

## ЛІМОРФІЗМ ГЕНІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ ВИСТУПІВ ЛЕГКОАТЛЕТІВ-СТРИБУНІВ

Світлана ДРОЗДОВСЬКА

*Національний університет фізичного виховання і спорту України*

**Анотація.** Встановлено взаємозв'язок між результативністю виступів у легкоатлетичних стрибках і поліморфізмом генів-кандидатів, асоційованих зі здатністю до інтенсивної фізичної роботи. Визначена найбільш сприятлива комбінація поліморфізмів генів, що обумовлює результативність виступів спортсменів у легкоатлетичних стрибках, а саме: ACE (ген ангіотензинперетворюючого ферменту) – I/D ; PPARG (ген  $\gamma$ -рецептора, що активується проліфераторами пероксидом) – Ala/Ala; eNOS (ген ендотеліальної NO-синтази) – G/G; ACTN3 (ген альфа-актиніну) – R/R.

**Ключові слова:** поліморфізм генів, легкоатлетичні стрибки, ген ангіотензинперетворюючого ферменту, ген альфа-актиніну, ген  $\gamma$ -рецептора, що активується проліфераторами пероксидом, ген ендотеліальної NO-синтази

**Постановка наукової проблеми.** Аналіз змін у спеціальній підготовленості стрибунів і стрибунів, що відбулися у останні 20 років дозволяє помітити деякі тенденції розвитку стрибків, а саме: в останнє десятиріччя спостерігається зниження результатів у горизонтальних стрибках на 2,5-3,5 %, особливо у жіночих видах [3, 4, 6].

За ствердженням Ахметова Р.Ф.(2006), Бобровнік В.І.(2007) наукові роботи, наукові розробки відбору спортсменів швидкісно-силових видів спорту в Україні відсутні.

Рішення проблеми початкового відбору дітей у спортивні секції утруднено тим, що до цих пір немає жодного морфологічного дослідження, проведеного в динаміці на представниках будь-якого спорту.

Виявити присутність резервних можливостей організму спортсмену високого класу, здійснити селекцію спортсменів у збірні команди допоможе спортивна генетика. Сучасні методи спортивної генетики дозволяють уникнути багатьох помилок у тренувальному процесі за допомогою генетичних маркерів, які відображають спадкові задатки окремих людей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дякуючи науковим дослідженням, проведеним у рамках міжнародних проектів «HERITAGE» (Health, Risk Factors, Exercise Training and Genetics) та «Генатлет», в яких прийняло участь декілька дослідницьких центрів з різних країн світу і було обстежено більше тисячі людей, встановлені генетичні маркери м'язової діяльності [8, 10, 11]. Їх можна поділити на дві групи. Найбільша частина таких маркерів асоційована з фізичними навантаженнями, що виконуються з оздоровчою спрямованістю. У цю групу входять гени, пов'язані з показниками антропометрії і складу тіла, з функцією серцево-судинної і дихальної систем, включені показники гемодинаміки, аритмії серця, кардіоміопатії, поглинання кисню та ін. Важливе місце займають гени, що кодують ферменти, коферменти і білки, які приймають участь у вуглеводному, жировому та мінеральному обміні.

В іншу групу генів, асоційовану з професійною діяльністю спортсменів, входять 11 генів, які визначають розвиток і прояв таких фізичних якостей людини, як витривалість та швидкість/сила.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконується згідно теми 2.4.1 «Системний аналіз морфофункціональних перебудов організму людини у процесі адаптації до фізичних навантажень» зведеного плану науково-дослідної роботи у сфері фізичної культури і спорту на 2006 – 2010 рр.

**Мета** – визначити поліморфізми генів, найбільш сприятливі для розвитку швидкісно-силових здібностей у легкоатлетичних стрибках

**Завдання дослідження:**

1. Визначити інформативність генетичних маркерів для спортивного добору;
2. Окреслити коло генів кандидатів, які можуть впливати на фізичну працездатність та результативність виступів у легкоатлетичних стрибках;
3. Встановити вплив на результативність виступів спортсменів у легкоатлетичних стрибках поліморфізму генів, які відповідають за реакцію серцево-судинної системи на фізичні навантаження;
4. Встановити вплив на результативність виступів спортсменів у легкоатлетичних стрибках поліморфізму генів, що обумовлюють фізіологічні властивості м'язової системи;
5. Визначити найбільш сприятливу комбінацію варіантів генів, які обумовлюють результативність виступів спортсменів у легкоатлетичних стрибках.

#### Методи дослідження

1. Аналіз наукової літератури;
2. біомеханічна відеозйомка;
3. ехокардіографія;
4. методи молекулярно-генетичного аналізу;
5. методи математичної статистики.

У обстеженні прийняло участь 48 осіб. Серед них 27 спортсменів-легкоатлетів. Контрольну групу склала 21 особа, які не займаються спортом. Спортсменів було поділено на 2 групи: стрибуни та спринтери. Серед обстежуваних було 1 ЗМС, 8 МСМК, 9 МС, 6 КМС, 3 спортсмени першого розряду.

Ехокардіографічне дослідження проводилося на ультразвуковому сканері Hewlett Packard Sonos 5500 на базі інституту кардіології ім. академіка Н. Д. Стражеско АМН України, який хронічної ішемічної хвороби серця і атеросклерозу

Генотипування спортсменів виконувалося на базі молекулярно-генетичної лабораторії загальної і молекулярної патофізіології інституту фізіології імені О. О. Богомольця Національної академії наук України.

**Результати дослідження і їх обговорення.** Аналіз даних наукової літератури дозволив визначити найважливіші гени, що приймають участь у регуляції серцево-судинної діяльності людини і опосередковано впливають на фізичну працездатність спортсменів та результативність їх виступів.

За літературними даними серед генів, що приймають участь у регуляції серцево-судинної системи найбільший вплив на фізичну працездатність здійснюють гени ACE (ген ангіотензинперетворюючого ферменту) і eNOS3 (ген ендотеліальної NO-синтази) [1, 9, 12]. Крім того, гени, які обумовлюють фізіологічні властивості м'язової системи найбільш вагомими є гени PPARA (ген  $\alpha$ -рецептора, що активується проліфераторами пероксисом), PPARG (ген  $\gamma$ -рецептора, що активується проліфераторами пероксисом), ACTN3 (ген  $\alpha$ -актину 3) [2, 5, 7].

У наших дослідженнях було вивчено вплив на результативність виступів спортсменів у легкоатлетичних стрибках генів ACE, NOS3.

Результати, отримані у ході генотипування спортсменів, які займаються легко атлетичними стрибками за геном ACE (ген ангіотензинперетворюючого фермента) представлено у таблиці 1.

Наші дані співпадають з даними розподілу алельних варіантів гену ACE в українській популяції: розподіл частот нормальних гомозигот (I/I-генотип), гетерозигот (I/D) и D/D становить 27,5 %, 54 %, 18,5 % відповідно. Але в групі спортсменів – стрибунів нами не встановлено підвищення частоти варіанту D/D.

За результатами таблиці 2 встановлено, що поліморфізм гену ACE є інформативним маркером для добору спортсменів у швидкісно-силові види спорту; найбільш сприятливою комбінацією для підвищеної результативності виступів легкоатлетів-стрибунів є гетерозиготна комбінація ACE I/D. Частота поширення алеля I/D у групі майстрів спорту міжнародного рівня становить 18 % перевищує частоту цього варіанту у групі спортсменів з нижчою кваліфікацією. Зв'язок між поліморфізмом гену eNOS та спортивною працездатністю встановлено за допомогою рідкості патологічного алелю T/T у вибірці спортсменів.

Таблиця 1

**Розподіл алельних варіантів 16-го інтрону гену ACE у спортсменів,  
які займаються легкою атлетикою**

Генотип	Контрольна група (n=20)	Легкоатлети – стрибуні (n=21)	Легкоатлети-спринтери (n=5)
I/I, n (%)	4 (20)	8(38,1)	0(0)
I/D, n (%)	12 (60)	12(57,2)	2(40)
D/D, n (%)	4(20)	1(4,7)	3(60)
D алель,%	50	31	80

Таблиця 2

**Залежність кваліфікації легкоатлетів,  
що займаються швидкісно-силовими видами  
від варіанту гену ACE**

Генотип	ЗМС, МСМК (n=7)	МС, КМС, I розр (n=12).
I/I, n (%)	2 (22,2)	5 (41,6)
I/D, n (%)	5 (66)	6(50)
D/D, n (%)	0	1 (8,4)

Аналіз результатів біомеханічної відеозйомки спортсменів з різними алельними варіантами гену ACE (рис. 1) показав, що найбільш високі показники потужності відштовхування, швидкості перед відштовхуванням, швидкості вильоту і результативність виступів спортсменів с варіантом гену I/D. Хоча достовірних відмінностей не було помічено, але спостерігалася тенденція до односпрямованості відмінностей. Очевидно, що поліморфізм гену ACE опосередковано впливає на результативність виступів легкоатлетів – стрибунів, але визначальним для даного виду спорту.



Ехокардіографічними дослідженнями (табл. 3) встановлено, що найбільшими значеннями ІМЛШ (індексу маси лівого шлуночка серця)  $88,8 \pm 13,4 \text{ г см}^{-1}$  і товщиною міжшлуночкової перегородки (МШП)  $0,96 \pm 0,1 \text{ см}$  володіли спортсмени с генотипом I/I. Це суперечить даним літератури, які стверджують, що осіб з I/I генотипом практично відсутня гіпертрофія серцевого м'язу [9, 12]. Очевидно такі відмінності пов'язані зі специфікою тренування нашого контингенту, оскільки спортсмени – стрибунки виконують менший обсяг роботи силової спрямованості у порівнянні з іншими спортсменами швидкісно-силових видів спорту. Крім того, для осіб з генотипом D/D робота силового характеру є адекватною і не потребує додаткової гіпертрофії м'язових волокон.

Таблиця 3

**Ехокардіографічні показники серця у спортсменів – легкоатлетів, з різним генотипом (n=16)**

Показник	I/I	I/D	D/D	Норма
Індекс маси лівого шлуночка (ІМЛШ)	88,8 $\pm 13,4$	75,2 $\pm 9,3$	64 $\pm 7,5$	
Товщина міжшлуночкової перегородки (МШП), см	0,96 $\pm 0,1$	0,89 $\pm 0,07$	0,9 $\pm 0,04$	0,6-1,1
Кінцево-діастолічний розмір лівого шлуночка (КДР), см	5,2 $\pm 0,27$	4,7 $\pm 0,3$	4,6 $\pm 0,2$	3,5-5,7
Кінцево-систолічний розмір правого шлуночка (КСР), см	3,27 $\pm 0,4$	3,19 $\pm 0,27$	3,1 $\pm 0,3$	2,3-3,8
Об'єм лівого шлуночка на кінцево-діастолічному зображенні (КДО), мл	148,4 $\pm 11,7$	117,7 $\pm 17,7^*$	136 $\pm 9,1$	51-160
Об'єм лівого шлуночка на кінцево-систолічному зображенні (КСО), мл	53,6 $\pm 7,9$	43,8 $\pm 9,8$	47 $\pm 5,2$	18-62
Товщина задньої стінки лівого шлуночка (ЗСТ), см	0,96 $\pm 0,11$	0,52 $\pm 0,1^*$	0,9 $\pm 0,12$	0,6-1,1

\* – відмінність по відношенню до варіанта I/I

Найбільш поширеним поліморфізмом гену PPARC серед спортсменів швидкісно-силових видів спорту є Pro/Ala. Алель Ala зустрічається у спортсменів ЗМС, МСМК, МС у 6 разів частіше ніж у КМС, та спортсменів I розряду. Результати представлені у таблицях 4, 5.

Таблиця 4

**Поліморфні варіанти гену PPARC у легкоатлетів різних спеціалізацій**

Варіант гену	Легкоатлети-стрибуни (n=20)	Легкоатлети – спринтери (n=7)	Контрольна група (n=21)
Pro/Pro n, %	13(75)	3 (42,9)	17(80,9)
Pro/Ala n, %	6 (30)	4(57,1)	3(14,3)
Ala/Ala n, %	1(5)	0	1(4,8)
Ala аллель%	20	26,5	12,3

Таблиця 5

**Розподіл варіантів гену PPARG (%) у легкоатлетів різної кваліфікації, що займаються швидкісно-силовими видами (n=27)**

Варіант гену	Спортсмени КМС, I розряд n=10	Спортсмени ЗМС, МС, n=17
Pro/Pr, n, %	9 (90)	7(41.2)
Pro/Ala, n, %	1(10)	9(52,9)
Ala/Ala, n, %	0	1(5,9)
Ala аллель,%	5	32,5

Наші дослідження дозволили виявити, що найбільш сприятливою для занять атлетичними стрибками є поліморфізм RR гену ACTN3. Він сприяє синтезу більшої кількості білка актину і тим самим зміцнює структуру саркомеру. У групі легкоатлетів-стрибунів варіант RR кількісно переважає частоту цього варіанту у контрольній групі на 19,1 %. Розподіл алельних варіантів гену ACTN3 у 577 положенні 16 екзону у спортсменів різних видів спорту представлено у таблиці 6.

Таблиця 6

**Розподіл алельних варіантів гену ACTN3 у 577 положенні 16 екзону у спортсменів різних видів спорту**

Варіант гену	Легкоатлети – стрибуну (n=22)	Спортсмени інших швидкісно-силових видів спорту (n=11)	Контроль. група (n=20)
RR, n, %	13 (59,1)	2(18.2)	8(40)
RX, n, %	8(36,4)	9(81,8)	10(50)
XX, n, %	1(0,5)	0	2(10)
X алель,%	18,7	40,9	37,5

### Висновок

Найбільш сприятливою для занять легкоатлетичними стрибками виявилася наступна комбінація: ACE(D/D); PPARG (Ala/Ala); eNOS(G/G); ACTN3 (R/R). Найбільш часто у легкоатлетів-стрибунів зустрічається комбінація ACE(I/D); PPARG (Pro/ Ala); eNOS(G/T); ACTN3 (R/R). Нульовою комбінацією за швидкісно-силовими здібностями є комбінація: ACE(I/I); PPARG (/Pro); eNOS(T/T); ACTN3 (X/X).

### Список літератури

1. Астратенкова И. В. Поліморфізм гена ендотеліальної по-синтазы и физическая активность / И. В. Астратенкова // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 62 – 83.
2. Ахметов И. И. Ассоциация полиморфизма гена PPARG с предрасположенностью к развитию скоростно-силовых качеств / И. И. Ахметов, И. А. Можайская, Е. В. Любимов, др.] // Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях повышенных физических нагрузок: Сб. ст. – М., 2007. – № 3. – С. 22 – 28.
3. Ахметов Р. Ф. Теоретико-методичні основи управління системою багатоступенюваної підготовки спортсменів швидкісно-силових видів спорт (на матеріалі дослідження стрибків висоту) : дис. д-ра наук з фіз. виховання і спорту: 24.00.01 / Р. Ф. Ахметов. Житомир, – 2006.

4. Бобровник В. И. Формирование технического мастерства легкоатлетов – прыгунов высокой квалификации в системе спортивной подготовки : дис. д-ра наук по физ. воспитанию и спорту: 24.00.01 / Бобровник Владимир Ильич – К., 2007. – 581 с.
5. Дружевская А. М. Полиморфизм гена actn3 у спортсменов // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов : сб. науч. тр. – СПб., 2006. – С. 58 – 74.
6. Огаджанов А. Л. Педагогические технологии индивидуальной подготовки квалифицированных легкоатлетов-прыгунов : автореф. дис. д-ра. пед. наук : спец. 13.00.04 "Теория и методика физ. воспитания, спорт. тренировки, оздоровит. и адаптив. физ. культуры" / А. Г. Огаджанов. – М., 2007 – 50 с.
7. Rogozkin V. A. Гены-маркеры предрасположенности к скоростно-силовым видам спорта / В. А. Рогозкин, И. В. Астратенкова, А. М. Дружевская [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 1. – С. 2 – 4.
8. Rogozkin V. A. Генетические маркеры физической работоспособности человека / Rogozkin V. A., Назаров И. Б., Казаков В. И. // Наука в Олимпийском спорте. – 2005. – № 2. – С. 97 – 100.
9. Folland J. P. ACE genotype affects the strength training response / Folland J. P., Hawker K., Leach V. [et al.] // 4<sup>th</sup> Annual congress of the ECSS. – Rome, 1999. – 105 p.
10. Rankinen T. The Human Gene Map for Performance and Health-Related Fitness Phenotypes: The 2005 Update / Rankinen T., Bray M., Hagberg J. M., Perusse L., Roth S. M., Wolfarth B., Bouchard C. // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2006. – 38(11). – P. 1863 – 1888.
11. Montgomery H. E. Human gene for physical performance / Montgomery H. E., Marshall R., Hemingway H. [et al.] // Nature. – 1998. – 393. – P. 221 – 22.
12. Montgomery H., Clarkson P., Bornard M. et al. Angiotensin-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and response to physical training / Montgomery H., Clarkson P., Bernard M. [et al.] // Lancet. – 1999. – V. 53. – P. 541 – 545.

## ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ВЫСТУПЛЕНИЙ ЛЕГКОАТЛЕТОВ-ПРЫГУНОВ

Светлана ДРОЗДОВСКАЯ

*Национальный университет физического воспитания и спорта Украины*

**Анотация.** Установлена взаимосвязь между результативностью выступлений в легкоатлетических прыжках и полиморфизмом генов-кандидатов, ассоциированных с способностью к интенсивной физической работе. Определена наиболее благоприятная комбинация полиморфизмов генов, обуславливающих результативность выступлений в легкоатлетических прыжках, а именно: ACE (ген ангиотензинпревращающего фермента) – I/D ; PPAR $\gamma$  (ген  $\gamma$  – рецептора, активирующегося пролифераторами пероксисом) – Ala/Ala; eNOS (ген эндотелиальной NO- синтазы) – G/G; ACTN3 (ген альфа-актинина) – R/R.

**Ключевые слова:** полиморфизм генов, легкоатлетические прыжки, ген ангиотензинпревращающего фермента, ген альфа-актинина, ген  $\gamma$  –рецептора, активирующегося пролифераторами пероксисом, ген эндотелиальной NO- синтазы.

**POLYMORPHISM OF GENES THAT DETERMINE THE RESULTS OF ATHLETES – JUMPERS**

**Svitlana DROZDOVSKA**

*National University of Physical Education and Sports of Ukraine*

**Abstract.** The correlation was established between the results of competitions in the track and field jumping events and polymorphism of candidate genes, which is associated with the ability to intensive physical training. The most favorable combination of gene polymorphisms has been defined, that stipulates sportsmen competition results in athletics jumping, mainly: ACE(I/D); PPARG (Ala/Ala); eNOS(G/G); ACTN3 (R/R).

**Key words:** polymorphism of genes, track and fields jumping, angiotensin-converting enzyme gene, the gene of  $\alpha$ -actinin, peroxisome proliferator-activated  $\gamma$ -receptor gene, gene endothelial NO-synthase.

Gene	Ala/Ala	G/G	R/R	I/D
PPARG	100%	0%	0%	0%
eNOS	0%	100%	0%	0%
ACE	0%	0%	0%	100%
ACTN3	0%	0%	100%	0%