

26. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н.М. Пейсахов [и др.]; под ред. В.М. Шадрина. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1976. – 238 с.

10.04.2012

УДК 575.174.015.3+796.92

АССОЦИАЦИИ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ, СВЯЗАННЫХ С ВЫНОСЛИВОСТЬЮ, С ПЕРЕНОСИМОСТЬЮ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ПОДГОТОВКИ

Рыбина И.Л., канд. биол. наук,

НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь;

Листопад И.В., канд. пед. наук,

Белорусский государственный университет физической культуры;

Гилеп А.А., канд. хим. наук, доцент,

Институт биоорганической химии НАН Беларуси;

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

НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь

Аннотация.

В статье представлены результаты исследования ассоциации переносимости тренировочных нагрузок в годичном цикле подготовки с полиморфизмом генов, связанных с выносливостью, в лыжных гонках. В числе генетических маркеров использован полиморфизм генов, кодирующих компоненты ренин-ангиотензиновой системы (BDKRB2, NOS3, AGT, AGTR1, ACE), а также полиморфизм гена CYP17A1, связанный с работой цитохрома P450c17. В исследовании приняли участие 8 высококвалифицированных лыжников-гонщиков, имеющих квалификацию мастера спорта международного класса (МСМК). Проведено 239 обследований (112 – мужчины и 127 – женщины). Полученные данные ассоциации ответа организма спортсмена с генетическим полиморфизмом позволяют координировать подходы к разработке критериев оценки переносимости тренировочных нагрузок с учетом генетических особенностей организма спортсменов.

GENE POLYMORPHISM ASSOCIATIONS BOUND TO ENDURANCE-, TOLERANCE OF TRAINING LOADS IN CROSS-COUNTRY SKIERS IN THE ANNUAL TRAINING CYCLE

Abstract.

The article presents the study of tolerance association of training loads in the annual training cycle with the gene polymorphism, bound to endurance of ski racings.

Among genetic markers employed was the polymorphisms of genes, encoding the components of renin-angiotensin system (BDKRB2, NOS3, AGT, AGTR1, ACE), as well as polymorphism of SYP17A1 gene, associated with the action of cytochrome R450s17. Eight top-level ski racers with the rank of International Master of Sports (IMS) participated in this study. Performed were 239 examinations (men – 112; women – 127). The received data on the athlete body response, associated to genetic polymorphism enable to coordinate the approaches in elaboration of the assessment criteria of training loads endurance subject to genetic features of athletes body.

Введение.

Современный спорт высших достижений немаловажно зависит от новейших технологий, среди которых в последние годы наиболее динамично развивается спортивная генетика [1–3]. Определение генетической индивидуальности спортсменов позволяет прогнозировать закономерности развития тех или иных физических качеств. Обобщение передового опыта и результаты собственных исследований говорят о том, что в спорте существует два перспективных направления использования результатов генетических исследований. Первое направление связано с совершенствованием многоуровневой системы отбора, спортивной ориентации и профилизации. Второе направление связано с оптимизацией тренировочного процесса высококвалифицированных спортсменов. Результаты генетического исследования в комплексе с другими исследованиями могут использоваться в целях коррекции тренировочного процесса или медико-биологического обеспечения процесса подготовки спортсменов.

Следует отметить, что в настоящий момент большинство исследований в области спортивной генетики посвящено разработке первого направления, связанного с многоуровневой системой отбора, а второе направление разработано в меньшей степени. Одним из подходов в разработке этого направления может быть оценка срочной реакции организма спортсмена на различные по характеру, типу и продолжительности тренировочные нагрузки, а также выявление характера долговременной адаптации организма спортсмена к специфическим для данного вида спорта нагрузкам на этапах годичной и многолетней подготовки. Так называемые генетические маркеры «переносимости тренировочных нагрузок» могут быть выявлены в результате динамических наблюдений на протяжении длительного периода тренировочного процесса путем исследования реакции на определенные тренировочные нагрузки и поиска ее взаимосвязи с генотипом спортсмена.

Целью настоящего исследования являлось выявление ассоциации переносимости тренировочных нагрузок в годичном цикле подготовки с полиморфизмом генов, связанных с выносливостью, в лыжных гонках.

В числе генетических маркеров для лыжных гонок использован полиморфизм генов, кодирующих компоненты ренин-ангиотензиновой системы (*BDKRB2*, *NOS3*, *AGT*, *AGTR1*, *ACE*), а также полиморфизм гена *CYP17A1*, связанный с работой цитохрома P450c17. Забор биоматериала для выделения ДНК осуществлялся путем соскоба клеток буккального эпителия. Определение переносимости тренировочных нагрузок проводилось в соответствии с программой учебно-тренировочных сборов в течение годичного цикла подготовки у высококвалифицированных лыжников-гонщиков, имеющих квалификацию мастера спорта международного класса (МСМК). Всего проведено 239 обследований (112 – мужчины и 127 – женщины) у восьми спортсменов (4 мужчины и 4 женщины). Забор капиллярной крови осуществлялся утром натощак до начала тренировки в начале каждого микроцикла тренировки. В крови спортсменов определяли наиболее информативные гематологические и биохимические показатели с использованием гематологического анализатора QBC (BD), спектрофотометра PM 2111 (Республика Беларусь) и плащечного иммуноферментного анализатора «SUNRISE» (Франция).

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью описательной статистики и сравнительного анализа выборок с использованием U-теста для непараметрических данных.

Результаты исследования, представленные в таблицах 1–2, указывают на наличие статистически достоверных различий среднегрупповых данных биохимических и гематологических показателей между полиморфными вариантами соответствующих генов.

Таблица 1 – Достоверные различия биохимических и гематологических показателей лыжников-гонщиков с различными генотипами в годичном цикле подготовки (P<0,05)

Показатель	BDKRB2	NOS3	AGT	AGT2R1	CYP17A1		
	-9/-9 - -9/+9	bb-ab	MM-MT	AA-AC	CC-TT	CC-CT	TT-CT
WBC, ×10 ⁹ /л				*	*	*	
HGB, г/л		*		*	*	*	
HCT, %		*		*			
MCHC, г/дл							
PLT, ×10 ⁹ /л		*		*	*	*	*
NEUT, %	*		*	*	*		*
LIMF, %	*		*	*	*	*	*
Мочевина, ммоль/л				*		*	*
КФК, Е/л	*		*	*		*	*
Глюкоза, ммоль/л				*	*	*	
АСТ, Е/л				*	*	*	
АЛТ, Е/л		*		*		*	
ТГ, ммоль/л							
Кортизол, нмоль/л							
Тестостерон, нмоль/л	*	*	*	*	*	*	*
Т/К, усл. ед.	*	*	*	*	*		*

Примечание: Т/К – индекс соотношения тестостерона к кортизолу

Таблица 2 – Достоверные различия биохимических и гематологических показателей лыжниц-гонщиц с различными генотипами в годичном цикле подготовки (P<0,05)

Показатель	BDKRB2	NOS3	AGT			AGT2R1	ACE
	-9/-9 - -9/+9	bb - ab	MM - MT	MM - TT	TT - MT	AA - AC	ID - DD
WBC, ×10 ⁹ /л			*	*			
HGB, г/л	*	*					
HCT, %	*	*			*		*
MCHC, г/дл							
PLT, ×10 ⁹ /л	*		*		*	*	
NEUT, %	*	*	*				
LIMF, %		*	*	*			
Мочевина, ммоль/л	*	*					
КФК, Е/л	*		*	*		*	*
Глюкоза, ммоль/л				*			*
АСТ, Е/л	*	*	*	*		*	*
АЛТ, Е/л	*	*	*	*		*	*
ТГ, ммоль/л			*	*		*	*
Кортизол, нмоль/л							
Тестостерон, нмоль/л	*			*		*	*
Т/К, усл. ед.							

Примечание: Т/К – индекс соотношения тестостерона к кортизолу

Анализируя достоверные различия между полиморфными вариантами, важно отметить, что ряд выявленных ассоциаций должны быть дополнительно проверены другими исследованиями. Вполне возможно, что ряд корреляционных взаимосвязей

имеет случайный характер и другими исследованиями не подтвердится. Вместе с тем, обращают на себя внимание тенденции взаимосвязи, которые встречаются как у мужчин, так и у женщин.

Так, в обеих группах обследуемых отмечается одинаковая тенденция, связанная с более высоким значением концентрации гемоглобина и уровнем гематокрита у носителей гомозиготного генотипа bb гена NOS3 по сравнению с гетерозиготным ab. Гемоглобин был достоверно выше у представителей гомозиготного генотипа и составил у женщин для генотипов bb и ab 143,4±0,9 г/л и 132,0±1,5 г/л (P<0,05), для мужчин – соответственно 168,9±0,6 г/л и 162,5±1,0 г/л (P<0,05). Гематокрит у женщин составил 44,4±0,8 % для bb генотипа и 40,4±0,6 % для ab генотипа (P<0,05), у мужчин 50,8±0,4 % и 49,6±0,4 % соответственно (P<0,05). Выявленная ассоциация аллеля b с более высоким значением гемоглобина, возможно, может служить одним из аргументов в пользу ассоциации этого аллеля с выносливостью. Следует отметить, что по поводу ассоциации полиморфных вариантов a и b гена NOS3 с выносливостью имеющиеся литературные данные противоречивы, однако большинство исследователей отмечают более тесные корреляции аллеля b с вышеуказанным физическим качеством [1, 4, 5]. Вместе с тем имеются данные о неблагоприятном влиянии аллеля a на долговременную адаптацию человека в горных условиях [5], что может также в некоторой степени служить одним из объяснений выявленной нами взаимосвязи кислородтранспортных свойств крови с полиморфизмом гена NOS3, поскольку значительную часть тренировочных нагрузок обследуемые нами спортсмены проводили в условиях среднегорья.

Анализируя достоверные различия, связанные с полиморфизмом гена BDKRB2, следует отметить выявленную связь аллеля – 9 с более высокими значениями КФК (рисунок 1).

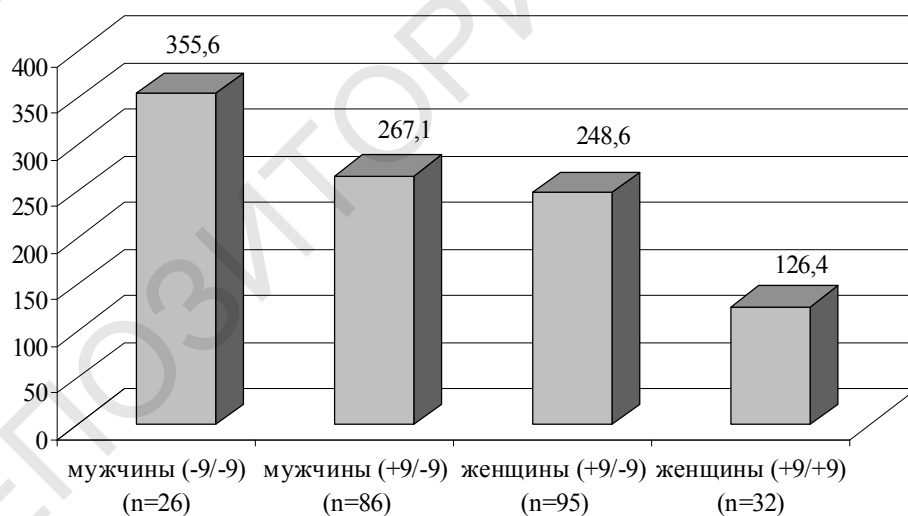


Рисунок 1 – Средние значения активности креатинфосфокиназы (Ед/л) у спортсменов с различным полиморфизмом гена BDKRB2 на протяжении годового цикла подготовки (n – число обследований)

У мужчин значения КФК в группе с полиморфизмом -9/-9 были достоверно выше (P<0,05), чем с -9/+9, а у женщин наблюдались более высокие значения этого фермента в группе -9/+9 по сравнению с +9/+9 (P<0,05). Высокая экспрессия гена, связанная с отсутствием вставки (-9), характеризуется более выраженным сосудорасширяющим эффектом и в большинстве исследований ассоциируется с проявлением выносливости. Вместе с тем имеются данные об ассоциации этого аллеля с высокой эффективностью мышечного сокращения [6]. Наряду с этим, полученные нами данные позволяют высказать предположение о худшей переносимости нагрузок, связанных с активацией креатинфосфоки-

назного механизма энергообеспечения, и недостаточной эффективности восстановления энергообмена в мышцах у носителей аллеля (-9).

У представителей обеих групп прослеживается взаимосвязь полиморфизма гена AGT2R1 с активностью ферментов КФК, АСТ и АЛТ. В данном гене известен A1166C-полиморфизм, который сказывается на функциональной активности рецептора и осуществлении эффектов ангиотензина-II в клетке, рецепторы которого обнаружены в сердечной, легочной, почечной ткани, гипофизе, надпочечниках и артериях. В проведенном нами исследовании наличие С аллеля ассоциируется с достоверно более высокими значениями активности этих ферментов как у мужчин, так и у женщин ($P < 0,05$), что, возможно, связано худшей переносимостью нагрузок у представителей АС генотипа. Так, например, активность КФК для АС генотипа достоверно превышала таковую в группе АА генотипа: у мужчин – $396,2 \pm 25,3$ Ед/л и $249,7 \pm 20,2$ Ед/л соответственно ($P < 0,05$), у женщин – $259,5 \pm 16,5$ Ед/л и $203,1 \pm 12,3$ Ед/л ($P < 0,05$). Кроме того, у мужчин с АС генотипом отмечается достоверно более высокие значения содержания мочевины, что в сумме с другими данными также отражает более низкую переносимость тренировочных нагрузок спортсменами этого варианта полиморфизма гена AGT2R1.

Обнаружено наличие достоверных различий концентрации тестостерона среди спортсменов мужского пола с различными генотипами. Для вариантов генов, связанных с гемодинамикой, во всех случаях достоверно более высокие значения тестостерона наблюдались у представителей гетерозиготных генотипов, в которых присутствовал аллельный компонент, связанный со скоростно-силовыми качествами. Например, уровень тестостерона на протяжении годового цикла подготовки у представителей гетерозиготного генотипа -9/+9 по гену BDKRB2, был достоверно выше, чем у генотипа -9/-9 ($15,7 \pm 0,7$ и $9,9 \pm 1,3$ нмоль/л соответственно) ($P < 0,05$). Аналогичная тенденция наблюдалась и для других генотипов. Уровни тестостерона у представителей генотипов ab и bb по гену NOS3 составили $16,7 \pm 0,8$ и $11,7 \pm 0,9$ нмоль/л соответственно ($P < 0,05$), для генотипов МТ и ММ по гену AGT – $15,6 \pm 0,7$ и $9,9 \pm 1,3$ нмоль/л соответственно ($P < 0,05$), для АС и АА по гену AGTR1 – $19,3 \pm 1,2$ и $12,5 \pm 0,7$ нмоль/л соответственно ($P < 0,05$). Аналогичным образом наблюдается связь гетерозиготного генотипа с индексом тестостерон/кортизол (Т/К). Выявленная тенденция отражает связь аллелей +9 по BDKRB2, а по NOS3, Т по AGT, С по AGTR1 с более высоким уровнем тестостерона и анаболическим индексом, что является одним из аргументов в пользу ассоциации этих полиморфных вариантов с предрасположенностью проявлению скоростно-силовых качеств.

Имело место наличие достоверной корреляции уровня тестостерона, который в определенной степени определяется работой цитохрома P450c17, с полиморфизмом гена CYP17A1 у мужчин. Уровни тестостерона у представителей трех генотипов достоверно различались друг с другом ($P < 0,05$). Как видно из рисунка 2 аллель С ассоциирован с более высоким уровнем тестостерона и при переходе от ТТ к СС генотипу возрастает его содержание.

Полученные нами результаты согласуются с имеющимися литературными данными, свидетельствующими о различном уровне тестостерона у лиц, не занимающихся спортом, с различным С/Т полиморфизмом гена CYP17A1 [7-9]. Выявленная нами ранее тенденция увеличения уровня тестостерона у спортсменов при переходе от ТТ полиморфизма гена CYP17A1 к СС полиморфизму [10], в данном случае подтверждается достоверными различиями на протяжении годового периода подготовки. Наличие С аллеля, связанное с более высоким уровнем тестостерона, обладающим анаболическим действием, и усилением синтеза белков, по-видимому будет ассоциировано с преобладанием процессов анаболической направленности.

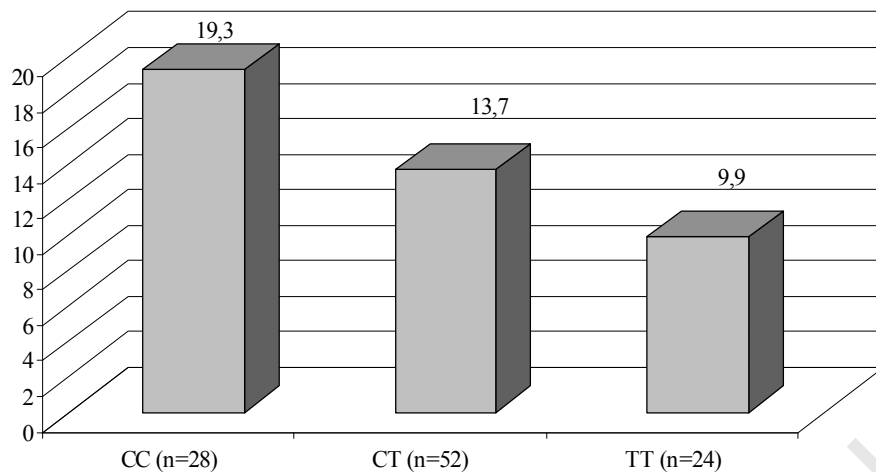


Рисунок 2 – Концентрация тестостерона (нмоль/л) у высококвалифицированных лыжников-гонщиков с различными вариантами полиморфизма гена CYP17A1 (n – число обследований)

У спортсменов с гетерозиготным СТ генотипом получены достоверно более низкие значения КФК и мочевины по сравнению с гомозиготными СС и ТТ генотипами ($P < 0,05$), что свидетельствует о лучшей переносимости нагрузок спортсменами этого генотипа. Для представителей этого генотипа характерны достоверно более низкие значения содержания гемоглобина, количества тромбоцитов и лейкоцитов. С увеличением доли С аллеля отмечено снижение процентного содержания нейтрофилов (NEUT) ($56,8 \pm 2,0 \%$, $50,9 \pm 1,4 \%$ и $47,2 \pm 1,8 \%$ для ТТ, ТС и СС генотипов соответственно) и увеличение лимфоцитов (LIMF) ($40,8 \pm 1,6 \%$, $45,7 \pm 1,3 \%$ и $47,9 \pm 1,6 \%$ для ТТ, ТС и СС генотипов соответственно).

Таким образом, полученные результаты исследования показали на различную направленность адаптационных изменений под влиянием тренировочных нагрузок у спортсменов с различными вариантами полиморфизма исследуемых генов к физическим нагрузкам в годичном цикле подготовки, что позволяет определить биологические основы для разработки методики управления тренировочными нагрузками спортсменов с учетом генетических данных. Полученная динамика биохимических показателей на этапах годичной подготовки позволяет давать заключение о состоянии систем энергообеспечения, переносимости тренировочных нагрузок, скорости и качества восстановительных процессов у спортсменов с различной генетической составляющей.

Полученные данные ассоциации ответа организма спортсмена с генетическим полиморфизмом позволяют координировать подходы к разработке критериев оценки переносимости тренировочных нагрузок с учетом генетических особенностей организма спортсменов. Учет генетической индивидуальности в реакции организма спортсмена на различные по характеру, типу и продолжительности тренировочные нагрузки открывает перспективы индивидуализации тренировочного процесса и коррекции программ тренировки с учетом генетической детерминированности. Вместе с тем требуются дальнейшие исследования в данном виде спорта и других видах спорта для подтверждения выше указанных ассоциаций и их учете при трактовке результатов биохимического мониторинга тренировочного процесса спортсменов с различной генетической палитрой.

1. Ахметов, И.И. Молекулярная генетика спорта: монография / И.И. Ахметов. – М.: Советский спорт, 2009. – 268 с.
2. Bouchard, C. Genetic and molecular aspects of sport performance / C. Bouchard, P. Hoffman // The encyclopedia of sports medicine an IOC medical commission publication. – 2011. – Vol. 18. – 404 s.
3. Рогозкин, В.А. Перспективы использования ДНК-технологий в спорте / В.А. Рогозкин, И.И. Ахметов, И.В. Астратенкова // Теория и практика физической культуры. – 2006. – №7. – С. 45–47.
4. NOS3 genotype-dependent correlation between blood pressure and physical activity / T. Kimura [et al.] // Hypertension. – 2003. – Vol. 61. – P. 149–200.
5. Simultaneous selection of the wild-type genotypes of the G894T and 4B/4A polymorphisms of NOS3 associate with high-altitude adaptation / A. Ahsan [et al.] // Ann. Hum. Genet. – 2005. – Vol. 69. – P. 260–267.
6. Bradykinin receptor gene variant and human physical performance / A.G. Williams [et al.] // J. Appl. Physiol. – 2004. – Vol. 96. – P. 936–942.
7. A Common promoter variant in the cytochrome P450c17a (CYP17) gene is associated with bioavailable testosterone levels and bone size in men / J.M. Zmuda [et al.] // J. of bone and mineral research. – 2001. – Vol. 16. – № 5. – P. 911–917.
8. CYP17A1 gene polymorphisms: prevalence and associations with hormone levels and related factors. a huge review / L. Sharp [et al.] // Am. J. of Epidemiology. – 2004. – Vol. 160. – № 8. – P. 729–740.
9. Abrahams, E. Associations between the CYP17A1, CYP11B1, COMT and SHBG polymorphisms and serum sex hormones in post-menopausal breast cancer survivors / E. Abrahams // Breast cancer res. treat. – 2007. – Vol. 105. – № 1. – P. 45–54.
10. Взаимосвязь структурного полиморфизма гена с биохимическими и биоэнергетическими характеристиками человека / И.Л. Гилеп [и др.] // Вестник Фонда Фундаментальных Исследований. – 2009. – № 4. – С. 118–125.

23.03.2012

УДК 612.821+796.012.412.7

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОВЦОВ НА ЭТАПАХ МНОГОЛЕТНЕЙ ПОДГОТОВКИ

**Чарыкова И.А., канд. мед. наук,
Парамонова Н.А., канд. биол. наук, доцент,
НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь**

Аннотация.

В статье представлены результаты анализа динамики показателей психофизиологического состояния пловцов, характеризующих функциональное состояние ЦНС, так как оптимальное функциональное состояние центральных регуляторных механизмов является необходимым условием продуктивной деятельности. С позиций принципа комплексности и системного анализа проведено исследование психомоторных характеристик спортсменов, их психофизиологической реактивности в тренировочной деятельности, а также их структурной взаимосвязи с успешностью спортивной деятельности в соответствии с критериями спортивного мастерства и полового диморфизма.