

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ, ЕРГОТЕРАПІЇ ТА СПОРТИВНОЇ МЕДИЦИНИ



ПЕРСПЕКТИВИ МОЛЕКУЛЯРНО- ГЕНЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СПОРТІ

Кудрявцева Валентина, Луковська Ольга,

Мізін Валерія, Петречук Людмила

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту

DOI: [10.32540/2071-1476-2021-3-180](https://doi.org/10.32540/2071-1476-2021-3-180)

Annotation

Introduction. The use of modern molecular genetic methods makes it possible to reveal the individual characteristics of the human body. The study of genes is necessary for the correct organization of the training process, for predicting the capabilities of athletes. Sports genetics provides a scientifically based selection of young, promising, healthy athletes, determining the hereditary predisposition not only to a particular sport, but also to any disease. This makes it possible to objectively assess the capabilities of an athlete and the risk of "big sport" for his health.

The purpose of the work is to analyze the existing molecular genetic technologies and substantiate proposals for their use in creating optimal individual training programs for athletes.

Material and methods. The work uses the methods of theoretical research: the study of literature and documentary materials, analysis and synthesis, idealization and generalization.

Research results. The number of new studied genetic markers associated with sports activity grew exponentially: in 1997 - 5 genes; in 2000 - 24 genes; in 2004 - 101 genes. Today, there are already 214 autosomal genes, seven genes in the X chromosome and 18 mitochondrial genes, as well as 75 loci of quantitative traits that affect the success of sports activity. A detailed comparative analysis of the allele frequencies of these genes in different groups by means of changes made it possible to identify candidate genes associated with various physical qualities of a person.

Conclusions. Thus, the introduction of molecular genetic methods into the practice of professional selection can significantly increase the predictive capabilities, improve professional orientation in various areas of human activity and preserve his health. Genetic research is necessary to determine the risks of developing pathology in athletes and its prevention. Evaluation of the survey results obtained should be comprehensive (clinical, genetic and biochemical data). Based on the mathematical processing of genetic data, it is possible to build models for predicting diseases and other human traits

Key words: Genetic markers, athletes, genetic passport.

Анотація

Вступ. Застосування сучасних молекулярно-генетичних методів дозволяє виявити індивідуальні особливості організму людини. Вивчення генів необхідно для правильної організації тренувального процесу, для прогнозування можливостей спортсменів. Спортивна генетика забезпечує науково обґрунтований відбір молодих, перспективних, здорових спортсменів, визначаючи спадкову схильність не тільки до того чи іншого виду спорту, а й до будь-яких захворювань. Це дозволяє об'єктивно оцінити можливості спортсмена і ризик «великого спорту» для його здоров'я.

Мета роботи – на основі аналізу існуючих молекулярно-генетичних технологій обґрунтувати пропозиції

щодо використання їх при створенні оптимальних індивідуальних програм тренувань спортсменів.

Матеріал і методи. У роботі використані методи теоретичного дослідження: вивчення літератури і документальних матеріалів, аналіз і синтез, ідеалізація та узагальнення.

Результати дослідження. Кількість нових вивчених генетичних маркерів, асоційованих зі спортивною діяльністю, на початку XXI століття зростала в геометричній прогресії: в 1997 р. - 5 генів; в 2000 р. - 24 гена; в 2004 р. - 101 ген. На сьогодні відомо вже 214 аутосомних генів, сім генів в Х-хромосомі і 18 мітохондріальних генів, а також 75 локусів кількісних ознак, які впливають на успішність спортивної діяльності. Детальний порівняльний аналіз частот алелей цих генів у різних груп спортсменів дозволив ідентифікувати гени-кандидати, що асоціюються з різними фізичними якостями людини.

Висновки. Таким чином, впровадження молекулярно-генетичних методів в практику професійного відбору може істотно підвищити прогностичні можливості, поліпшити професійну орієнтацію в різних сферах діяльності людини і зберегти її здоров'я. Генетичне дослідження необхідно для визначення ризиків розвитку патології у спортсменів і її профілактики. Оцінка отриманих результатів обстеження повинна бути комплексною (клінічні, генетичні та біохімічні дані). На підставі математичної обробки генетичних даних можна будувати моделі передбачення захворювань, фізичних якостей та інших особливостей людини.

Ключові слова: генетичні маркери, спортсмени, генетичний паспорт.

Аннотація

Введение. Применение современных молекулярно-генетических методов позволяет выявить индивидуальные особенности организма человека. Изучение генов необходимо для правильной организации тренировочного процесса, для прогнозирования возможностей спортсменов. Спортивная генетика обеспечивает научно обоснованный отбор молодых, перспективных, здоровых спортсменов, определяя наследственную предрасположенность не только к тому или иному виду спорта, но и к любым заболеваниям. Это позволяет объективно оценить возможности спортсмена и риск «большого спорта» для его здоровья.

Цель работы – на основе анализа существующих молекулярно-генетических технологии обосновать предложения по использованию их при создании оптимальных индивидуальных программ тренировок спортсменов.

Материал и методы. В работе использованы методы теоретического исследования: изучение литературы и документальных материалов, анализ и синтез, идеализация и обобщение.

Результаты исследования. Количество новых изученных генетических маркеров, ассоциированных со спортивной деятельностью, в начале XXI века росло в геометрической прогрессии: в 1997 г. - 5 генов; в 2000 г. - 24 гена; в 2004 г. - 101 ген. На сегодня известно уже 214 аутосомных генов, семь генов в Х-хромосоме и 18 митохондриальных генов, а также 75 локусов количественных признаков, влияющих на успешность спортивной деятельности. Детальный сравнительный анализ частот аллелей этих генов у разных групп спортсменов позволил идентифицировать гены-кандидаты, ассоциирующиеся с различными физическими качествами человека.

Выводы. Таким образом, внедрение молекулярно-генетических методов в практику профессионального отбора может существенно повысить прогностические возможности, улучшить профессиональную ориентацию в различных сферах деятельности человека и сохранить его здоровье. Генетическое исследование необходимо для определения рисков развития патологии у спортсменов и ее профилактики. Оценка полученных результатов обследования должна быть комплексной (клинические, генетические и биохимические данные). На основании математической обработки генетических данных можно строить модели предсказания заболеваний, физических качеств и других особенностей человека.

Ключевые слова: генетические маркеры, спортсмены, генетический паспорт.

Вступ. Застосування сучасних молекулярно-генетичних методів дозволяє виявити індивідуальні особливості організму людини. Вивчення генів необхідно для правильної організації тренувального процесу, для прогнозування можливостей спортсменів.

Відомо, що успіх у будь-якій діяльності людини, в тому числі і спортивній, на 75-80 % залежить від його генотипу, і лише 15-20% дають виховання, навчання, тренування і інші чинники. Застосування сучасних молекулярно-генетичних методів дозволяє

виявити індивідуальні особливості організму людини. Відомі близько 200 генів, які пов'язані з розвитком і проявом фізичних якостей людини. Вивчення цих генів необхідно для правильної організації тренувального процесу, для прогнозування можливос-

тей спортсменів.

Люди не вибирають для себе найбільш відповідний вид спорту. Це зумовлено тим, що кожен індивідум приступає до тренувальних занять, маючи певні задатки. Люди обмежені своїм генетичним потенціалом. Співвідношення волокон типу I і II звужує можливість гіпертрофії і визначає показники швидкості і витривалості. Стаття обумовлює особливості функціонування ендокринної системи. Вона накладає додаткові рамки на гіпертрофію, а значить, і на збільшення сили. Вік обмежує наявну м'язову масу і швидкість протікання нервових процесів, звужує величину розвитку зусиль і швидкість рухів. Тренер не в змозі створити програму, яка дозволить спортсмену переступити генетично визначені межі його можливостей. Однак дослідження генетичних можливостей спортсменів може дозволити враховувати індивідуальні генетичні можливості і значно поліпшити показники фізичної підготовленості спортсменів.

Реакція організму на фізичне навантаження має особливе значення для організації тренувального процесу і практики змагання спортсменів високої кваліфікації. Встановлені спадкові чинники, що приймають участь в забезпеченні швидких і адекватних відповідей на фізичне навантаження. Спорт вищих досягнень, спрямований на отримання високих результатів, які забезпечують зростання спортивної майстерності в конкретному виді спорту. Проте показники, що демонструють спортсмени в спорті, вже не зростають з року в рік, оскільки досягнуті межі тренуваності і, ймовірно, фізичних і функціональних можливостей, які закладені в генетичних структурах людини. Тепер для досягнення спортивних результатів світового значення вимагається ще і спортивна обдарованість, а для рекордів - спортивна геніальність.

Активне застосування та впровадження молекулярно-генетичних технологій дозволяє створити оптимальну програму тренувань конкретно для кожного спортсмена, яка буде максимально ефективно використовувати енергетичні ресурси організму, що дозволить домогтися високих спортивних результатів.

Також слід зазначити важливість генної терапії в спорті, метою якої є ефективне лікування травм та інших захворювань. Практичне значення спортивної генетики в великому спорті важко переоцінити. Спортивна генетика забезпечує науково обґрунтований відбір молодих, перспективних, здорових спортсменів, визначаючи спадкову схильність не тільки до того чи іншого виду спорту, а й до будь-яких захворювань. Це дозволяє об'єктивно оцінити можливості спортсмена і ризик «великого спорту» для його здоров'я. Цілком можливо, що незабаром генетичні дослідження в спорті стануть обов'язковою, а не додатковою процедурою, і висновок лікаря-генетика по кожному конкретному спортсмену буде визначати його долю в професії.

Мета дослідження - на основі аналізу існуючих молекулярно-генетичних технологій обґрунтувати пропозиції щодо використання їх при створенні оптимальних індивідуальних програм тренувань спортсменів.

Матеріал і методи. У роботі використані методи теоретичного дослідження: вивчення літератури і документальних матеріалів, аналіз і синтез, ідеалізація та узагальнення.

Результати дослідження. Перші спроби використати генетичні методи в спорті були зроблені в 1968 році на Олімпіаді в Мехіко. Надалі в Монреалі в 1976 році група канадських учених продовжила дослідження в пошуках генетичних відмінностей між учасниками Олімпійських ігор і людьми, що не займають-

ся спортом. В якості генетичних маркерів використали легко визначувані стійкі ознаки організму, тісно пов'язані з генотипом і відбиваючі спадкові завдатки окремих індивідуумів [13].

Серед них виділяють наступні групи маркерів:

- комплекс морфологічних ознак, що включає пропорції тіла, форму скелетних м'язів і їх топологічний склад, міру жировідкладення;

- групи крові, включаючи системи еритроцитарних антигенів - АВО і лейкоцитарних антигенів - НЛА;

- дерматогліфи - візерунки на подушечках пальців рук і ніг;

- склад м'язових волокон і їх розподіл за трьома типами відповідно до метаболічного профілю;

- гормональний профіль і зміст гормонів в крові

Визначення генетичної схильності до прояву фізичних якостей людини відіграє важливу роль у багатьох сферах професійної підготовки фахівців (спортсмени, рятувальники, пожежники, співробітники спеціальних підрозділів Міністерства оборони, Міністерства внутрішніх справ і інших відомств).

У 1998 р в журналі «Nature» була опублікована перша наукова стаття з генетики спорту. Це були результати роботи британського вченого Хью Монтгомері з колективом авторів (19 осіб) з вивчення ролі гена ангіотензин-конвертує фермент – АСЕ (від англ. Angiotensin converting enzyme) в спортивній успішності [19].

Кількість нових вивчених генетичних маркерів, асоційованих зі спортивною діяльністю, на початку ХХІ століття зростала в геометричній прогресії: в 1997 р. – 5 генів; в 2000 р. – 24 гена; в 2004 р. – 101 ген. Починаючи з 2003 р., в світі відзначається зростання досліджень, спрямованих на розвиток молекулярно-генетичного підходу до майбутньої профілізації спортсменів. У 2006 р. чер-

гова версія карти хромосом (The Human Gene Map for Performance and Health-Related Fitness Phenotypes: the 2006-2007 update), включала вже 214 аутосомних генів, сім генів в Х-хромосомі і 18 мітохондріальних генів, а також 75 локусів кількісних ознак, які впливають на успішність спортивної діяльності

Детальний порівняльний аналіз частот алелей цих генів у різних груп спортсменів дозволив ідентифікувати гени-кандидати, що асоціюються з різними фізичними якостями людини. Так серед поліморфних сайтів, що мають відношення до фізичних здібностей людини і до спорту, можна виділити наступні: I/D поліморфізм гена ангіотензин-перетворюючого (ACE) [14, 20]. R577X поліморфізм гена альфа-актинина - 3 (ACTN3) [24, 13]. C34T поліморфізм гена АМФ-дезамінази (AMPD1) [21], поліморфні сайти альфа-рецептора, що активується пролифераторами пероксисом (PPARA) і 1-альфа-коактиватора гамма-рецептора (PGC1A). Багато робіт присвячені дослідженню гена рецептора вітаміну D (VDR), гена ендотеліальної синтази оксиду азоту (NOS3) і гена міостатина (MSTN) [6].

При дослідженні асоціацій використовується декілька підходів:

1) порівняння частот генотипів і алелей по певному гену у спортсменів і в контрольній групі. Якщо частота одного з алелей або генотипу значно вища, наприклад, в групі стайерів, в порівнянні з контрольною групою або з групою спринтерів, цей алель/генотип вважається таким, що сприяє прояву витривалості (алель/генотип витривалості);

2) кореляційний аналіз між генотипами і рівнем фізичної підготовленості або успішністю змагання. В даному випадку визначаються генотипи, що асоціюються з найвищими, середніми і найменшими показниками;

3) кореляційний аналіз між ге-

нотипами і приростом різних показників в процесі тривалих тренувань (дослідження в динаміці).

При пошуку генів-кандидатів, що асоціюються з фізичними здібностями людини, застосовуються стандартні методи генетичного аналізу, включаючи картирование локусів кількісних ознак (Quantitative Trait Loci). Завдяки появі методу загальногеномного скринінгу алельних асоціацій з'явилася можливість детального аналізу особливостей геномного профілю однонуклеотидних замін (SNP) не лише при різних хронічних захворюваннях, але і у осіб, що займаються тим або іншим видом спорту. Такий підхід виявиться ефективним і для ідентифікації генів-кандидатів і генних локусів, що асоціюються з фізичними особливостями людини, його спадковою схильністю до спорту і фітнесу.

Існує комплекс генів, що визначають схильність до різних видів спорту і ризику для здоров'я, пов'язані з фізичними навантаженнями. Цей комплекс складається з 25 генів і дозволяє визначити можливості досягнення високих спортивних результатів без шкоди для здоров'я.

Нині ці гени активно досліджують з метою виявлення їх поєднань, які або повертають до розвитку фізичних якостей, або перешкоджають йому [10, 11]. У зв'язку з цим інтенсивно збільшується число досліджень, пов'язаних з аналізом генетичної схильності до розвитку фізичних якостей спортсменів. На підставі алельного профілю генів-кандидатів можливо виявляти спадкові особливості у конкретного спортсмена, отже, визначити схильність людини, у тому числі, і до розвитку патологій [2, 4, 12].

Існують два гена ADRB2 і ADRB3, що допомагають визначити яка інтенсивність тренувань буде ефективна для їх власника. Ці гени відповідають за швидкість перетворення жирних запа-

сів в енергію. На основі їх аналізу підбирається найбільш відповідний для людини тип тренувальної зони (є чотири різних зони). Існує такий показник фізичної активності - індекс MET. Це співвідношення рівня метаболізму людини під час фізичної активності до рівня метаболізму в стані спокою. Чим сильніше працює тіло під час навантаження, тим більше воно витрачає енергії і тим вище індекс MET. У кожного виду фізичного навантаження є свій індекс MET. Наприклад, у гімнастиці - 8,0, у плаванні - 6,0, у ходьбі - 2,5.

Гени AMPD1 і IL6 відповідають за швидкість відновлення організму після фізичних навантажень і швидкість стомлюваності на тренуваннях. Їх аналіз дозволить встановити з якою динамікою людині слід проводити тренування і якої тривалості вони повинні бути. Гармонійно підібрана програма тренувань дозволить зберігати здоров'я і домогтися найбільш швидких і значних результатів у спорті [23]. Взаємозв'язок генетичного профілю з тривалістю спортивної кар'єри вивчений ще недостатньо, можливості тренування не безмежні.

До числа найбільш значимих чинників, що визначають фізичну роботоздатність, зазвичай відносять швидко-силову підготовленість, а також витривалість спортсмена, рівень розвитку його біоенергетичних можливостей (аеробних і анаеробних), техніку виконання вправ, тактику ведення спортивного поєдинку і психологічну підготовленість [8]. Розкриття усього потенціалу у спортсмена не може ґрунтуватися тільки на застосуванні стандартної системи підготовки, яка орієнтована на середні значення показників і ведеться без урахування в належній мірі їх індивідуальних здібностей тих, хто тренується [15].

Скелетні м'язи людини складаються з трьох основних типів

м'язових волокон, що розрізняються своїми скорочувальними і метаболічними характеристиками [3, 17, 18]:

- І "Повільні" м'язові волокна (ПВ) повільно скорочуються, повільно стомлюються, в їх енергозабезпеченні переважає анаеробний гліколіз.

- ІІ "Проміжні" м'язові волокна (ПрВ) - швидко скорочуються, повільно стомлюються, енергозабезпечення - змішаний аеробно-анаеробний гліколіз

- ІІІ "Швидкі" м'язові волокна (ШВ) - швидко скорочуються, швидко втомлюються, в їх енергозабезпеченні переважає аеробний гліколіз.

Основною ознакою, що визначає тип м'язового волокна, являється молекулярна організація міозину. Міозин різних типів м'язових волокон існує в декількох молекулярних ізоформах і складається з легких і важких ланцюгів. Важкі ланцюги міозину (ВЛМ) утворюють товсті філаменти в саркомерах. ВЛМ м'язових волокон дорослої людини представлені трьома основними ізоформами: ВЛМ І типу переважає в ПВ, кодується геном МҮН7, ВЛМ ІІ типу є присутнім в ІІ волоконнах, кодується геном МҮН2 і ВЛМ ІІІ типу переважає у ШВ, кодується геном МҮН1.

За складом м'язових волокон з великою часткою вірогідності можна визначити схильність до фізичної діяльності. Результати біопсії скелетних м'язів висококваліфікованих спортсменів свідчать про переважання ПВ у стайерів, а ШВ – у спринтерів/силовиків [3]. Отже, склад м'язових волокон є значимим маркером схильності до прояву локальної (м'язової) роботоздатності.

Білкові продукти генів метаболізму кісткової тканини відіграють важливу роль при формуванні певного фізіологічного статусу людини.

У веслярів відмічено збільшення частоти генотипів s/s по

гену Colla1 і t/t по гену VDR, що асоціюються з низькою мінеральною щільністю кісткової тканини, (4% і 0% для Colla1 і 20% і 11% для VDR), Проте статистично значимих відмінностей по частотах генотипів і алелей цих генів між групою веслярів і популяційною вибіркою виявлено не було [5].

Професійний спорт вимагає великої, екстремальної фізичної напруги, тому важливе значення має профілактика соціально значимих захворювань, в першу чергу, серцево-судинних, а також порушень системи згортання крові.

На роль генетичних маркерів в спорті претендують гени, що визначають функції серцево-судинної системи – такі, як: (AGT2R1) - рецептор 1-го типу до ангіотензину II, Б2-рецептор брадикініну (b2BKR) і ендотеліальної (eNOS) NO - синтази [14].

У число претендентів включені гени, що асоціюються з функціонуванням скелетних м'язів, а саме: гени, що визначають ізоформи альфа-актиніну- 3 (ACTN3, а - actinin - 3), аденозинмонофосфатдезамінази (AMPD1) і креатинфосфокинази (СКММ); а також гени, відповідальні за регуляцію системи транспорту ліпідного обміну: гамма-рецептор, що активує проліферацію пероксисом (PPARG - peroxisomeproliferator - activatedreceptorgamma) і (PPARGC1A-peroxisomeproliferator - activatedreceptorgammaactivated or 1 - alpha) [22]. Генетичний поліморфізм генів-кандидатів ACTN3, PPARG, NOS3 PPARGC1A вивчений, в основному, у спортсменів, що займаються циклічними видами спорту, – веслярів-академістів, лижників, плавців, легкоатлетів, ковзанярів [1, 7, 9, 13].

На 117 сесій Всесвітньої організації охорони здоров'я від 8 грудня 2005 року (EB117/28) були затверджені рекомендації по проведенню тестування мутації в гені F5 (FV) - Leiden (1691g>A (Arg506Gln), змінений продукт якого є однією з ключових ланок

патогенезу венозного тромбозу, наслідки якого можуть призвести до летального кінця (наприклад, до раптової смерті від тромбоемболії). У разі виявлення генетичних порушень рекомендується індивідуальний підхід до занять спортом після додаткового обстеження (біохімія, імунологія, інструментальний аналіз і тому подібне). У якості профілактичних заходів рекомендується звернення до лікаря-кардіолога і гематолога, проведення розгорнутої коагулограми з прицільним аналізом АЧТВ (активованій частковий тромбoplastиновий час), фібриногену, протромбіну, агрегації тромбоцитів, тромбінового часу, ЕКГ-моніторингу. Не виключені спеціальні дієти і підтримувальна фармакотерапія. Дотримання цих рекомендацій дозволяє істотно знизити ризик розвитку приведених вище захворювань і поліпшити якість життя спортсмена.

Стрімке зростання об'єму інформації про гени-маркери, тестування алельних варіантів, яких дозволяє оцінити придатність підлітка до того або іншого виду спорту, а також вказує на можливі спадкові обмеження в плані професійного спорту [16].

У процесі відбору відсіваються спортсмени з несприятливими генотипами з багатьох причин, однією з яких є їх генетично обумовлена низька роботоздатність, що виявляється у тому числі і алельними варіантами їх генотипів по поліморфним локусам вивчених чотирьох генів. Розробка тренувальних програм з урахуванням індивідуальних особливостей спортсмена або групи спортсменів та даних їх генотипування може привести до зростання спортивних досягнень при збереженні здоров'я і збільшенні спортивного довголіття. Вивчення генетичного профілю дозволяє виявити перспективних спортсменів, що позитивно реагують на фізичні навантаження, на відміну від спортсменів, для яких такі на-

вантаження небажані. Наявність сприятливих генотипів необхідно враховувати разом з іншими чинниками, що впливають на досягнення спортсменів в їх кар'єрі.

Детально вивчені і гени, мутації яких накладають істотні обмеження для професійних занять різними видами спорту, але цілком сумісні з фітнесом і звичайним заняттям з фізичної культури.

Наявні на сьогодні дані дозволяють приступити до формування варіанту генетичної карти або генетичного паспорта спортсмена, що включає тестування деяких генів, які і визначають фізичні характеристики людини, тобто до створення його індивідуальної бази ДНК даних.

Висновки.

1. Впровадження молекуляр-

но-генетичних методів в практику професійного відбору може істотно підвищити прогностичні можливості, поліпшити професійну орієнтацію в різних сферах діяльності людини і зберегти його здоров'я.

2. Генетичне дослідження необхідно для визначення ризиків розвитку патології у спортсменів і її профілактики. Оцінка отриманих результатів обстеження повинна бути комплексною (клінічні, генетичні та біохімічні дані). На підставі математичної обробки генетичних даних можна будувати моделі передбачення захворювань та інших ознак людини.

3. За допомогою генетичного тестування можна чітко диференціювати суб'єктів із спадковою схильністю до силових видів

спорту і до видів спорту, в яких вирішальна роль належить витривалості.

4. Отримані дані щодо спортивної генетики обґрунтовують необхідність та дають можливість для розробки моделі генетичного паспорта спортсмена, що буде відображати індивідуальну базу ДНК-даних.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність будь-якого конфлікту інтересів.

Перспективи подальших досліджень. Створення генетичного паспорта спортсменів, його індивідуальної бази ДНК-даних буде сприяти науковому підходу в спортивному відборі, більш ефективному пошуку майбутніх перспективних спортсменів, оптимізації схеми і режиму тренувань.

Література

1. Абрамова Т.Ф., Никитина Т.М., Кочеткова Н.И. Морфологические критерии - показатели пригодности, общей физической подготовленности и контроля текущей и долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам : учебно-методическое пособие. Москва: ТВТ Дивизион. 2010. 103 с.
2. Ахметов И.И. Молекулярная генетика спорта. Монография: М. Советский спорт. 2009. 268 с.
3. Ахметов И.И., Нетреба А.И., Глотов А.С., Астратенкова И.В., Попов Д.В., Глотов О.С., Дружевская А.М., Асеев М.В., Виноградова О.Л., Рогозкин В.А. Выявление генетических факторов, детерминирующих индивидуальные различия в приросте мышечной силы и массы в ответ на силовые упражнения. Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях напряженных физических нагрузок. Вып. 3. 2007. С.13-21.
4. Ахметов И.И., Попов Д.В., Можайская И.А., Мисина С.С., Астратенкова И.В., Виноградова О.Л., Рогозкин В.А. Ассоциация полиморфизмов генов-регуляторов с аэробной и анаэробной работоспособностью спортсменов. Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2007. № 8. С. 837-843.
5. Глотов А.С., Глотов О.С., Москаленко М.В., Иващенко Т.Э., Петров М.Г., Рогозкин В.А., Баранов В.С. Генетическая предрасположенность к физической работоспособности у спортсме-

References

1. Abramova T.F., Nikitina T.M., Kochetkova N.I. (2010). Morphological criteria – indicators of fitness, general physical readiness and control of current and long-term adaptation to training loads: teaching aid. Moscow: TVT Division, 103. [In Russian].
2. Akhmetov I.I. (2009). Molecular genetics of sports. Monograph: M. Sovietsport, 268. [In Russian].
3. Akhmetov I.I., Netreba A.I., Glotov A.S., Astratenkova I.V., Popov D.V., Glotov O.S., Druzhevskaya A.M., Aseev M.V., Vinogradova O.L., Rogozkin V.A. (2007). Identification of genetic factors that determine individual differences in muscles strength and mass gains in response to strength training. Biomedical technologies for increasing efficient conditions of strenuous physical activity. Issue 3, 13-21. [In Russian].
4. Akhmetov I.I., Popov D.V., Mozhaiskaya I.A., Missina S.S., Astratenkova I.V., Vinogradova O.L., Rogozkin V.A. (2007). Association of regulatory genepolymorphisms with aerobic and anaerobic performance in athletes. Russian physiological journal. I.M. Sechenov. 8, 837-843. [In Russian].
5. Glotov A.S., Glotov O.S., Moskalenko M.V., Ivaschenko T.E., Petrov M.G., Rogozkin V.A., Baranov V.S. (2006). Genetic predisposition to physical performance in athletes-rowers. Medical and biological technologies for increasing performance in conditions of intense physical exertion. OOO "Anita Press". Issue 2, 39-51. [In Russian].

- нов-гребцов. Медико-биологические технологии повышения работоспособности в условиях напряжённых физических нагрузок. ООО "Анита Пресс". Вып. 2. 2006. С. 39-51.
6. Глотов А.С., Глотов О.С., Москаленко М.В., Rogozkin V.A., Ivaschenko T.E., Baranov V.S. (2004). Analysis of polymorphism of genes of the renin-angiotensin system in the population of the North-West region of Russia, in athletes and in centenarians. *Environmental genetics*. 4, 40-43. [In Russian].
 7. Drozdovskaya S.B. Borovik O.A., Dosenko V.E., Ilyin V.N. Polymorphism of the peroxisomepro life ration activating receptorgene (PPARG) as a marker of predis positionto sports. (2012). *Pedagogy, psychology and medico-biological problems of physical education and sports*. 4, 52-57. [In Russian].
 8. Makarova G.A. (2003). *Sports medicine*. M.: Sovi-etsport. P. 9. [In Russian].
 9. Maslennikova Yu.L. (2013). Genetic profile and duration of sports careerin highly qualifie dath letes of aerobic sports. *Questions of functional training inelite sports*. 1, 85-90. [In Russian].
 10. Mosse I.B. (2015). Molecular genetic technologies inelite sports. *Science in Olympic sports*. 1, 45-51. [In Russian].
 11. Mosse I.B., Kilchevsky A.V., Kundas L.A., Gonchar A.L., Minin S.L., Zhur K.V. (2017). Some aspects of the association of genes with high athletic performance. *Physiological genetics*. 21, 296-303. [In Russian].
 12. Nosikov V.V. (2004). Genomics of type 1 diabetes mellitus and it slate complications. *Molecular biology*. 1, 150-164. [In Russian].
 13. Rogozkin V.A., Astratenkova I.V., Druzhevskaya A.M., Fedotovskaya O.N. (2005). Genes-markers of predis position to speed-power types of spot // *Theory and practice of physical culture*. 1, 2-4. [In Russian].
 14. Rogozkin V.A., Nazarov I.B., Kazakov V.I. (2000). Genetic markers of human physical performance. *Theory and practice of physical culture*. 12, 34-36. [In Russian].
 15. Salnikov V.A. (2003). *Individual differences in the system of sports activity: monograph*. Omsk. 262. [In Russian].
 16. Stroshkov V.P., Stroshkova N.T., Paderin I.M. (2014). Technologies of the future: from parenting to high-performance sports. *Innovation*. 3 (185), 12-17. [In Russian].
 17. Khafizova G., Samoilov A., Rylova N. (2014). Modern a spects of studying the composition of the human body. *Science in Olympic sports*. 2, 51-55. [In Russian].
 18. Barrès R. Yan J., Egan B. (2012). Acute exercise remodels promoter methylation in human skeletal muscle. *Cell Metab*. 15 (3), 405-411. doi:10.1016/j.cmet.2012.01.001.
 19. Montgomery H.E., Marshall R., Hemingway H.E.

18. Barrès R, Yan J., Egan B. Acute exercise remodels promoter methylation in human skeletal muscle. *Cell Metab.* 2012. Vol. 15, N 3. P. 405–411. doi:10.1016/j.cmet.2012.01.001.
19. Montgomery H.E., Marshall R., Hemingway H.E. Human gene for physical performance. *Nature.* 1998. Vol. 393. P. 221-222.
20. Nazarov I.B., Woods D.R., Montgomery H.E., Shneider O.V., Kazakov V.I., Tomilin N.V., Rogozkin V.A. The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. *Eur. J. Hum. Genet.* 2001. V. 9. P. 797-801.
21. Norman B., Mahnke-Zizelman D.K., Vallis A., Sabina R.L. Genetic and other determinants of AMP deaminase activity in healthy adult skeletal muscle. *J Appl Physiol* 85.1273–1278, 1998.
22. Stefan N., Thamer C., Staiger H. Genetic variations in PPARG and PPARGC1A determine mitochondrial function and change in aerobic physical fitness and insulin sensitivity during lifestyle interventional. *Metab.* 2007. Vol. 92. P. 1827.
23. URL: <https://naonadzor.ru/bath/sport-i-nasledstvennost-na-chto-vliyayut-vashi-geny-sportivnaya-genetika/> (дата звернення: 21.04.2021).
24. Yang N., Daniel G.M., Jason P.G. ACTN3 genotype is associated with human elite performance. *American J. Human Genetics.* 2003. V.73. P.627-631.
- (1998). Human gene for physical performance. *Nature.* 393, 221-222.
20. Nazarov I.B., Woods D.R., Montgomery H.E., Shneider O.V., Kazakov V.I., Tomilin N.V., Rogozkin V.A. (2001). The angiotensin converting enzyme I/D polymorphism in Russian athletes. *Eur. J. Hum. Genet.* 9, 797-801
21. Norman B., Mahnke-Zizelman D.K., Vallis A., Sabina R.L. (1998). Genetic and other determinants of AMP deaminase activity in healthy adult skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 85, 1273–1278.
22. Stefan N., Thamer C., Staiger H. (2007). Genetic variations in PPARG and PPARGC1A determine mitochondrial function and change in aerobic physical fitness and insulin sensitivity during lifestyle interventional. *Metab.* 92, 1827.
23. URL: <https://naonadzor.ru/bath/sport-i-nasledstvennost-na-chto-vliyayut-vashi-geny-sportivnaya-genetika/> (дата звернення: 21.04.2021).
24. Yang N., Daniel G.M., Jason P.G. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite performance. *American J. Human Genetics.* 73, 627-631.

Кудрявцева Валентина

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту
м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 10, 49094, Україна

Луковська Ольга

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту
м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 10, 49094, Україна
e-mail: kaffism111@gmail.com

Мізін Валерія

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту
м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 10, 49094, Україна

Петречук Людмила

Придніпровська державна академія фізичної культури і спорту
м. Дніпро, вул. Набережна Перемоги, 10, 49094, Україна