- больше высокорослых детей и меньше низкорослых по сравнению с 7- и 9-летними детьми. Количество детей с нормальным ростом в 3 группах составляет больше половины всех обследованных - 62,4%.
5. Больше половины обследованных мальчиков (63,5%) имеют нормальный рост. В группе 8 лет самое большое количество детей с повышенным ростом (45,9%) по сравнению с группами 7 и 9 лет. Количество детей с недостатком роста относительно мало и составляет 4,7%.
 6. Как среди мальчиков, так и среди девочек видно, что на группу 8 лет приходится большее количество детей с избыточным ростом, чем на группу 7 и 9 лет. Однако в группе девочек детей с высоким ростом меньше, чем среди мальчиков, а с низким ростом больше.
 7. Расчеты ИМТ в зависимости от возраста и МТ в зависимости от роста дали разные результаты, что связано с разной скоростью роста детей. Более точную оценку отклонения МТ от нормы (в кг) нам удалось получить при расчетах ее изменения относительно роста (пропорция - рост:МТ).
 8. Гендерных различий средних показателей МТ, ОГК и роста школьников не выявлено.
 9. У школьников с увеличением ИМТ увеличивается %ЖМТ и уменьшается %ТМТ.
 10. У девочек % ЖМТ больше, чем у мальчиков, а %ТМТ - меньше.
 11. Абсолютные и относительные показатели СММ, АКМ и ОВО у мальчиков выше, чем у девочек, но различия статистически недостоверны.

1. Научные исследования по гигиене и охране здоровья детей и подростков в 2017 г.: достижения и перспективы / Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Поленова М.А. // Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья, № 2-2018, С. 4-12, УДК 613.955:613.956
2. Всемирная организация здравоохранения. Курс обучения по оценке роста ребенка. Женева, ВОЗ, 2008 г.
3. Биоимпедансный анализ состава тела человека / Д.В.Николаев, А.В.Смирнов, И.Г.Бобринская, С.Г.Руднев. — М.: Наука, 2009. — 392 с. — ISBN 978-5-02-036696-1 (в пер.)

Выборная К.В., Сорокина Е.Ю., Пескова Е.В.

Генетические полиморфизмы, ассоциированные со спортивной успешностью, у спортсменов, представляющих художественную гимнастику

*ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/trnio-11-2021-27

Аннотация

Было проведено молекулярно-генетическое тестирование спортсменов, представляющих художественную гимнастику, с целью оценить частоту встречаемости полиморфных вариантов генов, связанных со спортивной успешностью, а так же с риском развития алиментарно-зависимых заболеваний. В результате исследования было показано, что в группе обследованных спортсменов (n=10, средний возраст – 8,3 года, длина тела – 130,7 см, масса тела – 26,1 кг, ИМТ – 15,1) выявлена более высокая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с быстротой и силой (аллель С полиморфизма rs1815739 гена *ACTN3*), предрасположенностью к проявлению выносливости в спорте (аллель g полиморфизма rs1042713 гена *ADRB2*), а так же к высокому риску развития нарушений минеральной плотности костной ткани (аллель g полиморфизма rs2228570 гена *VDR*).

Ключевые слова: художественная гимнастика, молекулярно-генетическое тестирование, спортивная успешность, выносливость, быстрота, сила, нарушение минеральной плотности костной ткани, генетические полиморфизмы.

Abstract

Molecular genetic testing of artistic gymnasts was carried out, aimed at searching for gene polymorphisms associated with sports success, as well as with a predisposition to the development of alimentary-dependent. As a result of the study, it was shown that in the group of surveyed athletes ($n = 10$, average age - 8.3 years, body length - 130.7 cm, body weight - 26.1 kg, BMI - 15.1), a higher frequency of occurrence of alleles associated with speed and strength (allele C of polymorphism rs1815739 (gene *ACTN3*)), predisposition to exercise endurance in sports (allele g of polymorphism rs1042713 (gene *ADRB2*)), as well as a high risk of developing bone mineral density disorders (allele g of the rs2228570 polymorphism (gene *VDR*)).

Keywords: rhythmic gymnastics, molecular genetic testing, sports success, endurance, speed, strength, impaired bone mineral density, genetic polymorphism.

Введение. Одним из способов выявления потенциально-успешных и перспективных спортсменов является молекулярно-генетическое тестирование. В связи с ежегодным пополнением знаний о генетической предрасположенности спортсменов к развитию определенных физических качеств, таких как сила, выносливость, быстрота, необходимых в конкретных видах спорта, а также с расширением высокоэффективных экспериментальных технологий, которые обеспечивают возможность определения генетических маркеров, ассоциированных с развитием и проявлением психических и физических качеств, а также с физиологическими, антропометрическими и биохимическими показателями спортсменов, стало доступным и эффективным проведение молекулярно-генетического тестирования спортсменов любой спортивной специализации, а также возраста [1, 2].

Наиболее изученными в настоящее время генетическими полиморфизмами, ассоциированными со спортивной успешностью, которая связана с проявлением быстроты, силы и выносливости являются rs1815739 (ген *ACTN3*), rs1801282 (ген *PPARG*), rs2016520 (ген *PPARD*), rs1042713 (ген *ADRB2*) и rs1799945 (ген *HFE*) [3,4]. В ряде исследований на спортсменах была показана ассоциация полиморфизма rs1815739 гена *ACTN3* с проявлением быстроты и силы (С-аллель) [5], а также выносливости (Т-аллель) [6]; ассоциация полиморфизма rs2016520 гена *PPARD* (g-аллель) [3], полиморфизма rs1042713 гена *ADRB2* (G-аллель) [7,8] и полиморфизма rs1799945 гена *HFE* (G-аллель) [4] - с проявлением выносливости, а также полиморфизма rs1801282 гена *PPARG* (G-аллель) – с проявлением быстроты и силы [7,8].

Наличие ассоциаций генетических полиморфизмов с некоторыми показателями спортивной успешности было показано в следующих работах, проведенных на спортсменах игровых видов спорта [9], спортсменах -единоборцах [10] и спортсменах, представляющих циклические виды спорта [11]. У спортсменов некоторых видов спорта, по сравнению с популяцией в целом, выявлена более высокая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с выносливостью: у игроков, единоборцев и цикликов - аллеля Т полиморфизма rs1815739 (ген *ACTN3*), у игроков и единоборцев - аллеля G полиморфизма rs1042713 (ген *ADRB2*) и аллеля G полиморфизма rs1799945 (ген *HFE*).

Было показано, что у спортсменов игровых видов спорта [9] частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 гена *ACTN3* (40,9 %) и генотипа ТТ (13,6 %) выше, чем в русской популяции в целом, где она составляет 37,0 и 7,8 % соответственно, но ниже, чем у спортсменов-единоборцев и спортсменов-цикликов. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1042713 гена *ADRB2* (70,5 %) выше, чем у единоборцев, спортсменов-цикликов, а также выше средних показателей населения русской популяции центральных регионов России, где она составляет 38-45 %. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1799945 гена *HFE* (21,2 %) выше, чем у единоборцев, спортсменов-цикликов, а также выше, чем в европейской популяции в целом, где эта величина составляет 12-14 %. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs2016520 гена *PPARD* и генотипа GG составила 16,7 % и 6,1 % соответственно, что выше чем у единоборцев и у спортсменов-цикликов.

У спортсменов-единоборцев [10] частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 гена *ACTN3* составила 47,5 %, и генотипа ТТ - 17,9 %, что выше, чем у спортсменов игровых видов спорта, а также чем в русской популяции, но ниже, чем у спортсменов - цикликов. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1042713 гена *ADRB2* составила 51,9 %, что ниже, чем у игроков, но выше чем у спортсменов - цикликов и выше, чем показатели русской популяции центральных регионов России. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1799945 гена *HFE* составила 19,3 %, что ниже, чем у игроков, но выше чем у спортсменов - цикликов и выше, чем в европейской популяции в целом. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs2016520 гена *PPARD* составила 13,9 %, что ниже, чем у игроков, но выше, чем у спортсменов - цикликов.

У спортсменов, представляющих циклические виды спорта [11] частота встречаемости аллеля Т полиморфизма rs1815739 гена *ACTN3* и генотипа ТТ составляет 48,2 % и 25,9 % соответственно, что выше, чем у спортсменов игровых видов спорта, единоборцев, а также выше показателей русской популяции в целом. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1042713 гена *ADRB2* составляет 42,6 %, что ниже, чем у представителей игровых видов спорта и у единоборцев, но сравнимо с показателями в русской популяции центральных регионов России. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs1799945 гена *HFE* составляет 9,3 %, что ниже, чем у представителей игровых видов спорта, спортсменов - единоборцев, а также ниже, чем в европейской популяции в целом. Частота встречаемости аллеля G полиморфизма rs2016520 гена *PPARD* и генотипа GG составила 13,0 % и 0 % соответственно, что ниже, чем у представителей игровых видов спорта и спортсменов - единоборцев.

Цель исследования: оценка частоты встречаемости полиморфизмов генов, связанных со спортивной успешностью, риском травматизма спортсменов, предрасположенностью к развитию алиментарно-зависимых заболеваний и риску развития сердечно-сосудистых заболеваний у юных гимнасток.

Материалы и методы. Было обследовано 10 спортсменок, представляющих художественную гимнастику. Средний возраст – 8,3 года. Средние антропометрические параметры по группе: длина тела – 130,7 см, масса тела – 26,1 кг, ИМТ – 15,1, объем талии (ОТ) – 55,1 см, объем бедер (ОБ) – 65,9 см, индекс ОТ/ОБ – 0,8. Средние параметры состава тела по группе: жировая масса тела – 4,8 кг (18,0 %); тощая масса тела – 21,3 кг (11,1%), активная клеточная масса – 52 %, скелетно-мышечная масса – 10,2 кг (47,4% от тощей массы тела). Уровень основного обмена – 966,2 ккал/сут.

Для проведения молекулярно-генетического тестирования использовали букальный эпителий. Процесс выделения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) подробно описан в предыдущей работе [11]. Генотипирование проводили с применением аллельспецифичной амплификации с использованием TaqMan зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК и детекцией результатов в режиме реального времени с использованием наборов реактивов компании «Синтол», Россия. Исследования проводили на амплификаторе «CFX96 Real Time System» («DIO-RAD», США). Характеристика генетических полиморфизмов, которые анализировались в данном обследовании, представлена в таблице 1.

Таблица 1

Генетические полиморфизмы и их характеристики: название полиморфизма и гена, местоположение и ассоциации

<i>N</i>	<i>Ген, международный символ</i>	<i>Местоположение</i>	<i>Полиморфизм</i>	<i>Ассоциации</i>
Полиморфизмы генов, связанные со спортивной успешностью				
1	Ген α-актина 3 - <i>ACTN3</i>	11q13.3	rs1815739 (C/T)	Быстрота и сила (аллель C) Выносливость (аллель T)
2	Ген гамма-рецептора, активируемого пролифератором пероксисом - <i>PPARG</i>	3p25	rs1801282 (C/g)	Быстрота и сила
3	Ген рецептора δ активатора пролиферации пероксисом - <i>PPARD</i>	6p21.2-p21.1	rs2016520 (A/g)	Выносливость

4	Ген β -2 адренорецептора - ADRB2	5q31-q32	rs1042713 (A/g)	Выносливость
5	Ген гемохроматоза - HFE	6p22.2	rs1799945 (C/g)	Выносливость
Полиморфизмы генов, связанные с риском травматизма спортсменов				
6	Ген рецептора витамина D - VDR	12q13.11		Остеопороз
Полиморфизмы генов, связанные с алиментарно-зависимыми заболеваниями				
7	Ген β -3-адренорецептора - ADRB3	8p12-11.2	rs4994	Избыточная масса тела
8	Ген связи с жировой массой и ожирением - FTO	16q12.2	rs9939609	Нарушение пищевого поведения
Полиморфизмы генов, связанные с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний				
Ген				
9	метилентетрагидрофосфатредуктазы - MTHFR	1p36.3	rs1801133	Сердечно-сосудистые заболевания

Результаты исследования. В таблицах 2 и 3 представлены результаты молекулярно-генетического тестирования гимнасток.

Таблица 2

Результаты молекулярно-генетического тестирования гимнасток (полиморфизмы генов, связанные со спортивной успешностью)

N	Фамилия (Ф) Имя (И)	Полиморфизм, ген				
		rs1815739 ACTN3	rs1801282 PPARG	rs2016520 PPARD	rs1042713 ADRB2	rs1799945 HFE
1	МГ	CT	CC	AA	gg	CC
2	ГД	CT	CC	AA	Ag	CC
3	ХВ	TT	Cg	AA	Ag	CC
4	ИП	CT	CC	AA	Ag	CC
5	ТА	CT	CC	AA	Ag	CC
6	ВМ	TT	CC	Ag	Ag	CC
7	ТВ	CT	CC	AA	gg	CC
8	БМ	CT	CC	AA	gg	Cg
9	КЕ	CT	Cg	AA	gg	CC
10	БМ	CC	Cg	gg	gg	CC

Примечание:

- для полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3) – носительство аллеля С ассоциировано с преимуществом в быстроте и силе, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип CC).
- для полиморфизма rs1801282 (ген PPARG) – носительство аллеля g ассоциировано с преимуществом в быстроте и силе, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип gg).
- для полиморфизма rs2016520 ген (PPARD) носительство аллеля g ассоциировано с преимуществом в выносливости, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип gg).
- для полиморфизма rs1042713 ген (ADRB2) носительство аллеля g - ассоциировано с преимуществом в выносливости, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип gg).
- для полиморфизма rs1799945 гена HFE) носительство аллеля g - ассоциировано с преимуществом в выносливости, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип gg).

В результате проведенного генотипирования (полиморфизм rs1815739 ген ACTN3) носительство аллеля С, ассоциированного с преимуществом в быстроте и силе, показано у 9 гимнасток (генотипы CC+CT), наиболее выраженное у 2-х из них (генотип CC). Носительство аллеля g (полиморфизм rs1801282 ген PPARG), свидетельствующее о преимуществе в быстроте и силе выявлено у 3-х гимнасток в обследуемой группе.

У двух спортсменок выявлено носительство аллеля g (полиморфизм rs2016520 ген *PPARD*), в одном случае в гомозиготном состоянии, в другом в гетерозиготном, что связано с преимуществом в выносливости у этих гимнасток. Все обследуемые спортсменки являются носителями аллеля g (полиморфизм rs1042713 ген *ADRB2*), 5 - в гетерозиготном состоянии и 5 - в гомозиготном состоянии, что связано с обеспечением преимущества в выносливости, наиболее выраженное при носительстве генотипа gg. Только у одной спортсменки выявлен аллель g (полиморфизм rs1799945 ген *HFE*), связанный с выносливостью в спорте, однако при гетерозиготном носительстве существенного преимущества в выносливости не наблюдается. Таким образом, у всех обследуемых спортсменок выявлены генетические полиморфизмы, связанные с преимуществом в выносливости. Генетические полиморфизмы, ассоциированные с быстротой и силой, выявлены у всех спортсменок, кроме одной.

Таблица 3

Результаты молекулярно-генетического тестирования гимнасток (полиморфизмы генов, связанные с риском развития алиментарно-зависимых заболеваний)

N	Фамилия (Ф) Имя (И)	Полиморфизм, ген			
		rs2228570 VDR	rs4994 ADRB3	rs9939609 FTO	rs1801133 MTHFR
1	МГ	gg	TT	AT	CC
2	ГД	AA	CT	AA	CC
3	ХВ	AA	TT	TT	CC
4	ИП	gg	TT	AT	CC
5	ТА	gg	TT	AT	CT
6	ВМ	gg	TT	TT	CC
7	ТВ	AA	TT	AT	CC
8	БМ	Ag	TT	TT	TT
9	КЕ	Ag	TT	TT	CT
10	БМ	Ag	TT	TT	CT

Примечание:

- для полиморфизма rs2228570 (ген VDR) – носительство аллеля g ассоциировано с развитием нарушения минеральной плотности костной ткани, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип gg).
- для полиморфизма rs4994 (ген ADRB3)- носительство аллеля C ассоциировано с развитием риском формирования избыточной массы тела (генотип CT).
- для полиморфизма rs9939609 (ген FTO) –носительство аллеля A ассоциировано с риском развития ожирения, наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип AA).
- для полиморфизма rs1801133 (ген MTHFR) –носительство аллеля T ассоциировано с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний наиболее выраженное при гомозиготном носительстве (генотип TT).

По результатам генотестирования (полиморфизм rs2228570 ген VDR) было показано, что к высокому риску развития нарушений минеральной плотности костной ткани предрасположены 4 спортсменки, а к умеренному риску - 3 спортсменки из 10. У одной спортсменки из 10 выявлен высокий риск развития избыточной массы тела и ожирения по окончании спортивной карьеры, обусловленный носительством аллелей риска одновременно в двух полиморфизмах (полиморфизм rs4994 ген ADRB3 и полиморфизм rs9939609 ген

FTO). У 4-х спортсменок обнаружен умеренный риск развития избыточной массы тела и ожирения по окончании спортивной карьеры, обусловленный носительством генотипа AT полиморфизма rs9939609 гена FTO. Значительный риск развития сердечно-сосудистых заболеваний был обнаружен у 1 спортсменки, умеренный риск – у 3 спортсменок из 10 обследованных., связанный с носительством аллеля T полиморфизма rs1801133 гена MTHFR

Заключение. В группе обследованных спортсменок выявлена более высокая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с быстротой и силой (аллель C полиморфизма rs1815739, ген ACTN3)), предрасположенностью к проявлению выносливости в спорте

(аллель g полиморфизма rs1042713 (ген *ADRB2*), а так же к риску развития нарушений минеральной плотности костной ткани (аллель g полиморфизма rs2228570 гена *VDR*).

1. Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта: состояние и перспективы // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2007. – Т.4. – №5. С.87-103.
2. Семенов М.М., Кобелькова, И.В., Сорокина Е.Ю., Выборная К.В., Барышев М.А., Никитюк Д.Б. Спортивная антропogenетика - лимитирующие факторы спортивной успешности (обзор литературы) // Вестник спортивной науки. – 2019. - №2. С. 50-55.
3. Ахметов И.И., Астратенкова И.В., Рогозкин В.А. Ассоциация полиморфизма гена PPARG с физической активностью человека // Молекулярная биология. 2007. Т.41, №5. С. 852-7.
4. Семенова Е.А., Валеева Е.В., Булыгина Е.А., Губайдуллина С.И., Ахметов И.И. Применение омиксных технологий в системе спортивной подготовки // Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. 2017. Т.159, №2. С 232-47.
5. Fang M, Yang Yu, Li X, Zhou F, Cao G, Li M, Gao L. The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis // Plos One. 2013. Vol.8, №1. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054685>.
6. Niemi AK. Mitochondrial DNA and ACTN3 genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes // Eur. J. Hum. Genet. 2005. Vol.13, №8. P. 965-9.
7. Wolfarth B, Rankinen T, Mühlbauer S, Scherr J, Boulay MR, Pérusse L, Rauramaa R, Bouchard C. Association between a beta 2-adrenergic receptor polymorphism and elite endurance performance // Metabolism. 2007. Vol.56, №12. P. 1649-51.
8. Иманбекова М.К., Е.В. Жолдыбаева Е.В., Есентаев Т.К., Момыналиев К.Т. Спорт и генетика // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2013. №2. P. 2-12.
9. Сорокина Е.Ю., Денисова Н.Н., Кешабянц Э.Э. Частота встречаемости генетических полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью, у спортсменов игровых видов спорта высших достижений // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. - № 1. С. 5-10. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11>
10. Сорокина Е.Ю., Погожева А.В., Никитюк Д.Б. Изучение ассоциации полиморфизма генов с питанием и пищевым статусом спортсменов-единоборцев // Спортивная медицина наука и практика. 2019. Т. 9, № 1. С. 40-47. DOI: <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.40>
11. Сорокина Е.Ю., Кешабянц Э.Э., Денисова Н.Н. Изучение ассоциации полиморфизма генов со спортивной успешностью и риском развития алиментарно-зависимых заболеваний у спортсменов, представляющих циклические виды спорта // Спортивная медицина наука и практика. 2019. Т. 9, № 3. С. 41-48. DOI: <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.41>

Галушина П.С.

Современные биотехнологии в животноводстве

Уральский государственный аграрный университет
(Россия, Екатеринбург)

doi: 10.18411/trnio-11-2021-28

Аннотация

Современные биотехнологии являются важным фактором развития животноводства. В статье приведено определение терминов животноводство и биотехнология. Перечислены сферы деятельности биотехнологии. Охарактеризованы такие методы биотехнологии, как генная и клеточная инженерия. Описана роль получения однополовых близнецов в развитии животноводства. Описано использование в животноводстве трансплантации эмбрионов. Приведена характеристика стадий развития эмбрионов согласно ГОСТ. Описано использование микроорганизмов для кормления животных и разработки кормов. Охарактеризовано использование современных биотехнологий в животноводстве для охраны и защиты здоровья животных. Описано применение методов генетической инженерии для выведения новых сортов растений и пород животных. Обусловлена необходимость применения биотехнологий для вакцинации животных. Приведены результаты исследований и инновационных разработок в области современной биотехнологии в животноводстве.

Ключевые слова: биотехнологии, технология, животные, корм, кормопроизводство, животноводство.