

УДК 796.92

**Н.Г. КРУЧИНСКИЙ**, д-р мед. наук, доцент  
проректор по научной работе<sup>1</sup>

**Т.Л. ЛЕБЕДЬ**  
заведующий научно исследовательской лабораторией  
лонгитудинальных исследований<sup>1</sup>

**В.В. МАРИНИЧ**, канд. мед. наук, доцент  
доцент кафедры общей и клинической медицины,  
ведущий научный сотрудник<sup>1</sup>

**А.А. СЛИЖ**<sup>1</sup>

**Н.В. ШЕПЕЛЕВИЧ**  
научный сотрудник<sup>1</sup>  
Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь

**С.В. ЕВДОЛЮК**  
главный врач  
Брестский областной диспансер спортивной медицины,  
г. Брест, Республика Беларусь

Статья поступила 26 сентября 2018г.

## **ГЕНОПРОФИЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ У СПОРСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ НА ПРИМЕРЕ БИАТЛОНА**

*В представленной статье рассматриваются возможности проведения генотипирования процесса энергообеспечения на примере биатлона. Приведены результаты типирования 31 биатлониста высокой квалификации по панели из 6 полиморфных маркеров генов системы углеводно-липидного метаболизма, вовлеченных в процессы энергообеспечения (ACE, PPARGC1A, PPARGC1B и PPARG2). Исследование проводилось с соблюдением необходимых этических критериев: получение информированного согласия от спортсменов, обеспечение конфиденциальности личной информации.*

*В обследованной группе биатлонистов отмечалось превалирование частоты встречаемости генотипов DD (45,16%) и ID (45,16%) и аллеля D (67,74%) гена ACE, генотипа GG (64,52%) и аллеля G (77,42%) гена PPARGC1A, генотипа GlySer (80,64%) и аллеля Ser (56,45%) гена PPARGC1A, генотипа TT (54,84%) и аллеля T (74,20%) гена PPARGC1B, генотипа CC (90,32%) и аллеля C (95,16%) гена PPARG2, генотипа CC (100,00%) и аллеля C (100,00%) гена PPARGC1B.*

*Результаты проведенного ДНК-обследования продемонстрировали достаточно эффективное энергообеспечение этой группы спортсменов, что вполне объяснимо высоким уровнем их спортивной квалификации.*

*Установление генетического потенциала каждого спортсмена позволяет определить или уточнить молекулярные механизмы наследования и расширяет теоретико-методическую базу процесса спортивной подготовки. При этом определив различия в распределении генотипов в группах спортсменов высокой квалификации, занимающихся различными видами спорта, с уверенностью можно осуществлять и генетический прогноз успешности в группе спортсменов-резервистов.*

*На основании результатов ранее проведенных собственных исследований, анализа мирового опыта предложен алгоритм управления процессом отбора спортсменов группы резерва и последующей оптимизации их тренировочного процесса.*

**KRUCHYNSKY N.**, Doctor of Med. Sc., Assistant Professor<sup>1</sup>

**LEBED T.**<sup>1</sup>

**MARINICH V.**, Cand. of Med. Sc., Assistant Professor<sup>1</sup>

**SLYJ A.**<sup>1</sup>

**SHEPELEVICH N.**

research assistant<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Polessky State University, Pinsk, Republic of Belarus

**YEVDALIUK S.V.**

Brest Regional Dispensary for Sports Medicine, Republic of Belarus

## **GENE-PROFILING POWER SUPPLY FOR ATHLETES OF HIGH QUALIFICATION IN THE EXAMPLE OF BIATHLON**

**Summary.** *In the presented article, the possibilities of carrying out the gene-profiling of the power supply process on the example of biathlon are considered. The results of typing of 31 biathlon-athletes of high qualification on a panel of 6 polymorphic markers of the carbohydrate-lipid metabolism genes involved in energy supply processes (ACE, PPARA, PPARGC1A, PPARD, PPARGC1B and PPARG2) are given. The study was conducted in compliance with the necessary ethical criteria: obtaining informed consent from athletes, ensuring the confidentiality of personal information.*

*In the examined group of biathlon-athletes the prevalence of the frequency of genotypes DD (45.16%) and ID (45.16%) and allele D (67.74%) of the ACE gene, genotype GG (64.52%) and allele G (77.42%) of the gene PPARA, the genotype GlySer (80.64%) and the Ser-allele (56.45%) of the PPARGC1A gene, the TT genotype (54.84%) and the T allele (74.20%) of the PPARD gene, the CC (90,32) allele C (95.16%) of the gene PPARG2, genotype CC (100.00%) and allele C (100.00%) of the gene PPARGC1B. The results of the DNA survey showed quite effective energy supply for this group of athletes, which is quite understandable for their high level of sports qualification.*

*Establishing the genetic potential of each athlete allows you to determine or refine the molecular mechanisms of inheritance and expand the theoretical and methodological basis of the process of sports training. At the same time, having determined the differences in the distribution of genotypes in groups of highly qualified athletes engaged in various sports, it is possible to carry out with confidence the genetic prognosis of success in the group of reserve athletes.*

*Based on the results of earlier conducted own research, analysis of the world experience, an algorithm for managing the selection process of the reserve group athletes and subsequent optimization of their training process is proposed.*

Современные подходы к отбору спортсменов и индивидуализации их тренировочного процесса обязательно должны учитывать их генотипические особенности. Определение генетического маркера позволяет прогнозировать закономерности развития физических качеств спортсмена, а изучение влияния генетической детерминированности на процесс его тренируемости позволяет определить подходы к разработке и коррекции тренировочных программ спортсменов с учетом их генетического полиморфизма [1, 2, 9, 17, 19, 20].

Генетические исследования претендентов перед началом спортивной деятельности позволяют получать рекомендации по выбору спортивной специализации на уровне групп

видов спорта. Генетическое тестирование дает возможность определить и перспективность действующих спортсменов на этапах спортивного совершенствования, а также совершенствует процедуру отбора спортсменов в сборные команды различных уровней, поскольку выступает в качестве объективного научного аргумента в спорных ситуациях. Кроме того, данные генетического анализа позволяют прогнозировать возможные изменения в состоянии здоровья будущих спортсменов и их потенциал спортивного долголетия [1, 2, 6, 7, 11, 19]. Данные генетических исследований могут также использоваться и в целях коррекции тренировочного процесса относительно направленности и соотношения видов нагрузки, в частности

при выдаче рекомендаций, основанных на выявленных физиологических факторах риска у спортсменов в соответствии с его генотипом. При этом исследование динамики изменения физических качеств на различных этапах тренировочного процесса у спортсменов с различными вариантами (полиморфизмов) гена(ов) показали необходимость дифференцированного подхода у спортсменов различных полиморфных групп [1, 9, 13].

В результате анализа мирового опыта и данных собственных исследований разработан алгоритм управления процессом отбора спортсменов. Рассмотрим эти возможности на примере столь популярного вида спорта как биатлон.

Биатлон является одним из самых популярных зимних видов спорта в Республике Беларусь. Спецификой биатлона является сочетание бега на лыжах и стрельбы из двух положений. К числу характерных отличий индивидуальности биатлонистов следует отнести особенности в движениях и работе мышц. Одна и та же скорость передвижения может быть достигнута при различном сочетании длины и частоты шагов. При этом оптимальным будет такой вариант техники, который характеризуется наименьшими энергозатратами. Энергетический потенциал спортсмена и экономичность его реализации являются основными лимитирующими факторами уровня спортивных достижений в лыжных гонках и биатлоне [4, 5, 10].

Не секрет, что наиболее значимыми факторами, влияющими на спортивные результаты, являются: энергетические возможности спортсменов (их аэробная и анаэробная производительность); скоростно-силовые качества; морфофункциональные особенности и наследуемые способности (скелетные размеры тела, морфотип, композиция мышечных волокон, подвижность в суставах, частота сердечных сокращений при выполнении стандартной субмаксимальной нагрузки, максимальная аэробная производительность, некоторые элементарные проявления скорости и результаты ряда двигательных тестов) [3, 11].

Аэробный путь энергообеспечения (метаболизма) является основным энергетическим источником у спортсменов-биатлонистов и его значение возрастает по мере увеличения длины соревновательной дистанции. Анаэробный же путь метаболизма необходим для преодоления подъемов, а также для развития

высокой скорости на различных участках трассы [5, 10].

С учетом вышеизложенного, достижение высоких результатов в любом виде двигательной деятельности зависит от многих факторов, основным из которых является максимальное соответствие индивидуальных особенностей личности требованиям избранного вида спорта. В связи с этим, знание требований конкретного вида спорта к спортсменам высокой квалификации является важнейшим условием эффективного отбора перспективных спортсменов.

Эффективность подготовки спортсменов топ-уровня определяется не только организацией тренировочного процесса, более того, стратегия увеличения интенсивности тренировочных нагрузок для совершенствования их технической и физической подготовки в настоящее время практически исчерпала себя и требует поиска и развития знаний об индивидуальных пределах физических и резервных возможностей атлета, т.е. его генетически преддетерминированных качествах [2, 5, 9, 12]. На наш взгляд, выход в этой ситуации представляется в ориентации на параметры и показатели с высокой степенью наследственной детерминированности, обладающих стабильностью индивидуальных рангов развития и не подчиняющихся в целом организованному воздействию в процессе тренировки [6-8, 13, 20].

Рассмотрим особенности полиморфизмов некоторых генов, влияние которых на процессы энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности представляются наиболее важными.

Рецепторы, активирующие пролиферацию пероксисом (*PPARs*) – семейство ядерных рецепторов, принадлежащее к суперсемейству стероидных рецепторов [1, 2, 7, 19]. Играют важную роль в регуляции процессов энергообеспечения спортсменов, обеспечивают взаимодействие нервных, гуморальных и энергетических процессов при изменении факторов внешней среды или параметров гомеостаза. Диапазон биологических функций *PPARs* очень широк. *PPARs* регулируют экспрессию генов, участвующих в процессе стероидогенеза, ангиогенеза, ремоделирования тканей, регуляции клеточного цикла, апоптоза и метаболизма липидов и углеводов. Так, ген *PPARA* локализован на 22-й хромосоме в локусе q13.31 и экспрессируется в тех тканях, где происходит усиленный обмен жиров, а именно в мышцах, печени,

сердце и буром жире. PPARA выступают в качестве активаторов окисления жирных кислот. Экспрессия PPARA контролируется стрессорными воздействиями, глюкокортикоидами, инсулином. Он активируется также жирными кислотами, эйкозаноидами, карбапростациклином, нестероидными противовоспалительными препаратами и лейкотриеном В. Основная функция белка PPARA – регуляция обмена липидов, глюкозы и энергетического гомеостаза, а также веса тела посредством регуляции экспрессии генов, вовлеченных в пероксисомное и митохондриальное окисление. PPARA регулирует гены, ответственные за метаболизм жирных кислот, и опосредует баланс между клеточными жирными кислотами и метаболизмом глюкозы, особенно при метаболическом или физиологическом стрессе. При физических нагрузках аэробного характера происходит увеличение утилизации жирных кислот за счет повышения экспрессии гена PPARA и каскада регулируемых им генов, что в итоге улучшает окислительную способность скелетных мышц. Известно, что при низкой экспрессии гена PPARA, способность тканей к эффективному  $\beta$ -окислению жирных кислот падает, и метаболизм тканей переключается на гликолитический способ получения энергии. Среди исследованных полиморфизмов PPARA можно выделить G/C полиморфизм седьмого интрона G2528C. Распространенность аллеля С в европейской популяции составляет 20%. Такая замена гуанина на цитозин ведет к снижению экспрессии гена PPARA, вследствие чего нарушается регуляция липидного и углеводного обменов.

**Ген PPARG** [1, 2, 7] локализован в локусе 3p25. В результате альтернативного сплайсинга с этого гена образуется четыре транскрипта, отличающихся по 5'-концам с разным количеством нетранслируемых экзонов: PPARG1, PPARG2, PPARG3 и PPARG4. Функции этого транскрипционного фактора заключаются в регуляции генов, связанных с аккумуляцией жира, дифференцировкой адипоцитов и миоцитов, чувствительностью к инсулину, активностью остеобластов и остеокластов. Наиболее исследованным полиморфизмом гена PPARG является Pro12Ala полиморфизм, вследствие которого происходит замена нуклеотида С на G в 34 положении экзона В, что приводит к замещению пролина на аланин в аминокислотном положении 12 изоформы PPARG2. Замена пролина на аланин приводит к снижению

аффинности и уменьшению активации PPARG под действием лигандов. Частота аллеля Ala варьирует от 1% у китайцев до 25% у европейцев. При генотипе Ala/Ala наблюдался меньший уровень инсулинорезистентности и меньший риск развития гипергликемии при сахарном диабете 2 типа, чем у носителей генотипа Pro/Pro, а также меньший риск инфаркта миокарда. Кроме того, у гомозигот (генотип Pro/Pro) выше риск развития сахарного диабета 2 типа при нарушении толерантности к глюкозе. Мета-анализ 30 разных исследований с общей выборкой 19136 человек показал, что носители аллеля Ala имеют больший индекс массы тела, чем гомозиготы Pro/Pro, труднее теряют вес при переходе на гипокалорийную диету, но быстро набирают лишний вес после прекращения соблюдения диеты.

**Ген PPARD** [1, 2] локализован на 6-й хромосоме в локусе 6p21.1-p21.2 и активно экспрессируется в жировой ткани и в медленных мышечных волокнах скелетных мышц. Продукт гена – белок PPARD – регулирует экспрессию генов, вовлеченных в окисление жирных кислот и обмен холестерина, является важным фактором чувствительности к инсулину. Генами-мишенями транскрипционного фактора PPARD в мышечной ткани являются гены окислительного метаболизма, гены митохондриального дыхания и термогенеза, гены, определяющие функции медленных мышечных волокон (миоглобина, тропонина I медленного типа), гены транспорта и окисления жирных кислот в миокарде, бурой и белой жировых тканях. Среди аллельных вариантов гена PPARD наибольший интерес представляет полиморфизм T294C нетранслируемой части четвертого экзона. Частота аллеля С в европейской популяции составляет 21,7%. Транскрипционная активность мутантного аллеля С на 39% выше, чем у аллеля Т. Кроме того, замена нуклеотида Т на С приводит к образованию нового сайта связывания с транскрипционными факторами, усиливающего экспрессию PPARD. Показано, что наличие аллеля С гена PPARD способствует большему катаболизму жиров и в определенной степени снижает риск развития ожирения. У гомозигот СС наблюдается повышенный уровень липопротеинов низкой плотности и пониженный уровень липопротеинов высокой плотности в крови.

Белки, кодируемые этими генами, являются транскрипционными коактиваторами, ко-



торые регулируют гены, участвующие в энергетическом обмене. Они взаимодействуют с PPAR $\gamma$ , что обеспечивает функционирование PPAR $\gamma$  как фактора транскрипции. PPAR $\gamma$ C1A взаимодействует и регулирует деятельность цАМФ-зависимого транскрипционного фактора (CREB) и ядерных дыхательных факторов. Это обеспечивает прямую связь между внешними физиологическими стимулами и регуляцией митохондриального биогенеза, и является основным механизмом, который регулирует дифференцировку мышечных волокон. PPAR $\gamma$ C1A также участвуют в контроле артериального давления, регулирует клеточный обмен холестерина, а также развитие ожирения. PPAR $\gamma$ C1B стимулирует активность факторов транскрипции и ядерных рецепторов, в том числе эстрогенового рецептора альфа, ядерного респираторного фактора 1 и глюкокортикоидных рецепторов. Кодированный белок может быть вовлечен в окисления жиров, неокислительный метаболизм глюкозы, а также регулирование расхода энергии и развитии преддиабета и сахарного диабета 2 типа. Некоторые аллельные вариации этого гена увеличивают риск развития ожирения.

**Ген ACE** [1, 9, 13] локализован в 17 хромосоме, кодирует аминокислотную последовательность ангиотензин-превращающего фермента, катализирующего протеолитическое расщепление ангиотензина I в ангиотензин II. В случае генотипа DD концентрация ангиотензин-превращающего фермента повышена, что обуславливает участие аллеля D в вазоконстрикции, повышении кровяного давления, ассоциации с артериальной гипертензией, деградации брадикинина, основного сосудорасширяющего вещества. В то же время установлено, что аллель D ассоциирован превалированием быстрых мышечных волокон, с такими физическими качествами, как скорость, сила, быстрота, а также приростом взрывной силы и скоростных качеств в ответ на анаэробные нагрузки, что обуславливает достоверные отличия встречаемости аллелей D и I в группах, соответственно, спринтеров и стайеров. Увеличение содержания быстрых гликолитических мышечных волокон сопровождается мощными кратковременными сокращениями, обеспечивающими выполнение высокоинтенсивных упражнений. Гомозиготный генотип DD, генерируя ангиотензин

II в повышенных количествах, является фактором синтеза структурных белков в клетках сердца, что при длительных нагрузках провоцирует гипертрофию сердца.

В настоящий момент спортивная деятельность представляет собой комплекс тренировочного процесса и медико-биологической поддержки спортсменов на всех этапах многолетней подготовки. При этом доказано, что интенсификация тренировочных и соревновательных нагрузок является фактором риска развития заболеваний сердечно-сосудистой системы у людей, имеющих определенные генетические полиморфизмы ферментов биотрансформации ксенобиотиков, антиоксидантной защиты, фолатного цикла, необходимых для защиты клеток и тканей от воздействия повреждающих факторов внешней среды [3, 14-16, 18].

С учетом изложенного выше, **целью** настоящего исследования явился анализ частот полиморфных маркеров генов системы углеводно-липидного метаболизма, вовлеченных в процессы энергообеспечения спортсменов-биатлонистов высокой квалификации.

В исследовании приняли участие 31 спортсмен-биатлонист высокой (мастер спорта и мастер спорта международного класса) квалификации. Отбору биологического материала для последующего исследования и анализа материала предшествовала процедура информирования на предмет исследования и письменного подтверждения согласия на участие. Типирование полиморфизма генов I/D гена ACE, G2528C гена PPAR $\alpha$ , Gly482Ser гена PPAR $\gamma$ C1A, +294T/C гена PPAR $\delta$ , Arg292Ser гена PPAR $\gamma$ C1B, Pro12Ala гена PPAR $\gamma$ 2 проводилось с помощью метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) с последующей обработкой амплификата эндонуклеазами рестрикции (TaqI, MspI, BstII, ApaI, BstUI). Визуализация результатов генотипирования проводилась с использованием УФ-трансиллюминатора системы геледокументирования (Vilber Lourmat, Франция). Фрагменты ДНК и ДНК-маркера проявлялись в виде светящихся полос при облучении геля УФ-лампой. Наличие амплифицированных фрагментов, а также их размер верифицировались по ДНК-маркеру. Распределение генотипов и аллелей исследуемых полиморфных систем представлено в таблице.

Таблица – Распределение генотипов и аллелей в исследуемой группе биатлонистов

Полиморфизм гена	Генотип/Аллель	Количество, n (%)
I/D ACE	DD	14 (45,16)
	ID	14 (45,16)
	II	3 (9,68)
	D	42 (67,74)
	I	20 (32,26)
G2528C PPARA	GG	20 (64,52)
	GC	8 (25,80)
	CC	3 (9,68)
	G	48 (77,42)
	C	14 (22,58)
Gly482Ser PPARGC1A	Gly/Gly	1 (3,23)
	Gly/Ser	25 (80,64)
	Ser/Ser	5 (16,13)
	Gly	27 (43,55)
	Ser	35 (56,45)
+294T/C PPARD	TT	17 (54,84)
	CT	12 (38,71)
	CC	2 (6,45)
	T	46 (74,20)
	C	16 (25,80)
Arg292Ser PPARGC1B	CC	31 (100,00)
	CA	-
	AA	-
	C	62 (100,00)
	A	-
Pro12Ala PPARG2	CC	28 (90,32)
	CG	3 (9,68)
	GG	-
	C	59 (95,16)
	G	3 (4,84)

В обследованной группе биатлонистов отмечалось превалирование частоты встречаемости генотипов DD (45,16%) и ID (45,16%) и аллеля D (67,74%) гена ACE, генотипа GG (64,52%) и аллеля G (77,42%) гена PPARA, генотипа GlySer (80,64%) и аллеля Ser (56,45%) гена PPARGC1A, генотипа TT (54,84%) и аллеля T (74,20%) гена PPARD, генотипа CC (90,32) и аллеля C (95,16%) гена PPARG2, генотипа CC (100,00%) и аллеля C (100,00%) гена PPARGC1B.

Для анализа полученных результатов генотипирования биатлонистов была принята следующая градация генотипов:

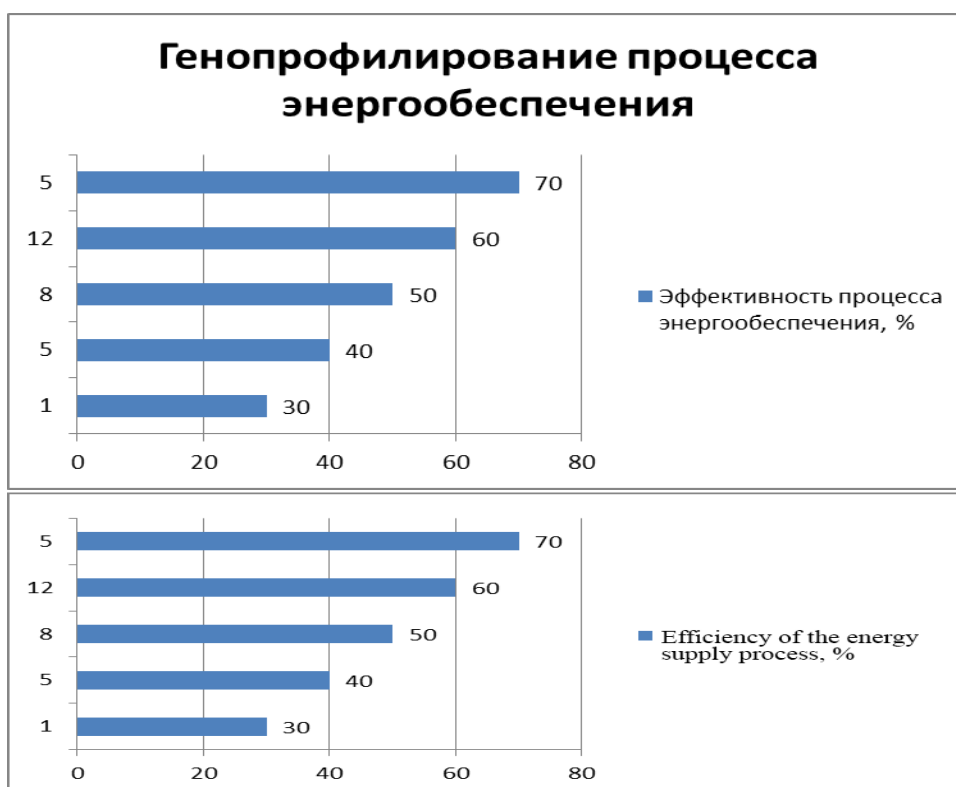
наиболее благоприятным для процесса энергообеспечения генотипам (II гена ACE,

GG гена PPARA, CC гена PPARD, CC гена PPARG2, GlyGly гена PPARGC1A) было присвоено 2 балла;

гетерозиготным генотипам – 1 балл;

гомозиготному неблагоприятному генотипу – 0 баллов.

Далее было проведено построение генетического профиля процесса энергообеспечения по протестированным полиморфным локусам (рисунок). При этом результаты генотипирования полиморфизма гена PPARGC1B не учитывались, т.к в ходе исследования был установлен только один вид генотипа.



**Рисунок – Распределение результатов генопрофилирования по оценке эффективности энергообеспечения в исследованной группе биатлонистов**

Очевидно, что у большей части спортсменов в исследуемой группе процессы энергообеспечения протекают достаточно эффективно, что вполне объяснимо высоким уровнем их спортивной квалификации.

Нами рассмотрены полиморфизмы генов, участвующие в углеводном, липидном, энергетическом обмене, влияющие на мышечную и жировую массу и, следовательно, ассоциирующиеся с физической деятельностью. Полученные результаты по исследованию генетической предрасположенности биатлонистов продемонстрировали возможность такого научно-методического подхода к оптимизации и индивидуализации подготовки. Представленные в статье результаты позволяют заключить, что генопрофилирование позволяет как выбирать биатлонную специализацию для начинающих спортсменов, так и повысить эффективность подготовки высококвалифицированных спортсменов.

Результативность в спортивной деятельности является симбиозом средовых воздействий и генетически обусловленных свойств и качеств спортсмена. Обладая сведениями по генетически детерминированным признакам в пределах нормы реакции и информацией об антропометрии и компонентном составе тела и их динамикой под воздействием высоких физических нагрузок, тренер и атлет

способны достигать высокой результативности.

Таким образом, установление генетического потенциала каждого спортсмена позволяет определить или уточнить молекулярные механизмы наследования и расширяет теоретико-методическую базу процесса спортивной подготовки. При этом определив различия в распределении генотипов в группах спортсменов высокой квалификации, занимающихся различными видами спорта, с уверенностью можно осуществлять и генетический прогноз успешности в группе спортсменов-резервистов.

Представленные в статье результаты генотипирования высококвалифицированных биатлонистов для оценки эффективности их энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности продемонстрировали возможность влияния на практически все этапы подготовки спортсменов высокого класса. Этот пример является иллюстрацией анализа как мирового опыта, так и собственных исследований, по результатам которого нами разработан алгоритм управления процессом отбора спортсменов группы резерва и последующей оптимизации их тренировочного процесса [7, 20].

*На первом этапе* рекомендуется выполнение генотипирования для получения базовых

вой информации о предрасположенности спортсменов к работе скоростно-силового характера или работе на выносливость, а также для оценки потенциала нервной системы. Этот процесс включает следующие операции: анкетирование; буккальный тест (эпителий внутренней поверхности щеки) для забора биоматериала для исследования; выделение ДНК из буккального эпителия; определение полиморфизма по отобранной (в зависимости от поставленной задачи) панели генов методом полимеразной цепной реакции.

В результате тренер получает первичную информацию, которая является основой для дальнейшей работы по отбору и ориентации. При этом генетически обследованные спортсмены разделяются на три группы. На примере исследования полиморфизма гена ACE это распределение может выглядеть следующим образом: первую группу составляют претенденты, которые по генотипу полностью соответствуют виду спорта, например, спортсмены с гомозиготным вариантом полиморфизма II в лыжных гонках и биатлоне; во вторую группу входят спортсмены, у которых обнаружено полное несоответствие, например, претенденты с гомозиготным вариантом полиморфизма DD и третью группу составляют все остальные спортсмены, имеющие гетерозиготный вариант полиморфизма ID. Соответственно, спортсмены второй группы рассматриваются в качестве претендентов в последнюю, а спортсмены первой группы – в первую очередь.

Следует подчеркнуть, что результаты генотипирования не являются строгим противопоказанием к отбору, поскольку успех в различных видах деятельности определяется комплексом способностей, и даже признаки, неблагоприятно влияющие на результаты, могут быть компенсированы высоким уровнем развития других качеств. В этом контексте результаты генотипирования должны оказывать помощь тренерам в выявлении потенциально перспективных спортсменов-юношей, которые не должны быть «потеряны» на начальном этапе.

*На втором этапе* производится оценка спортсменов по медико-биологическим критериям. Во внимание принимаются: состояние здоровья; антропологические особенности (ускоренное-замедленное) развития, функциональные возможности аэробной системы энергообеспечения; данные мышечной

биопсии (в нашей республике не выполняется); уровень специализированных восприятий – комплексных психофизиологических (чувство времени, чувство темпа, чувство развиваемых усилий, чувство снега у лыжников и биатлонистов и т. п.) характеристик; экономичность работы, способность к перенесению нагрузок и эффективному восстановлению; наличие резервных возможностей организма для поддержания, а возможно, и повышения ранее достигнутого уровня адаптации.

*На третьем этапе* выполняется оценка спортсменов по психолого-педагогическим критериям. Во внимание принимается уровень техники выполнения различных специально-подготовительных упражнений.

Например, об эффективности движений в большинстве циклических видов спорта свидетельствует их невысокий темп при большой длине шага и высокой скорости при прохождении коротких отрезков; уровень развития физических качеств (скоростно-силовых, различных видов выносливости, гибкости, координационных способностей) при этом особое внимание уделяется темпам их прироста от одного этапа подготовки к другому; личностно-психические качества – психическая надежность, мотивация, воля, стремление к лидерству и др. Особенно важны такие качества, как устойчивость к стрессовым ситуациям во время соревнований, способность настраиваться на активную соревновательную борьбу, умение мобилизовать силы при острой конкуренции, психическую устойчивость при выполнении объемной и напряженной тренировочной работы, способность контролировать усилия, темп, скорость, направление движений, распределение силы в процессе соревнования, а также умение показывать наивысшие результаты в наиболее ответственных стартах, в окружении сильных соперников.

Окончательное решение о привлечении ребенка к занятиям спортом должно основываться на комплексной оценке по всем перечисленным критериям отбора, а не на учете какого-либо одного или двух признаков.

#### Список литературы

1. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: монография / И.И. Ахметов. – М. : Советскийспорт, 2009. — 268 с.
2. Ahmetov, I.I. Genome-wide association study identifies three novel genetic markers associated with elite endurance performance /



- Ahmetov II, [et al.] // *Biol. Sport* 2015; 32:3-9.
3. Безуглая, В. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: причины, проявления, диагностика, профилактика / В. Безуглая // *Наука в олимпийском спорте*. – 2016. – № 1. – С. 33 – 39.
  4. Манжосов, В.Н. Тренировка лыжника-гонщика / В.Н. Манжосов. – М.: Физкультура и спорт, 1986. – 96 с.
  5. Мищенко, В.С. Функциональные возможности спортсменов / В.С. Мищенко. – Киев: Здоровье, 1990. – 200 с.
  6. Кручинский, Н.Г. Генетические маркеры успешности спортивной деятельности как элемент программы генетического мониторинга по определению профиля спортивной деятельности и индивидуализации тренировочного процесса спортсменов / Н.Г Кручинский [и др.] // *Материалы 3-й научно-практической конференции «Инновационные технологии в подготовке спортсменов»* // Электронная книга в формате PDF – М.: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, 2015. – С. 40-43
  7. Кручинский Н. Г. Программа генетического мониторинга спортсменов группы резерва для определения профиля спортивной деятельности и индивидуализации тренировочного процесса, основанная на результатах ДНК-анализа : методические рекомендации / Н.Г Кручинский [и др.]. – Пинск : ПолесГУ, 2015. – 60 с.
  8. Кручинский Н.Г. Инновационный подход в системе подготовки спортсменов высшего класса в молодежном спорте / Н.Г Кручинский [и др.] // VIII-й Межд. Конгресс «Спорт, Человек, Здоровье» 12-14 окт. 2017 г., Санкт-Петербург, Россия: Матер. Конгр. / Под ред. В.А. Таймазова. – СПб., Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2017. – С. 76-78.
  9. Рыбина, И.Л. Взаимосвязь полиморфизма отдельных генов с переносимостью тренировочных нагрузок лыжников-гонщиков в годичном цикле подготовки / И.Л. Рыбина // *Вестник спортивной науки*. – 2013. – № 4. – С. 45–49.
  10. Рыбина, И.Л. Особенности биохимической адаптации к нагрузкам различной направленности биатлонистов высокой квалификации / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // *Вестник спортивной науки*. – 2015. – № 3. – С. 28–33.
  11. Рыбина, И.Л. Особенности биоэнергетических характеристик мышечной деятельности спортсменов с различными полиморфными вариантами гена ACE / И.Л. Рыбина // *Теория и практика физической культуры*. – 2016. – № 3. – С. 61-65.
  12. Рыбина, И.Л. Метаболические реакции организма высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в условиях соревновательной деятельности / И.Л. Рыбина, Е.А. Ширковец // *Вестник спортивной науки*. – 2016. – № 1. – С. 43–46.
  13. Шепелевич, Н.В. Особенности генетического профиля выносливости у спортсменов-гребцов / Н.В. Шепелевич, Т.Л. Лебедь, С.Б. Мельнов // *Экологический вестник*. – 2013. - № 4(26). – С. 20-24.
  14. European guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice // *European Heart Journal*. – 2012. – Vol. 33. – 1635-1701.
  15. Fischer, H.G. The excretion of 17-ketosteroids and 17-hydroxycorticosteroids in night urine of elite rowers during altitude training / H.G. Fischer [et al.] // *Int. J. Sports. Med.* – 1992. – Vol. 13. – № 1 –. P.15-20.
  16. Jager, M. La mort subite dans la pratique du sport. Commenten reduire l'incidence? / M. Jager // *A. Cardiol. Angeol.* – 1990. –Vol. 39. – P.565-570.
  17. Marije, T. The marvels of elite sports: how to get there? / T. Marije [et al.] // *Br J Sports Med.* – 2011. – Vol 45. – № 9. – P. 683-684.
  18. Maron, B.J. Surviving competitive athletics with hypertrophic cardiomyopathy / B.J. Maron, H.G. Klues // *Am. J. Cardiol.* – 1994. – Vol. 73. – Pt. 15. – № 6. – P. 1098- 1104 .
  19. Tucker, R., Collins M. What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success / R. Tucker, M. Collins // *BJSM Online First*, published on April 25, 2012 as 10.1136/bjsports-2011-090548
  20. Yevdaliuk, S.V. Development of the Athletes recruiting system in cyclic sports based on individual morphofunctional and genetics parameters / S.V. Yevdaliuk [et al.] // 20-th Annual Congress of the ECSS, Malmö – Sweden 24-27 June 2015. – *Book of Abstracts*. – Abstract-ID: 1259.

*Received 26 September 2018*