

9. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта / И.И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.

10. Ахметов, И.И. Применение ДНК-технологий для повышения эффективности фармакологического обеспечения процесса подготовки спортсменов: метод. рекомендации / И.И. Ахметов, А.Г. Тоневицкий. – М.: Изд-во ВНИИФК, 2008. – 40 с.

11. Клиническая фармакогенетика: учеб. пособие / Д.А. Сычев [и др.]; под ред. В.Г. Кукеса и Н.П. Бочкова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 248 с.

12. Нехвядович, А.И. Автоматизированная система «БИОХИМ-ЭКСПЕРТ» как унифицированный метод биохимической оценки физической и функциональной подготовленности спортсменов / А.И. Нехвядович // Научные труды НИИ физической культуры и спорта. – Минск, 2008. – Вып. 8. – С. 138–146.

13. Викулов, А.Д. Реологические свойства крови и функциональное состояние сосудистого эндотелия у спортсменов высокой квалификации / А.Д. Викулов, А. Баранов, С. Багракова // Физиология мышечной деятельности: тез. докл. Междунар. конф. – М.: 2000. – С. 40–41.

14. Мельников, А.А. Возрастной состав эритроцитов и реологические свойства крови у спортсменов / А.А. Мельников, А.Д. Викулов // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 2. – С. 101.

22.10.2012

УДК 575.1/2(476):797.21

ОСОБЕННОСТИ ГЕНОМА БЕЛОРУССКИХ ПЛОВЦОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

А.И. Нехвядович, канд. пед. наук, доцент,

И.Л. Рыбина, канд. биол. наук,

НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь;

А.А. Гилеп, канд. хим. наук,

В.А. Синелев,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси

Аннотация.

Проведен анализ полиморфизма 13 генов: ACE (I/D), BDKRB2 (+9/-9), NOS3 (a/b), NOS3 (G894T), AGT (M235T), AGTR (+11166A>C), AGTN3 (R/X), HIF1A (C/T), PPARA (g/c), PPARG (pro/ala), PPARG CIB (ala/pro), Hр (1/2), CYP (T/C) у 17 спортсменов, специализирующихся в плавании на короткие, средние и длинные дистанции, в возрасте 16–29 лет, имеющих квалификацию МС и МСМК.

Показано, что большинство белорусских пловцов имеют высокие возможности для повышения выносливости при выполнении аэробных нагрузок, проявления скоростно-силовых качеств при плавании на короткие дистанции, быстрого восстановления после высоко напряженных тренировочных нагрузок в тренировочных и соревновательных условиях.

PECULIAR FEATURES OF ELITE BELARUSIAN SWIMMER GENOM

Abstract.

Analysis of polymorphism of 13 genes: ACE (I/D), BDKRB2 (+9/-9), NOS3 (a/b), NOS3 (G894T), AGT (M235T), AGTR (+11166A>C), AGTN3 (R/X), HIF1A (C/T), PPARA

(g/c), PPARG (pro/ala), PPARG CIB (ala/pro), Hp (1/2), CYP (T/C) has been carried out in 17 athletes, specializing in short, middle and long-distance swimming, aged 16-29, having the titles of Masters of Sport, Masters of Sport International Class.

It is demonstrated that the majority of Belarusian swimmers have high potential for increasing their stamina under aerobic loads, demonstrating their speed-power qualities in short-distance swimming, fast recovery after intensive training loads under training and competitive conditions.

Введение.

Актуальность генетических исследований в плавании обусловлена недостаточной результативностью соревновательной деятельности пловцов на международной арене. Это обстоятельство ставит под сомнение существующей системы отбора и подготовки пловцов и указывает на необходимость ее совершенствования. Предполагается, что изучение влияния генетической составляющей на предрасположенность к занятию плаванием позволит прогнозировать закономерности развития физических качеств спортсмена, определить подходы коррекции тренировочных программ спортсменов с учетом их генетического полиморфизма.

Считается, что проявление физических качеств у спортсменов во многом взаимосвязано с наличием полиморфных вариантов различных генов, являющихся маркерами физического развития и функциональных возможностей спортсменов, предрасположенности к работе различной направленности, устойчивости к физическим нагрузкам [1–13]. При этом, полученные в ходе исследований в области молекулярной генетики спорта данные, свидетельствуют о вовлечении в процесс спортивной деятельности множества полиморфных генов, каждый из которых в отдельности вносит лишь небольшой вклад в общее развитие физических качеств человека [13]. На этом основании, молекулярно-генетическая диагностика в спорте должна применяться с использованием максимального числа маркеров и всего лишь как дополнение к уже существующим фенотипическим тестам, используемым в рамках медико-биологического обеспечения физической культуры и спорта.

По данным литературы вероятность достижения высоких результатов в видах спорта, в различной степени направленных на развитие выносливости либо быстроты и силы, повышается с увеличением носительства числа аллелей, ассоциированных с этими качествами [3, 5, 6, 13]. Индивиды с наличием 9 и более аллелей выносливости (какие-либо из NFATC4 Gly160, PPARA rs4253778 G, PPARD rs2016520 C, PPARGC1A Gly482, PPARGC1B 203Pro, PPP3R1 5I, TFAM 12Thr, UCP2 55Val, UCP3 rs1800849 T и VEGFA rs2010963 C аллелей) имеют шансы стать выдающимися стайерами в 3 раза больше, чем носители меньшего числа аллелей выносливости. Индивиды с наличием 3 и более аллелей быстроты/силы (какие-либо из HIF1A 582Ser, PPARA rs4253778 C, PPARG 12Ala, PPARGC1B 203Pro аллелей) имеют шансы стать выдающимися спортсменами в видах спорта, направленных на развитие быстроты и силы в 2,4 раза больше, чем носители меньшего числа аллелей быстроты/силы.

В связи с этим целью исследования являлось оценить особенности полиморфизма генов, установить частоту аллельных вариантов генов у элитных белорусских пловцов для выявления наиболее информативных маркеров, определяющих адаптацию организма к физическим нагрузкам в плавании.

Методы и организация исследований.

В исследовании приняли участие 17 пловцов (11 мужчин и 6 женщин) в возрасте 19–28 лет. На момент получения биоматериала для генотипирования 8 спортсменов являлись мастерами спорта международного класса (МСМК) и 9 – мастерами спорта (МС). В соответствии с характером метаболизма и продолжительностью соревновательной ди-

станции были выделены 3 группы спортсменов: 1 группа – спринтеры, специализирующиеся в плавании на короткие 50 и 100 м дистанциях. Общее время выполнения соревновательных упражнений составляет 22–50 сек. Вторую группу составили средневики (дистанция 200–400 м), где требуется скоростная выносливость, время выполнения упражнений 2–4 мин. Третью группу составляли стайеры – 800–1500 м, где преимущество принадлежит аэробной выносливости, время выполнения упражнений 8–15 мин. Контрольную группу составили 40 человек, не занимающихся спортом (врачи, сотрудники НИИ и их родственники, в возрасте 18–40 лет.

Забор биоматериала для выделения ДНК осуществлялся путем соскоба клеток ротовой полости с помощью стерильных аппликаторов (буккальный тест). Полиморфизм генов определялся с использованием двухпраймерной системы на базе ин-та биоорганической химии (ИБОХ) НАН Республики Беларусь, где для гидролиза ампликонов применялись специфические эндонуклеазы рестрикции. Анализ длин рестрикционных фрагментов продуктов проводился путем электрофоретического разделения в 8 % полиакриламидном геле с последующей окраской бромистым этидием и визуализацией в проходящем ультрафиолетовом свете при помощи трансиллюминатора.

Статистический анализ данных проводили с помощью методов описательной статистики. Значимость различий в частоте аллелей сравниваемых выборок определяли с использованием точного теста Фишера (для малых выборок). Различия считали значимыми при $P < 0.05$.

В качестве маркеров предрасположенности пловцов к выносливости (стайерским дистанциям) использовались полиморфы генов ACTN3 (X), PPARA (g), PPARG (pro), PPARG C1B (ala), HIF1A (C), ACE (I), BDKRB2 (-9), NOS3 (b), NOS3 (G), AGT (M), AGTR1 (A), CYP17 (T), Hр (1). Соответственно в качестве маркеров предрасположенности пловцов к скоростно-силовой работе (спринтерским дистанциям) использовались полиморфизмы генов: ACTN3 (R), PPARA (c), PPARG (ala), PPARGC1B (ala), ACE (D), BDKRB2 (+9), NOS3 (a), NOS3 (T), AGT (T), AGTR1 (C), HIF1A (T), Hр (2), CYP (C).

Выбор генетических маркеров обуславливался их предполагаемым значением для проявления качеств выносливости, силы при выполнении плавательных дистанций. Важность исследования полиморфизма гена ACTN3 обусловлена тем, что он кодирует белок актинин-3, обеспечивающий быстрое сокращение мышечных волокон. В большей степени он экспрессируется в быстрых гликолитических мышечных волокнах (тип II_{d/x}), чем в быстрых окислительных (тип II_a), и совсем не экспрессируется в медленных (тип I) мышечных волокнах. Наличие R-аллеля свидетельствует о присутствии в скелетных мышцах белка актинина-3, что дает преимущество в проявлении скоростно-силовых физических качеств. Наличие X-аллеля свидетельствует об отсутствии белка актинина-3 в скелетных мышцах и указывает на преобладающую роль при мышечной работе медленносокращающихся мышечных волокон, что дает преимущество при длительной работе [3, 5].

Функции генов PPARA (G/C), PPARG (pro/ala) и PPARG C1B (Ala/Pro), вовлеченных в метаболизм мышечных тканей, в основном сходны и определяют обмен жиров и углеводов. У носителей G-аллеля PPARA (GG гомозиготы) окисление жирных кислот в печени, миокарде, скелетных мышцах и других органах происходит намного интенсивнее, чем у носителей C-аллеля. Наличие Pro-аллели гена PPARG коррелирует с высокой активностью липолиза, а Ala-аллеля со снижением его активности. Вследствие подавления липолиза носители Ala-аллеля имеют больший индекс массы тела, чем гомозиготы Pro/Pro [9], труднее теряют вес при переходе на гипокалорийную диету и быстро набирают лишний вес после прекращения соблюдения диеты [5, 8, 10]. Указывается, что наличие аллеля Ala гена PPARG указывает на предрасположенность

к скоростно-силовым видам спорта. Мышцы таких спортсменов в большей степени утилизируют глюкозу благодаря повышенной чувствительности к инсулину, который обладает анаболическим действием на скелетные мышцы, что, возможно, способствует развитию и проявлению скоростно-силовых качеств у спортсменов. Наличие Ala/Ala аллелей PPARG C1B определяет и благоприятствует развитию и проявлению фенотипических признаков выносливости. Последнее подтверждается тем, что у высококвалифицированных стайеров наблюдается высокая частота Ala-аллеля PPARG C1B по сравнению с менее квалифицированными спортсменами.

Функция HIF1A заключается в регуляции экспрессии генов, ответственных за гликолиз и рост сосудов. Активация гена HIF1A происходит только в условиях гипоксии (высокогорье, интенсивные физические нагрузки анаэробного характера) [5, 6]. С-аллель важен в прогнозе развития выносливости. Среди стайеров более высокая частота генотипа CC. Носительство Т-аллеля снижает устойчивость клеток к гипоксии (н-р, за счет экспрессии генов гликолиза). Т.е. 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, она является маркером предрасположенности к занятием видами спорта на развитие быстроты и силы. Обнаружена ассоциация Т-аллеля с низким приростом ПАНО и МПК.

При недостатке кислорода происходит активация гена HIF1A (С/Т), который в свою очередь активирует запуск гипоксия зависимых генов: ACE, NOS3, β 2BDKRB2.

Наличие аллеля I гена АКФ ассоциируется с оптимальным сосудистым тонусом, лучшим доступом кислорода к мышцам, связано с аэробными возможностями, преобладанием медленных мышечных волокон и предрасположенностью к выносливости [5, 11]. Можно полагать, что для пловцов на средние дистанции наличие I-аллеля важно для быстрого срочного и отставленного постнагрузочного восстановления. Аллель D ассоциирован с пониженной концентрацией ангиотензина II, повышенным сосудистым тонусом, сужением просвета сосудов, преобладанием быстросокращающихся мышечных волокон и предрасположенностью к проявлению скорости и силы. В то же время, поскольку аллель D является маркером риска развития инфаркта миокарда, гипертрофической кардиомиопатии и других заболеваний сердечно-сосудистой системы, то пловцы, имеющие гомозиготный генотип DD, составляют определенную группу риска, требующую повышенного медико-биологического контроля [5, 11].

Аллель *b* гена эндотелиальной NO-синтазы (NOS3) – обуславливает более высокий уровень монооксида азота и лучшее кровоснабжение мышечной ткани в условиях длительных нагрузок, связан с высокой активностью эндотелиальной NO синтазы, высокой мощностью ПАНО и благоприятен для работы на выносливость [12]. Наличие *a*-аллеля связано с низкой активностью эндотелиальной NO-синтазы (в связи с быстрой деградацией белка), риском развития сердечно-сосудистых заболеваний (ишемической болезни), низкой мощностью ПАНО, высоким уровнем сердечного выброса при выполнении физических нагрузок средней интенсивности и является неблагоприятной для долгосрочной адаптации в условиях среднегорья. Носительство аллеля G гена эндотелиальной NO-синтазы NOS3 (G894T) связано также с высокой активностью эндотелиальной NO синтазы. Аллель T соответствует уменьшенной концентрации окиси азота в кровяном русле и, соответственно, уменьшенной вазодилатации. Для увеличения содержания NO спортсменам с *a* и T аллелями рекомендуется использовать в соревновательный период комплексы для повышения уровня NO (биодобавки содержащие L-аргинин и т.п.).

Наличие одного или двух Т-аллелей ангиотензиногена (AGT М/Т) AGT по 235-й позиции приводит к существенному повышению уровня ангиотензиногена в плазме, что ведет, в конечном счете, к увеличению содержания ангиотензина-II. По некоторым данным, Т-аллель ассоциирован с гипертрофией левого желудочка у атлетов с гипертрофией левого желудочка у спортсменов и предрасположенностью к спринтерским дисциплинам [1, 5].

Для спортсменов благоприятным является носительство аллели С и неблагоприятным аллелей АА гена рецептора ангиотензина-II 1-го типа (AGTR11166). Последнее может приводить к более, выраженному гипертрофическому ответу клетки в связи с повышенной вазоконстрикцией (сосудосужением) и ассоциировано со скоростно-силовой работой. В связи с этим для увеличения вазодилатации (расширения просвета сосудов) спортсменам с сочетанием Т-аллеля AGT, С-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.

Кроме того, рассмотрен полиморфизм генов являющихся важными для пловцов CYP17 (С/Т), который участвует в реакциях биосинтеза стероидных гормонов в мембранах эндоплазматического ретикулума и ряда стероидогенных органов и тканей, а также гаптоглобина (HP1/HP2), который отражает способности связывать свободный гемоглобин и освобождать его [14, 15].

Результаты исследований и их обсуждение.

Изучены полиморфизмы 13 генов, регулирующих активность нескольких десятков генов, вовлеченных в энергообеспечение мышечной деятельности. Показано, что частота аллелей выносливости преобладает у стайеров и имеет тенденцию к повышению по мере роста спортивной квалификации. Эти факты согласуются с генетической концепцией спортивного отбора и отражают феномен накопления благоприятных для определенной двигательной деятельности аллелей. Результаты исследований представлены в таблицах 1–3.

Индивидуальные данные распределения полиморфизма генов у обследованных пловцов представлены в таблице 1. Они визуально показывают особенности формирование групп аллелей выносливости либо быстроты/силы и позволяют выявлять суммарный вклад (аддитивный эффект) отдельных полиморфизмов генов в развитие и проявление физических качеств у спортсменов в плавании.

Таблица 1 – Генетические маркеры, ассоциированные с предрасположенностью к работе на выносливость, скорость и силу в плавании

Спортсмен	Способ плавания	Дистанция, м	ACE (I/D)	BDKRB2 (+9/-9)	NOS3 (a/b)	Ассоциация с выносливостью, %	Ассоциация со скоростью, силой, %	NOS3 (G894T)	AGT (M235T)	AGTR1 (+1166 A>C)	ACTN3	HIF1A	PPARA	PPARG	PPARGC1B	HP (1/2)	CYP17(T/C)	Ассоциация с выносливостью	Ассоциация со скоростью, силой
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	в/с	50–200	II	+9/-9	bb	25,5	4,5	GG	MT	AA	RX	CC	GG	pro/pro	ala/ala	–	CC	в/ср	н
2	в/с	100–200	DD	-9/-9	bb	15,0	15,0	GG	MM	AA	RX	CC	GC	pro/pro	pro/ala	Hp1Hp2	TC	ср	ср
3	бр	50	ID	+9/+9	bb	13,5	16,5	TG	MM	AA	RX	CC	GG	pro/pro	ala/ala	Hp1Hp2	–	н/ср	ср
4	в/с	50	ID	-9/-9	ab	19,5	10,5	GG	MT	AA	RR	CT	GG	pro/pro	ala/ala	Hp2Hp2	CC	ср	н/ср

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	в/с	1500	ID	+9/+9	bb	13,5	16,5	GG	ТТ*	AA	RR	CC	GC	pro/pro	ala/ala	Hp1Hp2	ТТ*	н/ср	ср
6	бр	100	ID	+9/-9	bb	18,0	12,0	GG	MM	AC	RX	CC	GC	pro/ala	ala/ala	Hp1Hp1	–	ср	н/ср
7	в/с	200	ID	+9/-9	ab	15,0	15,0	TG	MT	AA	RX	CC	GG	pro/ala	ala/ala	Hp1Hp2	CC	ср	ср
8	н/сп	50	ID	+9/+9	bb	13,5	16,5	TG	MM	AC	RR	CC	GG	pro/ala	ala/ala	Hp2Hp2	ТТ*	н/ср	ср
9	в/с	400	ID	+9/+9	ab	10,5	19,5	GG	MT	AC	RX	CC	GC	pro/pro	ala/ala	Hp1Hp2	CC	н/ср	в/ср
10	в/с	100	ID	+9/-9	bb	18,0	12,0	GG	MT	AA	XX	CC	GG	pro/ala	pro/ala	Hp1Hp1*	TC	ср	н/ср
11	в/с	50	ID	+9/-9	bb	18,0	12,0	TG	MM	AA	RR	CC	GG	pro/ala	ala/ala	Hp2Hp2	–	ср	н/ср
12	н/сп	100–200	DD	-9/-9	bb	15,0	15,0	GG	ТТ*	AC	RR	CT	GG	pro/ala	ala/ala	Hp2Hp2	TC	ср	ср
13	в/с	100	DD	+9/-9	bb	10,5	19,5	GG	MM	AA	RX	CC	GG	pro/pro	ala/ala	Hp1Hp2	–	н/ср	в/ср
14	батт	100	DD	-9/-9	bb	15,0	15,0	GG	MT	AA	RR	CC	GG	pro/pro	ala/ala	Hp2Hp2	–	ср	ср
15	к-с	400	DD	+9/+9	ab	3,0	27,0	GG	MT	AC	RR	CC	GC	pro/pro	pro/ala	Hp1Hp2	–	н/ср	выс
16	в/с	50	ID	+9/+9	bb	13,5	16,5	GG	ТТ	AA	–	CC	GC	pro/pro	–	–	–	н/ср	ср
17	н/сп	50	DD	+9/+9	bb	6,0	24,0	GG	MT	AA	–	CC	GG	pro/pro	–	–	–	н	в/ср

Примечания:
1. Жирным шрифтом отмечены генотипы, ассоциированные с проявлением выносливости (плавание на длинные дистанции);
2. Серым шрифтом отмечены генотипы, ассоциированные с предрасположенностью к скоростно-силовым упражнениям (плавание на короткие дистанции);
3. Не отмечены генотипы, ассоциированные с предрасположенностью к плаванию на средние дистанции;
4. в/ср – выше среднего, ср – средняя, н – низкая, н/ср – ниже среднего

В таблице 2 представлены данные, полученные при анализе распределения полиморфизма изучаемых генов у пловцов.

Таблица 2 – Распределение частоты полиморфизма генов у пловцов

Гены	Показатели		Полиморфизм генов	
Полиморфизм генов первостепенной значимости, детерминирующих физические способности				
ACTN3 (R/X)	Генотип	XX	RX	RR
	%	5,88	41,18	52,9
PPARA (G/C)	Генотип	GG	GC	CC
	%	64,71	35,29	–
PPARG (Pro/Ala)	Генотип	Pro/Pro	Pro/Ala	Ala/Ala
	%	64,71	35,29	–
PPARG CIB (Ala/Pro)	Генотип	Ala/Ala	Ala/Pro	Pro/Pro
	%	80,00	20,00	–
HIF1A (C/T)	Генотип	CC	CT	T/T
	%	88,23	11,77	–
Полиморфизм генов вторичной значимости, детерминирующих адаптацию к гипоксии сердечно-сосудистой системы				
ACE (I/D)	Генотип	II	ID	DD
	%	5,88	58,82	35,29
BDKRB2 (+9/-9)	Генотип	-9/-9	+9/-9	+9/+9
	%	23,53	52,94	23,53
NOS3 (a/b)	Генотип	b/b	a/b	–
	%	52,94	47,06	–
NOS3 (G/T)	Генотип	GG	GT	–
	%	82,35	17,65	–
AGT (M/T)	Генотип	MM	MT	TT
	%	35,29	47,06	17,65

Гены	Показатели		Полиморфизм генов	
	Генотип	АА	АС	–
AGTR1 (A/C)	Генотип	70,59	29,41	–
	%			
CYP (T/C)	Генотип	ТТ	ТС	СС
	%	22,22	33,33	44,45
HP (1/2)	Генотип	Hp1/HP1	Hp1/HP2	HP2/HP2
	%	14,3	50,0	35,7

Рассмотрение полиморфизма генов первостепенной значимости, детерминирующих физические способности, показало, что из 17 обследованных пловцов только один явился носителем редкого гомозиготного ХХ-генотипа, что составило 5,88 %.

9 спортсменов (52,94 %) оказались представителями гомозиготного RR-генотипа и еще 7 лиц (41,18 %) – гетерозиготного RX-генотипа гена ACTN3. Смещение распределения генотипов в сторону увеличения частоты генотипов RR, указывающего на наличие в мышечных волокнах II типа полноценного белка α -актинина 3, а вследствие этого и высокой частоты встречаемости гетерозиготного генотипа RX (41,18 %). Этот факт существенно повышает скоростно-силовые качества спортсменов. Следовательно, можно полагать, что высоких спортивных результатов в плавании добиваются спортсмены, имеющие генотипы RR и RX гена ACTN3, тогда как спортсмены с генотипом ХХ существенно ограничены в достижении высоких спортивных результатов. Следовательно, тестирование RR аллеля гена ACTN3, равно как и анализ на наличие генотипа ХХ гена ACTN3, можно рекомендовать в качестве прогностического теста на выявление предрасположенности к скоростно-силовой работе.

Преобладающими являлись полиморфизмы GG, Pro/Pro и Ala/Ala генов PPARA, PPARG и PPARG C1B соответственно. Так, гомозиготный GG-полиморфизм гена PPARA выявлен у 11 обследованных (64,71 %), а гетерозиготный GC-полиморфизм обнаружен только у шести (35,29 %), т. е. почти в 1,5 раза было больше носителей GG генотипа гена PPARA. 80,0 % пловцов явились носителями Ala/Ala полиморфизма гена PPARG C1B.

Кроме того, рассмотрен полиморфизм генов являющихся важными для пловцов CYP17 (C/T), который участвует в реакциях биосинтеза стероидных гормонов в мембранах эндоплазматического ретикулаума и ряда стероидогенных органов и тканей [14, 15], а также гаптоглобина (HP1/HP2), который отражает способности связывать свободный гемоглобин и освобождать его. Выявлено преобладание носителей С-аллели CYP17 (61,11 %) и меньшая встречаемость носительства Т-аллели. По данным [16] выявляется взаимосвязь структурного полиморфизма гена CYP17 (C/T-34) с биохимическими и биоэнергетическими характеристиками человека. В наших исследованиях имело место наличие достоверной корреляции уровня тестостерона, который в значительной мере определяется работой цитохрома P450c17, с полиморфизмом гена CYP17A1 у мужчин. Уровни тестостерона у представителей трех генотипов достоверно различались друг с другом ($P < 0,05$). При переходе от ТТ полиморфизма гена CYP17A1 к СС полиморфизму наблюдалось увеличение уровня тестостерона у спортсменов. Очевидно, наличие С аллели, связанное с более высоким уровнем тестостерона, обладающим анаболическим действием, ассоциировано с преобладанием процессов анаболической направленности. На этом основании можно полагать, что для спринтерского плавания может быть наиболее благоприятным наличие СС-генотипа, а на средние и длинные дистанции – СТ- и ТТ-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 HP1 обладает

более высокой способностью связывать свободный гемоглобин и освобождать его, то спортсмены такого генотипа обладают лучшими возможностями снижать уровень окислительного стресса после гипернагрузок [5]. В связи с этим носители HP1/HP2 генотипа обладают средними, а носители HP2/HP2 – низкими возможностями снижать уровень окислительного стресса. Однако у обследованных пловцов преобладала встречаемость неблагоприятного HP2-аллеля, что, вероятно, является одним из сдерживающих факторов скорости восстановления спортсменов после выполнения высокоинтенсивных тренировочных нагрузок.

При этом, как видно из таблицы 3, наблюдалась общая тенденция к снижению частоты этих аллелей с уменьшением компонента выносливости: чем короче дистанция, на которой спортсмен тренируется, тем ниже частота аллелей выносливости.

Таблица 3 – Распределение частот аллелей генов у пловцов различных групп (специализации) и в контрольной группе

Аллели	Группа пловцов			Контроль
	50–100 м	200–400 м	800–1500 м	
ACE I	91,9	94,4	95,8	91,4
PPARA G	77,4	79,6	86,5	83,5
PPARD C	22,6	20,4	13,5	16,5
PPARG alla	16,1	18,0	11,7	15,2
Все аллели выносливости	64,1	62,5	69,3*	63,9
Все аллели скорости/силы	15,6	14,5	9,8*	13,4

Примечание: * P<0.05, статистически значимые различия между контрольной и группой пловцов

В группе спортсменов, занимающихся плаванием с преимущественным проявлением быстроты и силы (50-100 м, спринтеры), обнаружена высокая частота аллелей скорости/силы по сравнению с контрольной группой (PPARA C аллель: 22,6 % против 16,5 %; PPARG alla аллель: 16,1 % против 15,2 %. Вместе с тем суммарная частота аллелей скорости/силы повышается с увеличением анаэробного компонента: у спринтеров она максимальная (15,6 %), а у стайеров – минимальная (9,8 % против 13,4 % (контрольная группа), P<0.05. При этом необходимо отметить увеличение суммарной частоты аллелей скорости/силы в группе спринтеров с ростом квалификации: у МСМК она почти в два раза выше, чем у МС (21,4 % против 11,1 %). В группе пловцов, тренирующихся как быстроту и силу, так и выносливость (200–400 м, средневики) частоты аллелей выносливости и скорости/силы в основном занимают промежуточное положение между спринтерами и стайерами.

В таблице 4 представлены рекомендуемые дистанции и способ плавания в соответствии с генотипическими особенностями обследованных пловцов.

Таблица 4 – Рекомендуемые дистанции и способ плавания в соответствии с генотипическими особенностями обследованных пловцов

Спортсмен	Используемые на момент обследования		Рекомендуемые в соответствии с генетической предрасположенностью
	дистанция, м	способ плавания	
1	2	3	4
1	50–200	в/с	3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с; 4) 400 к-с, 800-1500 в/с; 5) более 1500 в/с
2	100–200	в/с	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с; 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
3	50	бр	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с

1	2	3	4
4	50	в/с	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с; 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
5	1500	в/с	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с, 400 в/с; 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
6	100	бр	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с 3
7	200	в/с	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с, 400 в/с; 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
8	50	н/сп	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
9	400	в/с	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
10	100	в/с	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
11	50	в/с	2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с, 400 в/с 4) 400 к-с, 800 и 1500 в/с
12	100–200	н/сп	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
13	100	в/с	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
14	100	батт	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
15	400	к-с	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
16	50	в/с	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с
17	50	н/сп	1) 50 в/с, брасс, батт., н/сп; 2) 100 в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и 200 в/с; 3) 200 брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с

Таким образом, показана возможность использования комбинационного подхода (учет генотипов и групп аллелей) при анализе генотипических данных у спортсменов различных специализаций. На основании сочетаний генотипов разных генов существует возможность определения генетических маркеров (самые частые либо уникальные комбинации генотипов), ассоциированных с двигательной деятельностью. С другой стороны, формирование групп аллелей выносливости либо быстроты/силы позволяет выявлять суммарный вклад (аддитивный эффект) отдельных полиморфизмов генов в развитие и проявление физических качеств спортсменов в плавании.

Прогнозирование аэробных и анаэробных возможностей начинающих спортсменов может осуществляться приближенно и только в результате комплексной оценки всей совокупности определенных признаков. Опыт изучения в постгеномный период генетики комплексных признаков, к которым относятся физические качества, свидетельствует о надежности использования молекулярно-генетических маркеров для прогноза физической работоспособности спортсменов. С целью повышения эффективности такого прогноза возникает необходимость создания диагностического комплекса, включающего весь спектр биохимических, физиологических и антропометрических методов, а также полногеномный скрининг локусов, ассоциированных с развитием и проявлением различных физических качеств.

Между тем выявление генетических маркеров, ассоциированных с физической деятельностью, все еще является трудноразрешимой проблемой генетики человека. Основная сложность при решении этой проблемы связана с вовлечением в процесс мышечной деятельности множества полиморфных генов, каждый из которых в отдельности вносит лишь небольшой вклад в общее развитие физических качеств. В результате

многочисленных исследований в области молекулярной генетики физической активности к настоящему моменту выявлено свыше 50 ДНК-локусов, сцепленных с показателями аэробной и анаэробной энергетических систем.

Изучение у пловцов и в контрольной группе полиморфизма 13 генов, регулирующих активность нескольких десятков генов, вовлеченных в энергообеспечение мышечной деятельности, показало, что частоты аллелей выносливости преобладают у стайеров, достигают максимальных значений у высококвалифицированных спортсменов и имеют тенденцию к повышению по мере роста спортивной квалификации. Эти факты согласуются с генетической концепцией спортивного отбора и отражают феномен накопления благоприятных для определенной двигательной деятельности аллелей.

Следует отметить, что анализ отдельно взятых полиморфизмов генов редко позволяет обнаруживать ассоциации с проявлением физических качеств человека, что подтверждает явление множественного характера наследуемости комплексных признаков с преимущественно аддитивным характером действия генов.

Результаты проведенного исследования указывают на возможность создания диагностических комплексов на основе ДНК-технологий для выявления индивидуальной наследственной предрасположенности к занятиям плаванием.

По особенностям энергообеспечения и генетическим характеристикам все виды соревновательных программ плавания можно разделить на 5 групп специализации:

- 1) плавание на 50 м способом в/с, брасс, батт., н/сп, к-с;
- 2) плавание на 100 м способом в/с, брасс, батт., н/сп, к-с и плавание на 200 м в/с;
- 3) плавание на 200 м брасс, батт., н/сп, к-с и 400 в/с;
- 4) плавание на 400 м к-с и 400–1500 способом в/с.
- 5) плавание на дистанции более 1500 м.

Выводы.

1. В плавании достаточно большое количество спортсменов имеют гетерозиготные варианты полиморфизма генов, который определяет оптимальное развитие анаэробной и аэробной выносливости.

2. Высоких спортивных результатов в скоростно-силовых видах спорта добиваются спортсмены, имеющие генотипы RR и RX гена ACTN3, тогда как спортсмены с генотипом XX будут существенно ограничены в достижении высоких спортивных результатов. Следовательно, тестирование RR аллеля гена ACTN3, равно как и анализ на наличие генотипа XX гена ACTN3, уже сегодня можно рекомендовать в качестве прогностического теста на выявление предрасположенности к скоростно-силовой работе.

3. Полученные данные о полиморфизме генов, ассоциированных с выносливостью и скоростно-силовыми качествами у спортсменов в плавании целесообразно использовать при отборе начинающих спортсменов.

4. Анализ отдельно взятых полиморфизмов генов редко позволяет обнаруживать ассоциации с проявлением физических качеств человека, что подтверждает явление множественного характера наследуемости комплексных признаков с преимущественно аддитивным характером действия генов.

5. Одним из наиболее перспективных подходов оценки ассоциации нескольких генов и их взаимосвязи с физической работоспособностью является выявление наиболее часто встречающихся комбинаций генотипов.

6. Важным направлением в спортивной генетике является совершенствование спортивного мастерства: уточнение специализации в выбранном виде спорта, коррекция тренировочных нагрузок, сохранение здоровья спортсменов в процессе адаптации к нагрузкам.

7. Знание генотипических особенностей спортсменов дает возможность тренерам применять дифференцированный подход к организации и проведению тренировочного процесса с учетом генетической предрасположенности спортсмена к выполнению различных физических нагрузок.

Список использованных источников

1. Рогозкин, В.А. Генетическая предрасположенность человека к выполнению физических нагрузок / В.А. Рогозкин // Генетические, психофизиологические и педагогические технологии подготовки спортсменов: Сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 28–42.

2. Гены-маркеры предрасположенности к скоростно-силовым видам спорта / В.А. Рогозкин [и др.] // Теория и практика физ. культуры. – 2005. – № 1. – С. 2–4.

3. Ильин, В.Н. Проблемы и перспективы развития молекулярной генетики физической активности / В.Н. Ильин, С.Б. Дроздовская // Спортивная медицина. – Киев, 2007. – № 2. – С. 10–19.

4. Анализ комбинаций генетических маркеров мышечной деятельности / И.И. Ахметов [и др.] // Генетические, психофизиологические и педагогические технологии подготовки спортсменов: Сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 95–103.

5. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: монография / И.И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.

6. 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.

7. Анализ полиморфизма гена PPARGC1B у спортсменов / И.И. Ахметов [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2009. – Т. 95, № 11. – С. 1247–1253.

8. Генетическая предрасположенность к физической работоспособности у спортсменов-гребцов / А.С. Глозов [и др.] // Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях напряженных физических нагрузок: сб. ст. – М.: ООО «Анита Пресс», 2006. – Вып. 2. – С. 39–51.

9. Masud, S.S. Ye Effect of the peroxisome proliferator-activated receptor- γ gene Pro12Ala variant on body mass index: a meta-analysis / S.S. Masud // Journal of medical genetics. – 2003. – Vol. 40. – P. 773–780.

10. Genetic variation in the peroxisome proliferator-activated receptor-gamma2 gene (Pro12Ala) affects metabolic responses to weight loss and subsequent weight regain / V.J. Nicklas [et al.] // Diabetes. – 2001. – Vol. 50(9). – P.2172–6.

11. Анализ полиморфизма генов ренин-ангиотензиновой системы в популяции Северо-западного региона России, у атлетов и у долгожителей / А.С. Глозов [и др.] // Экологическая генетика. – 2004. – Вып. 4. – С. 40–43.

12. Астратенкова, И.В. Полиморфизм гена эндотелиальной NO-синтазы и физическая активность / И.В. Астратенкова // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов. сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 45–57.

13. Ахметов, И.И. Влияние полиморфизмов генов ACE и BDKRB2 на аэробные возможности спортсменов / И.И. Ахметов // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2010. – № 3 (16).

14. Hanukoglu, I. Steroidogenic enzymes: structure, function, and role in regulation of steroid hormone biosynthesis / I. Hanukoglu // J.Steroid Biochem.Molec.Biol. – 1992. – Vol. 43, –№ 8. – P. 779–804.

15. Lin, C.J. NF-1C, Sp1, and Sp3 are essential for transcription of the human gene for P450c17 (steroid 17alpha-hydroxylase/17,20 lyase) in human adrenal NCI-H295A cells / C.J. Lin, J.W. Martens, W.L. Miller // Mol. Endocrinol. – 2001. – Vol. 15. – № 8. – P. 1277-1293.

16. Структура и функция стероид 17а-гидроксилазы/17,20-лиазы / А.А Гилеп, С.А. Усанов // Биорегуляторы: исследования и применение: под ред. Ф.А. Лахвича. – 2009. – Вып. 2. – С. 192–211.

30.08.2012

УДК 796:01:615(075)

ОТНОШЕНИЕ ТРЕНЕРОВ К ПРОБЛЕМАМ ДОПИНГА В СПОРТЕ

Е.В. Планида, канд. биол. наук,
Национальное антидопинговое агентство

Аннотация.

Работа посвящена изучению отношения тренеров различного возраста и профессиональной квалификации к проблемам допинга в спорте. В социологическом опросе приняли участие 400 респондентов, представители спортивных учебных учреждений и национальных команд Республики Беларусь. Социологическое исследование позволило изучить мнение о допинге, сформированное у белорусских тренеров.

THE SPORT COACHES VIEW ON DOPING PROBLEM

Abstract.

It examines and analyses attitudes to doping in sport from coaches of different age and qualification. 400 respondents from sports educational establishments and national teams of Belarus participated in the survey which allowed to study doping attitudes of Belarusian coaches.

Введение

Повышение статуса спорта в современном мире порождает ряд проблем, среди которых особую тревогу вызывает употребление допинга. Эта проблема актуальна по многим причинам, так как представляет собой угрозу для здоровья спортсменов, разрушает представление о спорте как о честной борьбе, формирует негативное социальное отношение к профессиональному спорту, подрывает престиж страны на международной арене.

Проблему допинга открыто обсуждают лишь на уровне элитных спортсменов, однако в настоящее время допинг затрагивает как элитный, так и детско-юношеский спорт в том числе. И это связано не только с активной подготовкой молодых спортсменов к соревнованиям международного уровня, но и отношением как тренеров, так и спортсменов к допингу. Данный факт не может не вызывать тревогу. Во-первых, долгосрочные негативные последствия применения запрещенных препаратов в данном возрасте выражены гораздо ярче, чем когда организм уже сформировался. Во-вторых, начинающий спортсмен, прибегнувший к допингу, тем самым фактически лишает себя дальнейших стратегических перспектив, т.к. обычные тренировочные средства после этого уже не дают должного эффекта. В-третьих, подобные факты чрезвычайно сильно влияют на имидж спорта в глазах общественного мнения. Так, в некоторых видах спорта тренеры сталкиваются с тем, что большинство родителей вообще отказываются от-