

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11>

УДК 612.745

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Частота встречаемости генетических полиморфизмов, ассоциированных со спортивной успешностью, у спортсменов игровых видов спорта высших достижений

Е.Ю. Сорокина, Н.Н. Денисова*, Э.Э. Кешабянц

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»
Федерального агентства научных организаций России, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: оценка частоты встречаемости полиморфизмов rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE) у спортсменов игровых видов спорта высших достижений.

Материалы и методы: генотипирование проводили с применением аллель-специфичной амплификации с детекцией результатов в режиме реального времени и использованием TaqMan-зондов.

Результаты: выявлена более высокая частота встречаемости аллелей, ассоциированных с выносливостью: аллеля Т полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3), аллеля G полиморфизма rs2016520, (ген PPARD), аллеля G полиморфизма rs1042713 (ген ADRB2) и аллеля G полиморфизма rs1799945 (ген HFE) у спортсменов игровых видов спорта.

Выводы: результаты генотестирования полиморфизмов, ассоциированных с выносливостью, у обследованных спортсменов показали более высокую частоту встречаемости, чем в популяции в целом.

Ключевые слова: игровые виды спорта, полиморфизм генов, спортивная успешность

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: 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;11(1):5–10. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11>

Поступила в редакцию: 16.12.2020

Принята к публикации: 20.05.2021

Online first: 18.06.2021

Опубликована: 21.06.2021

* Автор, ответственный за переписку

Frequency of occurrence of genetic polymorphisms associated with sports success in elite athletes in team sports

Elena Yu. Sorokina, Natalia N. Denisova*, Evelina E. Keshabyants

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russia

ABSTRACT

Objective: to evaluate the frequency of occurrence of polymorphisms rs1815739 (ACTN3 gene), rs2016520 (PPARD gene), rs1042713 (ADRB2 gene), rs1799945 (HFE gene) in athletes of high-performance sports

Materials and methods: genotyping was performed using allele-specific amplification with real-time detection of the results and using TaqMan probes.

Results: a higher frequency of alleles associated with endurance was found: the t allele of the rs1815739 polymorphism (ACTN3 gene), the g allele of the rs2016520 polymorphism (PPARD gene), the g allele of the rs1042713 polymorphism (ADRB2 gene), and the g allele of the rs1799945 polymorphism (HFE gene) in athletes of game sports.

Conclusion: the results of genotyping of polymorphisms associated with endurance in the examined athletes showed a higher frequency of occurrence than in the population as a whole.

Keywords: game sports, gene polymorphism, sports activity

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Sorokina E.Yu., Denisova N.N., Keshabyants E.E. Frequency of occurrence of genetic polymorphisms associated with sports success in elite athletes in team sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2021;11(1):5–10 (In Russ.). <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2021.1.11>

Received: 16 December 2021

Accepted: 20 May 2021

Online first: 18 June 2021

Published: 21 June 2021

* Corresponding author

1. Введение

Отличительной чертой спортивных игр являются большой объем перемещений с различной, часто меняющейся скоростью и периодические силовые действия (удар по мячу, бросок). Физическая активность игроков может меняться в широких пределах — от покоя до спринта. Периоды нагрузки высокой интенсивности часто имеют достаточную длительность и требуют больших энергетических затрат. Спортсмены в игровых видах спорта наряду с физическими испытывают большие нервно-психологические нагрузки, сопряженные с сильным эмоциональным возбуждением. Им необходимо поддержание высокой выносливости, устойчивости к температурным колебаниям, так как игры проводятся на открытом воздухе в различных погодных условиях [1, 2].

Активное внедрение методов молекулярной генетики в область спортивной медицины позволило выявить генетические маркеры физической работоспособности, которые ассоциированы со спортивной успешностью. Однако, несмотря на большое количество научных публикаций по этой проблеме, актуальными остаются исследования по идентификации генетических маркеров спортивной успешности в конкретных видах спорта, в частности игровых видах в спорте высших достижений. В Российской Федерации эта проблема остается практически не изученной.

Цель работы. Целью настоящей работы является оценка частоты встречаемости полиморфизмов rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE) у спортсменов игровых видов спорта высших достижений.

2. Материалы и методы

В ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» проведено обследование спортсменов, представляющих игровые виды спорта наивысших достижений: футбол, хоккей на траве (женщины), волейбол, водное поло. Взятие биологических образцов (буккальный эпителий) производили после подписания участниками исследования информированного согласия и одобрения протокола исследования этическим комитетом ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Обследовано 66 спортсменов, (средний возраст $24,6 \pm 0,9$ года) во время тренировочного периода: футбол ($n = 23$, мужчины), водное поло ($n = 19$, мужчины), хоккей на траве ($n = 10$, женщины), волейбол ($n = 14$, мужчины). Все спортсмены представляют спорт наивысших достижений.

Дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) выделяли с использованием набора реагентов «РеалБест ДНК-экстракция 3» (ЗАО «Вектор-Бест», РФ) на автоматической станции epMotion 5075 (Eppendorf, Германия). Генотипирование проводили с применением аллель-специфичной амплификации с детекцией результатов в режиме реального времени и использованием TaqMan-зондов, комплементарных полиморфным участкам ДНК, с использованием реагентов («Синтол», Россия) на приборе CFX96 Real Time System (Bio-Rad, США).

3. Результаты исследования и их обсуждение

Для генотипирования были выбраны генетические полиморфизмы, ассоциация которых со спортивной успешностью спортсмена показана для ряда видов спорта и остается малоизученной для игровых видов (выносливость, быстрота и сила): rs1815739 (ген ACTN3), rs2016520 (ген PPARD), rs1042713 (ген ADRB2), rs1799945 (ген HFE).

3.1. Полиморфизм rs1815739 гена ACTN3

Вариант rs1815739 гена ACTN3, местоположение 11q13.3, кодирует синтез структурного белка скелетных мышц α -актина-3, который является основным компонентом Z-линий мышечных саркомеров. Этот белок экспрессируется в быстро сокращающихся волокнах скелетных мышц. Полиморфизм rs1815739 характеризуется заменой цитозина на тимин, что, в свою очередь, приводит к преждевременной остановке трансляции РНК в позиции 577, и происходит замена синтеза белка α -актина-3 на α -актин-2 [3]. В 2003 году M. Fang и коллеги выявили ассоциацию этого полиморфизма (аллель С) с проявлением быстроты и силы у спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, особенно у атлетов, специализирующихся в спринтерских дистанциях, что было подтверждено в более поздних исследованиях [4, 5]. В ряде работ было показано, что у спортсменов, представляющих европейский спорт высших достижений, связанный с проявлением выносливости (конькобежцы на длинные дистанции, марафонский бег, хоккеисты), наблюдалась высокая частота аллеля Т и генотипа ТТ [6, 7]. Однако в более поздних работах связь с проявлением выносливости этого полиморфизма не подтвердилась [5].

В наших исследованиях частота встречаемости аллеля Т (40,9 %) и генотипа ТТ (13,6 %) у спортсменов, представляющих игровые виды спорта, выше, чем у русской популяции в целом, где она составляет 37,0 и 7,8 % соответственно, и сопоставима с величиной

этого показателя у элитных спортсменов игровых видов из Европы (Италия), где она составляет 12,0 % (табл.) [8, 9]. Наибольшая частота аллеля Т и генотипа ТТ выявлена у спортсменов, представляющих водное поло (47,4 и 21,1 % соответственно) и волейбол (53,6 и 28,6 % соответственно), где компонента выносливости наиболее выражена. Частота аллеля С в обследуемой группе спортсменов составила 59,3 %, что близко к величине этого показателя в русской популяции в целом. Исключение составляет группа футболистов, где частота этого аллеля составляет 71,7 %, что выше, чем в русской популяции в целом, где она составляет 63,0 % [9]. Высокая частота аллеля С, ассоциированного с быстротой и силой, у футболистов, по-видимому, свидетельствует о наибольшей значимости компоненты быстроты и силы в этом виде игрового спорта. Полученные в этой работе результаты генотипирования полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3)

согласуются с результатами, полученными при обследовании спортсменов из России, которые представляют циклические виды спорта [10].

3.2. Полиморфизм rs2016520 гена PPAR δ

Ген рецептора δ активатора пролиферации пероксисом PPAR δ (местоположение бр21.2-p21.1) одинаково активно экспрессируется как в жировой, так и в мышечной ткани (медленные мышечные волокна) [11]. Полиморфизм rs2016520 гена PPAR δ представляет собой однонуклеотидную замену в нетранслируемой части 4 экзона. Как показано в ряде работ, минорный аллель G ассоциирован с более высокой транскрипционной активностью и влияет на связь с фактором транскрипции Sp-1. В ряде работ выявлена ассоциация этого полиморфизма с проявлением выносливости у спортсменов [12–14].

Таблица

Частота генотипов и аллелей генетических полиморфизмов у спортсменов, представляющих спорт наивысших достижений: игровые виды

Table

Frequency of genotypes and alleles of genetic polymorphisms in elite athletes: game types

Полиморфизм (ген) / Polymorphism (gene)	Распределение генотипов, %/ Genotype distribution, %			Частота аллелей, % / Allele frequency, %	
	CC	CT	TT	C	T
rs1815739 (ACTN3)					
Все обследованные / All patients	31,8	54,6	13,6	59,1	40,9
Футбол / Football, n = 23	43,5	56,5	0	71,7	28,3
Хоккей на траве, женщины / Field hockey, women, n = 10	30,0	60,0	10,0	60,0	40,0
Водное поло / Water polo, n = 19	26,3	52,6	21,1	52,6	47,4
Волейбол / Volleyball, n = 14	21,4	50,0	28,6	46,4	53,6
rs2016520 (PPARδ)					
Все обследованные / All patients	72,7	21,2	6,1	83,3	16,7
Футбол / Football, n = 23	69,6	30,4	0	84,7	15,3
Хоккей на траве, женщины / Field hockey, women, n = 10	70,0	20,0	10,0	80,0	20,0
Водное поло / Water polo, n = 19	78,9	5,3	15,8	81,5	18,5
Волейбол / Volleyball, n = 14	71,4	28,6	0	85,7	14,3
rs1042713 (ADRB2)					
Все обследованные / All patients	10,6	37,9	51,5	29,5	70,5
Футбол / Football, n = 23	26,1	17,4	56,5	34,7	65,3
Хоккей на траве, женщины / Field hockey, women, n = 10	0	50,0	50,0	25,0	75,0
Водное поло / Water polo, n = 19	0	52,6	47,4	26,3	73,7
Волейбол / Volleyball, n = 14	7,1	42,9	50,0	28,5	71,5
rs1799945 (HFE)					
Все обследованные / All patients	62,2	33,3	4,5	78,8	21,2
Футбол / Football, n = 23	73,9	26,1	0	86,9	13,1
Хоккей на траве, женщины / Field hockey, women, n = 10	40,0	60,0	0	70,0	30,0
Водное поло / Water polo, n = 19	57,9	36,8	5,3	76,3	23,7
Волейбол / Volleyball, n = 14	64,3	21,4	14,3	75,0	25,0

При обследовании спортсменов, которые занимают циклическими видами спорта, связанными с проявлением выносливости, из Российской Федерации было обнаружено, что частота g-аллеля полиморфизма rs2016520 гена PPARD достоверно выше, чем в группе сравнения (18.3% против 12.1%; $p < 0,0001$). Кроме того, у спортсменов более высокой квалификации частота g-аллеля выше [12].

3.3. Полиморфизм rs1042713 гена β -2 адренорецептора

Ген β -2 адренорецептора (международный код — ADRB2, местоположение 5q31-q32) кодирует бета-2 адренорецептор, который имеет высокую степень родства к адреналину, активация рецептора вызывает увеличение интенсивности гликогенолиза в мышцах. Наиболее изученным полиморфизмом является rs1042713 (G/A), который характеризуется заменой аденина на гуанин, что, в свою очередь, приводит к замене аминокислоты аргинина на глицин в белке. В ряде работ показано, что полиморфизм rs1042713 ассоциируется с проявлением выносливости у спортсменов [12, 15, 16]. В наших исследованиях частота аллелей полиморфизма rs1042713 (ген ADRB2): A — 29,5 %, G — 70,5 % (см. табл.).

Для аллеля G частота встречаемости в обследуемой группе спортсменов значительно выше, чем показатели в русской популяции центральных регионов России в целом и в европейских популяциях, где она составляет 38–45 % [17, 18]. В каждой отдельной группе спортсменов игровых видов спорта частота встречаемости этого аллеля выше популяционной: футбол — 65,3 %, волейбол — 71,5 %, водное поло — 73,7 %, женский хоккей на траве — 75,0 %. Это подтверждает ранее полученные данные в других видах спорта об ассоциации этого полиморфизма с проявлением выносливости.

3.4. Полиморфизм rs1799945 гена HFE

Ген гемохроматоза (международный символ — HFE, местоположение бp22.2) кодирует синтез белка,

регулирующего обмен железа. Благодаря родству к рецептору трансферрина способен блокировать транспорт железа в цитоплазму клеток. Влияет на уровень ферритина и железа в крови. Генетический полиморфизм rs1799945 ассоциирован с уровнем железа в цитоплазме клеток b, как правило, не проявляется при гетерозиготном носительстве. Аллель G этого полиморфизма рассматривается в качестве молекулярно-генетического маркера выносливости [19].

При исследовании полиморфизма rs1799945 гена HFE в обследуемой группе спортсменов было выявлено, что частота встречаемости аллеля G составляет 21,2 %, что выше, чем в европейских популяциях в целом, где эта величина составляет 12–14 % и согласуется с данными, полученными при обследовании спортсменов единокорцев (19,3 %) [20, 21].

Что касается отдельных видов игрового спорта, то частота аллеля G была выше, чем популяционная, в группах, представляющих волейбол (25 %), водное поло (23,7 %) и женский хоккей на траве (30,0 %). В группе футболистов частота этого аллеля не отличалась от популяционной (15,3 %).

4. Выводы

Результаты обследования спортсменов, представляющих игровые виды спорта, из Российской Федерации показали более высокую частоту встречаемости аллеля T полиморфизма rs1815739 (ген ACTN3), аллеля G полиморфизма rs2016520, (ген PPARD), аллеля G полиморфизма rs1042713 (ген ADRB2) и аллеля G полиморфизма rs1799945 (ген HFE) по сравнению с величинами этого показателя в русской и европейских популяциях в целом. Это подтверждает наличие ассоциации изученных генетических полиморфизмов с проявлением выносливости у спортсменов. Носители аллелей T (полиморфизм rs1815739), G (полиморфизмы rs2016520, rs1042713, rs1799945) имеют преимущество в выносливости при занятии игровыми видами спорта.

Вклад авторов:

Сорокина Елена Юрьевна — генотипирование, статистическая обработка результатов, редактирование и выводы.

Денисова Наталья Николаевна — дизайн исследования, сбор первичного материала, написание статьи, выводы.

Кешабянц Эвелина Эдуардовна — дизайн исследования, сбор первичного материала, редактирование статьи, выводы.

Authors' contributions:

Elena Yu. Sorokina — genotyping, statistical processing of results, editing and conclusions.

Natalia N. Denisova — research design, collection of primary material, article writing, conclusions.

Evelina E. Keshabyants — research design, collection of primary material, article editing, conclusion.

Список литературы

1. **Борисова О.О.** Питание спортсменов: зарубежный опыт и практические рекомендации: учеб.-метод. пособие. М.: Советский спорт; 2007. 132 с.
2. **Путро Л.М.** Особенности питания спортсменов-футболистов. Наука в олимпийском спорте. 2013;(1):66–70.
3. **Alfred T., Ben-Shlomo Y., Cooper R.** ACTN3 genotype, athletic status, and life course physical capability: meta-analysis of the published literature and findings from nine studies.

References

1. **Borisova O.O.** Nutrition of athletes: foreign experience and practical recommendations: textbook. Moscow: Sovetskii sport Publ.; 2007. 132 p. (In Russ.).
2. **Putro L.M.** Features of nutrition of football players. Nauka v olimpiiskom sporte = Science in Olympic sport. 2013;(1): 66–70 (In Russ.).
3. **Alfred T., Ben-Shlomo Y., Cooper R.** ACTN3 genotype, athletic status, and life course physical capability: meta-analysis of

Human Mutation. 2011;32(9):1008–1018. <https://doi.org/10.1002/humu.21526>

4. 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;8(1): e54685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054685>

5. Baltazar-Martins G., Gutiérrez-Hellín J., Aguilar-Navarro M., Ruiz-Moreno C., Moreno-Pérez V., López-Samanes A., et al. Effect of ACTN3 Genotype on Sports Performance, Exercise-Induced Muscle Damage, and Injury Epidemiology. *Sports*. 2020;8(7):99. <https://doi.org/10.3390/sports8070099>

6. Seto J.T., Quinlan K.G., Lek M. ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling. *J. Clin. Invest.* 2013;123(10):4255–4263. <https://doi.org/10.1172/JCI67691>

7. Eynon N., Ruiz J.R., Femia P., Pushkarev V.P., Cieszyk P. The ACTN3 R577X Polymorphism across Three Groups of Elite Male European Athletes. *PLoS One*. 2012;7(8):e43132. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043132>

8. Galeandro V., Notarnicola A., Bianco A., Tafuri S., Russo L., Pesce V., et al. ACTN3/ACE genotypes and mitochondrial genome in professional soccer players performance. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents*. 2017;31(1):207–213.

9. Малярчук Б.А., Деренко М.В., Денисова Г.А. R577X-полиморфизм альфа-актинина-3 в популяциях человека на северо-востоке Азии. *Экологическая генетика*. 2017;15(1):50–56.

10. 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;9(3):41–48. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.41>

11. Miao L., Yin R-X., Wu D-F., Cao X-L., Li Q., Hu X-J., et al. Peroxisome proliferator-activated receptor delta +294T > C polymorphism and serum lipid levels in the Guangxi Bai Ku Yao and Han populations. *Lipids in Health and Disease*. 2010;9:145. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-9-145>

12. Ахметов И.И., Астратенкова И.В., Рогозкин В.А. Ассоциация полиморфизма гена PPAR δ с физической активностью человека. *Молекулярная биология*. 2007;41(5):852–857.

13. Petr M., Maciejewska-Skrendo A., Zajac A., Chycki J., Stastny P. Association of Elite Sports Status with Gene Variants of Peroxisome Proliferator Activated Receptors and Their Transcriptional Coactivator. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(1):162. <https://doi.org/10.3390/ijms21010162>

14. Шепелевич Н.В., Лебедь Т.Л., Мельнов С.Б. Особенности генетического профиля выносливости у спортсменов-ребцов. *Экологический вестник*. 2013;(4(26)):20–24.

15. Wolfarth B., Rankinen T., Mühlbauer S., Scherr J., Boulay M.R., Pérusse L., et al. Association between a beta 2-adrenergic receptor polymorphism and elite endurance performance. *Metabolism*. 2007;56(12):1649–1651. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2007.07.006>

16. Иманбекова М.К., Жолдыбаева Е.В., Есентаев Т.К., Момыналиев К.Т. Спорт и генетика. *Биотехнология. Теория и практика*. 2013;(2):4–11.

17. dbSNP Short Genetic Variations [Internet]. National Center for Biotechnology Information. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency_tab

18. Тимашева Я.Р., Насибуллин Т.Р., Имаева Э.Б., Мирсаева Г.Х., Мустафина О.Е. Полиморфизм генов бета-адренорецепторов и риск эссенциальной гипертензии. *Артериальная*

the published literature and findings from nine studies. *Human Mutation*. 2011;32(9):1008–1018. <https://doi.org/10.1002/humu.21526>

4. 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;8(1): e54685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054685>

5. Baltazar-Martins G., Gutiérrez-Hellín J., Aguilar-Navarro M., Ruiz-Moreno C., Moreno-Pérez V., López-Samanes A., et al. Effect of ACTN3 Genotype on Sports Performance, Exercise-Induced Muscle Damage, and Injury Epidemiology. *Sports*. 2020;8(7):99. <https://doi.org/10.3390/sports8070099>

6. Seto J.T., Quinlan K.G., Lek M. ACTN3 genotype influences muscle performance through the regulation of calcineurin signaling. *J. Clin. Invest.* 2013;123(10):4255–4263. <https://doi.org/10.1172/JCI67691>

7. Eynon N., Ruiz J.R., Femia P., Pushkarev V.P., Cieszyk P. The ACTN3 R577X Polymorphism across Three Groups of Elite Male European Athletes. *PLoS One*. 2012;7(8):e43132. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043132>

8. Galeandro V., Notarnicola A., Bianco A., Tafuri S., Russo L., Pesce V., et al. ACTN3/ACE genotypes and mitochondrial genome in professional soccer players performance. *J. Biol. Regul. Homeost. Agents*. 2017;31(1):207–213.

9. Malyarchuk B.A., Derenko M.V., Denisova G.A. R577X-polymorphism of alpha-actinin-3 in human populations in North-East Asia. *Ekologicheskaya genetika = Ecological genetics*. 2017;15(1):50–56 (In Russ.).

10. Sorokina E.Yu., Keshabyants E.E., Denisova N.N. The study of Association of gene polymorphism with sports success and risk of alimentary-dependent diseases in athletes representing cyclic sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports Medicine: Research and Practice*. 2019;9(3):41–48 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.3.41>

11. Miao L., Yin R-X., Wu D-F., Cao X-L., Li Q., Hu X-J., et al. Peroxisome proliferator-activated receptor delta +294T > C polymorphism and serum lipid levels in the Guangxi Bai Ku Yao and Han populations. *Lipids in Health and Disease*. 2010;9:145. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-9-145>

12. Akhmetov I.I., Astratenkova I.V., Rogozhkin V.A. Association of PPAR δ gene polymorphism with human physical activity. *Molekulyarnaya biologiya = Molecular biology*. 2007;41(5):852–857 (In Russ.).

13. Petr M., Maciejewska-Skrendo A., Zajac A., Chycki J., Stastny P. Association of Elite Sports Status with Gene Variants of Peroxisome Proliferator Activated Receptors and Their Transcriptional Coactivator. *Int. J. Mol. Sci.* 2020;21(1):162. <https://doi.org/10.3390/ijms21010162>

14. Shepelevich N.V., Lebed T.L., Melnov S.B. Features of genetic profile of endurance in athletes-rowers. *Ekologicheskii vestnik = Environmental Bulletin*. 2013;(4(26)):20–24 (In Russ.).

15. Wolfarth B., Rankinen T., Mühlbauer S., Scherr J., Boulay M.R., Pérusse L., et al. Association between a beta 2-adrenergic receptor polymorphism and elite endurance performance. *Metabolism*. 2007;56(12):1649–1651. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2007.07.006>

16. Imanbekova M.K., Zhodybaeva E.V., Esentaev T.K., Momynaliev K.T. Sport and genetics. *Biotechnologiya. Teoriya i praktika = Eurasian Journal of Applied*. 2013;(2):4–11 (In Russ.).

17. dbSNP Short Genetic Variations [Internet]. National Center for Biotechnology Information. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs1042713#frequency_tab

18. Timasheva Y.R., Nasibullin T.R., Imaeva E.B., Mirzaeva G.Kh., Mustafina O.E. Gene Polymorphism of beta-adrenergic

гипертензия. 2015;21(3):259–266. <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266>

19. **Семенова Е.А., Валева Е.В., Булыгина Е.А., Губайдулина С.И., Ахметов И.И.** Применение омиксных технологий в системе спортивной подготовки. Ученые записки Казанского университета. Серия естественные науки. 2017;159(2):232–247.

20. **Agudo A., Bonet C., Sala N., Muñoz X., Aranda N., Nunes A.F.** Hemochromatosis (HFE) gene mutations and risk of gastric cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Carcinogenesis*. 2013;34(6):1244–1250. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgt045>.

21. **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;9(1):40–46. <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.40>

receptors and the risk of essential hypertension. *Arterial'naya gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2015;21(3):259–266 (In Russ.). <https://doi.org/10.18705/1607-419X-2015-21-3-259-266>

19. **Semenova E.A., Valeeva E.V., Bulygina E.A., Gubaidulina S.I., Akhmetov I.I.** Application of complex technologies in the system of sports training. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki = Proceedings of Kazan University. Natural Sciences Series*. 2017;159(2):232–247 (In Russ.).

20. **Agudo A., Bonet C., Sala N., Muñoz X., Aranda N., Nunes A.F.** Hemochromatosis (HFE) gene mutations and risk of gastric cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. *Carcinogenesis*. 2013;34(6):1244–1250. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgt045>.

21. **Sorokina E.Yu., Pogozeva A.V., Nikityuk D.B.** Study of Association of gene polymorphism with nutrition and nutritional status of martial arts athletes. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika = Sports Medicine: Research and Practice*. 2019;9(1):40–46 (In Russ.). <https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.1.40>

Информация об авторах:

Сорокина Елена Юрьевна, к.м.н., ведущий научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6530-6233> (sorokina@ion.ru)

Денисова Наталья Николаевна*, к.м.н., научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7664-2523> (+7 (985) 280-40-75; denisova-55@yandex.ru)

Кешабянц Эвелина Эдуардовна, к.м.н., старший научный сотрудник лаборатории демографии и эпидемиологии питания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» Федерального агентства научных организаций, 109240, Россия, Москва, Устьинский проезд, 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-2647> (evk1410@mail.ru)

Information about the authors:

Elena Yu. Sorokina, M.D., Ph.D. (Medicine), Leading Researcher of the Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinskij travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6530-6233> (sorokina@ion.ru)

Natalia N. Denisova*, M.D., Ph.D. (Medicine), researcher of the Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and biotechnology, 2/14, Ustinskij travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7664-2523> (+7 (985) 280-40-75; denisova-55@yandex.ru)

Evelina E. Keshabyants, M.D., Ph.D. (Medicine), Senior researcher of the Laboratory of Demography and Epidemiology of Nutrition and Genodiagnosics of Alimentary-Dependent Diseases of the Federal Research Centre of Nutrition and Biotechnology, 2/14, Ustinskij travel, Moscow, 109240, Russia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9762-2647> (evk1410@mail.ru)

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author