

---

# СПОРТИВНА МЕДИЦИНА, ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ СПОРТУ

---

## КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ПОЛІМОРФІЗМІВ ГЕНІВ, ЩО СПРИЯЮТЬ ФІЗИЧНІЙ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СПОРТСМЕНІВ У ВЕСЛУВАННІ АКАДЕМІЧНОМУ

---

*Світлана Дроздовська*

**Резюме.** С целью улучшения системы спортивного отбора, установления генотипов, наиболее благоприятных для развития высокой физической работоспособности, были проанализированы ДНК 65 спортсменов, занимающихся греблей академической, и 326 человек, у которых отсутствует стаж регулярных занятий спортом. Установлено, что C/C генотип C/G полиморфизма гена PPARC и G/G генотип по A/G полиморфизму гена ELN являются благоприятными для высокой физической работоспособности в гребле академической; G-аллель A/G полиморфизма гена ELN может считаться генетическим маркером предрасположенности к указанному виду спорта. Редкие аллели D (ACE), C (eNOS), X (ACTN3), C (PPARA), T (HIF-1 $\alpha$ ), T (MMP2) не лимитируют физическую работоспособность спортсменов в гребле академической.

**Ключевые слова:** гребля академическая, спортивный отбор, полиморфизмы генов, молекулярно-генетические маркеры.

**Summary.** To improve the system of sports selection, establishment of genotypes, the most favorable for the development of a high physical performance in rowing, DNA 65 athletes involved in rowing and 326 people who have no experience of regular exercise was analyzed. It was found that the C/C genotype C/G polymorphism of PPARC and G/G genotype A/G polymorphism in ELN gene are favorable to high physical performance in rowing, G — allele A/G polymorphism of ELN may be a marker of genetic predisposition to these kind of sport. Rare alleles D (ACE), C (eNOS), X (ACTN3), C (PPARA), T (HIF-1 $\alpha$ ), T (MMP2) don't limit exercise performance in rowing.

**Key words:** rowing, sport selection, polymorphisms of genes, molecular genetic markers.

**Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результативність пошуку спортивних талантів, добору спортивно обдарованих дітей тісно пов'язана з розвитком методів визначення спадкової схильності до прояву високої фізичної працездатності в певному виді спорту. Згідно з сучасними уявленнями молекулярної генетики м'язової діяльності, відмінності у прояві фізичних якостей людини залежать від поліморфізмів генів, до яких належать генетичні варіанти послідовностей нуклеотидів однієї й тієї ж ділянки ДНК, що зустрічаються у популяції з частотою не менше 1 %. Однак фізичні якості детермінуються і успадковуються полігенно, тобто залежать від сукупності генів та їх поліморфізмів; тому при вивченні спадкової схильності до того чи іншого виду спорту слід аналізувати комбінації алельних варіантів генів, що відіграють найважливішу роль у процесах адаптації організму спортсменів до інтенсивних фізичних наванта-

жень. Характер фізичних вправ, які виконуються упродовж тренувальної і змагальної діяльності, обумовлює специфічні вимоги до функціональних особливостей організму у кожному конкретному виді спорту, тому необхідно визначити поліморфізми генів, які можуть бути маркерами спадкової схильності та забезпечувати фізичну працездатність в обраному виді спорту.

Веслування академічне належить до видів спорту, що ставлять вимоги до комплексного розвитку нейрогенних, аеробних та анаеробних реакцій організму. За даними дослідників, співвідношення аеробної та анаеробної роботи у веслуванні академічному становить 70 % на 30 % [6]. Хоча в цьому виді спорту необхідно враховувати велику кількість факторів, що можуть впливати на фізичну працездатність, одним із найважливіших є аеробна потужність організму [4]. Тому можемо припустити, що поліморфізми генів, які, за науковими даними, можуть впливати на аеробні про-

цеси, механізми забезпечення організму киснем, впливають на фізичну працездатність спортсменів у веслуванні академічному. З огляду на це, було включено до комплексного аналізу спадкової схильності до даного виду спорту такі поліморфізми генів: I/D поліморфізм гена ангіотензинконвертуючого фермента (*ACE*), T/C поліморфізм гена ендотеліальної NO-синтази (*eNOS*), Pro582Ser (C/T) поліморфізм гена фактора, що індукується гіпоксією (*HIF-1α*). Джерела енергії в організмі спортсменів, їх величина, швидкість залучення та переключення з одного джерела енергії на інше — це важливі фактори, що впливають на працездатність спортсменів у веслуванні академічному. Тому до переліку були включені поліморфізми генів, що контролюють ліпідний та вуглеводний обмін: C/G поліморфізм гена  $\gamma$ -рецептора, що активує проліферацію пероксисом (*PPARG*), G/C поліморфізм 7-го інтрона гена  $\alpha$ -рецептора, що активує проліферацію пероксисом (*PPARA*), Ala203Pro поліморфізму гена  $\beta$ -коактиватора *PPAR $\gamma$*  (*PPARGC1B*). Властивості сполучної тканини, що впливає на стан серцево-судинної та нервово-м'язової систем визначали за такими поліморфізмами генів: Gly422Ser (A/G) поліморфізм гена еластину (*ELN*), C-1306T поліморфізм гена матриксної металопротеїнази 2 (*MMP2*). Властивості м'язової тканини досліджували за R/X поліморфізмом гена  $\alpha$ -актиніну-3 (*ACTN3*).

**Мета дослідження** — встановити генотипи, найбільш сприятливі для розвитку фізичної працездатності спортсменів у веслуванні академічному.

Роботу виконано згідно зі Зведеним планом НДР у сфері фізичної культури і спорту на 2011–2015 рр. за темою 2.22 «Розробка комплексної системи визначення індивідуально-типологічних властивостей спортсменів на основі прояву геному» та темою 2.25 «Моніторинг процесу адаптації кваліфікованих спортсменів з урахуванням їх індивідуальних особливостей».

**Методи та організація дослідження.** У дослідженні було проаналізовано зразки ДНК 391 особи, з них — 65 спортсменів, які займаються веслуванням академічним та 326 осіб, у яких відсутній стаж регулярних занять спортом, і які становили контрольну групу. На момент забору ДНК 5 спортсменів були Заслуженими майстрами спорту України (ЗМС), 18 — майстрами спорту України міжнародного класу (МСМК), 27 — майстрами спорту України (МС), 7 — кандидатами у майстри спорту (КМС), 8 — мали I розряд. Забір ДНК проводили за допомогою універсального зонду методом змиву епітеліальних клітин ротової порожнини. ДНК виділяли з букального епітелію за допомогою набору реактивів Diatom™

DNA Prep (Biokom). Поліморфізми генів визначали методом полімеразної ланцюгової реакції (ПЛР), з подальшими обробкою рестриктазами та подальшим аналізом довжини рестрикційних фрагментів (PCR-RFLP). Ампліфікати після рестрикції розділяли у 2,5 % агарозному гелі, який містив 10 мкг·мл<sup>-1</sup> бромистого етидію. Візуалізація ДНК після горизонтального електрофорезу (160 V упродовж 40 хв) проводилася за допомогою транслюмінатора («Біоком», Росія) і відеосистеми ViTran (Росія). Генотипування спортсменів виконувалося на базі молекулярно-генетичної лабораторії відділу загальної і молекулярної патофізіології інституту фізіології імені О. О. Богомольця, Національної академії наук України. Методом ПЛР з наступною рестрикцією вивчалися I/D поліморфізм гену ангіотензинконвертуючого фермента (*ACE*), C/G поліморфізм гена  $\gamma$ -рецептора, що активує проліферацію пероксисом (*PPARG*), R/X поліморфізм гена  $\alpha$ -актиніну-3 (*ACTN3*), G/C поліморфізм 7-го інтрона гена  $\alpha$ -рецептора, що активує проліферацію пероксисом (*PPARA*), Pro582Ser (C/T) поліморфізм гена фактора, що індукується гіпоксією (*HIF-1α*), Ala203Pro поліморфізм гена  $\beta$ -коактиватора *PPAR $\gamma$*  (*PPARGC1B*), Gly422Ser (A/G) поліморфізм гена еластину (*ELN*). T/C поліморфізм гена ендотеліальної NO-синтази (*eNOS*) визначали за допомогою ПЛР у реальному часі, а C-1306T поліморфізм гена матриксної металопротеїнази 2 (*MMP2*) — за методом алелеспецифічної ПЛР. Вірогідність відмінностей у розподілі вибірок визначали за критерієм  $\chi^2$ . Значення  $p < 0,05$  вважали достовірним.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати визначення поліморфізмів генів у групах спортсменів, які займаються веслуванням академічним та в контрольній групі, свідчать, що при незначному переважанні частотності алелів, що? за даними наукової літератури, сприяють аеробній витривалості, за переважною більшістю поліморфізмів вибірки відрізняються невірогідно. Хоча розподіл алельних варіантів за I/D поліморфізмом гена *ACE* є невірогідним, однак частотність алеля I у групі спортсменів дещо перевищує частотність аналогічного алеля у контрольній групі. Розподіли в групах спортсменів та контрольній групі за T/C поліморфізмом промотора гена *eNOS* статистично не відрізняються, хоча спостерігається невелика перевага частотності T-алеля у групі спортсменів.

Вірогідно відрізнявся розподіл генотипів за C/G поліморфізмом гена *PPARG*. Частотність генотипу C/C у групі спортсменів, які спеціалізуються у веслуванні академічному на 9,8 % ( $P\chi^2 = 0,07$ ), вища, ніж у контрольній групі

(рис. 1). Отже, С/С генотип С/С поліморфізму гена *PPARG* є сприятливим для високої фізичної працездатності у веслуванні академічному. Очевидно, це пов'язано з впливом цього поліморфізму на здатність білка *PPARγ* активувати гени ліпідного обміну [8].

Частотність G/G-генотипу за G/C поліморфізмом гена *PPARA* у групі спортсменів на 8,3% вища, та частотність С-алеля на 5,3% нижча, ніж аналогічні показники контрольної групи.

Оскільки розподіл за алелями не відрізняється від контрольної групи можна припустити, що D-алель I/D поліморфізму гена *ACE*, С-алель Т/С поліморфізму гену *eNOS*, Х-алель R/X поліморфізму гена *ACTN3*, С-алель G/C поліморфізму гена *PPARA*, Т-алель С/Т поліморфізму гена *HIF-1α*, Т-алель С/Т поліморфізму гена *MMP2* не є лімітуючими для фізичної працездатності спортсменів у веслуванні академічному.

С/G поліморфізму гена *PPARGC1B* недостатньо досліджено через низьку частотність рідкісного алеля.

Розподіл генотипів за А/G поліморфізмом гена *ELN* у групі спортсменів, які займаються веслуванням академічним, вірогідно відрізняється від розподілу контрольної групи. У спортсменів частота G/G генотипу переважає на 22,2% ( $P\chi^2 = 0,03$ ). Частотність рідкісного алеля-А у групі спортсменів на 21,7% ( $P\chi^2 = 0,005$ ) менша, ніж частотність цього алеля у контрольній групі (рис. 2). Відомо, що А-алель призводить до підвищення жорсткості судин та ризику розвитку гіпертензії [7]. Очевидно, ці особливості є несприятливими для розвитку високої аеробної витривалості та працездатності у веслуванні академічному, тому спортсмени – носії цього алеля відсіваяються на різних етапах спортивного добору. Отже, G/G-генотип за А/G поліморфізмом гена *ELN* сприяє фізичній працездатності у веслуванні академічному і може вважатися генетичним маркером схильності до цього виду спорту.

Відомо, що спортсмени в процесі спортивної підготовки, яка може тривати кілька десятиліть, проходять різні етапи спортивного добору, в результаті чого до складу спортсменів високої кваліфікації входять особи з унікальними генетичними комбінаціями. Тому всіх обстежених спортсменів було поділено за кваліфікацією на дві групи – високої кваліфікації (ЗМС та МСМК) та кваліфіковані веслувальники (МС, КМС, II–I розряди). Порівняльний аналіз розподілу частотності генотипів та алелів у цих групах дозволив встановити незначні відмінності, що проявилися у меншій частотності алелів D (*ACE*), Т (*HIF-1α*), G (*PPARG*) та переважанні алелів С (*eNOS*), Х (*ACTN3*), С (*PPARA*) у спортсменів високої кваліфікації.

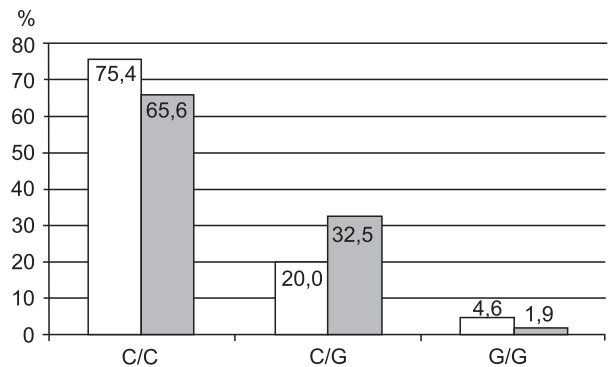


Рисунок 1 — Частотність генотипів C/C, C/G та G/G за геном *PPARG* у контрольній групі та в групі спортсменів, які займаються веслуванням академічним:

□ — спортсмени, які займаються веслуванням академічним; ■ — контрольна група

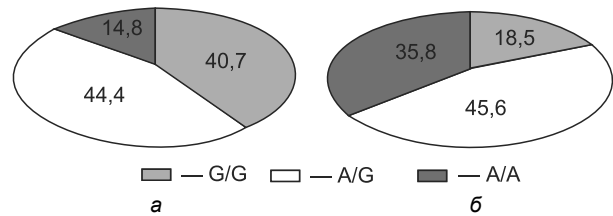


Рисунок 2 — Розподіл алельних варіантів A/G поліморфізмом гена *ELN* у спортсменів, які спеціалізуються в веслуванні академічному (а), та в контрольній групі (б)

Хоча розподіл між кваліфікованими і спортсменами високої кваліфікації за С/Т поліморфізмом гена *HIF-1α* не має вірогідних відмінностей, але частотність генотипу С/С у групі спортсменів високої кваліфікації на 8% переважає аналогічний показник у групі кваліфікованих спортсменів.

Частотність алеля С за геном *PPARG* на 12,5% вища в групі спортсменів високої кваліфікації ( $P\chi^2 = 0,05$ ) (рис. 3).

Найпоширенішими за шістьма поліморфізмами в групі спортсменів високої кваліфікації

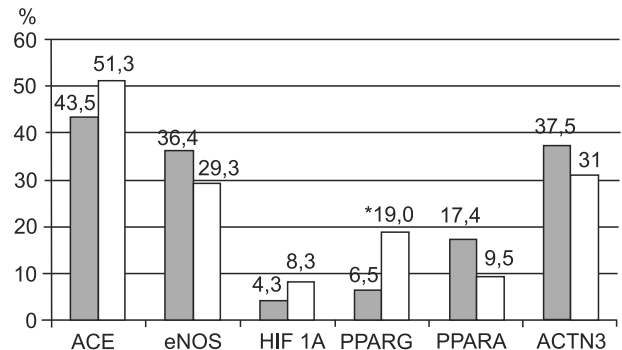


Рисунок 3 — Частотність рідкісних алелів різних поліморфізмів у групах спортсменів, які займаються веслуванням академічним:

□ — спортсмени високої кваліфікації; ■ — кваліфіковані спортсмени

виявились такі комбінації: I/D (ACE)–T/T (eNOS)–C/C (HIF1 $\alpha$ )–C/C (PPARG)–G/G (PPARA)–C/C (PPARGC1B) у чотирьох; I/D (ACE)–T/C (eNOS)–C/C (HIF1 $\alpha$ )–C/C (PPARG)–G/G (PPARA)–C/C (PPARGC1B) у двох та I/I (ACE)–T/T (eNOS)–C/C (HIF1 $\alpha$ )–C/C (PPARG)–G/G (PPARA)–C/C (PPARGC1B) ще у двох осіб. Можна припустити, що саме вони сприяють фізичній працездатності у веслуванні академічному.

Існує теорія, що, чим вищий коефіцієнт успадкування ознаки, чим меншою кількістю проміжних фенотипів визначається кінцевий фенотип, тим менше генів (і поліморфізмів) її визначають [1–3].

Витривалість залежить переважно від середовищних факторів, ніж сила та швидкість [5], а це означає, що більша кількість генів бере участь у механізмах адаптації організму до фізичних вправ цього характеру, і тому необхідна велика вибірка спортсменів для доказу впливу того чи іншого поліморфізму на фізичну працездатність у видах спорту на витривалість. Соціальні фактори в Україні, зниження рівня мотивації до занять спортом, механізми спортивного добору унеможливають процес утворення великої вибірки кваліфікованих спортсменів у видах спорту на витривалість, що створює труднощі на шляху вивчення ролі поліморфізмів в окремо взятій країні і потре-

бує об'єднання зусиль дослідників кількох близько розташованих країн.

#### Висновки:

1. Комплексний аналіз поліморфізмів генів дозволяє виявити спадкову схильність до розвитку фізичної працездатності в обраних видах спорту, дисциплінах, амплуа, що відповідають індивідуальним фізіологічним особливостям спортсмена; запобігти розвитку патологічних та передпатологічних станів серцево-судинної системи у процесі занять спортом, а також здійснювати корекцію тренувального процесу з урахуванням сильних та слабких сторін організму.

2. C/C генотип C/G поліморфізму гена *PPARG* та G/G генотип за A/G поліморфізмом гена *ELN* є сприятливими для високої фізичної працездатності у веслуванні академічному. G-алель A/G поліморфізму гена *ELN* може вважатися генетичним маркером схильності до вказаного виду спорту.

3. Рідкісні алелі D (*ACE*), C (*eNOS*), X (*ACTN3*), C (*PPARA*), T (*HIF-1 $\alpha$* ), T (*MMP2*) не лімітують фізичну працездатність спортсменів у веслуванні академічному.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у збільшенні спектра поліморфізмів генів, що сприятимуть точності прогностичних результатів, у кореляції комбінацій поліморфізмів із показниками розвитку фізичних якостей та приросту спортивних результатів.

#### Література

1. Ахметов И. И. Молекулярная генетика спорта / И. И. Ахметов. — М.: Сов. спорт, 2009. — 268 с.
2. Ахметов И. И. Молекулярно-генетические маркеры предрасположенности к различным видам спорта / И. И. Ахметов // Учен. записки Ун-та им. П. Ф. Лесгафта. — 2010. — № 7, 65. — С. 3—6.
3. Ахметов И. И. Взаимосвязь полиморфизмов генов с успешностью соревновательной деятельности элитных гребцов / И. И. Ахметов, Д. В. Ребриков // Вестн. спорт. науки. — 2008. — № 4. — С. 70—72.
4. Дьяченко А. Ю. Специальная выносливость квалифицированных спортсменов в академической гребле / А. Ю. Дьяченко. — К.: НПФ «Славутич-Дельфин», 2004. — 338 с.
5. Сологуб Е. Б. Спорт. генетика: учеб. пособие / Е. Б. Сологуб, В. А. Таймазов. — М.: Терра-Спорт, 2000. — 127 с.
6. Hagerman F. C. Applied physiology of rowing / F. C. Hagerman // Sports Med. — 1984. — V.1(4). — P. 303.
7. Hanon O. Aging, carotid artery distensibility, and the Ser422Gly elastin gene polymorphism in humans / O. Hanon, V. Luong, J. J. Mourad [et al.] // Hypertension. — 2001. — Vol. 38. — P. 1185—1189.
8. Masugi J. Inhibitory effect of a proline-to-alanine substitution at codon 12 of peroxisome proliferator activated receptor-gamma 2 on thiazolidinedione-induced adipogenesis / J. Masugi, Y. Tamori, H. Mori et al. // Biochemical and Biophysical Research Communications. — 2000. — Vol. 268. — P. 178—182.

#### References

1. Ahmetov I. I. Molecular genetics of sport: a monograph / I. I. Ahmetov. — Moscow: Soviet Sport, 2009. — 268 p.
2. Ahmetov I. I. Molecular genetic markers of predisposition to different kind of sports / I. I. Ahmetov // Proceedings of University PF Lesgaftha. — 2010. — № 7, 65. — P. 3—6.
3. Ahmetov I. I. Relationship gene polymorphisms with the success of competitive activities of elite rowers / I. I. Ahmetov, B. V. Rebrikov // Bulletin of Sport Science. — 2008. — № 4. — P. 70—72.
4. Dyachenko A. Yu. Special endurance trained athletes in rowing / A. Yu. Dyachenko — Kiev: «Slavutich-Delfin», 2004. — 338 p.

5. *Sologub E. B.* Sports Genetics: Textbook / E. B. Sologub, V. A. Taymasov. — Moscow: Terra-Sports, 2000. — 127 p.
6. *Hagerman F. C.* Applied physiology of rowing / F. C. Hagerman // Sports Med. — 1984. — V.1(4). — P. 303.
7. *Hanon O.* Aging, carotid artery distensibility, and the Ser422Gly elastin gene polymorphism in humans / O. Hanon, V. Luong, J. J. Mourad [et al.] // Hypertension. — 2001. — V. 38. — P. 1185—1189.
8. *Masugi J.* Inhibitory effect of a proline-to-alanine substitution at codon 12 of peroxisome proliferator activated receptor-gamma 2 on thiazolidinedione-induced adipogenesis / J. Masugi, Y. Tamori, H. Mori et al. // Biochemical and Biophysical Research Communications. — 2000. — V. 268. — P. 178—182.

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ  
Sdrozdovska@gmail.com

Надійшла 03.12.2012