

ISSN
2786-863X

СТУДЕНТСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

UNI VER SUM

№ 21 / 2025
ЧЕРВЕНЬ

ISSN 2786-863X

UNI VER SUM

№ 21 / червень 2025

DOI 10.36074/universum.21.2025

Вінниця, Україна
«UKRLOGOS Group»
2025

УДК 082:001
U 55

Ідентифікатор медіа R30-02718
на підставі рішення Національної Ради
№ 424 від 22.02.2024

Редакція журналу: ГО «Молодіжна наукова ліга»

Верстка: Гарасимів М.В.

Дизайн: Бондаренко І.В.

Головний редактор: Коренюк І.О.

Журнал видається за підтримки Інституту науково-технічної інтеграції та співпраці.

Редакційна колегія:

Афанасьєва Наталя Євгенівна – доктор психологічних наук, професор
Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця

Бацуровська Ілона Вікторівна – доктор педагогічних наук, доцент
Миколаївський національний аграрний університет

Смельянов Олександр Юрійович – доктор економічних наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка»

Костюченко Валентина Миколаївна – доктор економічних наук, професор
Державний торговельно-економічний університет

Онїкєнко Сергій Володимирович – доктор економічних наук, професор
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Ащепкова Наталія Сергіївна – кандидат технічних наук, доцент
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Ковальова Світлана Сергіївна – кандидат юридичних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кулик Алла Василівна – кандидат економічних наук, доцент
Державний торговельно-економічний університет

Мартинюк Віталій Олексійович – кандидат географічних наук, доцент
Рівненський державний гуманітарний університет

Мудра Світлана В'ячеславівна – кандидат педагогічних наук, доцент
Київський інститут Національної гвардії України

Павшук Катерина Олександрівна – кандидат юридичних наук, доцент
Національний юридичний університет імені Ярослава Мудрого

Ротова Наталія Володимирівна – кандидат філологічних наук, доцент
Українська інженерно-педагогічна академія

Христич Ніна Сергіївна – кандидат педагогічних наук, доцент
Університет Григорія Сковороди в Переяславі

Шевченко Оксана Борисівна – кандидат ветеринарних наук, доцент
Державний біотехнологічний університет

Єгоренков Анатолій Іванович – Радник Президента НАМН України з питань біоетики, доцент
Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця

Фішер Володимир Михайлович – заслужений діяч мистецтв України, доцент
Київський національний університет культури і мистецтв

Оленюк Дмитро Олександрович – старший викладач
Поліський національний університет

Дурова Наталія Вікторівна – асистент
Поліський національний університет

Мокрякова Марина Іванівна – асистент
Харківський національний медичний університет

Журнал «UNIVERSUM» індексує вміст в міжнародній
наукометричній базі наукових публікації Google Scholar.

Матеріали випуску є загальнодоступними на умовах міжнародної ліцензії
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (CC BY-SA 4.0).

© Автори статей, 2025
© ГО «Молодіжна наукова ліга», 2025
© ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2025

РОЗДІЛ 9.

БІОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Демиденко Єлизавета Ігорівна

здобувач вищої освіти факультету хімічних та біофармацевтичних технологій
Київський Національний Університет Технологій та Дизайну, Україна

Науковий керівник: Щербатюк Тетяна Григорівна

доктор біологічних наук, професор кафедри біотехнології, шкіри та хутра
Київський Національний Університет Технологій та Дизайну, Україна

СПОРТИВНА ГЕНЕТИКА

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто сучасні наукові підходи до вивчення генетичних чинників, що впливають на спортивні результати, з особливим акцентом на їхню роль у розвитку для молодих спортсменів. Аналізуються найбільш досліджені генетичні варіанти, зокрема ACE (I/D) та ACTN3 (R577X), які асоціюються відповідно з показниками витривалості та м'язової потужності. Розглядається також потенціал генетичного тестування для виявлення схильності до травм у молодих атлетів. Попри зростання популярності генетичного тестування у спорті, особливо серед дітей, наголошено на обмеженості доказової бази та необхідності етичного обґрунтування таких підходів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: спортивна генетика, гени, генетичне тестування, спортивні результати, спадковість, фізична підготовка, спорт.

Вступ

Спортивна генетика є однією з молодих наук. Загальновідомо, що генетичні фактори впливають на силу та витривалість, але лише деякі дослідження вивчали взаємозв'язок між генетичними факторами та спортивними результатами у юних спортсменів. Одним із перспективних напрямів сучасної генетики є розробка молекулярно-генетичних підходів, що дозволяють визначити схильність людини до різних видів діяльності, що визначається необхідністю обґрунтування системи відбору людей для занять спортом та корекції тренувального процесу. Цей підхід є найбільш перспективним, оскільки дозволяє визначити генетичну схильність до виконання великих фізичних навантажень та проводити цілеспрямований диференційований відбір дітей для занять спортом ще на ранніх етапах фізичного розвитку. У цьому контексті стрімко розвивається предиктивна медицина, метою якої є виявлення можливих захворювань у конкретного

пацієнта за структурою ДНК, а також розробка комплексу профілактичних або оздоровчих заходів на основі цих досліджень. Такі профілактичні заходи також важливі у спорті, тому спортивна генетика дозволяє досягати високих результатів за допомогою наукових методів [1].

Генетичні маркери спортивної продуктивності

Генетичні маркери спортивної продуктивності — це специфічні варіанти (поліморфізми) генів, які впливають на фізіологічні, морфологічні та метаболічні характеристики організму, що, у свою чергу, визначають індивідуальні можливості в різних видах фізичної активності. Ці маркери можуть відігравати ключову роль у формуванні таких якостей, як м'язова сила, витривалість, швидкість, ефективність енергозабезпечення та здатність до відновлення після навантажень. Розуміння генетичних основ спортивної продуктивності дає змогу точніше індивідуалізувати тренувальні програми, прогнозувати потенціал спортсменів та попереджати перевантаження й травми, особливо на ранніх етапах спортивної кар'єри.

Одним із найбільш вивчених генів у спортивній генетиці є *ACTN3* (rs1815739), мутації в якому суттєво впливають на функціонування скелетних м'язів. Алель R (аргінін) кодує повноцінний білок α -актинін-3, що переважно експресується у швидких м'язових волокнах і пов'язаний із вибуховою силою та спринтерськими якостями. Натомість варіант X (заміна R на стоп-кодон) призводить до відсутності білка й компенсаторного посилення функції повільних волокон, що краще пристосовані до витривалих навантажень. Генотип RR домінує серед елітних спринтерів, тоді як XX частіше трапляється у спортсменів на витривалість [2].

Інший широко досліджуваний ген — *ACE* (ангіотензинперетворювальний фермент), зокрема його I/D поліморфізм. Алель I асоціюється зі зниженою активністю ферменту та покращеною судинною регуляцією, що є перевагою у видах спорту, де домінує аеробне навантаження. У той же час D-алель пов'язаний з більшою концентрацією ферменту в плазмі крові та з кращими результатами у силових та швидкісних дисциплінах [3].

Суттєвий вплив на витривалість має і ген *PPARGC1A* (rs8192678), який регулює мітохондріальний біогенез та окислативний метаболізм. Алель Gly (G) у цьому гені сприяє ефективнішому виробленню енергії в мітохондріях, що критично важливо для тривалого фізичного навантаження. Варіант Gly частіше зустрічається серед спортсменів, які демонструють високі результати у видах спорту, що потребують аеробної витривалості [4].

Крім того, дослідження ряду інших генів — таких як *NRF1*, *TFAM*, *AMPD1*, *ADRB2* — демонструють, що спортивні здібності формуються внаслідок складної взаємодії багатьох генетичних факторів. Наприклад, мутація C34T у гені *AMPD1* може негативно впливати на енергетичне

РОЗДІЛ 9.**БІОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ**

забезпечення м'язової тканини, що знижує здатність до інтенсивних навантажень [5]. Генетичні варіанти *UCP2* та *UCP3*, які кодують білки, що роз'єднують окиснювальне фосфорилування, беруть участь у терморегуляції та регуляції енергетичних витрат під час тривалих фізичних навантажень [6].

Важливо зазначити, що спортивна продуктивність має полігенну природу, тобто вона зумовлена одночасним впливом великої кількості генетичних варіантів із малим ефектом. У зв'язку з цим все більшого поширення набуває підхід мультигенного аналізу, коли за допомогою інструментів на кшталт полігенного скору (polygenic score) створюється інтегрований «генетичний профіль спортсмена». Такий профіль може мати прогностичне значення для вибору оптимального виду спорту, корекції тренувального навантаження, а також профілактики спортивних травм.

Прикладом успішного застосування мультигенного підходу є дослідження (2024), яке виявило значущу асоціацію між сукупністю варіантів у 15 різних генах та належністю до групи елітних китайських спринтерів [7]. Це підтверджує, що індивідуальний генетичний ландшафт може мати цінність у довгостроковому плануванні спортивної підготовки, але лише за умови його комплексного аналізу у поєднанні з екологічними та поведінковими факторами.

Генетичні маркери та ризик травм

Генетичні чинники відіграють важливу роль у визначенні індивідуальної схильності спортсмена до травм. Хоча більшість ушкоджень у спорті обумовлені механічними факторами — наприклад, надмірними навантаженнями, технічними помилками або недостатнім відновленням — дослідження останніх років показують, що спадкова схильність також може значно впливати на структурну цілісність тканин, відновлювальні процеси та реакцію на запалення.

Одним із ключових генів, пов'язаних із ризиком травм, є *COL1A1*, що кодує колаген типу I — основний компонент сухожилля і зв'язок. Варіанти в цьому гені можуть впливати на міцність сполучної тканини. Наприклад, варіант rs1800012 асоціюється з підвищеним ризиком розривів передньої хрестоподібної зв'язки (ACL) у спортсменів, особливо у поєднанні з інтенсивними тренувальними навантаженнями. Також вивчаються гени *COL5A1*, *MMP3* та *TNC*, які беруть участь у формуванні позаклітинного матриксу та ремоделюванні тканин, і мутації в яких можуть змінювати стабільність сухожилля та зв'язок [8].

Ген *IL6*, відповідальний за синтез інтерлейкіну-6, відіграє важливу роль у регуляції запальної відповіді. Поліморфізм -174G/C (rs1800795) у цьому гені впливає на рівень продукції цитокінів і може асоціюватися з уповільненим відновленням після травм або з підвищеною схильністю до

хронічних запальних процесів у м'язах. Крім того, *TNFA* (ген фактора некрозу пухлин альфа), який також модулює запальні реакції, потенційно впливає на рівень м'язового пошкодження та тривалість реабілітації.

Ще один важливий аспект — гени, пов'язані з енергозабезпеченням м'язової діяльності. Наприклад, варіанти в *AMPD1* можуть обмежувати здатність м'язів до регенерації після навантажень, що створює умови для розвитку перевантаження та мікротравм. Зниження ефективності енергетичних процесів, у свою чергу, впливає на ризик розвитку втомного перелому, особливо при тривалому тренувальному процесі без достатнього відновлення [9].

Генетичне тестування у цьому контексті може використовуватись як інструмент превентивної медицини: за наявності певних генетичних маркерів ризику тренери, лікарі та реабілітологи можуть адаптувати навантаження, покращити моніторинг відновлення та використовувати персоналізовані стратегії профілактики травм. Наприклад, у спортсменів із генетично зумовленою слабкістю сполучної тканини може бути рекомендовано уникати надмірного динамічного навантаження та акцентувати увагу на стабілізаційних вправах.

Актуальність для молодих спортсменів

Деякі дослідження вивчали зв'язок між генетичними варіаціями та спортивними здібностями у дітей і підлітків, хоча такі дослідження обмежені через етичні міркування щодо тестування неповнолітніх.

Наприклад, варіант гена *ACE II* був пов'язаний з кращими результатами у жінок — зокрема, міцністю хвату та висотою стрибка. Проте цей зв'язок не виявили у юнаків. Цікаво, що алель *ACE D* асоціювався з сильнішим рукостисканням у підлітків жіночої статі та кращими показниками в стрибках у довжину у школярів середнього віку.

ACTN3, ще один важливий ген, також вивчався у контексті дитячого спорту. Хлопчики з генотипом *RR* показували кращі результати у плаванні (25 м та 100 м), незалежно від тренувального досвіду. Цей генотип також пов'язували з успішністю у спринті (40 м) серед підлітків. У дівчат-підлітків з генотипом *RR* результати тестів також були вищими, ніж у носіїв *RX*. Водночас інші зв'язки між *ACTN3* та витривалістю або силовими показниками у підлітків обох статей виявити не вдалося [10].

Загалом, через обмеженість вибірок та відсутність корекції на множинні порівняння, поки зарано робити остаточні висновки. Прогнозування спортивних досягнень за допомогою генетики сьогодні орієнтоване насамперед на пошук потенційних талантів, які можуть стати елітними спортсменами в майбутньому.

Етичні аспекти генетичного тестування

Виявлення спортивних талантів у ранньому віці дозволяє раніше почати цілеспрямоване тренування. Традиційно відбір базувався на

РОЗДІЛ 9.**БІОЛОГІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ**

фізичних, психологічних та спортивних показниках. Однак генетичне тестування пропонує додатковий інструмент — ще до повного фізичного розвитку дитини, оскільки ДНК незмінна протягом усього життя.

Комерційні генетичні тести (наприклад, для ACTN3 і ACE) обіцяють виявити "генетичну перевагу" для витривалості чи сили. Хоча такі тести активно продаються тренерам і батькам, наукова доказова база для їх застосування часто обмежена, а результати можуть бути інтерпретовані некоректно.

Деякі професійні спортивні організації вже частково використовують ці тести для індивідуалізації тренувань, але немає жодного гена, який би був *необхідним* чи *достатнім* для досягнення високих результатів. Генетичні асоціації працюють на рівні популяцій, а не індивідуально.

Крім спортивного потенціалу, тести можуть виявити схильність до травм — наприклад, ген APOE у відповідь на струс мозку. Це відкриває перспективи для підвищення безпеки спортсменів.

Етичні питання залишаються особливо важливими, оскільки існує загроза потенційної дискримінації або психологічного тиску на дитину, ризик порушення конфіденційності генетичних даних, а також можливість використання результатів тестування у комерційних або неетичних цілях зокрема, у формі генетичного допінгу [11].

Висновок

Сучасна спортивна генетика відкриває нові горизонти у вивченні фізичних здібностей та персоналізації тренувального процесу. Встановлено, що певні генетичні варіанти, зокрема ACTN3 та ACE, мають асоціацію з характеристиками сили, витривалості та відновлення. Також зростає інтерес до дослідження генів, пов'язаних із ризиком травм.

Однак спортивна продуктивність має полігенну природу та формується під впливом численних зовнішніх і внутрішніх чинників. Тому застосування генетичного тестування у практиці дитячого та юнацького спорту повинно базуватися на науково обґрунтованих даних та дотриманні етичних принципів.

Генетичний аналіз може стати важливим елементом комплексної оцінки спортсмена, однак не може бути єдиним критерієм у процесі відбору або прогнозування майбутніх досягнень. У довгостроковій перспективі доцільним є поєднання генетичних, фізіологічних та психосоціальних даних для створення справді ефективної та безпечної системи спортивної підготовки.

Список використаних джерел:

- [1] Rasulovna RM. Sports Genetics is the Key to High Achievements of Athletes. Int J Health Syst Med Sci. 2023;2(1):23–30.
- [2] Guth LM, Roth SM. Genetic influence on athletic performance. Curr Opin Pediatr. 2013 Dec;25(6):653–8.

- [3] Yang N, MacArthur DG, Gulbin JP, Hahn AG, Beggs AH, Eastel S, North K. ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet.* 2003 Sep;73(3):627–31.
- [4] Varillas-Delgado D. Role of the PPARGC1A Gene and Its rs8192678 Polymorphism on Sport Performance, Aerobic Capacity, Muscle Adaptation and Metabolic Diseases: A Narrative Review. *Genes (Basel).* 2024;15(12):1631.
- [5] Semenova EA, Hall ECR, Ahmetov II. Genes and Athletic Performance: The 2023 Update. *Genes (Basel).* 2023 Jun 8;14(6):1235.
- [6] Leońska-Duniec A, Maculewicz E, Humińska-Lisowska K, Maciejewska-Skrendo A, Leźnicka K, Cięszczyk P, et al. AMPD1 C34T Polymorphism (rs17602729) Is Not Associated with Post-Exercise Changes of Body Weight, Body Composition, and Biochemical Parameters in Caucasian Females. *Genes (Basel).* 2020 May 16;11(5):558.
- [7] Pratt J, Boreham C, Ennis S, Ryan AW, De Vito G. Genetic Associations with Aging Muscle: A Systematic Review. *Cells.* 2019 Dec 19;9(1):12.
- [8] Wang Y, He Z, Mei T, Yang X, Gu Z, Zhang Z, et al. Sports-Related Genomic Predictors Are Associated with Athlete Status in Chinese Sprint/Power Athletes. *Genes (Basel).* 2024 Sep 26;15(10):1251.
- [9] Kambouris M, Ntalouka F, Ziogas G, Maffulli N. Predictive genomics DNA profiling for athletic performance. *Recent Pat DNA Gene Seq.* 2012 Dec;6(3):229–39.
- [10] Varillas-Delgado D, Del Coso J, Gutiérrez-Hellín J, Aguilar-Navarro M, Muñoz A, Maestro A, et al. Genetics and sports performance: the present and future in the identification of talent for sports based on DNA testing. *Eur J Appl Physiol.* 2022 Aug;122(8):1811–30.
- [11] Guth LM, Roth SM. Genetic influence on athletic performance. *Curr Opin Pediatr.* 2013 Dec;25(6):653–8.