследования композиции мышечных волокон четырехглавой мышцы бедра показали, что в среднем у людей наличие медленных волокон I типа составляет 50–60 % от числа всех волокон в данной мышце. Так, например, при длительной тренировке в академической гребле присущие отдельным индивидам соотношения волокон не изменяются. У гребцов низкой квалификации количество медленных волокон в 4-главой мышце бедра составляет 44–82 % и у спортсменов высокой квалификации – оно находится в тех же пределах – 47–73 %. Вместе с тем имеются субпопуляции со значительным преобладанием медленных

или быстрых волокон. Среди первых следует искать будущих стайеров, а среди вторых – спринтеров.

Аналогично этому, в отношении аэробных возможностей имеются отдельные индивиды с широкой нормой реакции, другие – с узкой нормой реакции по одному и тому же показателю. Прирост этого показателя у них в процессе тренировки сильно отличается от среднепопуляционных значений. Обычно у большинства людей прирост МПК составляет в среднем около 30 % от исходного уровня. Однако близнецовые исследования канадских ученых выявили генетическую зависимость тренируемости при выполнении одинаковой аэробной работы на велоэргометре. У одних индивидов повышение величины МПК достигало за 15-недельный тренировочный цикл 60 % и более, таких насчитывалось примерно 5–10 %, а у других прирост за тот же период оказался менее 5 %, их было всего 4 % от наблюдавшихся лиц. Эти индивидуальные особенности являются врожденными.

Из анализа литературы следует, что в целом тренируемость спортсмена определяется двумя факторами:

- генетической нормой реакции организма, т. е. лимитированной величиной сдвигов морфофункциональных показателей под влиянием тренировочных воздействий;

- специфической системой отсчета времени в данном организме, т. е. временной характеристикой его роста, развития и функционирования.

Изучение этих факторов может осуществляться с помощью анализа семейной наследуемости (генеалогический метод) и особенно информативно с помощью метода генетических маркеров (легко определяемых признаков с жесткой генетической детерминацией, проявление которых коррелирует с трудно выявляемыми спортивно важными показателями).

Среди генетических маркеров, в первую очередь, следует выделить признаки, характеризующиеся узкой нормой реакции: с незначительными изменениями при воздействии тренировочных нагрузок (так называемые абсолютные маркеры). К таким признакам организма относится длина тела.

2.3. Методические подходы учета генетических особенностей для управления подготовкой спортсменов

Учет потенциальных возможностей спортсмена на основе генетического анализа позволяет находить более короткую дорогу для выведения спортсмена на принципиально новый уровень результатов путем внедрения наиболее рациональной и наименее проблемной для здоровья методики.

Рассмотрим особенности разработки методики тренировки квалифицированных легкоатлетов, специализирующихся в беговых дисциплинах, на основе вариантов подготовки с использованием данных о генетической предрасположенности к развитию специальных физических качеств. Например, бег на дистанции 200 и 400 м требует от спортсменов проявления скоростно-силовых качеств в условиях быстро возрастающего утомления, поэтому ведущими физическими качествами в данном виде спорта являются скоростно-силовые и специальная выносливость (гликолитическая емкость). Одним из генов, влияющих на развитие физических качеств, в частности, скоростно-силовых и выносливости, является ген ангиотензин-превращающего фермента (*ACE*). По полиморфизму в *ACE* были выделены три группы: гомозиготы с пониженной активностью *ACE* (*II*), гетерозиготы (*ID*) и гомозиготы с повышенной активностью *ACE* (*DD*). Обладатели генотипа *DD* имеют предрасположенность к развитию качества быстроты, а обладатели генотипа *II* – выносливости. Для определения полиморфизма гена ангиотензин-превращающего фермента были взяты пробы смыва ротовой полости: I разряд – 4 чел., КМС – 14 чел., МС – 12 чел., МСМК – 2 чел.

Проанализированы личные спортивные дневники и тренировочные планы 32 квалифицированных бегунов на 400 м 17–27 лет высокой квалификации. Сравнение методических подходов построения непосредственного предсоревновательного этапа тренировки позволило условно разделить ее на три группы: СС (скоростно-силовую, ОВ (на общую выносливость), СВ (на специальную выносливость). К группе СС отнесены бегуны на 400 м, тренировочный процесс которых на непосредственном предсоревновательном этапе включает методический подход с акцентом на использовании средств скоростно-силовой направленности. Данная методика характеризуется большими по сравнению с другими группами объемами средств, направленных на развитие скоростно-силовых качеств и скоростной выносливости. В группу ОВ вошли спортсмены, предпочитающие длинный спринт, в тренировочный процесс которых в предсоревновательном мезоцикле включали большие по сравнению с другими группами объемы средств, развивающих общую выносливость. К группе СВ были отнесены спортсмены, особенности методического подхода к построению тренировки которых на непосредственном предсоревновательном этапе заключаются в применении средств развития специальной выносливости. Проведено сравнение акцентов в развитии специальных физических качеств 32 спортсменов на этапе непосредственной предсоревновательной подготовки с генетической обусловленностью развития данных качеств. Выявлено два бегуна на 400 м, обладающих генотипом

DD гена *ACE* и придерживающихся на непосредственном предсоревновательном этапе методического подхода с преимущественным развитием скоростно-силовых качеств и скоростной выносливости; два бегуна, обладающих генотипом II гена *ACE* и придерживающихся на этом этапе методического подхода с акцентом на развитии ОВ; 11 спортсменов с генотипом ID гена *ACE*, придерживающихся на рассматриваемом этапе методического подхода с преимущественным развитием специальной и СВ. Данное соответствие составляет 45 % случаев.

На различных этапах макроцикла было проведено педагогическое тестирование бегунов, отражающее уровень тренированности специальных физических качеств. При использовании на этапе непосредственной предсоревновательной подготовки методического подхода с акцентом на развитии СВ выявлено, что спортсмены, обладающие генотипом DD гена *ACE*, показали более высокие результаты в скоростно-силовых тестах (бег на 30 м с ходу, бег на 60 м с низкого старта, прыжок в длину с места); спортсмены, обладающие генотипом ID гена *ACE*, продемонстрировали более высокий результат в тестах, отражающих уровень тренированности по качеству специальной выносливости (бег на 350 м, десятерный прыжок с места).

На основании полученных данных сделан вывод о необходимости построения тренировочного процесса на этапе непосредственной предсоревновательной подготовки квалифицированных бегунов на 400 м с генотипом DD гена *ACE* с акцентированным использованием средств развития скоростно-силовых качеств, у бегунов, принадлежащих к генотипу II, с использованием средств развития общей выносливости, для имеющих генотип ID использовать средства специальной выносливости. Однако в каждой методике необходимо наличие комплексного подхода к развитию специальных физических качеств.

Была разработана и внедрена экспериментальная методика подготовки квалифицированных бегунов на рассматриваемом этапе тренировки. В ее основе лежал принцип акцентированного развития генетически обусловленного специального физического качества. Методика включала три методических подхода (для групп спортсменов с различными вариантами гена *ACE*). В эксперименте приняли участие спортсмены, в тренировочной методике которых на этом этапе наблюдалось несоответствие акцентированного развития специального физического качества и генетической обусловленности его развития. Эксперимент продолжался 6 недель. Каждый методический подход характеризовался определенным значением объемов основных тренировочных средств, их сочетанием и построением на этапе НПП:

1. Спортсменам с генотипом DD гена *ACE* было предложено выполнить большие по сравнению со спортсменами других генотипов объемы следующих групп средств: до 10 отталкиваний, бег на 80–300 м (95–100 % от максимальной интенсивности), бег до 80 м (95–100 % от максимальной интенсивности), упражнения с отягощением.

2. Спортсменам, обладающим генотипом II гена *ACE*, предлагалось выполнить большие объемы следующих групп средств: кросс, фартлек, беговые отрезки более 600 м, отрезки 80–300 м до 80 % от средней соревновательной скорости пробегания 400-метровой дистанции.

3. Спортсменам с генотипом ID гена *ACE* предлагалось выполнить большие объемы следующих групп средств: бег на 80–300 м (90–100 % от средней соревновательной скорости пробегания 400-метровой дистанции), бег на 80–300 м (81–90 % от средней соревновательной скорости), бег на 300–600 м (свыше 90 % от средней соревновательной скорости), бег на 300–600 м (81–90 % от средней соревновательной скорости), бег в измененных условиях, прыжки (более 10 отталкиваний).

После проведения эксперимента была оценена успешность соревновательной деятельности по двум показателям: первый – лучший результат сезона в самых ответственных соревнованиях; второй – способность спортсмена демонстрировать в течение всего соревновательного сезона результаты, находящиеся в пределах зоны 2 % от лучшего результата сезона.

При сравнении результатов выступления спортсменов по показателям успешности соревновательной деятельности в беге на 400 м в летнем сезоне до эксперимента и после использования экспериментальной методики было выявлено, что после проведения эксперимента первый показатель улучшился на 40 %, второй – на 13,5 %.

При сравнении результатов выступления спортсменов в беге на 400 м на ответственных стартах в летнем сезоне до эксперимента и после использования экспериментальной методики установлено, что все участники педагогического эксперимента улучшили свои результаты. До эксперимента средний результат спортсменов составлял $49,62 \pm 0,19$ с, $\sigma = 0,67$ с, после использования экспериментальной методики – $48,89 \pm 0,19$ с, $\sigma = 0,69$ с. Различия достоверны ($P < 0,05$).

Помимо участия в соревнованиях на дистанцию 400 м спортсмены, принявшие участие в педагогическом эксперименте, выступали и в других дисциплинах легкой атлетики.

При сравнении личных рекордов спортсменов на смежных дистанциях (200, 800, 400 м с барьерами) с результатами предыдущего летнего сезона и результатами их выступлений на соревнованиях после заверше-

ния педагогического эксперимента установлено, что зарегистрировано 13 личных рекордов: спортсменами с генотипом DD гена *ACE* – 5 (все на дистанции 200 м); спортсменами с генотипом II – 3 (все на дистанции 800 м); спортсменами, имеющими генотип ID, – 5 (3 на дистанции 200 м и 2 – на 800 м).

Ниже приведен пример распределения тренировочных нагрузок с учетом результатов генетического анализа. Разумеется, на схемах показана лишь принципиальная схема высвобождения тренировочного времени за счет сокращения объема сегментов тренировки малоперспективных с точки зрения генетического анализа и перераспределение этого времени в сегменты с прогностически высоким тренировочным эффектом.

На рисунке 2 представлена схема распределения нагрузок бегунов на 400 м в соревновательном периоде, предлагаемая для выполнения всем спортсменам, тренирующимся в данной группе. Как видим, интенсивность составляет 80 % всего объема тренировочной работы. При этом аэробные нагрузки занимают 20 % бюджета времени, анаэробные – 30 %, скоростные – 30 %, упражнения, направленные на развитие абсолютной и взрывной силы, – 20 %.

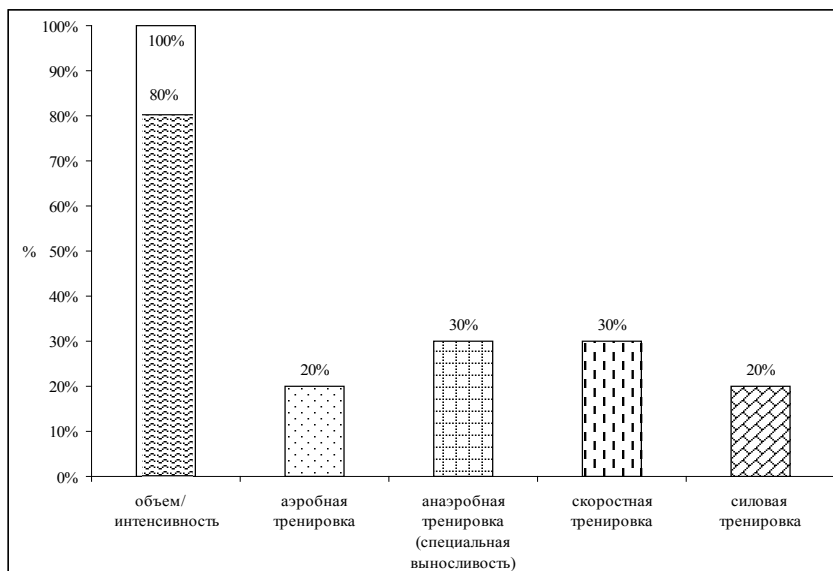


Рисунок 2 – Тренировочный протокол № 1 (соревновательный период подготовки) группы спортсменов, не прошедших генотипирование

В результате генетического анализа выявляются спортсмены, предрасположенные к работе, связанной с проявлением выносливости и к работе преимущественно силовой направленности. Это дает возможность произвести коррекцию тренировочного процесса для спортсменов каждой из групп, в частности перераспределить объемы нагрузок разной направленности. При этом показатели общего объема и интенсивности тренировочной работы остаются постоянными.

Для спортсменов, предрасположенных к выносливости (рис. 3), анаэробные нагрузки, направленные на развитие специальной выносливости возрастают до 45 %, упражнения, направленные на развитие скоростных способностей, остаются на уровне 30 %, а упражнения, направленные на развитие абсолютной и взрывной силы, сокращаются до 5 %.

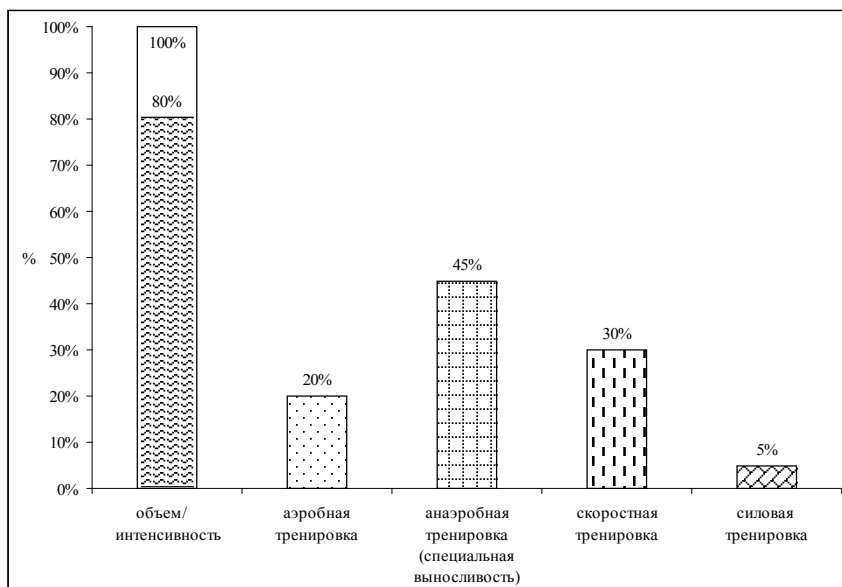


Рисунок 3 – Тренировочный протокол № 2 группы спортсменов, предрасположенных к работе на выносливость

Для спортсменов, предрасположенных к силовым нагрузкам (рис. 4), аэробные нагрузки сокращаются до 10 %, анаэробные нагрузки, направленные на развитие специальной выносливости, сокращаются до 20 %, объем упражнений, направленных на развитие скоростных способностей, увеличивается до 40 %, а объем упражнений, направленных на развитие абсолютной и взрывной силы, возрастает до 30 %.

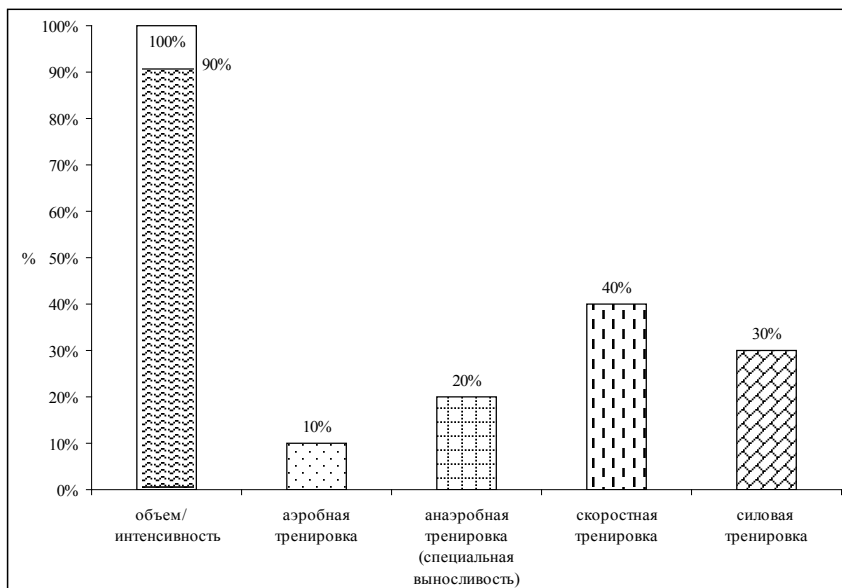


Рисунок 4 – Тренировочный протокол № 3 группы спортсменов, предрасположенных к силовой работе

Для спортсменов, не имеющих явных генетических признаков принадлежности к той или другой группе, в силе остается тренировочный протокол № 1.

2.4. Оптимизация тренировочного процесса с учетом генетической предрасположенности

Генетически обусловленные индивидуальные отличия способностей к высшим спортивным достижениям выражаются в существенных особенностях состояния и динамики биоэнергетического потенциала, в неодинаковых соотношениях и взаимокомпенсациях функциональных возможностей различных систем организма, обеспечивающих соревновательную деятельность спортсменов.

Величина тренирующего воздействия физических нагрузок определяется нормой биологической реакции, которая также обусловлена генетически и, следовательно, строго индивидуальна. Особенно выразительно эта биологическая закономерность проявляется с ростом спортивного мастерства, когда при одинаково добросовестном выполнении одной и

той же тренировочной программы у квалифицированных спортсменов возрастает генетически обусловленная разница в приросте спортивных результатов. В условиях напряженной мышечной деятельности адаптационные процессы в организме не могут продолжаться бесконечно. Существует вполне определенный, объективно обусловленный генетическим фактором предел возможностей организма конкретного спортсмена отвечать на тренирующие воздействия адекватными реакциями, т. е. свой так называемый спортивный «потолок» (индивидуальные биологические границы уровня наивысших достижений).

С учетом специфики энергетического обеспечения соревновательной деятельности спортсменов в видах спорта, требующих выносливости, основным фактором, определяющим работоспособность, является его энергетический потенциал, связанный, прежде всего, с уровнем наследуемости МПК. Индивидуальные показатели МПК у здоровых людей имеют довольно значительные отличия, что предопределяет использование этого показателя как главного критерия перспективности достижения высоких спортивных результатов в видах спорта, требующих выносливости. Генетически обусловлены не только исходный уровень развития этого показателя, но и степень его прироста в ответ на условия окружающей среды, т. е. резервные возможности спортивного совершенствования. Общий размер прироста аэробной производительности определяется разными авторами от 20 до 100 %. В последние годы все больше исследователей склоняются к тому, что прирост относительной величины МПК (с учетом веса спортсмена) составляет в среднем 1/3 от исходного генетически унаследованного уровня. Напряженная спортивная тренировка не может обеспечить функциональное развитие за пределы, определенные генотипом. Поэтому по перспективности занимающихся можно условно разделить на три группы: талантливые, очень способные, способные.

Было проведено исследование по выявлению взаимосвязи между результатами общей физической подготовки и генетической предрасположенностью к физическим нагрузкам различной направленности лыжников-гонщиков 10–15 лет, занимающихся по тренировочной программе с учетом их генетических особенностей. На первом этапе все лыжники занимались по программе общей физической подготовки и тренировались по общей схеме с выполнением одинакового объема тренировочной нагрузки, но с различной интенсивностью в зависимости от генетической предрасположенности. Результатом исследования является будет профилизация лыжников-гонщиков с определением соревновательных дистанций, в которых они смогут добиться максимальных результатов. Было обнаружено следующее распределение по генотипам у юных лыжников: генотип II

встречался в 30 % случаев, ID – в 40 % и DD – в 30 %. Таким образом, 30 % юных лыжников не были предрасположены к длинным лыжным дистанциям и впоследствии им будут рекомендованы спринтерские дистанции.

На основе определения полиморфизма гена *PPARG*, являющегося регулятором обмена веществ, было определено три генотипа: GG (преобладание аэробного метаболизма в миокарде), GC (смешанный метаболизм в миокарде) и CC (преобладание анаэробного метаболизма в миокарде, высокий риск возникновения чрезмерной гипертрофии миокарда при выполнении длительных физических нагрузок). Генотип GG у лыжников встречался в 82 % случаев, GC – в 16 % и CC – в 2 %. Ниже приводится пример тренировочной недели в подготовительном периоде на основе распределения генотипов *ACE* у мальчиков 13–15 лет.

Тренировочные программы различались по интенсивности прохождения дистанции и в тренировочных отягощениях в процессе силовой тренировки.

Носители генотипа II выполняли нагрузку с невысокой интенсивностью. Тренировочный объем для носителей генотипа ID разбивался на отрезки средней длины (в данном случае 1–2 км), которые преодолевались с интенсивностью 50–80 % от максимума. Отрезки тренировочного объема у носителей генотипа DD были более короткими (0,1–0,5 км). В первом педагогическом тестировании связи между результатами и генотипами во всех 4 группах в основном не наблюдалось. При повторном тестировании через 7 месяцев тренировок влияние генотипов на прирост различных показателей было очевидным. Так, в тестах на выявление скоростных качеств (теппинг-тест, бег на 60 м) по всем показателям превосходили носители генотипа DD. Худшие показатели наблюдались у носителей генотипа II. Промежуточное положение между этими двумя группами заняли носители генотипа ID. Таким образом, был обнаружен аддитивный эффект D-аллеля на прирост скоростно-силовых показателей.

Следует отметить, что результаты первого педагогического тестирования не зависели от генотипов у юных лыжников 13–15 лет, занимающихся лыжными гонками к тому времени уже 1–2 года. Только через 7 месяцев тренировок с подбором индивидуальных параметров интенсивности было обнаружено влияние генотипических особенностей индивидов. Впервые было показано, как происходит естественный отбор в спорте на примере отсеивания индивидов с «неблагоприятными» генотипами различных генов для занятий лыжным спортом. В дальнейшем юные лыжники будут специализированы на соревновательных дистанциях, соответствующих их генетическому профилю.

2.5. Учет тренируемости спортсменов

Выбор адекватного вида спорта, отвечающего интересам и наличным возможностям человека, еще не гарантирует его высоких спортивных достижений. Значительную роль в росте спортивного мастерства играет так называемая тренируемость или спортивная обучаемость спортсмена, т. е. его способность повышать функциональные и специальные спортивные возможности под влиянием систематической тренировки. Тренируемость спортсмена обеспечивается в совокупности двумя параметрами:

- 1) степенью прироста различных признаков организма в процессе многолетней спортивной подготовки;
- 2) скоростью этих сдвигов в организме.

Рассмотрим, чем обуславливается степень прироста различных показателей организма спортсмена. Величина изменчивости отдельных функциональных показателей и физических качеств человека зависит от врожденной нормы реакции, т. е. способности генов, контролирующей эти признаки, реагировать на изменение условий индивидуального развития и факторов внешней среды. Для одних показателей характерна узкая норма реакции: они в среднем незначительно изменяются даже при заметных колебаниях внешних условий, в том числе при длительной тренировке. Другим показателям присуща широкая норма реакции, допускающая значительные изменения в фенотипе.

Исследования тактического мышления у высококвалифицированных баскетболистов позволили по степени увеличения способности к переработке информации при решении тактических задач выделить три группы спортсменов:

- 1) баскетболисты с высокой способностью к обучению, которые показали за 12 тренировочных занятий прирост пропускной способности мозга на 1,8 бит/с;
- 2) баскетболисты со средним уровнем обучаемости показали прирост $C=1,5$ бит/с;
- 3) баскетболисты с низким уровнем обучаемости показали прирост $C=1,2$ бит/с.

Определены информативные психофизиологические показатели для отбора спортсменов-баскетболистов с высокой обучаемостью к решению тактических задач. Они характеризуются низкой тревожностью, высокой критичностью в оценке самочувствия и настроения и высокой избирательностью и концентрацией внимания.

Из всех полученных данных можно заключить, что наряду с основной массой людей, обладающих средними показателями прироста морфо-

функциональных показателей и спортивных достижений, имеются группы лиц с высоким или с низким уровнем прироста этих показателей при тренировке. Поиск высокоотренируемых лиц представляет главную задачу при спортивном отборе, для чего необходима разработка информативных физиологических, морфологических, психофизиологических и психологических параметров для каждого избранного вида спорта.

Рассмотрим вопрос о скорости развития адаптации к избранному виду спорта. В школе дифференциальной психологии Теплова-Небылицина было выдвинуто представление о свойстве динамичности или обучаемости как первичном свойстве нервной системы – одном из важнейших врожденных свойств, наряду с силой, подвижностью и лабильностью нервных процессов. Обучаемость понималась как скорость образования условных рефлексов.

Развитие учения П.К. Анохина о функциональной системе изменило и представление об обучаемости. По определению В.М. Русалова, динамичность или обучаемость – это быстрота формирования новой функциональной системы в организме. В адаптологии возникло представление о формировании в процессе спортивной тренировки функциональной системы адаптации спортсмена к нагрузкам и о роли скорости адаптации. При этом степень перестройки функций ограничивается генетически определенной нормой реакции каждого человека, т. е. пределами изменчивости различных признаков организма, а скорость – специальными генами, контролирующими изменение признаков во времени.

У каждого индивида активность этих генов имеет собственную хронологию, т. е. систему отсчета времени. Она определяет индивидуальную скорость роста и развития организма, время и продолжительность считывания генетической информации в клеточных ядрах и синтез в клетках необходимых белков, моменты включения и выключения активности отдельных генов, время наступления критических и сенситивных периодов развития отдельных признаков, длительность их протекания, темпы функциональной активности различных систем организма, скорость обучения человека и другие временные параметры жизнедеятельности. Например, переходный период у одних подростков протекает на протяжении 5–6 лет, а у других – за 1,5–2 года. Исследования на близнецах показали генетическую природу обучаемости: при использовании специальных тестов у однойяйцевых близнецов скорость освоения оказалась одинаковой, а у двухяйцевых близнецов имелись достоверно большие различия. Следовательно, высоко тренируемые и низко тренируемые спортсмены различаются не только по величине сдвига работоспособности, физических качеств и функциональных показателей, но и по скорости изменений всех

этих показателей, а соответственно и по времени достижения высоких спортивных результатов.

Величина и скорость развития тренировочных эффектов являются независимыми переменными. По выраженности этих факторов выделяют четыре варианта тренируемости:

- 1) высокая быстрая тренируемость;
- 2) высокая медленная тренируемость;
- 3) низкая быстрая тренируемость;
- 4) низкая медленная тренируемость.

Наличие таких индивидуальных физиолого-генетических особенностей обуславливает необходимость многоступенчатого отбора в процессе многолетней спортивной тренировки. Для успешного развития тренированности спортсменов в плане отбора и прогноза необходимы два фактора:

1) адекватный для генетических задатков выбор спортивной специализации, стиля соревновательной деятельности, ведущей руки и ноги спортсмена;

2) многоступенчатый отбор на каждом этапе многолетней подготовки, с учетом генетически присущей спортсмену скорости адаптации к специализированным нагрузкам.

Лишь сочетание обоих этих факторов в совокупности может обеспечить высокие результаты на уровне спорта высших достижений и сохранение здоровья спортсмена. Основой для суждения о тренируемости в различных видах спорта являются уже достаточно известные информативные морфофункциональные и психофизиологические критерии.

Между высоко тренируемыми и низко тренируемыми спортсменами возможны значительные различия по времени достижения одних и тех же уровней спортивного мастерства. Так, нормативы мастера спорта высоко тренируемые тяжелоатлеты-гиревики выполняют почти на 1,5 года быстрее, чем низко тренируемые спортсмены, дзюдоисты-женщины – на 2 с лишним года быстрее, а дзюдоисты-мужчины – более, чем на 2,5 года быстрее, считая от исходного уровня. Высокая тренируемость, сокращая время подготовки высококвалифицированного спортсмена, обеспечивает не только выполнение биологической задачи и социальной задачи, но и позволяет достичь высокого экономического эффекта тренировочного процесса, сокращая расходы на оплату труда тренеров, аренду помещения и пр. Фактор времени имеет огромное значение и для личной жизни спортсмена. Неадекватный выбор вида спортивной деятельности сопровождается формированием нерациональной функциональной

системы адаптации с большим числом лишних, неэффективных и даже нецелесообразных внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей, напряжением адаптационно-компенсаторных механизмов, затруднением восстановительных процессов, медленным развитием тренированности, недостаточным успешным выступлением на соревнованиях, достижением менее высокого уровня спортивного мастерства, неутешительным прогнозом перспективности и, наконец, остановкой роста спортивного мастерства в связи с исчерпанием генетического резерва организма. К сожалению, в практике довольно часто встречаются случаи неадекватного выбора вида спорта, стиля соревновательной деятельности и ведущей конечности спортсмена. Например, у фехтовальщиков часты случаи, когда вооруженная рука является не ведущей, т. е. хуже управляемой. Это явно тормозит рост спортивного мастерства, так как чем выше спортивная квалификация фехтовальщиков, тем меньше оказывается среди них спортсменов с таким неадекватным выбором. Среди борцов-самбистов около половины спортсменов пользуются неадекватным стилем соревновательной деятельности, не соответствующим их врожденным типологическим особенностям, причем 20 % из них борются стилем противоположным. Вследствие этого замедляются темпы овладения спортивной техникой, ухудшаются спортивные результаты, увеличивается время выполнения нормативов спортивных разрядов. Независимо от атакующего или контратакующего стиля, использование «своего» стиля увеличивает скорость роста спортивного мастерства, и различия оказываются тем больше, чем выше спортивная квалификация. Например, у борцов-самбистов время выполнения нормативов 1-го разряда при выборе «своего» стиля по сравнению с выбором «чужого» стиля меньше почти на полтора года, выполнения нормативов кандидатов в мастера спорта – короче более, чем на 2 года, а нормативов мастера спорта – меньше на 5 с лишним лет.

Среди спортсменов ситуационных видов спорта выявлены значительные различия между спортсменами атакующего и контратакующего стиля по многим психофизиологическим показателям. Так, у атакующих боксеров по сравнению с контратакующими достоверно короче временные параметры сенсомоторных реакций и тактического мышления. У контратакующих боксеров – более симметричная система взаимосвязанной активности в коре больших полушарий с ведущей ролью переднелобных областей, более высокий коэффициент интеллектуальности в словесном тесте Г. Айзенка, при обучении с ЭМГ-обратной связью более успешно происходит совершенствование мышечного чувства и точности воспроизведения заданных усилий. Аналогичные данные, полученные на спорт-

сменах волейболистах, баскетболистах, футболистах и фехтовальщиках, позволяют отнести атакующих спортсменов к лицам с невербальным мышлением, а контратакующих – к лицам с вербальным мышлением. Как оказалось, в группах спортсменов атакующего или контратакующего стиля насчитывается примерно 2/3 спортсменов, адекватно выбравших стиль соревновательной деятельности, соответствующий их врожденным индивидуально-типологическим особенностям, и около 1/3 спортсменов с неадекватным выбором, которые, по-видимому, компенсируют этот выбор другими функциональными возможностями организма. Однако неадекватный выбор стиля особенно значительно затрудняет рост мастерства у атакующих спортсменов, имеющих именно те качества, которые находятся под наибольшим генетическим контролем – скоростные свойства нервной системы и двигательного аппарата. Например, доля атакующих боксеров в спорте высших достижений, выбравших неадекватную манеру ведения боя, сокращается с 36 до 25 %.

Дифференциация спортсменов по физиолого-генетическим особенностям создает основу для различного педагогического подхода к их обучению, правильного подбора упражнений, выбора адекватного стиля, создания алгоритмов прогнозирования и моделирования успешности соревновательной деятельности.

Успешность индивидуальной соревновательной деятельности спортсмена зависит от прогнозной успешности тренера. Прогностическая успешность тренера – степень соответствия педагогического прогноза тренера реально совершившимся событиям и явлениям в настоящем времени в его педагогической деятельности и спорте. Показатели успешности труда тренера – критерии его актуальных способностей к тренерской деятельности. Из всего многообразия показателей успешности труда тренера выделяют лишь несколько из них по двум группам – субъективные и объективные показатели. Успешные действия и поведение спортсмена на соревнованиях определяют мотивы, обусловленные актуальными требованиями или конкретными обстоятельствами соревновательной деятельности. Одной из таких потребностей является потребность в достижении цели (мотивация достижения успеха). Педагогически содержательный, научно обоснованный прогноз результатов соревновательной деятельности квалифицированных спортсменов определяется многими известными и неизвестными переменными, среди которых, с педагогической точки зрения, прежде всего, важна правильная оценка индивидуального уровня функциональной и тактико-технической подготовленности спортсмена к конкретным соревнованиям, его отношений, уровня развития спортивно

важных качеств и др. С позиции психологии, степень точности прогноза в спорте относительно каждого отдельно взятого спортсмена определяется значением и учетом в подготовке данного спортсмена и индивидуально-типологических свойств его личности, среди которых свойства и тип нервной системы являются базисными. Другими важнейшими свойствами личности спортсмена, которые необходимо изучать, учитывать в тренерской деятельности и включать в прогноз соревновательной успешности, являются свойства темперамента, характера спортсмена и мотивации его деятельности. Любой прогноз в спорте носит вероятностный характер, что дает основание изучать и оценивать соревновательную надежность спортсмена по устойчивости и длительности стабильных спортивных результатов в сезоне и на «чужом поле».

Вторым важным компонентом прогнозирования индивидуальной успешности соревновательной деятельности спортсменов является выявление индивидуальных генетических факторов тренируемости.

2.6. Ассоциации генетического полиморфизма с переносимостью тренировочных нагрузок в видах спорта, связанных с выносливостью

Одним из подходов индивидуализации тренировочного процесса с использованием генетического аспекта может быть оценка срочной реакции организма спортсменов различных генотипов на различные по характеру, типу и продолжительности тренировочные нагрузки, а также выявление характера долговременной адаптации организма спортсмена к специфическим для данного вида спорта нагрузкам на этапах годичной и многолетней подготовки.

Так называемые генетические маркеры «переносимости тренировочных нагрузок» могут быть выявлены в результате динамических наблюдений на протяжении длительного периода тренировочного процесса путем исследования реакции на определенные тренировочные нагрузки и поиска ее взаимосвязи с генотипом спортсмена.

Нами проведено исследование по выявлению ассоциации переносимости тренировочных нагрузок в годичном цикле подготовки с полиморфизмом генов, связанных с выносливостью. В качестве оценочного критерия использовалось отклонение наиболее важных биохимических показателей выше референтного диапазона, свидетельствующее об ухудшении переносимости тренировочных нагрузок. Частота встречаемости таких отклонений вычислялась в процентах от общего числа исследований.

В исследовании ассоциации переносимости тренировочных нагрузок с генетическими данными приняли участие 80 спортсменов циклических видов спорта, специализирующихся в лыжных гонках, биатлоне, велоспорте, плавании и гребле академической, имеющих квалификацию МС и МСМК.

Обработаны данные 4559 биохимических исследований в период с 2004 по 2012 г.

Различия в частоте встречаемости снижения переносимости тренировочных нагрузок изучались с помощью точного критерия Фишера.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

Как видно из данных таблицы у спортсменов с генотипом $-9/-9$ по гену *BDRKB2* отклонения в содержании мочевины встречаются достоверно реже по сравнению с другими группами ($P < 0,05$), что свидетельствует о лучшей переносимости длительных тренировок аэробной направленности. С другой стороны данный генотип ассоциируется с большей частотой встречаемости возрастания фермента КФК. Генотип $+9/+9$ ассоциируется с более часто наблюдаемыми отклонениями в содержании АСТ.

Обращает на себя внимание низкая частота встречаемости отклонений КФК у спортсменов с гомозиготным генотипом ММ гена *AGT* по сравнению с вариантами МТ и ТТ. В пользу лучшей переносимости нагрузок спортсменами этого генотипа свидетельствует достоверно более низкая встречаемость отклонений в содержании мочевины и АСТ ($P < 0,05$).

Достоверно более низкая встречаемость повышения мочевины наблюдалась у спортсменов с ХХ генотипом гена *ACTN3* ($P < 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдалась и для фермента АСТ. Вместе с тем данный генотип в большей степени, чем гетерозиготная форма ассоциирован с возрастанием кортизола. Достоверно меньшее число отклонений фермента КФК наблюдается в группе спортсменов с гетерозиготным генотипом RX.

Значительные ассоциации с хорошей переносимостью тренировочных нагрузок выявлены для аллели I гена *ACE*. Об этом свидетельствует достоверно низкая частота встречаемости отклонений в содержании мочевины и КФК у спортсменов с II генотипом и более высокая – для DD полиморфизма. Встречаемость отклонений в содержании мочевины возрастает с увеличением доли аллели D и составляет, например, для КФК 19,2 % для II генотипа, 26,5 % для ID и 31,0 % для DD. Гетерозиготный генотип gc гена *PPARA* ассоциирован с большей частотой встречаемости напряжения энергообмена в мышечной ткани. Для гена *PPARG* аналогичная метаболическая характеристика связана с про-аллелью, о чем сви-

Таблица 2 – Частота встречаемости снижения переносимости тренировочных нагрузок у спортсменов с различными генотипами

Полиморфизм генов												
К-во	<i>BDRKB2</i>											
	-9/+9				+9/-9				+9/+9			
	Мочевина	КФК	АСТ	Кортизол	Мочевина	КФК	АСТ	Кортизол	Мочевина	КФК	АСТ	Кортизол
Всего	344 ^{2,3}	324 ²	284 ³	69	667 ¹	587 ^{1,3}	458 ³	138	422 ¹	455 ^{1,2}	414 ^{1,2}	39
Отклон.	36	117	43	20	103	153	70	32	61	78	84	12
%	10,5	36,1	15,1	29,0	15,4	26,1	15,3	23,2	14,4	17,1	20,3	30,8
<i>NOS3(a/b)</i>												
bb												
Всего	1259 ²	1147	982	204	174 ^{1,4}	174	174	42	–	–	–	–
Отклон.	179	294	164	55	16	54	23	9	–	–	–	–
%	14,2	25,6	16,7	27,0	9,2	31,0	13,2	21,4	–	–	–	–
<i>NOS3 (G/T)</i>												
GG												
Всего	1033 ²	958 ²	841 ²	183 ²	232 ^{1,4}	230 ¹	233 ¹	46 ¹	–	–	–	–
Отклон.	131	273	157	51	45	47	19	21	–	–	–	–
%	12,7	28,5	19,0	27,9	19,4	20,4	8,1	45,6	–	–	–	–
<i>AGT</i>												
MM												
Всего	414 ²	387 ^{2,3}	343 ²	64	611 ^{1,3}	581 ^{1,3}	564 ¹	135	128 ²	128 ^{1,2}	128	20
Отклон.	45	71	40	18	104	199	125	38	12	33	22	7
%	10,9	18,3	11,7	28,1	17,0	34,2	22,2	28,1	9,4	25,8	17,2	0,05
<i>AGTRI</i>												
AA												
Всего	810	778	764	157	274	267	25	49	–	–	–	–
Отклон.	119	229	152	44	43	79	52	18	–	–	–	–
%	14,7	29,4	19,9	28,0	15,7	29,6	20,8	36,7	–	–	–	–

К-во	Полиморфизм генов												
	<i>ACTN3</i>												
	RR			RX			XX						
Всего	647 ³	600 ²	589 ³	48	412	372 ^{1,3}	235 ³	35 ³	124 ¹	117 ²	100 ^{1,2}	7 ²	
Отклон.	103	172	150	15	66	79	69	7	13	40	11	4	
%	16,0	28,7	25,5	31,2	16,0	21,2	29,4	20,0	10,5	34,2	11,0	57,1	
					<i>ACE</i>								
		II			ID			DD					
Всего	151 ³	125 ^{2,3}	14	25	843 ³	785 ^{1,3}	723 ³	151	564 ^{1,2}	519 ^{1,2}	454 ²	89	
Отклон.	15	24	23	5	99	208	113	42	109	161	124	24	
%	9,9	19,2	22,1	20,0	11,7	26,5	15,6	27,8	19,3	31,0	27,3	27,0	
					<i>PP1RA</i>								
		gc			gg			cc					
Всего	407	357 ²	291	42	762	718 ¹	689	46	—	—	—	—	
Отклон.	67	113	72	12	112	162	159	14	—	—	—	—	
%	16,5	31,7	24,7	28,6	14,7	22,6	23,1	30,4	—	—	—	—	
		pro/pro			pro/ala			ala/ala					
Всего	873	795 ^{2,3}	693	70	303	287 ¹	294	18	8	8 ¹	—	—	
Отклон.	129	397	155	19	49	79	74	7	2	1	—	—	
%	14,5	49,9	22,4	27,1	16,2	27,5	25,2	38,9	25,0	12,5	—	—	
		<i>HIF1A(C/T)</i>											
		CC			C/T			—					
Всего	641	561	437	60	153	142	155	19	—	—	—	—	
Отклон.	102	150	94	11	26	44	39	7	—	—	—	—	
%	15,9	26,7	21,5	18,3	17,0	31,0	25,2	36,8	—	—	—	—	

детельствует снижение частоты встречаемости отклонений содержания КФК со снижением доли рго и возрастанием ala-аллелью.

Таким образом, анализ полученных результатов выявил ряд важных закономерностей в ассоциациях полиморфизма отдельных генов с состоянием метаболизма при физических нагрузках, которые требуют учета при организации тренировочного процесса.

Хорошая переносимость тренировочных нагрузок аэробного характера у спортсменов в видах спорта, требующих выносливости, ассоциирована с –9-аллелью гена *BDRKB2* и I-аллелью гена *ACE*, а также с генотипами ab гена *NOS3* и XX гена *ACTN3*. Снижение переносимости вышеупомянутых нагрузок отмечается у обладателей +9-аллели гена *BDRKB2*, R-аллели гена *ACTN3* и D-аллели гена *ACE*.

Повышение напряжения энергообмена в мышечной ткани и снижение переносимости нагрузок силового и скоростно-силового характера имеет связь с аллелями D гена *ACE*, –9 гена *BDRKB2*, с гена *PPARA*, рго гена *PPARG* и генотипами GG гена *NOS3* и XX гена *ACTN3*. Высокая переносимость нагрузок силового и скоростно-силового характера характерна для спортсменов – обладателей +9-аллели гена *BDRKB2*, I-аллели гена *ACE*, а также генотипов GT по гену *NOS3* и GG по гену *PPARA*. Частота встречаемости напряжения энергообмена в миокарде у спортсменов в видах спорта, требующих выносливости, ассоциирована с +9-аллелью гена *BDRKB2* и генотипами GG гена *NOS3*, MT гена *AGT* и DD гена *ACE*.

Выявленные ассоциации полиморфизма генов с переносимостью тренировочных нагрузок и особенностями метаболизма при физических нагрузках разной направленности требуют индивидуализации тренировочных программ для спортсменов с разными генотипами, как это было показано выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогозкин, В.А. Генетические маркеры физической работоспособности человека / В.А. Рогозкин, И.Б. Назаров, В.И. Казаков // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 12. – С. 34–36.
2. Рогозкин, В.А. Перспективы использования ДНК-технологий в спорте / В.А. Рогозкин, И.И. Ахметов, И.В. Астрагенкова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – № 7. – С.45–47.
3. Roth, S. Genetic primer for exercise science and health / S. Roth – Champaign, IL: Human Kinetics, 2007. – 192 p.
4. Weedon, M.N. Reaching new heights: insights into the genetics of human stature / M.N. Weedon, T.M. Frayling // Trends Genet. – 2008. – Vol. 24. – P. 595–603.
5. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: The 2006–2007 Update / M.S. Bray [et al.] // Med. Sci. Sports Exerc. – 2009. – Vol. 41. – P. 35–73.
6. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная: учеб. / А.С. Солодков, Е.Б. Сологубов. – изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Олимпия-пресс, 2005. – 528 с.
7. Ахметов, И.И. Молекулярно-генетические маркеры физических качеств человека: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / И.И. Ахметов. – М., 2010. – 45 с.
8. Булатова, М.М. Теоретико-методические основы реализации функциональных резервов спортсменов в тренировочной и соревновательной деятельности: автореф. дис. ... д-ра пед. наук / М.М. Булатова – К., 1996. – 50 с.
9. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: монография/ И.И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
10. Шварц, В.Б. Медико-биологические аспекты спортивной ориентации и отбора / В.Б. Шварц, С.В. Хрушев. – М.: Физкультура и спорт, 1984. – 152 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СПОРТСМЕНОВ В ВИДАХ СПОРТА, ТРЕБУЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТИ, НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ	4
1.1. Общеетеоретические подходы к проблеме спортивного отбора	4
1.2. Физиолого-генетический подход к вопросам спортивного отбора	14
1.3. Наследственные влияния на морфофункциональные особенности и физические качества спортсмена	16
1.4. Учет физиолого-генетических особенностей человека в спортивном отборе	20
1.5. Использование генетических маркеров для поиска высоко и быстро тренируемых спортсменов	22
1.6. Генотипирование как один из методов отбора на этапах спортивной подготовки	25
1.7. Характеристика генов для оценки перспективности спортсменов в видах спорта, связанных с выносливостью	31
2. УЧЕТ ДАННЫХ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ К ВЫПОЛНЕНИЮ НАГРУЗОК РАЗЛИЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА	39
2.1. Учет потенциальных возможностей спортсмена на основе генетического анализа	40
2.2. Проблема вклада генетического фактора в успешный рост спортивного мастерства	48
2.3. Методические подходы учета генетических особенностей для управления подготовкой спортсменов	51
2.4. Оптимизация тренировочного процесса с учетом генетической предрасположенности	57
2.5. Учет тренируемости спортсменов	60
2.6. Ассоциации генетического полиморфизма с переносимостью тренировочных нагрузок в видах спорта, связанных с выносливостью	65
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	70

Производственно-практическое издание

Михеев Александр Анатольевич
Рыбина Ирина Леонидовна
Нехвядович Антонина Ивановна
и др.

**УПРАВЛЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ
В ВИДАХ СПОРТА, ТРЕБУЮЩИХ ВЫНОСЛИВОСТИ,
С УЧЕТОМ ДАННЫХ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ**

Практическое пособие

Корректор *В. А. Захарычева*
Компьютерная верстка *А. В. Ковальчук*
Ответственный за выпуск *Т. В. Василенко*

Подписано в печать 19.11.2014. Формат 60×84/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 4,13. Уч.-изд. л. 3,89. Тираж 100 экз. Заказ 21с.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет физической культуры».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/153 от 24.01.2014.
Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.