

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО СТАТУСА СПОРСМЕНОВ-ГРЕБЦОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ И ГРЕБЦОВ-ЮНИОРОВ

Т.Л. ЛЕБЕДЬ¹, Н.В. ШЕПЕЛЕВИЧ¹, Н.Г. КРУЧИНСКИЙ¹, С.Б. МЕЛЬНОВ²

¹Полесский государственный университет,

г. Пинск, Республика Беларусь

²РУП «Бел НИЦ "Экология»,

г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Результаты исследований по физиологии спорта за последние десятилетия убедили мировую спортивную общественность в том, что кривая рекордов стремится к максимальной величине, что свидетельствует о приближении к порогу адапционных и функциональных возможностей спортсменов. Данный факт подтверждается и снижением прироста результативности в спортивной деятельности. Предел нарастания таких основных физических качеств, как скорость и выносливость, преддетерминирована генетическими структурами человека, т.е. «спортивной» одаренностью [3, 6, 12, 13].

Считается, что современный спорт не может быть полноценным без введения в него генетических методов исследования, которые, с одной стороны, обязаны способствовать раннему выявлению предрасположенности спортсменов к тому или иному заболеванию, с другой – помогать оценивать спортивную перспективность спортсмена. Так же существует мнение, что успех в видах спорта, ориентированных на выносливость, зависит от числа аллелей генов, ассоциированных с адапционными возможностями сердечно-сосудистой и мышечной систем организма к продолжительным физическим нагрузкам, и чем больше таких аллелей (вариантов генов) у человека, тем у него больше шансов стать элитным стайером («Human Genetics», 08.2009) [11, 14]. Это утверждение совпадает и с результатами многолетнего проекта по Геному Человека (Human Genome Project), опубликованного в «Discovery News» [11-14]. Однако гены сами по себе не статичны и подвергаются изменениям под влиянием множества внутренних и внешних факторов, а здоровье человека целиком только от генетической предрасположенности не зависит. Данный вывод укладывается в современные представления о функциональности генома (гипотеза о функциональности генома С.Е. Павлова, 2000), что и обуславливает интерес ученых к исследованиям механизмов «запуска» работы генов [1, 2, 7].

С учетом вышеизложенного, интерес к исследованию генетических предпосылок к успешности тренировки, особенно кардио-респираторной системы в циклических видах спорта, представляется весьма актуальным. С этих позиций представляется весьма полезным понимание разницы в геномных профилях высококвалифицированных спортсменов мирового класса в видах спорта, требующих высокой выносливости, как по сравнению с людьми, ведущими малоподвижный образ жизни, так и с менее квалифицированными атлетами [13, 15].

Именно этим и обусловлена возможность проведения целенаправленного отбора спортсменов на основе генетических исследований на раннем этапе тренировочного процесса, что обеспечивает выявление наиболее перспективных спортсменов для их последующего профессионального совершенствования [4, 8, 9].

В представленной статье, на примере гребных видов, продемонстрирована возможность именно такого методического подхода, при формировании конкурентно-способного спортивного резерва.

Основная часть. Спортивное значение этих видов спорта определяется прежде всего тем, что в процессе тренировки спортсмен развивает свои физические качества, приобретает жизненно необходимые навыки и умения и специализируется затем в одном из видов гребного спорта с целью достижения наиболее высоких спортивных результатов [3, 4, 15]. При этом как в гребле академической, так и в гребле на байдарках и каноэ необходимо совершать определенный комплекс действий, которые обеспечивают движение лодки. Эти действия обеспечиваются обязательной высокой координацией движений частей тела гребца и должны строго совпадать по времени с отдельными фазами гребного цикла, обеспечивая тем самым наиболее высокий коэффициент полезного действия энергетических затрат спортсмена. Для всех видов гребли очевидны некоторые общие закономерности всех элементов гребного цикла, а именно *циклическости*.

Цикличность – выполнение множества однородных циклов движений, которые приводят к автоматизации действий спортсмена в лодке в процессе тренировки и во время соревнований. Это обеспечивает высокую эффективность действий спортсмена в лодке в целом цикле, а также и в выполнении отдельных элементов гребкового цикла. Спортсмен должен владеть умением варьировать интенсивность своих усилий в зависимости от хода соревновательной борьбы и тактических приемов. Во время выполнения каждого полного цикла происходит поочередное сокращение и расслабление мышц, что обеспечивает высокую работоспособность спортсмена. Такое чередование достигается путем совершенствования нервно-мышечного аппарата человека в процессе длительного занятия гребным спортом. При этом скелетные мышцы человека обладают высокой степенью пластичности в стрессорных условиях различного характера. При выполнении физических нагрузок аэробного, анаэробного или смешанного характера, при иммобилизации конечности, в состоянии растренированности, а также в условиях переменного ускорения изменения в мышечных волокнах должны включать увеличение или уменьшение образования соответствующих белков. В свою очередь, изменения количества и состава белков вызваны преобразованиями, происходящими на уровне ДНК и РНК мышечных волокон. Благодаря последним достижениям в области геномных технологий, сегодня стало возможным понять, каким образом, и в какой степени в мышечных волокнах происходит генная экспрессия, лежащая в основе пластичности скелетных мышц [1, 2, 5].

Тренировки, направленные на развитие выносливости либо скоростно-силовых качеств, представляют собой разные по стимулам внешние воздействия, которые приводят к специфическим структурным и метаболическим сдвигам в клетках скелетных мышц. Установлено, что при тренировке на выносливость, повышается способность мышц к окислению липидов и углеводов, увеличивается содержание миоглобина, гликогена и триглицеридов в мышечных волокнах, увеличиваются размеры и количество митохондрий, количество капилляров, приходящихся на одно мышечное волокно, повышаются способности митохондрий к окислительному ресинтезу АТФ, увеличивается использование липидов как энергетического топлива, происходит избирательная гипертрофия медленных мышечных волокон, а также незначительная трансформация быстрых мышечных волокон в медленные, что в итоге повышает аэробные возможности организма [1, 5, 6]. С другой стороны, тренировочные занятия, направленные на развитие силы, мощности или скорости, оказывают незначительное влияние на аэробные возможности. Адаптация же к спринтерской и силовой тренировке происходит за счет значительного увеличения площади анатомического поперечника скелетных мышц, повышения содержания креатинфосфата и гликогена, а также гликолитических способностей, улучшения буферных свойств мышц и снижения митохондриальной плотности, что приводит к повышению силы и способности к выполнению физических упражнений высокой интенсивности [1, 2, 11-14].

В качестве молекулярных маркеров, отражающих степень стрессоустойчивости к физическим нагрузкам, эффективность работы сердечнососудистой системы и системы энергообеспечения, предeterminирующих основные физические (выносливость, сила, быстрота) качества, нами были выбраны полиморфные локусы I/D гена ACE, Thr174Met гена AGT, Gly482Ser гена PPARGC1A, S/L гена 5HTT [9, 10, 14].

Ген ACE локализован в 17 хромосоме, кодирует аминокислотную последовательность ангиотензин-превращающего фермента, катализирующего протеолитическое расщепление ангиотензина I в ангиотензин II. В случае генотипа DD концентрация АПФ 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.

Ген AGT локализован в 12 хромосоме, кодирует белок ангиотензиноген, предшественник ангиотензина. Нуклеотидная замена тимина на цитозин приводит к аминокислотной замене метионина на треонин в 235 положении белка, сопровождающейся увеличением концентрации ангио-

тензина. Суммарный эффект замены заключается в сужении сосудов, повышению артериального давления даже в состоянии покоя. При выполнении интенсивных физических нагрузок возможно развитие гипертрофии левого желудочка. Гипертрофический эффект отмечается и в скелетной мускулатуре, что является признаком прироста силового компонента у спортсменов. Таким образом, аллель С является маркером силы.

Ген *PPARGC1A* локализован в 4-й хромосоме и кодирует аминокислотную последовательность альфа-коактиватора гамма-рецептора, активируемого пролифераторами пероксисом, являющегося транскрипционным коактиватором множества транскрипционных факторов ядерных рецепторов, таких как PPAR α , PPAR γ , PPAR δ , TFAM, α - и β -рецепторов эстрогена. Ген экспрессируется в мышечной, жировой и сердечной тканях. Ген экспрессируется в мышечной, жировой и сердечной тканях. PPARGC1 α вовлечен в активацию термогенеза за счет увеличения потока протонов, увеличение количества митохондрий и их окисляющей способности, приращение соотношения медленных волокон, повышение секреции инсулина и, соответственно, окисления жиров и уровня свободных жирных кислот, а также снижение массы жировой ткани за счет снижения размеров адипоцитов.

Ген *5HTT* кодирует белок-переносчик серотонина. В случае более длинного полиморфного участка L обнаружена высокая транскрипционная активность. Соответственно, в случае короткого аллеля S эффективность обратного захвата серотонина значительно снижена, что сопровождается повышением содержания серотонина, увеличивая устойчивость к стрессу.

В исследовании приняли участие 146 спортсменов-гребцов высокой (МС и МСМК) квалификации и 41 спортсмен-юниор, учащийся училища олимпийского резерва (КМС). Забору материала предшествовала процедура информирования на предмет исследования и письменного подтверждения согласия на участие в исследовании [9].

Типирование полиморфизма генов I/D гена ACE, Thr174Met гена AGT, Gly482Ser гена PPARGC1A, S/L гена 5HTT проводилось с помощью ПЦР с последующей обработкой амплификата эндонуклеазами рестрикции (Nla III, Msp I). Визуализация результатов генотипирования проводилось с использованием УФ-трансиллюминатора системы гель-документирования (Vilber laurmat, 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 [1, 2, 12].

Статистическую обработку полученных цифровых данных проводили с помощью компьютерных программ Statistica v. 8.0 для «Microsoft Excel 2007». При проведении попарного сравнения частот аллелей и генотипов между анализируемыми группами использовали критерий χ^2 с поправкой Йейтса или точный критерий Фишера. Различие двух сравниваемых величин считали статистически значимыми при достижении $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В более ранних наших исследованиях [10] было установлено статистически значимое различие в распределение генотипов и аллелей в группах спортсменов-гребцов ($n=180$) и людей, не занимающихся профессионально спортом ($n=138$), которое позволило определить панель маркеров, ассоциированных с цикличной деятельностью в гребных видах спорта (I/D ACE, Thr174Met AGT, A1166C AT2R1, Gly482Ser PPARGC1A, L/S 5HTT, T102C 5HTT).

Апробация панели генетических маркеров в группе юных гребцов позволила детализировать и учесть индивидуальные особенности спортсменов, не вскрытые в результате стандартных мероприятий по обеспечению спортивного отбора. Так, анализ генетического статуса юниоров, в сравнении с таковым у гребцов высокого уровня не выявил статистически значимых различий в распределении генотипов и аллелей генов ACE ($\chi^2=2,81$ $p>0,05$; $\chi^2=1,70$ $p>0,05$), AGT ($\chi^2=1,58$ $p>0,05$; $\chi^2=0,85$ $p>0,05$), что подтверждает эффективность спортивного отбора с использованием ДНК-анализа, примененного в группе юниоров (рисунок).

Однако в группе высококвалифицированных спортсменов чаще встречались аллель Ser ($\chi^2=8,73$ $p<0,05$) и генотипы GlySer и SerSer ($\chi^2=19,73$ $p<0,05$) гена PPARGC1A, обуславливающие генетическую детерминацию антропометрических характеристик, развитие которых, по видимому, достаточно индивидуально и слабо прогнозируемо в определенные периоды физического развития организма. Немаловажным является превалирование в этой же группе генотипа SS гена 5HTT ($\chi^2=13,3$ $p<0,05$), ассоциированного с точной ориентацией во времени, низкими значениями негативизма и раздражительностью.

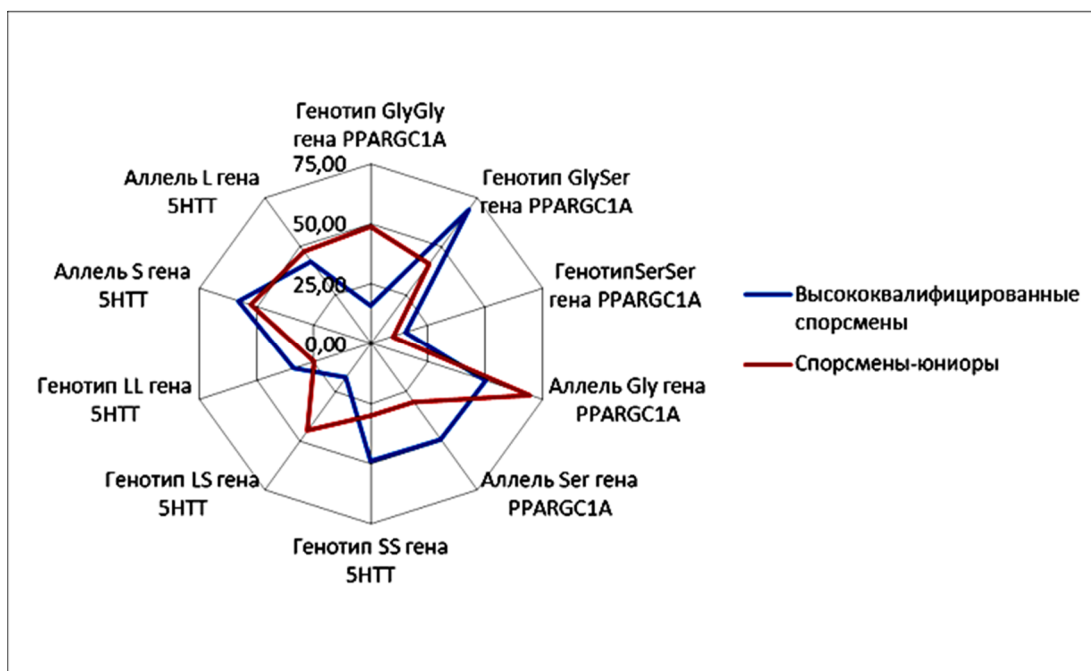


Рисунок – Распределение генотипов и аллелей полиморфизма генов PPARGC1A и 5HTT у спортсменов-гребцов

Определив различия в распределении генотипов в группах спортсменов высокой квалификации, занимающихся различными видами спорта, с уверенностью можно осуществлять генетический прогноз успешности в группе спортсменов-юниоров.

Заключение. Результативность в спортивной деятельности является симбиозом средовых воздействий и генетически обусловленных свойств и качеств человека. Зная генетически детерминированные в пределах нормы реакции размеры тела, его пропорции и под воздействием высоких физических нагрузок, организм спортсмена способен достигать высокой результативности.

Установление генетического потенциала каждого спортсмена позволяет определить или уточнить молекулярные механизмы наследования как физических, так и психических качеств человека, что, в свою очередь, расширяет теоретико-методическую базу процесса спортивной подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов, И.И. Ассоциация полиморфизмов генов-регуляторов с аэробной и анаэробной работоспособностью спортсменов / И.И. Ахметов [и др.] // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2007. – Т.93. – С.837–843.
2. Ахметов, И.И. Ассоциация полиморфизма гена митохондриального транскрипционного фактора (TFAM) с физической работоспособностью спортсменов / И.И. Ахметов [и др.] // Физиол. чел. – 2010. – Т. 36. – № 2. – С. 121–125.
3. Верлина, Е.В. Спортивный отбор в гребле на байдарках и каноэ / Е.В. Верлина, И.Н. Маслова // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 3. – С. 29–32.
4. Давыдов, В.Ю. Комплексная оценка спортивного потенциала юных гребцов / В. Ю. Давыдов, А. В. Петряев, И. В. Клешнев // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. – 2006. – № 2. – С. 14–18.
5. Дикхут, Г.Г. Генетика и пределы человеческих возможностей / Г.Г. Дикхут // Наука в олимпийском спорте. – 2004. – 2. С.56–64.
6. Ильин, В.Н. Проблемы и перспективы развития молекулярной генетики физической активности / В.Н. Ильин, С.Б. Дроздовская // Спортивная медицина. 2007. – 2. – С.10–19.
7. Каллаур, Е.Г. Оценка генотипа и функционального состояния спортсменов при отборе в греблю на байдарках и каноэ: монография / Е.Г. Каллаур, В.В. Шанторович; М-во образования Респ. Беларусь, Мозыр. гос. пед. ун-т. – Мозырь : МГПУ, 2014. – 76 с.
8. Кручинский, Н. Г. Генетические маркеры успешности спортивной деятельности как элемент программы генетического мониторинга по определению профиля спортивной деятельности и индивидуализации тренировочного процесса спортсменов : материалы 3-й научно-практической

конференции «Инновационные технологии в подготовке спортсменов» / Н.Г. Кручинский [и др.] // Электронная книга в формате PDF – М.: ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, 2015. – С. 40–43.

9. 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.

10. Шепелевич, Н.В. Особенности генетического профиля выносливости у спортсменов-ребцов / Н.В. Шепелевич, Т.Л. Лебедь, С.Б. Мельнов // Экологический вестник. – 2013. – №4 (26). – С. 20–24.

11. Павлов, С.Е. Гипотеза о функциональности генома в свете внедрения генетических исследований в практику спорта : материалы II-й Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции «Спортивная медицина. Здоровье и физическая культура. Сочи 2011», 16–18 июня 2011 года // под. общ. ред. С.Е. Павлова – Сочи, 2011.

12. Ahmetov, I.I. et al. Genome-wide association study identifies three novel genetic markers associated with elite endurance performance / I.I. Ahmetov [et al.] // Biol. Sport. – 2015. – Vol. 32(1). – P. 3–9.

13. Rankinen, T. No Evidence of a Common DNA Variant Profile Specific to World Class Endurance Athletes / T. Rankinen [et al.] // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11(1): e0147330. doi:10.1371/journal.pone.0147330.

14. Ross Tucker What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success / Ross Tucker, Malcolm Collins // Br. J. Sports Med. – 2012. – Vol. 46. – P. 555-561.

15. 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, Malmo – Sweden 24-27 June 2015. – Book of Abstracts. – Abstract-ID:1259.

COMPARATIVE ANALYSIS OF GENETIC STATUS OF HIGHLY QUALIFIED SPORTSMEN-ROWERS AND JUNIOR ROWERS

T.L. LEBED, N.V. SHEPELEVICH, N.G. KRUCHYNSKY, S.B. MELNOV

Summary

The article presents comparative studies of the genetic status of the rowers of high qualification (146 athletes) and rowers-juniors (41 athletes). It is shown that the use of DNA analysis and current panel of genetic markers in the selection system in rowing allow you to drill down and consider the individual characteristics of the athletes, not opened as a result standard measures of sport selection.

Identification of differences in the distribution of genotypes in the group of athletes-rowers with high qualification allows with high probability to carry out genetic prediction of success in the group of Junior athletes.

Статья поступила 4 апреля 2016г.