

**Методические рекомендации по отбору спортсменов в ДЮСШ города  
Москвы для раннего выявления предрасположенности к занятиям в  
определенных видах спорта на основе молекулярно-генетических методов**

**Москва 2012**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение.....	2
1. Генетические маркеры предрасположенности к спорту.....	4
1.1. Общие сведения о генетических маркерах предрасположенности к занятиям спортом.....	4
1.2. Определение предрасположенности к занятиям видами спорта на выносливость с использованием молекулярно-генетических методов.....	9
1.3. Определение предрасположенности к занятиям скоростно-силовыми и силовыми видами спорта с использованием молекулярно-генетических методов.....	10
1.4. Определение предрасположенности к занятиям ациклическими видами спорта (спортивные игры, единоборства) с использованием молекулярно-генетических методов.....	11
2. Методика проведения генетического анализа.....	14
2.1. Методы забора биологического материала у спортсменов и выделения из него ДНК.....	14
2.2. Методы анализа полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к занятиям спортом.....	15
3. Интерпретация данных молекулярно-генетического анализа и составление заключений.....	18
Заключение.....	32

## ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным представлениям спортивной науки, считается, что спортивная успешность на 60% генетически детерминирована. Необходимо отметить, что педагогико-психологические, физиологические и антропометрические методы оценки спортивной одаренности не позволяют выявить наследственную предрасположенность к двигательной деятельности в ранний период развития человека. С совершенствованием методов молекулярной биологии появилась возможность определения спортивных задатков с использованием генетических маркеров уже при рождении человека. Последние данные указывают на то, что индивидуальные различия в степени развития тех или иных физических и психических качеств человека во многом обусловлены ДНК-полиморфизмами, которых насчитывается не менее 50 миллионов. К настоящему моменту известно около 50 генетических маркеров (ДНК-полиморфизмов), ассоциированных с предрасположенностью к занятиям различными видами спорта. В связи с этим, внедрение молекулярно-генетических методов в практику спортивной науки может существенно повысить прогностические возможности спортивного отбора и профессиональной ориентации в системе детско-юношеского спорта.

Как известно, неадекватный выбор вида спортивной деятельности сопровождается формированием нерациональной функциональной системы адаптации с большим числом лишних, неэффективных и даже нецелесообразных функциональных взаимосвязей, напряжением компенсаторных механизмов, затруднением восстановительных процессов, медленным развитием тренированности, менее успешным выступлением в соревнованиях, достижением высокого уровня спортивного мастерства, неутешительным прогнозом перспективности и, наконец, остановкой роста спортивного мастерства в связи с исчерпанием генетического резерва организма (Сологуб и Таймазов, 2000; Кочергина и Ахметов, 2006). Практика спортивной деятельности также

показывает, что очень многие способные атлеты ушли из спорта, не раскрыв своих возможностей, из-за того, что к ним была применена стандартная система подготовки, ориентированная на средние значения показателей и не учитывающая в должной мере их индивидуальные способности, функциональные резервы и адаптационные возможности. В тех случаях, когда специалистам оказывалось под силу реализовать строго индивидуальную программу, спортсмены достигли выдающихся, как правило, стабильных в течение длительного времени, результатов (Платонов и Вайцеховский, 1985; Сальников, 2003).

При решении проблем спортивного отбора и спортивной ориентации, особенно на этапе начального отбора, несмотря на солидный опыт педагогов и тренеров, очень часто составляются неправильные прогнозы успешности отдельных спортсменов. Современные методы спортивной генетики позволяют избежать многих неуспешных решений в этом плане с помощью так называемых фенотипических и генетических маркеров, в разной степени отражающих наследственные задатки отдельных индивидуумов. Кроме того, на основании изучения этих маркеров появляются предпосылки к индивидуализации и оптимизации тренировочного процесса для достижения максимального эффекта от тренировки. На этом основании разработка методов отбора спортсменов в ДЮСШ города Москвы для раннего выявления предрасположенности к занятиям в определенных видах спорта на основе молекулярно-генетических методов является актуальной проблемой. В данном методическом пособии описаны основные генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к занятиям спортом, а также даны рекомендации по их использованию в практике спортивного отбора ДЮСШ.

## **1. Генетические маркеры предрасположенности к спорту**

К современным технологиям спортивного отбора следует отнести применение молекулярно-генетического анализа для выявления наследственной предрасположенности к занятиям конкретным видом спорта. Генетические маркеры, ассоциированные с развитием и проявлением физических качеств (быстрота, сила, выносливость, ловкость, гибкость), могут применяться в системе спортивного отбора, для уточнения спортивной специализации (например, подбор наиболее оптимальной специализации: плавание 50-100 м либо плавание 800-1500 м, для оптимизации тренировочного процесса (определение возможностей организма выполнять большие объемы нагрузок, акцентирование на развитии сильных сторон организма, выбор соревновательной тактики и т.п.).

### **1.1. Общие сведения о генетических маркерах предрасположенности к занятиям спортом**

Маркером называют легко определяемый, более или менее устойчивый признак организма, по которому можно судить о вероятности проявления другой, трудно определяемой характеристики организма. Например, по составу мышечных волокон, который является относительно устойчивым фенотипом (меняется незначительно в результате тренировок), можно прогнозировать пригодность людей к занятиям физическими упражнениями различной мощности и продолжительности (преобладание медленных мышечных волокон – фенотип «стайера», преобладание быстрых мышечных волокон – фенотип «спринтера» или «силача», равное соотношение медленных и быстрых мышечных волокон – фенотип «средневика», «единоборца» или «игровика», преобладание промежуточных мышечных волокон – фенотип «универсала»).

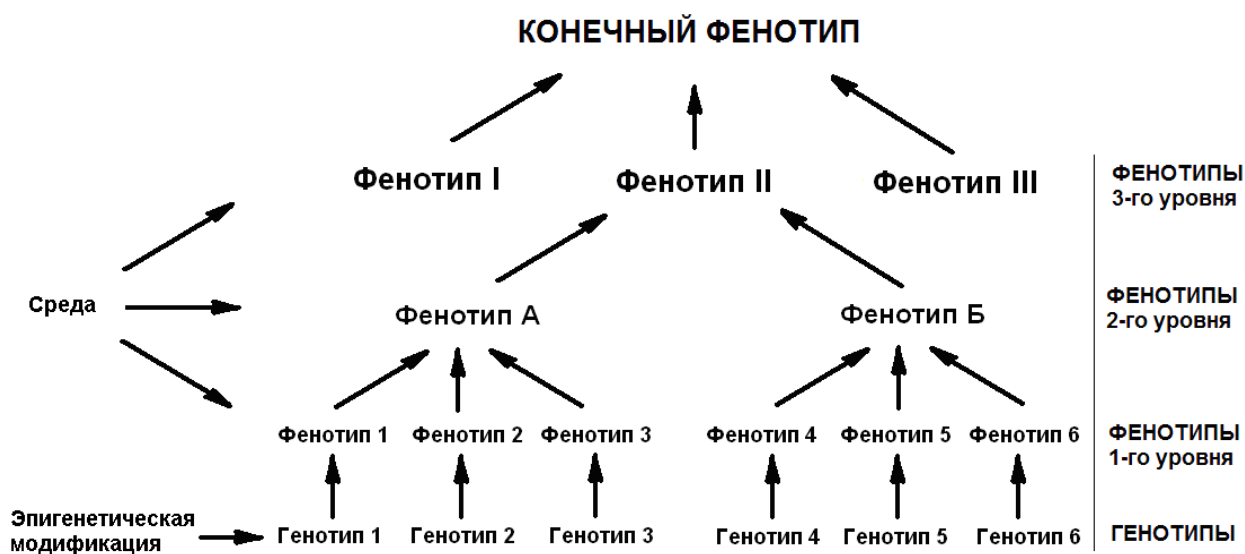
Различают фенотипические и генетические маркеры.

**Таблица 1.** Примеры некоторых фенотипических и генетических маркеров

<b>Фенотипические маркеры</b>	<b>Генетические маркеры</b>
<p><i>Ядерный уровень:</i> метилированные участки ДНК, уровень экспрессии гена, и др.</p> <p><i>Клеточный уровень:</i> концентрация белка/фермента в клетке, количество митохондрий и др.</p> <p><i>Тканевой уровень:</i> серологические (эритроцитарные АВО, MN, Rh и сывороточные (Hr, Hb, Cc, Ee) системы крови), иммунологические, биохимические, гормональные, гистоморфометрические (состав мышечных волокон, степень капилляризации мышечного волокна, площадь поперечного сечения мышечных волокон), дерматоглифические, иридологические маркеры и др.</p> <p><i>Органный уровень:</i> масса миокарда левого желудочка, ЖЕЛ и др.</p> <p><i>Системный уровень:</i> тип темперамента, соматотип, функциональные, психологические маркеры и др.</p>	<p><i>Молекулярно-генетические маркеры:</i> аллели, генотипы (комбинации гомологичных аллелей), комбинации негомологичных аллелей, гаплотипы (комбинации аллелей генов на одной хромосоме), комбинации генотипов, гаплогруппы (группы схожих гаплотипов, которые являются рядом аллелей в определенных локусах Y-хромосомы и митохондриальной ДНК).</p> <p><i>Цитогенетические маркеры:</i> половой хроматин (инактивированная X-хромосома в конденсированной форме; служит для опознания женского пола), теломеры, ломкая X-хромосома, трисомии, моносомии и др.</p>

К фенотипическим маркерам относят все маркеры, располагающиеся по уровню выше (рис. 1), чем вариации ДНК (молекулярно-генетические маркеры) и

более крупные цитогенетические маркеры. Как следует из названия, фенотипические маркеры представляют собой фенотипические признаки, в той или иной степени изменяющиеся под воздействием среды и проявляющиеся в полной мере в разные периоды онтогенеза. Фенотипические маркеры могут подразделяться по уровню иерархии (ядерный, клеточный, тканевой, органный, системный; более высоко расположенные фенотипы складываются из нижележащих фенотипов) и степени генетической детерминированности (фенотипы с разной степенью наследуемости). В основе фенотипических маркеров лежат генетические и средовые факторы. Например, степень экспрессии гена (низший уровень фенотипа) зависит от полиморфизма гена, эпигенетических модификаций и средовых воздействий (тренировка, голодание, особенности питания и др.). В догеномный период применение фенотипических маркеров тканевого, органный и системного уровней нашло широкое распространение в практике спорта.



**Рис. 1.** Схема формирования конечного фенотипа из множества генотипов на фоне эпигенетических модификаций и средовых воздействий.

В молекулярной генетике спорта под термином «генетический маркер» понимается определенный аллель гена (либо генотип, различные комбинации

аллелей и генотипов), ассоциированный с предрасположенностью к занятиям каким-либо видом спорта (или группам видов спорта), развитием и проявлением какого-либо физического качества (двигательной способности), а также с биохимическими, антропометрическими, композиционными, физиологическими, психологическими и другими показателями.

Согласно обнаруженным эффектам полиморфизмов генов, выделяют аллели (маркеры), ассоциированные с развитием и проявлением выносливости (кардиореспираторной и/или мышечной), скоростно-силовых качеств (быстроты, взрывной или абсолютной силы), морфологических признаков, а также с деятельностью высшей нервной системы. Существуют также аллели полиморфных участков, ограничивающие двигательную деятельность человека (маркеры адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам, маркеры интолерантности к физическим нагрузкам, маркеры повреждения головного мозга и опорно-двигательного аппарата). Следствием такого ограничения двигательной деятельности в лучшем случае является прекращение роста спортивных результатов, в худшем – развитие патологических состояний, таких как, например, выраженная гипертрофия миокарда левого желудочка с исходом в сердечную недостаточность.

За последние 10 лет генетических маркеров, ассоциированных со спортивной деятельностью, выявлено относительно немного (Bray M.S. et al., 2009), что, по-видимому, связано с тремя основными причинами. Во-первых, один ДНК-полиморфизм вносит лишь незначительный вклад в общее развитие какого-либо признака. Определение этого вклада представляется крайне сложной задачей (нужны большие выборки, осуществление мета-анализа данных независимых исследований, проведение корреляционного анализа маркера с фенотипами ядерного, клеточного и тканевого уровней). Во-вторых, спортивной генетикой на данный момент в мире занимается немногие лаборатории, и их деятельность зависит от финансовой поддержки государства и частных инвесторов. Последние же склонны вкладывать денежные средства в научные проекты в зависимости от



их приоритета. Очевидно, что приоритетным направлением является не спорт, а здоровье человека; эти предпочтения отражены в генетической карте физической активности человека (Bray M.S. et al., 2009) в виде соотношения «спортивных» генов и генов, ассоциированных со значимыми для здоровья фенотипами, изменяющимися в ответ на физические нагрузки. В-третьих, небольшое число публикаций по молекулярной генетике спорта в периодической печати может не соотноситься с реальным числом выполненных исследований в этой области, если учесть, что публикации о новых технологиях спортивного отбора, а также индивидуализации и оптимизации тренировочного процесса в открытой печати могут противоречить национальным интересам некоторых государств.

Таким образом, предстоит еще много работ по обнаружению генетических маркеров, значимых для спорта, и их включению (после проведения многократных независимых исследований) в диагностический комплекс («спортивные микрочипы», содержащие сотни генетических маркеров). Необходимо подчеркнуть, что в такой комплекс всегда должны входить и значимые фенотипические маркеры, поскольку только они могут отражать влияние среды на генетически закрепленные признаки в онтогенезе. Отличительная особенность генетических маркеров, не меняющихся на протяжении всей жизни, – это возможность их определения сразу после рождения ребенка (для этого достаточно сделать соскоб эпителиальных клеток со щеки), а значит, прогноз развития показателей, значимых в условиях спортивной деятельности, можно составить очень рано. С другой стороны, генетические маркеры, ассоциированные со спортивной деятельностью, нередко являются показателями предрасположенности к различным распространенным заболеваниям (явление плейотропии), что ставит перед исследователем при генетическом тестировании ряд вопросов этического характера (Williams A.G. et al., 2007).

## **1.2. Определение предрасположенности к занятиям видами спорта на выносливость с использованием молекулярно-генетических методов**

В доступной литературе описано как минимум 36 генетических маркеров, ассоциированных с развитием и проявлением выносливости (табл. 2). Эти маркеры локализованы в 23 генах, мтДНК и Y-хромосоме, и были обнаружены в результате исследований по типу «случай – контроль» («спортсмены – контрольная группа»). Чем большим числом данных аллелей выносливости владеет индивид, тем больше вероятность достижения им успехов в видах спорта на выносливость.

**Таблица 2.** Генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к занятиям видами спорта, направленными на развитие выносливости.

Ген	Локализация	Полиморфизм	Маркер выносливости
<i>ACE</i>	17q23.3	Alu I/D	I
<i>ADRA2A</i>	10q24-q26	6.7/6.3 kb	6.7-kb
<i>ADRB2</i>	5q31-q32	Gly16Arg (rs1042713)	16Arg
<i>AMPD1</i>	1p13	Gln12Ter (rs17602729)	Gln12
<i>BDKRB2</i>	14q32.1-q32.2	+9/-9	-9
<i>EPAS1 (HIF2A)</i>	2p21-p16	rs1867785 A/G rs11689011 C/T	rs1867785 G rs11689011 T
<i>EPOR</i>	19p13.3-p13.2	(GGAA) <sub>n</sub> повторы	185-bp
<i>GNB3</i>	12p13	C825T (Ser275Ser rs5443)	825T
<i>HFE</i>	6p21.3	His63Asp (rs1799945)	63Asp
<i>HIF1A</i>	14q21-q24	Pro582Ser (rs11549465)	Pro582
<i>KCNJ11</i> мтДНК	11p15.1 мтДНК	Glu23Lys (rs5219 C/T) Митохондриальные гаплогруппы	Glu23 Благоприятные: H и L0 Неблагоприятные: K, J2, T и L3*

<i>NFATC4</i>	14q11.2	Gly160Ala G/C)	(rs2229309	Gly160
<i>NOS3</i>	7q36	Glu298Asp G/T) (CA) <sub>n</sub> повторы	(rs1799983	Glu298 164-bp
<i>PPARA</i>	22q13.31	rs4253778 G/C		rs4253778 G
<i>PPARD</i>	6p21.2-p21.1	rs2016520 T/C		rs2016520 C
<i>PPARGC1A</i>	4p15.1	Gly482Ser G/A)	(rs8192678	Gly482
<i>PPARGC1B</i>	5q33.1	Ala203Pro G/C) Arg292Ser C/A)	(rs7732671 (rs11959820	203Pro 292Ser
<i>PPP3R1</i>	2p15	Промотор 5I/5D		5I
<i>TFAM</i>	10q21	Ser12Thr (rs1937 G/C)		12Thr
<i>UCP2</i>	11q13	Ala55Val (rs660339 C/T)		55Val
<i>UCP3</i>	11q13	rs1800849 C/T		rs1800849 T
<i>VEGFA</i>	6p12	rs2010963 G/C		rs2010963 C
<i>VEGFR2</i> ( <i>KDR</i> )	4q11-q12	His472Gln T/A)	(rs1870377	472Gln
Y- хромосома	Y- хромосома	Гаплогруппы хромосомы	Y-	Благоприятные: E*, E3* и K*(xP) Неблагоприятные: E3b1

### 1.3. Определение предрасположенности к занятиям скоростно-силовыми и силовыми видами спорта с использованием молекулярно-генетических методов

К настоящему моменту описано как минимум 6 полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к занятиям видами спорта, направленными на развитие быстроты и силы (табл. 3). Чем большим числом данных аллелей быстроты и силы владеет индивид, тем больше вероятность достижения им успехов в скоростно-силовых (короткие дистанции в беге, плавании, конькобежном спорте, гребле; полевые дисциплины в легкой атлетике) и силовых (тяжелая атлетика, силовое троеборье, гиревой спорт) видах спорта.

**Таблица 3.** Генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к занятиям видами спорта, направленными на развитие быстроты и силы.

Ген	Локализация	Полиморфизм	Маркер быстроты/силы
<i>ACE</i>	17q23.3	Alu I/D	D
<i>ACTN3</i>	11q13.1	Arg577Ter (rs1815739 C/T)	R577
<i>AR</i>	Xq11.2-q12	(CAG) <sub>n</sub>	L ( $\geq 22$ )
<i>HIF1A</i>	14q21-q24	Pro582Ser (rs11549465 C/T)	582Ser
<i>PPARA</i>	22q13.31	rs4253778 G/C	rs4253778 C
<i>PPARG</i>	3p25	Pro12Ala (rs1801282 C/G)	12Ala

#### **1.4. Определение предрасположенности к занятиям ациклическими видами спорта (спортивные игры, единоборства) с использованием молекулярно-генетических методов**

В ациклических видах спорта, в отличие от циклических видов, физические качества проявляются в разном соотношении, без какого-либо преобладания одного из них. Так, при занятиях большим и настольным теннисом, бадминтоном требуется проявление выносливости, быстроты, силы и ловкости. В борьбе на первое место выступают сила, выносливость и быстрота, и только потом - ловкость и гибкость. В волейболе, бейсболе и фехтовании важны быстрота и ловкость, а в баскетболе, водном поло, гандболе, софтболе, футболе, хоккее с шайбой, хоккее на траве, хоккее с мячом, регби; современном пятиборье, семиборье, десятиборье, боксе, восточных единоборствах - быстрота, сила, выносливость, ловкость и гибкость. Сила, ловкость и гибкость – главные компоненты, определяющие успех в бобслее, санном спорте, скелетоне, горнолыжном спорте, акробатике, спортивной гимнастике, художественной

гимнастике; прыжках в воду, прыжках с трамплина, фигурном катании, синхронном плавании.

На этом основании, маркерами успешности для видов спорта этой группы могут быть различные сочетания аллелей-антагонистов (например, одновременно наличие маркеров выносливости и быстроты/силы).

Основные маркеры спортивной успешности для всех ациклических видов спорта этой группы: *ACTN3* R577, *PPARG* 12Ala, *PPARGC1A* Gly482, *PPARGC1B* 203Pro, *TFAM* 12Thr, *UCP2* 55Val, *VEGFA* rs2010963 C. Идеальные комбинации генотипов: *PPARGC1A* Gly/Ser (Gly/Gly), *PPARGC1B* Ala/Pro (Pro/Pro), *TFAM* Ser/Thr (Thr/Thr), *UCP2* Ala/Val (Val/Val), *VEGFA* GC (CC).

Баскетбол (маркеры спортивной успешности: *HIF1A* 582Ser, *PPARGC1B* 203Pro, *TFAM* 12Thr). Идеальные комбинации генотипов: *HIF1A* Pro/Ser (Ser/Ser), *PPARGC1B* Ala/Pro (Pro/Pro), *TFAM* Ser/Thr (Thr/Thr). Оптимальное число аллелей по этим маркерам (для достижения успеха в этом виде спорта): от 2 до 4. Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (2 аллеля выносливости по 2 значимым полиморфизмам): Ala/Pro(*PPARGC1B*)–Ser/Thr(*TFAM*).

Бокс (маркеры спортивной успешности: *PPARGC1A* Gly482, *UCP2* 55Val). Идеальные комбинации генотипов: *PPARGC1A* Gly/Ser (Gly/Gly), *UCP2* Ala/Val (Val/Val). Оптимальное число аллелей по этим маркерам (для достижения успеха в этом виде спорта): от 2 до 4. Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (4 аллеля выносливости по 2 значимым полиморфизмам): Gly/Gly(*PPARGC1A*)–Val/Val(*UCP2*).

Борьба (классическая, вольная, самбо) (маркеры спортивной успешности: *HIF1A* 582Ser, *PPARGC1A* Gly482, *PPP3R1* 5I, *TFAM* 12Thr, *VEGFA* rs2010963 C). Идеальные комбинации генотипов: *HIF1A* Pro/Ser (Ser/Ser), *PPARGC1A* Gly/Ser (Gly/Gly), *PPP3R1* 5I/5I, *TFAM* Ser/Thr (Thr/Thr), *VEGFA* GC (CC). Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (9 аллелей по 5 значимым полиморфизмам): Ser/Ser(*HIF1A*)–Gly/Gly(*PPARGC1A*)–5I/5I(*PPP3R1*)–Ser/Thr(*TFAM*)–CC (*VEGFA*).

Теннис (маркеры спортивной успешности: *HIF1A* 582Ser, *NFATC4* Gly160, *PPARGC1A* Gly482, *UCP2* 55Val). Идеальные комбинации генотипов: *NFATC4* Ala/Gly (Gly/Gly), *PPARGC1A* Gly/Ser (Gly/Gly), *UCP2* Ala/Val (Val/Val). Оптимальное число аллелей по этим маркерам (для достижения успеха в этом виде спорта): от 4 до 8. Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (7 аллелей по 4 значимым полиморфизмам): Ser/Ser(*HIF1A*)–Gly/Gly(*NFATC4*)–Gly/Gly(*PPARGC1A*)–Ala/Val (*UCP2*).

Футбол (маркеры спортивной успешности: *ACTN3* R577, *PPARA* rs4253778 C, *UCP2* 55Val). Идеальные комбинации генотипов: *PPARA* GC (CC), *UCP2* Ala/Val (Val/Val). Оптимальное число аллелей по этим маркерам (для достижения успеха в этом виде спорта): от 1 до 4. Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (4 аллеля по 2 значимым полиморфизмам): RR(*ACTN3*)-CC(*PPARA*)–Val/Val(*UCP2*).

Хоккей с шайбой (маркеры спортивной успешности: *UCP3* rs1800849 T, *VEGFA* rs2010963 C). Идеальные комбинации генотипов: *UCP3* CT (TT), *VEGFA* GC (CC). Оптимальное число аллелей по этим маркерам (для достижения успеха в этом виде спорта): от 1 до 4. Лучшая комбинация генотипов у спортсменов (3 аллеля выносливости по 2 значимым полиморфизмам): CT(*UCP3*)–CC(*VEGFA*).

#### Горнолыжный спорт

Маркер спортивной успешности: *PPARGC1B* 203Pro. Идеальные генотипы: *PPARGC1B* Ala/Pro (Pro/Pro).

## **2. Методика проведения генетического анализа**

### **2.1. Методы забора биологического материала у спортсменов и выделения из него ДНК**

#### **Забор и хранение биологического материала**

Исходный этап всех молекулярно-генетических методов – это получение образцов ДНК. Источником геномной ДНК могут быть любые ядродержащие клетки. В спортивной практике чаще используют лейкоциты, бужкальные клетки (клетки эпителия щеки) и эпителиальные клетки волосяной луковицы (при необходимости длительной транспортировки биоматериала). Возможность проведения молекулярно-генетического анализа с небольшим количеством легкодоступного биологического материала является методическим преимуществом методов данной группы. Выделенная ДНК одинаково пригодна для проведения различных исследований и может долго сохраняться в замороженном виде. В зависимости от того, какие клетки исследователь собирается получить, выделяют следующие способы забора биологического материала: смыв эпителиальных клеток ротовой полости, соскоб эпителиальных клеток ротовой полости, забор венозной крови.

#### **Выделение ДНК из биологического материала**

Существует множество методов выделения ДНК из доступного биоматериала (фенольная экстракция, щелочная экстракция, сорбентный способ, экспресс-методы и др.).

### **2.2. Методы анализа полиморфизмов генов, ассоциированных с предрасположенностью к занятиям спортом**

## Генотипирование

Анализ полиморфизма гена (генетического маркера) может осуществляться с помощью следующих методов:

- а) Полимеразная цепная реакция (ПЦР) и дальнейший анализ длин рестрикционных фрагментов
- б) ПЦР в реальном времени.

## Полимеразная цепная реакция и рестрикционный анализ

**Проведение ПЦР (на примере определения rs4253778 G/C полиморфизма гена *PPARA*)** (по: Ахметов, 2006). G/C полиморфизм гена *PPARA* (rs4253778) определяют с помощью двухпраймерной системы:

Прямой праймер (PAF): 5'-АСААТСАСТССТТAAАТАТGGTGG-3';

Обратный праймер (PAR): 5'-АAGTAGGGACAGACAGGACCAGTA-3'.

Реакционная смесь для ПЦР может состоять из следующих компонентов (количество отдельных компонентов может варьировать):

Деионизированная вода	6,0 мкл
Буфер 10-кратный	1,5 мкл
dNTP (5мМ)	1,5 мкл
Праймер PAF	0,5 мкл (4 пМ)
Праймер PAR	0,5 мкл (4 пМ)
Тақ-полимераза	0,2 мкл (1 ед)



Для амплификации специфических фрагментов гена *PPARA* в реакционную смесь добавляют  $\approx 100$  нг (2-3 мкл) ДНК и используют следующий температурный режим ПЦР на термоциклере (например, «Терцик»):

1	95°C – 5 мин	1 цикл
<hr/>		
	95°C – 1 мин	
2	60°C – 1 мин	30 циклов
	72°C – 1 мин	
<hr/>		
3	72°C – 5 мин	1 цикл

Продуктами амплификации данной ПЦР являются фрагменты ДНК длиной 266 п.н. Наличие замены нуклеотида G на C в 2528 положении 7 интрона гена *PPARA* создает для эндонуклеазы *Taq I* сайт рестрикции (T↓CGA).

**Проведение ПДРФ-анализа (на примере определения rs4253778 G/C полиморфизма гена *PPARA*).**

Инкубацию рестрикционной смеси с продуктами амплификации (5 мкл) проводят в отдельной пробирке в термостате при 65 °C (на ночь). Наличие сайта рестрикции обуславливает разделение ампликонов (265 п.н.) на два фрагмента длиной 216 и 50 п.н. Анализ длины рестрикционных продуктов проводится электрофоретическим разделением в 8% ПААГ либо в агарозном геле с последующей окраской бромистым этидием и визуализацией в проходящем ультрафиолетовом свете при помощи трансиллюминатора. В качестве маркера молекулярного веса используют различные коммерческие наборы. Генотипу GG соответствуют нерестрицированные фрагменты длиной 266 п.н., генотипу GC – три фрагмента длиной 266, 216 и 50 п.н., а генотипу CC – два фрагмента длиной

216 и 50 п.н. Результаты электрофореза заносятся в рабочий журнал и фотодокументируются с помощью цифровой фотокамеры.

### **ПЦР в реальном времени**

Метод ПЦР в режиме реального времени (ПЦР-РВ; Real Time PCR) представляет собой проведение полимеразной цепной реакции с регистрацией накопления ДНК в ходе реакции. Данный метод занимает лидирующие позиции среди методов, используемых в научно-исследовательских и диагностических лабораториях. Регистрация накопления продуктов ПЦР в ходе реакции позволяет избежать отдельной стадии определения результатов, исключить контаминацию (Walker, 2002). Для регистрации накопления ДНК применяют детектирующие амплификаторы – термоциклеры, оборудованные флуоресцентным детектором, позволяющим детектировать репортерную флуоресценцию в реакционных пробирках. Результатом работы прибора является информация о зависимости уровня репортерной флуоресценции от цикла амплификации. В качестве флуоресцентных меток можно использовать интеркалирующие флуоресцентные агенты, меченые флуоресцентными агентами праймеры, меченые флуоресцентными агентами олигонуклеотиды и различные комбинации этих методов (Morrison et al., 1998).

### **3. Интерпретация данных молекулярно-генетического анализа и составление заключений**

Интерпретация результатов генетического тестирования в спорте – ответственное и трудоемкое дело, которым должен заниматься подготовленный специалист (либо коллектив специалистов), обладающий соответствующими знаниями в области молекулярной генетики человека, физиологии и биохимии мышечной деятельности, спортивной медицины и антропологии, и разбирающийся в различных аспектах спортивной педагогики (вопросы отбора в спорте, спортивной тренировки, многолетней подготовки спортсменов и др.) и питания спортсменов. Здесь важно подчеркнуть, что при решении вопросов спортивной специализации и отбора, оптимизации и коррекции тренировочного процесса, а также профилактики профессиональных заболеваний спортсменов, молекулярно-генетическое тестирование не может заменить фенотипическую диагностику (биохимические (рН, лактат крови, гемоглобин, гематокрит, АЛТ, АСТ, КФК, мочевины и др.), гистологические (биопсия мышечной ткани), физиологические (спироэргометрия, тест PWC<sub>170</sub>, динамометрия, стабилметрия и др.), антропометрические (оценка морфологического состояния, оценка функций и нарушений осанки и стопы, измерение минеральной плотности костной ткани и др.), биомеханические, клинические (пульсометрия, измерение артериального давления, ЭКГ, ЭХО-КГ, суточный мониторинг ЭКГ по Холтеру, проведение ортопробы, расчет вегетативного индекса) методы обследования, а также педагогические и психологические тесты), но 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). В свою очередь эпигенетическая диагностика (например, выявление метилированных участков генов, ассоциированных с изменением генной экспрессии) может в значительной мере дополнить генетическую и фенотипическую диагностику. Таким образом, интерпретации генетического анализа должны предшествовать фенотипическая диагностика и 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.).

Интерпретация должна проводиться на основе суммарного вклада генотипов и аллелей генов в определение наследственной предрасположенности к двигательной деятельности и к развитию профессиональных патологий спортсменов. Вклад отдельных генотипов и аллелей генов в развитие физических качеств человека необходимо оценивать как на основе литературных источников, так и собственных данных, полученных на больших выборках российских спортсменов и контрольной группы. Для интерпретатора важно иметь собственную базу данных, в которой имеются сведения об уникальных генотипах элитных спортсменов.

Несмотря на определенные успехи в открытии генов, влияющих на физическую активность человека (Ahmetov and Rogozkin, 2009), любые интерпретации в отношении генетических результатов могут вводить в заблуждение, как исследователей, так и испытуемых. Пока еще не настало то время, когда можно давать по результатам генетического тестирования однозначный ответ на вопрос, будет ли данный индивид элитным спортсменом, и в каком виде спорта, поскольку неизученные полиморфизмы генов у конкретного индивида, или существенные мутации его генома могут полностью нивелировать тот генетический потенциал, который был обнаружен на основе определения

ограниченного спектра полиморфизмов генов-кандидатов. Так, например, вполне вероятно, что на основании детекции 6 полиморфизмов генов можно заключить, что у человека не выявлена предрасположенность к скоростно-силовым видам спорта, однако врожденная мутация в гене миостатина, приводящая к чрезмерному росту мышечной массы (Schuelke et al., 2004), способна сделать из него штангиста экстра-класса.

В соответствии с функциональной значимостью определенных аллелей генов, ассоциированных со спортивной деятельностью, каждому аллелю присваивается условная единица значимости – балл. В зависимости от количества баллов и качественного состава комбинаций генотипов, у испытуемых можно определить 4 типа предрасположенности к развитию и проявлению физических качеств:

1) **низкая предрасположенность** к развитию и проявлению какого-либо физического качества (определяется на основании того, что среди большой выборки высококвалифицированных спортсменов отсутствуют носители такого минимального числа благоприятствующих конкретной деятельности аллелей, либо если у них отсутствуют найденные у испытуемого негативные мутации, влияющие на спортивный результат); означает, что имеется высокая вероятность того, что индивид не сможет преодолеть уровень мастера спорта в определенной группе видов спорта, требующих преимущественное проявление какого-либо физического качества (выносливости, быстроты, силы, ловкости, гибкости); по всей видимости, к этой категории испытуемых будут относиться индивиды с негативными мутациями, вызывающими интолерантность к физическим нагрузкам.

2) **умеренная предрасположенность** к развитию и проявлению какого-либо физического качества; означает, что имеется относительная вероятность того, что индивид сможет достичь выдающихся результатов в той группе видов спорта, где требуется проявление определенного физического качества;

3) **выраженная предрасположенность** к развитию и проявлению какого-либо физического качества; означает, что имеется большая вероятность того, что индивид сможет достичь выдающихся результатов в той группе видов спорта, где требуется проявление определенного физического качества;

4) **ярко выраженная предрасположенность** к развитию и проявлению какого-либо физического качества; означает, что имеется очень большая вероятность того, что индивид сможет достичь выдающихся результатов в той группе видов спорта, где требуется проявление определенного физического качества.

На основании выявления предрасположенности к развитию и проявлению отдельных физических качеств (например, выраженная предрасположенность к развитию и проявлению выносливости + низкая предрасположенность к развитию и проявлению быстроты и силы), для испытуемого подбирается набор групп видов спорта (рис. 2), к которым он предрасположен (с учетом фенотипических данных). В зависимости от приоритета и генетического потенциала индивида, этот набор должен включать в себя группы видов спорта 1-го и 2-го выбора.

Практические приложения знаний о молекулярных механизмах, лежащих в основе индивидуальных различий в развитии и проявлении физических и психических качеств, связаны с тремя аспектами: спортивной ориентацией и отбором, оптимизацией и коррекцией тренировочного процесса и профилактикой заболеваний у спортсменов (Рогозкин и др., 1999; Кочергина и Ахметов, 2006; Ахметов и Яновский, 2007; Ахметов и др., 2008; Ахметов, 2009).

Трудовая деятельность, сопряженная с повышенными физическими нагрузками (профессиональные занятия спортом, работа шахтером, грузчиком, металлургом и т.д.) нередко приводит к развитию различных патологий. К примеру, чрезмерные пролонгированные физические нагрузки, которым подвергаются спортсмены, могут привести к длительной гиперфункции сердца с дальнейшим развитием выраженной гипертрофии миокарда, которая не только препятствует росту спортивного мастерства, но и становится причиной

формирования «бычьего» сердца и возникновения аритмий (Ахметов, 2009). В основе этих и других патологий могут лежать полиморфизмы генов, ассоциированных с деятельностью сердечно-сосудистой системы (Ахметов, 2006; Линде и др., 2006, 2007; Newton-Cheh et al., 2009).

В этом плане возможности молекулярной генетики спорта (применение генетических маркеров в сочетании с фенотипической диагностикой) позволяют оказывать помощь спортивным врачам, педагогам и тренерам: а) в определении предрасположенности детей и подростков к определенному виду двигательной деятельности (спортивная ориентация и отбор); б) в повышении роста спортивных показателей за счет оптимизации и коррекции тренировочного процесса; в) в профилактике различных заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов.

Существует предположение, что все индивиды, не имеющие серьезных отклонений в здоровье, генетически предрасположены к занятиям различными видами спорта и способны достичь в них определенных успехов без вреда для здоровья (большинство людей способны дойти до уровня кандидата в мастера спорта в «своем» виде спорта) (Ахметов, 2009). В данном случае роль специалистов в области спортивной генетики заключается в подборе оптимальной двигательной деятельности для конкретного человека с учетом его генетической конституции. Применение молекулярно-генетического тестирования с высокой прогностической способностью особенно актуально для выявления спортивных талантов (потенциальных чемпионов) и гениев (потенциальных рекорсменов мира), которых, как предположил чешский исследователь Р. Ковар, может быть около 0,13% населения среднестатистической страны (Kovar, 1997). Вместе с тем, отметим, что окончательное количество индивидов, достигших высокого уровня спортивного мастерства все же устанавливается ненаследственными факторами (процент реализации генетического потенциала всегда ниже теоретически ожидаемого), и зависит, в том числе, от запросов общества (Ахметов, 2009).

В поддержку гипотезы о всеобщей предрасположенности к каким-либо видам спорта можно привести примеры по частоте встречаемости различных аллелей генов, ассоциированных с двигательной деятельностью. Так, на основании анализа G/C полиморфизма 7 интрона гена *PPARA*; можно выделить индивидов с наличием аллелей G (носители генотипов GG и GC) или C (носители генотипов GC и CC). Было обнаружено, что частота встречаемости *PPARA* G аллеля значимо выше среди стайеров по сравнению с контрольной группой, а частота *PPARA* C аллеля – среди спринтеров и тяжелоатлетов. Подобный антагонизм аллелей, когда первый аллель гена предрасполагает к видам спорта одной метаболической направленности, а второй аллель – к видам спорта другой метаболической направленности, обнаружен также для *ACE I/D*, *HIF1A* Pro582Ser и *PPARGC1A* Gly482Ser полиморфизмов. На основании этих данных можно предположить, что носительство каких-либо аллелей генов *ACE*, *HIF1A*, *PPARA* и *PPARGC1A* не ограничивает человека в возможности занятий видами спорта вообще. Здесь важно лишь подобрать ребенку оптимальный вид двигательной деятельности еще в самом начале спортивной карьеры, используя всевозможные методы для оценки двигательной одаренности (Ахметов, 2009).

В повседневной жизни можно наблюдать процессы спортивного отбора, протекающие естественным образом. По всей видимости, сразу после начала занятий видами спорта происходит перераспределение юных спортсменов среди всего контингента занимающихся. Одни остаются в тех видах спорта, в которых начали свою спортивную карьеру, поскольку их генетическая конституция предрасполагает к такой двигательной деятельности. Другие же, или вообще уходят из спорта, или находят (либо им подбирают) тот оптимальный вид спорта, в котором они могут добиться наилучших результатов. В соответствии с типом энергообеспечения тренировочной нагрузки, виды спорта условно можно разделить на несколько групп, в которых физиологические закономерности используемых в тренировочном процессе упражнений одинаковы (Ахметов и др., 2007а; Ахметов, 2009). Помимо признаков, характеризующих развитие



выносливости, быстроты и силы принимаются во внимание мощность выполняемой на тренировках работы с разделением на умеренную, большую, субмаксимальную, максимальную и переменную. Схематически классификацию видов спорта можно представить в виде треугольной фигуры, во главе каждого угла которой отображены группы видов спорта с максимальным проявлением одного из трех основных физических качеств – быстроты, силы и выносливости (рис. 2). Каждая ячейка в треугольнике включает в себя определенные группы видов спорта со схожим типом энергетического обеспечения мышечной деятельности и показывает, в какой степени то или иное физическое качество является определяющим для успешной соревновательной деятельности. Недостаток этой схемы заключается в том, что она в полной мере не учитывает другие, важные для спорта физические (гибкость, ловкость) и психические (темперамент, агрессивность и др.) качества. Тем не менее, на примере этой схемы можно видеть, что в зависимости от сочетания генотипов, любому физически здоровому индивиду можно подобрать группу видов спорта, в которых он мог бы добиться высоких результатов без вреда для здоровья (например, для занятий футболом оптимально следующее сочетание генотипов: *ACTN3*(RR или RX)–*PPARA*(GC или CC)–*PPARGC1A*(Gly/Ser или Ser/Ser)–*UCP2*(Ala/Val или Val/Val)–*VEGF*(GC или CC) (Ахметов и др., 2007б). Используя литературные данные о встречаемости аллелей различных генов у спортсменов, занимающихся разными видами спорта, существует возможность подбора оптимальных для конкретной двигательной деятельности сочетаний аллелей и генотипов по многим генам-кандидатам.

Вместе с тем необходимо признать существование индивидов, на которых стандартные физические нагрузки действуют как минимум нейтрально, не вызывая улучшения таких физических показателей, как, максимальное потребление кислорода в результате длительных тренировок (Bouchard et al., 1999; Bouchard and Rankinen, 2001). Данный факт свидетельствует об индивидуальных различиях в ответ на классические физические нагрузки, но еще

не доказывает наличие очень низких спортивных способностей. По крайней мере, исследования с целью оптимизации тренировочного процесса с учетом индивидуальной генетической предрасположенности показали положительные результаты (Кочергина и Ахметов, 2006). При этом необходимо учитывать возможность того, что такие индивиды могут быть интолерантными к физическим нагрузкам ввиду мутаций в ядерных и митохондриальных генах, и, поэтому не могут быть отнесены в полной мере к здоровым лицам (Bray et al., 2009).



**Рис. 2.** Распределение основных видов спорта на группы с учетом преимущественного проявления определенных физических качеств.

**Примечания:**

1. Быстрота и сила

а) бег: 100, 200, 400 м; 100 с/б, 110 с/б, 400 с/б; б) прыжки: в длину, тройной; в) плавание: 50 и 100 м; г) коньки: скоростной бег 500 м; шорт-трек 500 м; д) велосипед: спринт, гит 500 м; е) гребля: байдарка 200 м; каноэ 200 м

2. Взрывная скорость

а) метание: диска, молота и копья; толкание ядра; б) прыжки в высоту, прыжки с шестом

3. Взрывная сила

Тяжелая атлетика

4. Абсолютная сила

Пауэрлифтинг, бодибилдинг

5. Скоростная выносливость

а) бег: 800 м; б) велосипед: гит 1 км; в) гребля: байдарка 500 и 1000 м; каноэ 500 и 1000 м; г) коньки: 1000 м; шорт-трек 1000 м; д) плавание: 200 м

6. Быстрота и ловкость

Волейбол, бейсбол, фехтование

7. Быстрота, сила, выносливость, ловкость и гибкость

а) баскетбол, водное поло, гандбол, софтбол, футбол, хоккей с шайбой, хоккей на траве, хоккей с мячом, регби; б) современное пятиборье, семиборье, десятиборье; в) бокс, восточные единоборства

8. Сила, ловкость и гибкость

а) бобслей, санный спорт, скелетон, горнолыжный спорт; б) акробатика, спортивная гимнастика, художественная гимнастика; в) прыжки в воду, прыжки с трамплина; г) фигурное катание, синхронное плавание

9. Силовая выносливость

Гиревой спорт, силовой экстрим

10. Выносливость и быстрота

а) бег: 1500 м; б) велосипед: 3 и 4 км, кросс-кантри; в) академическая гребля; г) коньки: 1500 м; д) лыжные гонки: спринт; е) плавание: 400 м

11. Выносливость, быстрота, сила и ловкость

Большой и настольный теннис, бадминтон

12. Сила, выносливость, быстрота, ловкость и гибкость

Борьба: классическая, вольная, самбо, дзюдо

13. Выносливость большой мощности

а) бег: 3000 м с препятствиями, 5 и 10 км; б) биатлон: спринт; в) велосипед: велощоссе до 50 км; маунтинбайк; г) коньки 3, 5 и 10 км; лыжные гонки: 5 и 10 км; плавание: 800 и 1500 м

#### 14. Выносливость умеренной мощности (длинные дистанции)

а) бег: марафон; б) биатлон: 15 и 20 км; в) велосипед: велошоссе 50-200 км; г) лыжные гонки: 15, 30 и 50 км; дуатлон; лыжное двоеборье; д) плавание: 5, 10 и 25 км; е) триатлон; ж) ходьба: 10 и 20 км

#### 15. Выносливость умеренной мощности (сверхдлинные дистанции)

а) ультрамарафон 100 км; б) ходьба: 50 км; в) плавание: 50 км; г) велоспорт: велошоссе 200 км и более, многодневные гонки; д) триатлон «Железный человек»

Как уже было отмечено выше, отличительной особенностью генетической диагностики от фенотипической является возможность ее применения сразу после рождения ребенка (либо до рождения – в особых случаях), а значит, прогноз развития показателей, значимых в условиях спортивной деятельности, можно составить очень рано. С другой стороны, генетические маркеры, ассоциированные со спортивной деятельностью, нередко являются маркерами предрасположенности к различным распространенным заболеваниям.

Таким образом, можно утверждать, что уже сейчас начинают закладываться основы принципиально новой системы медико-генетического обеспечения физической культуры и спорта, которая позволит поднять его на более высокий уровень, внедрить в практику основы профилактической медицины и генетики, активно помогать в планировании и коррекции тренировочного процесса.

**Индивидуальные заключения.** В текст индивидуального заключения должно входить:

1) перечисление всех выявленных генотипов по изучаемым локусам ДНК; эта информация носит конфиденциальный характер, поскольку содержит в себе генетические данные индивида о его предрасположенности к спорту и о риске развития мультифакториальных и других патологий; с этой информацией могут быть ознакомлены исключительно испытуемый и родители испытуемого, и, при наличии их разрешения – личный (спортивный или семейный) врач и тренер;

2) интерпретационная часть: в соответствии с полученными генетическими данными, предоставляется информация о предрасположенности индивида к развитию и проявлению физических качеств (можно также дать информацию по развитию промежуточных фенотипов, например, оценить состав мышечных волокон, определить, до каких пределов может осуществляться прирост МПК и т.п.), а также о риске развития различных патологических состояний и заболеваний (но только при запросе этих данных), таких как гипертрофия миокарда левого желудочка (актуально для стайеров), внезапная сердечная смерть (футбол, хоккей), атеросклероз, посттравматические поражения нервной системы (бокс, борьба, восточные единоборства), заболевания опорно-двигательного аппарата (травмоопасные спортивные специализации), сахарный диабет 2-го типа, ожирение, артериальная гипертензия, нарушения свертываемости крови, и др.;

3) рекомендательная часть: а) для испытуемого подбираются группы видов спорта, в которых он может достичь выдающихся результатов, а также описание сильных и слабых сторон систем организма с точки зрения потенциала развития физических качеств; б) диетические рекомендации (составляются на основе определенной индивидуальной чувствительности испытуемых к пищевым веществам); в) профилактический раздел: определяются меры по профилактике мультифакториальных заболеваний и патологических состояний, связанных как со спортивной деятельностью, так и образом жизни.

**Интерпретация данных генетического анализа и составление рекомендаций в зависимости от группы видов спорта (виды спорта на выносливость, виды спорта с преимущественным проявлением быстроты и силы, ациклические виды спорта).**

Поскольку на данный момент обнаружены генетические маркеры выносливости, быстроты и силы, но малоизученными остаются маркеры гибкости и ловкости, то при составлении заключений необходимо главным образом ориентироваться на маркеры, ассоциированные с проявлением выносливости и

скоростно-силовых качеств. В этом случае возможны три варианта заключений: с рекомендациями по выбору и занятиям 1) видами спорта на выносливость; 2) скоростно-силовыми и силовыми видами спорта; 3) ациклическими видами спорта. В рекомендательной части в плане питания, фармакологического обеспечения и тренировочных объемов между этими вариантами заключений будут различия.

Ниже приведены примеры по принципам питания в зависимости от группы видов спорта.

При организации питания на фоне тренировок, преимущественно направленных на развитие **выносливости**, особое внимание следует уделять углеводному компоненту рациона. Это обусловлено тем, что основным энергетическим источником, обеспечивающим эффективное выполнение таких тренировочных программ, является мышечный гликоген, за счет которого может осуществляться как аэробный, так и анаэробный ресинтез АТФ. Для оптимального восстановления запасов гликогена в мышцах содержание в пищевом рационе углеводов должно быть не менее 60% общего потребления энергии (8,5-14 г/кг массы тела). При этом рекомендуется основную массу углеводов (65-70% от общего количества) употреблять с пищей в виде полисахаридов (продукты, содержащие крахмал и гликоген: крупы, макароны, картофель, печень, мясо и др.), 25-30% должно приходиться на простые и легкоусвояемые углеводы (кондитерские изделия, сахара, глюкоза, фруктоза и др.) и 5% - на пищевые волокна (содержатся в ржаных и пшеничных отрубях, овощах). Необходимо также иметь в виду, что на скорость восстановления запасов гликогена в мышцах влияют скорость поступления углеводов в организм, их тип и время приема в сочетании с физической нагрузкой. Установлено, что прием углеводов (50 г и больше) сразу после больших нагрузок (первые 20 мин), связанных с проявлением выносливости, а затем каждые два часа способствует более быстрому восстановлению содержания гликогена в мышцах. Основной прием пищи рекомендован не ранее 30-45 мин после тренировки. В

подготовительный период тренировок, направленных на развитие выносливости, необходимо повышенное потребление витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub> и РР, а также полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в комбинации с витамином Е. Необходимое количество ПНЖК (омега-3: α-линоленовая, эйкозапентаеновая (ЭПК), докозагексаеновая (ДГК); омега-6: линолевая, γ-линоленовая, арахидоновая и др.) будет обеспечено, если 25-30% жиров составят жиры растительного происхождения. ПНЖК больше всего в соевом, льняном, рапсовом, кукурузном и хлопковом маслах. Рекомендуется рацион, в котором доля белков в общем количестве потребляемых калорий составляет 14-15%, жиров – 25% и углеводов – 60-61%.

При организации питания на фоне тренировок **ациклической направленности с осуществлением мышечной деятельности смешанного характера** (выносливость + быстрота + сила) содержание углеводов может превышать 60% калорийности суточного рациона, главным образом за счет снижения потребления жиров (менее 25%) при неизменном потреблении белков (15%). Повысить физическую работоспособность при длительных физических нагрузках можно за счет приема напитков, богатых смесью аминокислот лейцина, изолейцина и валина, а также употребление специальных углеводных напитков, фруктовых соков несколько раз в течение дня. Питание при работе в смешанном режиме требует сохранения пропорций между белками, жирами и углеводами – 1 : 0,9 : 4 (на 1 г белков должно приходиться 0,9 г жиров и 4 г углеводов). Рекомендуется рацион, в котором доля белков в общем количестве потребляемых калорий составляет 16%, жиров – 28% и углеводов – 56%.

При организации питания на фоне тренировок, преимущественно направленных на развитие **быстроты и силы**, особое внимание следует уделять белковому компоненту, в частности, в пищевом рационе содержание таких незаменимых аминокислот как аргинин должно быть высоким. Работа в анаэробном режиме (скоростно-силовая и силовая) вызывает необходимость сохранения в рационе большого количества белка и витаминов группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>,

В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, В<sub>15</sub>), витаминов С, РР. Для спринтеров рекомендуется рацион, в котором доля белков в общем количестве потребляемых калорий составляет 17-18%, жиров – 30% и углеводов – 52-53%. Для тяжелоатлетов и борцов рекомендуется рацион, в котором доля белков в общем количестве потребляемых калорий составляет 18-20%, жиров – 30-31% и углеводов – 40-50%. В качестве разрешенных и безопасных анаболизирующих (увеличивающих мышечную массу) средств следует принимать внутрь различные адаптогены растительного происхождения (леuzeя (или экдистерон, созданный на основе левзеи), элеутерококк, женьшень и др. препараты, желательно в форме драже, капсул и таблеток), а также оротат калия (содержится в кураге).



## Заключение

Наследственная обусловленность спортивной одаренности несомненна. В настоящее время признано аксиомой, что высоких спортивных результатов может достичь лишь талантливый человек, обладающий определенным комплексом генетических предпосылок к данной деятельности. Попытки угадать наличие спортивного таланта предпринимались исследователями, тренерами и педагогами еще в середине прошлого столетия. Позднее, в 80-90 гг., учеными были разработаны диагностические комплексы, позволяющие определять спортивные задатки по серологическим, гормональным, морфологическим и функциональным маркерам.

Необходимо отметить, что вышеперечисленные маркеры относятся к внешним признакам – фенотипам, в основе которых лежит взаимодействие множества генотипов с факторами окружающей среды, а потому не позволяют выявить наследственную предрасположенность к двигательной деятельности в ранний период развития человека. С совершенствованием методов молекулярной биологии появилась возможность определения спортивных задатков с использованием генетических маркеров уже при рождении человека. В настоящее время накоплен материал, свидетельствующий, что полиморфизмы генов взаимосвязаны с физическими возможностями на разных уровнях проявления.

Возможности молекулярной генетики спорта позволяют оказывать помощь педагогам, тренерам и спортивным врачам ДЮСШ, училищ олимпийского резерва и школ высшего спортивного мастерства в определении предрасположенности детей и подростков к определенному виду двигательной деятельности (спортивная ориентация и отбор), в повышении роста спортивных показателей за счет оптимизации и коррекции тренировочного процесса, и в профилактике различных заболеваний, связанных с профессиональной деятельностью спортсменов.