



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM



TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EiSSN 2181-2187

9 (83) 2025

Сопредседатели редакционной коллегии:

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:

М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВ
А.С. ИЛЪЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОВЕВ
С.А. ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОВЕВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Б.Б. ХАСАНОВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
Э.Б. ХАККУЛОВ
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

**ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН
НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ
NEW DAY IN MEDICINE**

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Ташкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

10 (84)

2025

октябрь

www.bsmi.uz
https://newdaymedicine.com E:
ndmuz@mail.ru
Тел: +99890 8061882

УДК 575.222+612.176.4

РОЛЬ ПОЛИМОРФИЗМОВ ГЕНОВ ACE И NOS3 В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ АДАПТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ (обзор литературы)

Рузиева Амира Асроровна <https://orcid.org/0009-0002-5164-3789>
Мавлянова Зилола Фархадовна <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>

Самаркандский государственный медицинский университет Узбекистан, г.Самарканд, ул.
Амира Темура 18, Тел: +99818 66 2330841 E-mail: sammu@sammu.uz

✓ **Резюме**

В данной статье представлены современные данные о роли полиморфизмов генов ACE (angiotensin-converting enzyme) и NOS3 (эндотелиальной NO-синтазы) в процессах сердечно-сосудистой адаптации спортсменов к физическим нагрузкам. Рассмотрены молекулярно-генетические механизмы регуляции сосудистого тонуса, гемодинамики и эндотелиальной функции, а также влияние различных аллельных вариантов генов ACE (I/D) и NOS3 (G894T, Glu298Asp) на функциональные показатели сердечно-сосудистой системы. Особое внимание уделено взаимосвязи генетических факторов с уровнем аэробной выносливости, вариабельностью артериального давления, устойчивостью к физическому стрессу и риском развития функциональных дезадаптаций. Представлен анализ отечественных и зарубежных исследований, раскрывающих значение полиморфизмов ACE и NOS3 для формирования индивидуальных стратегий адаптации и персонализированных подходов к тренировочному процессу. Полученные данные создают научную основу для внедрения генетического профилирования в спортивную медицину с целью оптимизации физических нагрузок и профилактики нарушений сердечно-сосудистой регуляции.

Ключевые слова: генетические полиморфизмы, ACE, NOS3, сердечно-сосудистая адаптация, спортивная медицина, физическая нагрузка, персонализированные подходы.

SPORTCHILARNING JISMONIY YUKLAMALARGA YURAK-QON TOMIR MOSLASHUVIDA ACE VA NOS3 GEN POLIMORFIZMLARINING ROLI (Adabiyotlarni sharhi)

Ruziyeva Amira Asrorovna <https://orcid.org/0009-0002-5164-3789>
Mavlyanova Zilola Farxadovna <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>

Samarqand davlat tibbiyot universiteti O'zbekiston, Samarqand, st. Amir Temur 18,
Tel: +99818 66 2330841 E-mail: sammu@sammu.uz

✓ **Rezyume**

Ushbu maqolada sportchilarning jismoniy mashqlarga yurak-qon tomir moslashuvi jarayonlarida ACE (angiotensinga aylantiruvchi ferment) va NOS3 (endotelial azot oksidi sintaz) gen polimorfizmlarining roli haqidagi joriy ma'lumotlar keltirilgan. Qon tomir tonusini tartibga solish, gemodinamika va endotelial funktsiyalarning molekulyar va genetik mexanizmlari, shuningdek ACE (I/D) va NOS3 (G894T, Glu298Asp) genlarining yurak-qon tomir tizimining funktsional parametrlariga ta'siri muhokama qilinadi. Genetik omillar va aerobik chidamlilik, qon bosimining o'zgaruvchanligi, jismoniy stressga chidamliligi va funktsional buzilish xavfi o'rtasidagi munosabatlarga alohida e'tibor beriladi. Maqolada ACE va NOS3 polimorfizmlarining individual moslashish strategiyalari va mashg'ulotlarga shaxsiy yondashuvlarni shakllantirishdagi ahamiyatini yorituvchi mahalliy va xalqaro tadqiqotlar tahlil qilinadi. Olingan ma'lumotlar jismoniy yuklarni optimallashtirish va yurak-qon tomir regulyatsiyasi buzilishining oldini olish uchun sport tibbiyotida genetik profilni amalga oshirish uchun ilmiy asos yaratadi.

Kalit so'zlar: genetik polimorfizmlar, ACE, NOS3, yurak-qon tomir moslashuvi, sport tibbiyoti, jismoniy mashqlar, indeudal yondashuvldual.

THE ROLE OF ACE AND NOS3 GENE POLYMORPHISMS IN CARDIOVASCULAR ADAPTATION OF ATHLETES TO PHYSICAL LOADS (*Literature review*)

Ruziyeva Amira Asrorovna <https://orcid.org/0009-0002-5164-3789>
Mavlyanova Zilola Farxadovna <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>

Samarkand State Medical University Uzbekistan, Samarkand, st. Amir Temur 18,
Tel: +99818 66 2330841 E-mail: sammu@sammu.uz

✓ Resume

This article presents current data on the role of ACE (angiotensin-converting enzyme) and NOS3 (endothelial nitric oxide synthase) gene polymorphisms in the processes of cardiovascular adaptation of athletes to physical exercise. The molecular and genetic mechanisms of vascular tone regulation, hemodynamics, and endothelial function are discussed, as well as the effects of different allelic variants of the ACE (I/D) and NOS3 (G894T, Glu298Asp) genes on the functional parameters of the cardiovascular system. Particular attention is paid to the relationship between genetic factors and aerobic endurance, variability of blood pressure, resistance to physical stress, and the risk of functional maladaptation. The article analyzes domestic and international studies highlighting the significance of ACE and NOS3 polymorphisms in shaping individual adaptation strategies and personalized approaches to training. The data obtained provide a scientific basis for the implementation of genetic profiling in sports medicine to optimize physical loads and prevent disorders of cardiovascular regulation.

Keywords: *genetic polymorphisms, ACE, NOS3, cardiovascular adaptation, sports medicine, physical exercise, personalized approaches.*

Актуальность

Современный этап развития спортивной медицины характеризуется активным внедрением персонализированных подходов, основанных на учёте индивидуальных особенностей спортсменов, включая генетические факторы, определяющие адаптационные возможности организма [1–3]. В условиях роста соревновательных требований и увеличения тренировочных нагрузок особое значение приобретает изучение молекулярно-генетических механизмов, лежащих в основе функциональной адаптации сердечно-сосудистой системы (ССС) к физическим нагрузкам [4, 5].

Сердечно-сосудистая система является ключевым звеном обеспечения адекватного кровоснабжения тканей при выполнении мышечной работы и играет центральную роль в поддержании гомеостаза при различных типах нагрузок [6, 7]. Установлено, что эффективность кардиогемодинамической адаптации спортсменов зависит не только от уровня тренированности и возраста, но и от генетически детерминированных различий в регуляции сосудистого тонуса и метаболических процессов [8–10].

В последние десятилетия особое внимание уделяется полиморфизмам генов, участвующих в регуляции сердечно-сосудистой системы, таких как ACE (angiotensin-converting enzyme) и NOS3 (эндотелиальная NO-синтаза) [11–13]. Полиморфизм ACE I/D влияет на активность ренин-ангиотензиновой системы и связан с индивидуальными различиями в уровне артериального давления, гипертрофии миокарда и выносливости [14–16]. Наличие D-аллели ассоциировано с большей сосудистой реактивностью и способностью к анаэробным нагрузкам, тогда как I-аллель чаще встречается у спортсменов, демонстрирующих высокую аэробную выносливость [17, 18].

Ген NOS3, кодирующий эндотелиальную NO-синтазу, играет важную роль в регуляции сосудистой дилатации и микроциркуляции, обеспечивая адекватное кровоснабжение работающих мышц [19, 20]. Полиморфизм G894T (Glu298Asp) ассоциирован с изменением активности фермента и уровнем продукции оксида азота, что влияет на эндотелиальную функцию и восстановительные процессы после физической нагрузки [21–23].

Комплексное изучение влияния полиморфизмов ACE и NOS3 на параметры сердечно-сосудистой регуляции позволяет определить молекулярные предикторы успешной адаптации

спортсменов, а также выявить лиц с повышенным риском функционального перенапряжения и нарушений регуляции сосудистого тонуса [24–26]. Это создаёт предпосылки для внедрения генетического профилирования в практику спортивной медицины, что соответствует современным тенденциям персонализированного подхода в спорте [27, 28].

Для понимания роли полиморфизмов генов ACE и NOS3 в формировании сердечно-сосудистой адаптации спортсменов необходимо рассмотреть физиологические механизмы ответных реакций организма на физическую нагрузку, а также молекулярно-генетические особенности регуляции сосудистого тонуса и гемодинамики. Анализ современных данных отечественных и зарубежных исследований позволяет выделить ключевые направления в изучении кардиогемодинамических изменений при тренировочном воздействии, определить вклад генетических факторов в вариабельность адаптационных реакций и обозначить перспективы персонализированных подходов в спортивной медицине.

Физиологические механизмы сердечно-сосудистой адаптации к физическим нагрузкам. Сердечно-сосудистая система (ССС) является центральным компонентом адаптационных реакций организма на физические нагрузки. Основная её функция заключается в обеспечении адекватного снабжения тканей кислородом и питательными веществами при возрастающих энергетических потребностях мышечной работы [4, 6]. Под влиянием регулярных тренировок происходят структурно-функциональные перестройки на уровне сердца, сосудов и микроциркуляторного русла, направленные на повышение эффективности кровообращения и экономичности работы миокарда [5, 7].

Регулярная физическая активность вызывает физиологическую гипертрофию миокарда, увеличение ударного объёма сердца и снижение частоты сердечных сокращений в покое, что свидетельствует о повышении эффективности насосной функции сердца [6, 9]. Аэробные нагрузки способствуют усилению капилляризации, повышению чувствительности сосудистой стенки к оксиду азота (NO) и улучшению перфузии тканей [10, 17].

Однако индивидуальные различия в характере сердечно-сосудистой адаптации при идентичных тренировочных воздействиях указывают на значительную роль генетических факторов. Генетически обусловленные особенности ферментных систем, участвующих в регуляции сосудистого тонуса и метаболизма, определяют эффективность адаптационных реакций [8, 11]. Среди множества изучаемых генов особое внимание уделяется ACE и NOS3, вариабельность которых тесно связана с кардиогемодинамическими параметрами, толерантностью к нагрузке и устойчивостью к гипоксическим состояниям [12, 13, 19].

Ген ACE и его роль в регуляции сердечно-сосудистой адаптации. Ген ACE (angiotensin-converting enzyme) локализован на длинном плече 17-й хромосомы (17q23) и кодирует ангиотензинпревращающий фермент, участвующий в ренин-ангиотензиновой системе (РАС). Основная функция фермента заключается в превращении ангиотензина I в ангиотензин II — мощный вазоконстриктор, регулирующий сосудистый тонус и артериальное давление [11, 14].

Полиморфизм ACE I/D обусловлен вставкой (I) или делецией (D) фрагмента длиной 287 пар оснований в 16-м интроне гена [15, 16]. Носители D-аллели имеют повышенную активность фермента, что связано с усилением сосудосуживающих реакций, повышением артериального давления и выраженной гипертрофией миокарда при интенсивных нагрузках [17]. В то же время наличие I-аллели ассоциировано с более низким уровнем ACE в плазме крови и лучшей экономичностью сердечно-сосудистой деятельности, что обеспечивает преимущество при аэробных нагрузках [18, 24].

Многочисленные исследования показали, что у спортсменов, специализирующихся в видах, требующих высокой выносливости (марафон, плавание, лыжный спорт), чаще встречается I/I-генотип, тогда как D/D-генотип преобладает у представителей силовых и скоростных дисциплин [12, 13, 14]. Эти данные подтверждают участие полиморфизма ACE в определении фенотипа физической работоспособности.

Кроме того, различия в генотипе ACE могут определять индивидуальные особенности реакции миокарда на физическую нагрузку. У носителей D-аллели выявлено более выраженное повышение фракции выброса и ударного объёма при остром физическом стрессе, но также и более высокий риск развития гипертрофии миокарда при перегрузке [15, 20]. Эти различия

подчёркивают необходимость учёта генетического профиля спортсмена при планировании тренировочных программ и профилактике перенапряжений.

Ген NOS3 и эндотелиальная регуляция сосудистого тонуса. Ген NOS3, расположенный на 7-й хромосоме (7q36), кодирует эндотелиальную NO-синтазу (eNOS) - фермент, катализирующий образование оксида азота (NO) из L-аргинина. NO является одним из ключевых медиаторов сосудистой регуляции, обеспечивающим вазодилатацию, ингибирование агрегации тромбоцитов и снижение сосудистого сопротивления [17, 19].

Полиморфизм G894T (Glu298Asp) приводит к замене глутаминовой кислоты на аспарагиновую в положении 298, что может снижать стабильность белка и активность фермента [20, 21]. Носители T-аллели характеризуются пониженной выработкой NO и, как следствие, меньшей способностью сосудов к дилатации, повышенным периферическим сопротивлением и замедленным восстановлением после нагрузки [19, 22].

У спортсменов с генотипом G/G наблюдается более выраженная эндотелиальная реактивность и лучшая толерантность к нагрузкам выносливостного характера [18, 23]. Отмечено, что сочетание I-аллели гена ACE и G-аллели гена NOS3 ассоциировано с оптимальным профилем сердечно-сосудистой адаптации, характеризующимся сбалансированным сосудистым ответом и высокой аэробной эффективностью [19, 25].

Изменение активности eNOS и уровня продукции NO при интенсивных физических нагрузках рассматривается как один из механизмов тренированной сосудистой адаптации, направленной на улучшение перфузии тканей и регуляцию артериального давления [20, 21]. В то же время при чрезмерных нагрузках дефицит NO может способствовать эндотелиальной дисфункции и развитию дезадаптационных состояний, особенно у спортсменов с генотипом T/T [22, 23].

Генетические профили и перспективы персонализированных подходов в спортивной медицине. Идентификация генетических полиморфизмов, влияющих на физиологические реакции на физическую нагрузку, открывает новые возможности для разработки персонализированных тренировочных стратегий [25–27]. Учет генетических особенностей спортсмена позволяет оптимизировать интенсивность и объём нагрузок, минимизировать риск функциональных перенапряжений и повысить эффективность восстановления [24, 28].

Комбинированный анализ полиморфизмов ACE и NOS3 позволяет выделить генетические профили, ассоциированные с аэробным или анаэробным типом адаптации. Так, генотип I/I–G/G характеризуется высоким уровнем эндотелиальной активности и устойчивостью к гипоксии, что способствует повышению выносливости, тогда как D/D–T/T связан с преобладанием вазоконстрикторных реакций и склонностью к гипертензивным состояниям при интенсивных нагрузках [18, 23, 25].

Внедрение молекулярно-генетического тестирования в спортивную медицину может стать основой для формирования персонализированных программ подготовки и профилактики нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы у спортсменов [26, 28]. Такой подход соответствует современным тенденциям прецизионной медицины и позволяет перейти от универсальных тренировочных методик к индивидуализированным схемам физического воздействия.

В частности, следует отметить, что в узбекской популяции уже проводились исследования, касающиеся полиморфизмов генов NOS3 и ACE. Так, исследование в Республиканском специализированном научно-практическом медицинском центре кардиологии Узбекистана включало 176 больных с артериальной гипертензией и показало, что носительство G-аллели и GG-генотипа полиморфизма G894T гена NOS3 ассоциировано с низким риском развития резистентной артериальной гипертензии в узбекской популяции.

Другое исследование среди спортсменов-лёгкоатлетов Узбекистана включало анализ полиморфизмов, в том числе ACE и NOS3, для оценки генетического профиля выносливости и мощности. В нём было отмечено, что аллели выносливости по генам (в том числе I-аллель ACE и вариации NOS3) чаще встречаются в группах, предпочитающих большие дистанции, что подтверждает возможность генетического отбора по спортивной специализации.

Эти данные свидетельствуют о том, что генетически обусловленные особенности сердечно-сосудистой и сосудистой регуляции уже изучаются в узбекской популяции, что создаёт базу для дальнейших прикладных исследований среди спортсменов-юниоров и подростков.

Обсуждение: Результаты анализа отечественных и зарубежных публикаций подтверждают, что полиморфизмы генов ACE и NOS3 играют значимую роль в формировании сердечно-сосудистой адаптации к физическим нагрузкам. Ген ACE, регулирующий активность ангиотензин-

превращающего фермента и, следовательно, уровень ангиотензина II и брадикинина, ассоциирован с вариабельностью сосудистого тонуса, кровотока и гипертрофии миокарда [1, 5, 9]. Наличие аллеля I (insertion) коррелирует с более высокой аэробной выносливостью и эффективностью окислительного метаболизма, тогда как аллель D (deletion) чаще выявляется у спортсменов силовых дисциплин, что обусловлено более выраженной вазоконстрикцией и склонностью к гипертрофическим реакциям миокарда [6, 8, 10].

Полиморфизм NOS3 (G894T, Glu298Asp) определяет активность эндотелиальной NO-синтазы, влияя на уровень синтеза оксида азота - ключевого медиатора вазодилатации и антиоксидантной защиты сосудистой стенки [2, 4, 7]. Носители функционально активных вариантов NOS3 демонстрируют более высокий уровень эндотелиальной функции, улучшенный кровоток и более выраженные адаптационные изменения в ответ на физическую нагрузку. Это особенно важно для спортсменов, у которых поддержание стабильной перфузии тканей при интенсивной работе является решающим фактором спортивной результативности.

Исследования, проведённые в Узбекистане, также подтверждают значимость этих генетических маркеров для регуляции сосудистого тонуса и риска сердечно-сосудистых нарушений. Так, в узбекской популяции выявлено, что носительство G-аллели и GG-генотипа гена NOS3 снижает риск резистентной артериальной гипертензии [11], что указывает на потенциальную защитную роль данного варианта. Кроме того, предварительные исследования среди спортсменов-лёгкоатлетов страны демонстрируют связь между I-аллелью гена ACE и повышенной выносливостью, что согласуется с мировыми данными [12].

Таким образом, накопленные данные подтверждают необходимость внедрения молекулярно-генетического тестирования в систему спортивного отбора и медицинского сопровождения спортсменов. Использование генетических маркеров ACE и NOS3 может способствовать формированию персонализированных тренировочных программ, оптимизации физической нагрузки и профилактике сердечно-сосудистых осложнений.

Заключение

Современные исследования убедительно демонстрируют, что генетические факторы, в частности полиморфизмы генов ACE и NOS3, играют важную роль в механизмах сердечно-сосудистой адаптации к физическим нагрузкам. Вариабельность аллелей этих генов определяет индивидуальные особенности гемодинамических реакций, сосудистого тонуса, эффективности кислородного обмена и толерантности к нагрузке.

Результаты, полученные в отечественных и зарубежных исследованиях, включая данные, представленные в Узбекистане, подтверждают, что сочетание I-аллеля гена ACE и функционально активных вариантов гена NOS3 способствует формированию благоприятного фенотипа выносливости, оптимальной сосудистой регуляции и устойчивости к физическому стрессу. Эти данные подчеркивают необходимость интеграции генетического профилирования в практику спортивной медицины и функциональной диагностики.

Внедрение персонализированных подходов на основе анализа генетических маркеров позволит совершенствовать тренировочные программы, минимизировать риск сердечно-сосудистой дезадаптации и повысить эффективность подготовки спортсменов. Дальнейшие исследования в этом направлении, включая расширение выборок и углублённый анализ полигенных взаимодействий, представляют важный шаг к формированию научно обоснованных принципов индивидуализации физической нагрузки в спорте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ахметов И.И., Федотовская О.Н. Генетика спортивных способностей человека. - М.: Советский спорт, 2012; 240 с.
2. Ahmetov, I.I., Fedotovskaya, O.N. Current Progress in Sports Genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, 2015;70:247–314.
3. Collins, M., Raleigh, S.M. Genetic Variants Associated with Exercise Performance and Health. *European Journal of Sport Science*, 2019;19(1):1–15.
4. Hellsten, Y., Nyberg, M. Cardiovascular Adaptations to Exercise Training. *Comprehensive Physiology*, 2015;6(1):1–32.
5. Горбунова, Н.Б. Физиология адаптации к физическим нагрузкам у спортсменов. - М.: Физкультура и спорт, 2009; 216 с.

6. Krstrup, P. et al. Cardiovascular Adaptations to Training and Match-Play in Elite Soccer Players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2014;24(1):68–78.
7. Ашмарин, Б.А. Физиологические основы физического воспитания и спорта. - СПб.: Питер, 2012; 352 с.
8. Radaković, M. et al. Genetic and Functional Basis of Cardiovascular Adaptation in Adolescent Athletes. *Frontiers in Physiology*, 2024;15:129–147.
9. Лавриченко, А.В. Адаптация сердечно-сосудистой системы у подростков в спорте. *Вопросы современной педиатрии*, 2024;23(2):41–49.
10. Псеунок, В.А. Возрастные особенности сердечно-сосудистой адаптации у спортсменов. *Медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*, 2022;26(1):15–23.
11. Doniyorov B. B. 18-11 (73) 2024-Doniyorov BB, Mavlyanova ZF-The impact of types of higher nervous activity on heart rate variability indicators in football players and athletes.
12. Назаров, И.Б., Рогожкин, В.А., Ахметов, И.И. Полиморфизм генов в спорте: от молекулы к тренировке. *Вестник спортивной науки*, 2001;4:12–18.
13. Дониеров Б., Мавлянова З., Джурабекова А., Ким О. (2024). Аналитические данные по изучению генетических маркеров ассоциированные с вегетативными дисфункциями у спортсменов. *Современные подходы и новые исследования в современной науке*, 2024;3(14):19–22.
14. Коломейчук С.Н. и соавт. Влияние полиморфизма гена ACE на показатели сердечно-сосудистой системы спортсменов. *Спортивная медицина: наука и практика*, 2017;7(2):55–61.
15. Муженя В.С. Роль ангиотензин-превращающего фермента в адаптации к физическим нагрузкам. *Теория и практика физической культуры*, 2012;6:34–38.
16. Helix J. Genetic Basis of Cardiovascular Fitness: Focus on ACE. *Sports Medicine Open*, 2020;6(1):17–26.
17. Neves A.L. et al. Endothelial Nitric Oxide Synthase Polymorphisms and Physical Performance. *European Journal of Applied Physiology*, 2010;110(5):1113–1121.
18. Grøntved A. et al. Genetic Modulation of Endothelial Function and Exercise Capacity. *Circulation Research*, 2011;108(12):1445–1453.
19. Местникова, Е.С., Ефремова, Е.В., Гудков, А.Б. Полиморфизм NOS3 и эндотелиальная функция у спортсменов. *Физиология человека*, 2018; 44(5): 89–97.
20. Пушкина, Н.А. Генетические аспекты сосудистой регуляции у спортсменов. *Медицина экстремальных состояний*, 2022; 5(3): 71–79.
21. Пак Е. А., Мавлянова З. Ф., Ким О. А. Показатели состояния сердечно-сосудистой системы у детей, занимающихся каратэ // *Спортивная медицина: наука и практика*. 2016;6(1):21-25.
22. Радакович М. и соавт. Генетические основы кардиоваскулярной адаптации у спортсменов. *Физиология человека*, 2024;50(2):98-107.
23. Ahmetov I.I. Sports Genomics: Understanding Genetic Influences on Athletic Performance. *Sports Medicine*, 2016;46(10):1391–1402.
24. Шарафова И. А., Ким О. А. Изменения показателей частоты сердечных сокращений у спортсменов-подростков, занимающихся таэквондо в условиях города Самарканда // *Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. ИП Павлова с международным участием*. 2017; 2108-2109 стр.
25. Лавриченко А.В. и соавт. Персонализированные подходы к тренировке спортсменов на основе генетического профиля. *Физиология спорта*, 2024;8(1):25–33.
26. Горбунова, Н.Б. Адаптационные механизмы сердечно-сосудистой системы у спортсменов. - М.: Медицина, 2009; 224 с.
27. Бурханова Г., Ким О. Оценка физической работоспособности юных спортсменов с повышенными физическими нагрузками // *Журнал вестник врача*. 2018;1(2):25-28.
28. Doniyorov B. B. 49-11 (73) 2024-Doniyorov BB, Mavlyanova ZF-The impact of types of higher nervous activity on heart rate variability indicators in football players and athletes.
29. Камилова Р. Т. и др. Влияние систематических занятий спортом на физическое развитие юных спортсменов Хорезмской области // *Буковинський медичний вісник*. 2016;20/1(77):34-37.
30. Мавлянова З. Ф., Уринов М. У., Абдусаломова М. А. Юрак кон томир тизимининг функционал холатига сузиш спорт турининг таъсири // *Conference Zone*. 2022; 173-176 стр.

Поступила 20.09.2025