

ЛЕБЕДЬ Татьяна Леонидовна

*Полесский государственный университет,
Пинск, Республика Беларусь*

МЕЛЬНОВ Сергей Борисович, д-р биол. наук, профессор

*Белорусский государственный университет физической культуры,
Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА УРОВНЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СПОРТСМЕНОВ-ГРЕБЦОВ

Цель исследования – провести оценку индивидуального генетического потенциала спортсменов-ребцов высокой спортивной квалификации с целью оптимизации тренировочного процесса с учетом потенциала сердечно-сосудистой системы.

Методы и организация исследования. Когорта обследованных (спортсмены-ребцы) включала группу спортсменов-байдарочников (154 человека) высокой квалификации и группу спортсменов-академистов (61) высокой квалификации. Построение индивидуального генетического профиля проводили методом подсчета общего генетического балла.

Результаты исследования. В представленной статье на примере гребных видов спорта, существенно различающихся по базовым требованиям к спортсмену, продемонстрированы возможности методического подхода, позволяющего раскрыть индивидуально генетический потенциал спортсмена и соотнести его с выбранной тактикой тренировочного процесса. Данный подход ориентирован на достижение максимальных результатов спортсменом, а также на сохранение спортивного долголетия.

Заключение. Ремоделирование структурных элементов сердца под воздействием физической нагрузки необходимо предотвращать путем корректировки тренировочного процесса в соответствии с типом «генетически преддетерминированного» вида энергообеспечения.

Ключевые слова: циклическая деятельность; выносливость; генопрофилрование; генетический маркер; сердечно-сосудистая система; генетический потенциал; спорт высших достижений.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF GENETIC POTENTIAL OF ATHLETES-ROWERS

The purpose of the study was to conduct the assessment of an individual genetic potential of highly qualified athletes-rowers.

Methods and organization of research. The cohort of the surveyed athletes included a group of highly qualified kayakers (154) and a group of highly qualified rowers (61). The construction of an individual genetic profile was carried out by calculating the total genetic score.

The results of the study. The presented article on the example of rowing sports, which differ significantly in the basic requirements for the athlete, demonstrates the possibilities of a methodical approach that allows to reveal the individual genetic potential of an athlete and correlate it with the chosen tactics of the training process. This approach is aimed at achieving maximum results by the athlete, as well as at maintaining sports longevity.

Conclusion. Remodeling of the structural elements of the heart under the influence of physical activity must be prevented by adjusting the training process in accordance with the type of «genetically determined» type of energy supply.

Keywords: cyclic activity; endurance; gene profiling; genetic marker; cardiovascular system; genetic potential; elite sport.

Введение. Немалую долю всех видов спортивной деятельности составляют циклические виды спорта, в которых проявляется преимущественно выносливость (плавание, скандинавская ходьба, биатлон, все виды гребли, лыжные гонки, легкая атлетика, конькобежный спорт, триатлон, велосипедный спорт, шорт-трек), а также наблюдается периодическое (циклическое) повторение движений. Ритмический

двигательный рефлекс осуществляет автоматический контроль за двигательной активностью, обладающей специфическими признаками, характерными для циклических упражнений:

– многократное повторение одного и того же цикла, состоящего из нескольких стадий;

– последовательное повторение всех стадий, составляющих один цикл;

– стадия цикла, которой заканчивается данный цикл, является начальной стадией последующего цикла [1, 2].

Таким образом, успешность в циклической деятельности будет определяться максимальной скоростью совершаемой работы в сочетании с максимальной продуктивностью физической силы. В то же время отдельные виды деятельности отличаются вариабельностью по базовым характеристикам в связи с различающимися дистанциями, особенностями старта и т. д., а это, в свою очередь, позволяет предположить и возможную изменчивость оптимального генетического профиля спортсмена.

Современные методики первичного спортивного отбора включают в себя медицинский осмотр, динамику и контроль весо-ростового индекса и иных антропометрических показателей (например, длину нижних конечностей), тестирование и оценку прироста развития специальной выносливости, прогнозирование спортивной одаренности и перспективности занятий конкретным видом спорта. Однако эти методики позволяют оценить только текущие фенотипические характеристики, т. е. внешние признаки организма на данном этапе онтогенеза, формирующиеся под влиянием внешней среды, в том числе тренировочного процесса, и могут варьировать в пределах нормы реакции, определяемой его геномом.

В настоящее время научной основой спортивного отбора и спортивной ориентации является поиск современных методов, раскрывающих наследственные признаки и характеристики человека. Так, в работах Bray et al., 2009 [3] описано более двух сотен молекулярно-генетических маркеров, ассоциированных со спортивной успешностью. Определение генетического потенциала каждого спортсмена позволяет выявить или уточнить молекулярные механизмы наследования как физических, так и психических качеств человека, что, в свою очередь, расширяет

теоретико-методическую базу процесса спортивной подготовки [4, 5].

Методы и организация исследования. Главным преимуществом молекулярно-генетического метода является высокая информативность при оценке потенциала развития физических качеств и возможность осуществления ранней диагностики профзаболеваний. Особое внимание следует уделять генетически обусловленным профильным качествам и способностям спортсмена в конкретном виде спорта. К их числу следует отнести быстроту и силу, антропометрические показатели, способность к максимальному потреблению кислорода, работу нейромедиаторных и сердечно-сосудистых систем, продолжительность и качество восстановительных процессов после выполнения значительных тренировочных нагрузок и в том числе энергетические особенности организма.

В данном исследовании приняли участие 2 группы спортсменов:

1 – группа спортсменов, занимающихся греблей на байдарках и каноэ (154), высокой квалификации (КМС – 44, МС – 98, МСМК – 12);

2 – группа спортсменов, занимающихся академической греблей (61), высокой квалификации (КМС – 16, МС – 40, МСМК – 5).

Отбору биологического материала для последующего исследования и анализа предшествовала процедура информирования на предмет исследования и подписания письменного информированного согласия на участие. Генотипирование осуществлялось по стандартным методикам, с использованием различных вариантов полимеразной цепной реакции.

По результатам генотипирования проводили генопрофилирование, т. е. давали комплексную оценку генетического статуса спортсмена. Для оценки индивидуального генопрофиля использовали метод подсчета генетического балла. Гомозигот-

ному благоприятному генотипу присвоили 2 балла, гетерозиготному – 1 балл, гомозиготному неблагоприятному варианту генотипа – 0 баллов. Для каждого обследуемого в процентном соотношении подсчитывалось значение суммарного генетического балла (ОГБ), для этого все баллы по изученным полиморфным системам генов суммировались и делились на максимальное число баллов по всем исследованным полиморфным системам.

Результаты исследования и их обсуждение. Несмотря на большое количество научных публикаций по спортивной генетике, актуальными остаются исследования по идентификации генетических маркеров спортивной успешности в конкретных видах спорта, включая и циклические виды спорта. Так, нами ранее [6] установлено, что при первичном отборе в секции по циклическим видам спорта можно использовать анализ следующих полиморфных маркеров: I/D гена ACE, Thr174Met гена AGT, G2528C гена PPARA, Gly482Ser гена PPARGC1A, +294T/C гена PPARD, C102T гена 5HT2A, L/S гена 5HTT. Однако различная специализация, даже в пределах циклических видов спорта, диктует необходимость уточнения оптимального генетического профиля для конкретных задач.

Общеизвестно, 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).

Сердечно-сосудистая система спортсмена (ССС) обеспечивает высокую работоспособность, позволяющую ему выполнять интенсивные и длительные фи-

зические нагрузки, и чаще всего страдает при неверной тренировочной нагрузке. Систематические спортивные тренировки приводят к комплексной структурно-функциональной перестройке данной системы: функциональным изменениям в работе и морфологической перестройке аппарата кровообращения. Лимитирующие факторы, определяющие генетический потенциал спортсмена, обусловлены интенсивностью кровотока по капиллярам и производительностью сердца, обеспечивающими эффективный и достаточный перенос кислорода из эритроцита к митохондриям мышечных клеток. Регулярные и интенсивные физические нагрузки подвергают сердце перенапряжениям. Выявление генетических особенностей позволяет тренеру распознавать резервные возможности и предельную норму реакции на физические нагрузки, а также глубже осознавать важности систематического врачебного контроля с целью предупреждения и профилактики нарушений функционального состояния, повреждений миокарда и т. д.

Исследование полиморфных локусов генов, определяющих работу сердечно-сосудистой системы (I/D гена ACE, Thr174Met гена AGT, A1166C гена AT2R1, +9/-9 гена BDKRB2), позволило установить следующее распределение аллелей в исследуемых группах (рисунок 1).

Наименее благоприятным является сочетание наличия аллелей Met гена AGT, D гена ACE, C гена AT2R1, аллель +9 гена BDKRB2, что обеспечивает значительное повышение уровня ангиотензиногена, циркулирующего ангиотензин-превращающего фермента, и, соответственно, ангиотензина II, а также повышенную экспрессию рецепторов к ангиотензину II 1-го типа, а также риском развития гипертрофии миокарда левого желудочка в ответ на физические нагрузки в течение 10 недель [7]. Такому сочетанию аллелей можно присвоить численное значение 0 баллов.

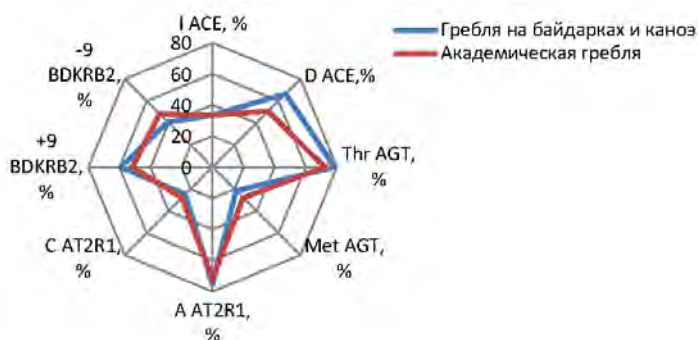


Рисунок 1. – Особенности генетического профиля у гребцов различной специализации

Установленное распределение генотипов выявило преобладание благоприятных аллелей Thr гена AGT, аллеля A гена AT2R1, аллеля – 9 гена BDKRB2 и неблагоприятного аллеля D гена ACE. Распределение ОГБ в исследуемых группах представлено на рисунке 2.

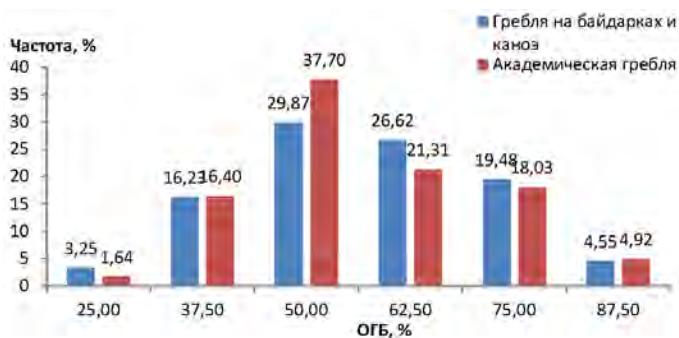


Рисунок 2. – Распределение аллелей генов сердечно-сосудистой системы у гребцов различной специализации

Так максимальное значение ОГБ полигенного профиля ССС составило 87,50 % у 4,55 % (n=17) спортсменов-байдарочников и у 4,92 % (n=3) у спортсменов-академистов. Высокие значения ОГБ (50,00–87,50 %), обусловленные определенным сочетанием аллелей, предопределяют смешанный тип энергообеспечения мышечной деятельности, высокую эффективность скелетных мышц, преобладание медленных мышечных волокон, лучшие показатели восстановления ЧСС после нагрузки, высокое насыщение артериальной крови кислородом, а также периферических тканей во время физической нагрузки.

Сниженное значение ОГБ, обусловленное присутствием в геноме неблагоприятных аллелей, преддетерминирует повышенную активность ренин-ангиотензин-альдостеро-

новой системы (РААС) и обеспечивает превалирование быстрых мышечных волокон, а также такие физические качества, как скорость, сила, быстрота, прирост взрывной силы и скоростные качества в ответ на анаэробные нагрузки, однако при длительных нагрузках провоцирует гипертрофию сердца, риск развития «спортивного сердца». То есть влияние функционального стресса и стресс-реакции при РААС может проявиться в выраженном гипертрофическом ответе клетки, ремоделировании миокарда, потенцировании экспрессии генов РААС.

Таким образом, у большинства спортсменов-байдарочников (n=124, 80,52 %) и спортсменов-академистов (n=50, 81,96 %) отмечается генетическая предрасположенность к адекватной и устойчивой при физических нагрузках деятельности сердечно-сосудистой системы (ОГБ ≥ 50,00 %).

Процессы энергообеспечения тренировочной и соревновательной деятельности моделируют активность генов семейства PPARs и регулируют экспрессию генов, участвующих в процессе стероидогенеза, ангиогенеза, ремоделирования тканей, регуляции клеточного цикла, апоптоза и метаболизма липидов и углеводов, что обусловлено их

способностью специфически связываться с промоторами генов жирового и углеводного обменов и тем самым регулировать их транскрипцию, причем экспрессия различных типов PPARs является тканеспецифичной [8].

В результате генетического анализа определено распределение генотипов и аллелей полиморфных вариантов генов PPARA (G2528C), PPARD (+294 T/C), PPARGC1A (Gly428Ser) в исследуемых группах спортсменов-гребцов (рисунок 3).



Рисунок 3. – Особенности генетического профиля процесса энергообеспечения у гребцов различной специализации

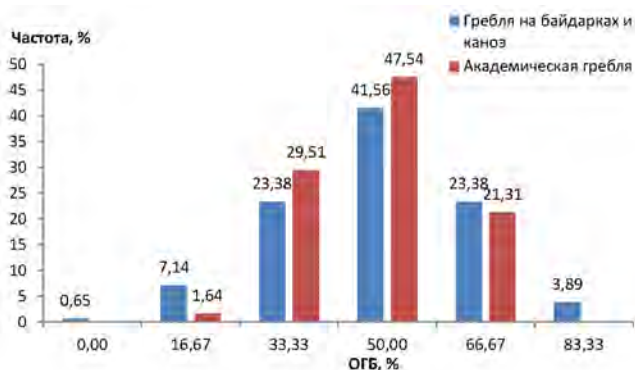


Рисунок 4. – Количественное распределение аллелей генов процесса энергообеспечения у гребцов различной специализации

Для построения генетического профиля процесса энергообеспечения были использованы результаты генотипирования полиморфных локусов генов PPARA, PPARD, PPARGC1A. Наименее благоприятным является сочетание наличия аллелей Т гена PPARD, Ser гена PPARGC1A, С гена PPARA. Максимальное количество баллов, характеризующее наиболее эффективное энергообеспечение, составило 6.

Установленное распределение генотипов выявило преобладание благоприятного аллеля G гена PPARA, неблагоприятного аллеля Т гена PPARD, а также равноценный вклад аллелей Gly и Ser гена PPARGC1A. Распределение ОГБ в исследуемых группах представлено на рисунке 4.

Очевидно, что у большей части спортсменов в исследуемых группах (68,83 % (n=105) и 68,85 % (n=42)) процессы энергообеспечения протекают достаточно эффективно (ОГБ 50,00–83,33 %), что вполне объяснимо высоким уровнем их спортивной квалификации. Максимальное значение ОГБ составило 83,33 % у 3,89 % (n=6) спортсменов-байдарочников. Высокие значения ОГБ предрасполагают к развитию выносливости, т. е. к обеспечению энергией за счет аэробных путей ресинтеза АТФ. Более того, для данных гребцов характерен максимальный прирост показателей выносливости в ответ на тренировки аэробной направленности.

Спортсмены-гребцы с ОГБ ниже 50,00 %, обладают таким сочетанием аллелей, которое обеспечивает преобладание эффективного анаэробного процесса энергообеспечения при физической нагрузке, что может компенсироваться особенностями антропогенетического статуса (повышенные длинные размеры тела и конечностей).

Заключение. Спортивная генетика – это быстроразвивающаяся область генетики и медицины. Она обеспечивает научно обоснованный от-

бор молодых, перспективных, здоровых спортсменов, определяя наследственную предрасположенность не только к тому или иному виду спорта, но и к каким-либо заболеваниям. Это позволяет объективно оценить возможности спортсмена (генетический потенциал) и риск «большого спорта» для его здоровья.

Оценка генетического потенциала спортсмена носит комплексный подход, одной из сторон которого является оценка «генетических возможностей» работы сердечно-сосудистой системы и процесса энергообеспечения. Так, ремоделирование структурных элементов сердца (увеличение мышечной массы левого желудочка, толщины его стенки и размер камеры) под воздействием физической нагрузки необходимо предотвращать путем корректировки тренировочного процесса в соответствии с типом «генетически преддетерминированного» вида энергообеспечения.

В настоящей работе на примере гребных видов спорта продемонстрирован методический подход, позволяющий раскрыть индивидуально генетический потенциал спортсмена, соотнести его с выбранной тактикой тренировочного процесса. Данный подход ориентирован на достижение максимальных результатов

спортсменом, а также на сохранение спортивного долголетия.

Установлено, что, несмотря на то, что у большинства гребцов общий генетический балл был достаточно высок, генетический статус отдельных систем организма варьировал в широких пределах. Так, например, в отношении энергообеспечения, где ведущую роль играют гены семейства PPARs, установлено выраженное преобладание аллеля G гена PPARA, неблагоприятного аллеля T гена PPARD, а также равновесная распространенность аллелей Gly и Ser PPAGC1A. У большинства обследованных ОГБ существенно превышал порог в 50 %. В то же время у успешных спортсменов с ОГБ меньше 50,00 % превалирование анаэробных процессов в организме компенсировалось длинотными особенностями фенотипа, обеспечивающими дополнительные преимущества носителям и характеризующиеся высокой степенью наследования ($H \geq 80$ %). Представленные данные еще раз подчеркивают необходимость комплексного подхода, учитывающего фенотипический статус, для прогнозирования спортивной успешности гребцов и широкого внедрения новых не механистических (ОГБ) математических моделей, учитывающих взаимодействие генов.

1. Губа, В. П. Методы математической обработки спортивно-педагогических исследований : учеб.-метод. пособие. / В. П. Губа, В. В. Пресняков. – М. : Человек. – 2015. – 288 с.

2. Иорданская, Ф. А. Компьютерные тесты в мониторинге функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов в процессе тренировочных мероприятий : науч.-метод. пособие / Ф. А. Иорданская. – М. : Спорт. – 2019. – 74 с.

3. Bray, M. S. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006–2007 update / M. S. Bray, J. M. Hagberg, L. Perusse // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2009. – Vol. 41, № 1. – P. 35–73.

4. Сравнительный анализ генетического статуса спортсменов-гребцов высокой квалификации и гребцов-юниоров / Т. Л. Лебедь [и др.] // *Здоровье для всех* : науч.-практ. журнал. – 2016. – № 1. – С. 51–55.

5. Лебедь, Т. Л. Молекулярно-генетическое типирование полиморфизмов: генетический прогноз антропометрических характеристик спортсменов-гребцов : метод. рекомендации / Т. Л. Лебедь, С. Б. Мельнов. – Пинск : ПолесГУ, 2016. – 25 с.

6. Мельнов, С. Б. Молекулярно-генетические аспекты спортивной успешности в циклических видах спорта / С. Б. Мельнов, Т. Л. Лебедь, Е. Б. Комар // *Наука и спорт : современные тенденции.* – 2020. – Т. 8, № 2. – С. 67–76.

7. Ahmetov, I. I. Current Progress in Sports Genomics / I. I. Ahmetov, O. N. Fedotovskaya. – *Adv Clin Chem.* – 2015. – P. 247–314.

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