

doi: 10.25005/2074-0581-2026-28-3-851-860

СОСТОЯНИЕ МОЧЕВЫДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ С УЧЁТОМ ИХ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

Д.Х. РЫБАЛКИНА, Л.К. ИБРАЕВА, И.В. БАЧЕВА, Д.А. ЖУМАГАЛИЕВА, Г.Б. ХАМРАЕВА, П.В. ОВЦЫНОВ

Кафедра внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет, Караганда, Республика Казахстан

Цель исследования: анализ функционирования мочевыделительной системы у спортсменов Карагандинской области Казахстана с учётом генетических полиморфизмов.

Материал и методы: было обследовано 103 спортсмена мужского пола в возрасте от 18 до 45 лет (гандболисты, футболисты, хоккеисты и единоборцы). Обследование включало в себя: генетический анализ полиморфизмов генов *ACE* rs4341, *ADRB2* rs1042713 и rs1042714, *AGT* rs699, *NOS3* rs2070744, *AQP* rs1049305; биохимический анализ крови, биоимпедансометрию и оценку вариабельности сердечного ритма.

Результаты: у 14,6% спортсменов риск обезвоживания при физической нагрузке был выше среднего (гомозиготы по полиморфному (rs1049305) аллелю С/С гена *AQP*). У 22,3% спортсменов уровень креатинина был выше верхней границы референтного диапазона. У 30,1% спортсменов скорость клубочковой фильтрации (СКФ) соответствовала уровню лёгкого снижения функции почек. Доля лиц с уровнем СКФ, характерным для лёгкого снижения функции почек, была выше у единоборцев. Максимальные значения индекса гидратации, характерные для умеренной отёчности, были выявлены на ногах. Доля гомозигот по полиморфизмам для генов *ACE*, *ADRB2*, *AGT* и *NOS3* с риском повышения давления составляла от 7,7 до 36,9%.

Заключение: у ряда спортсменов зарегистрировано нарушение функции почек с выявленными рисками в их генотипе, что предполагает необходимость анализа возможных причин дисфункции и профилактических мероприятий.

Ключевые слова: мочевыделительная система, креатинин, мочевины, скорость клубочковой фильтрации, биоимпедансометрия, спортивная геномика.

Для цитирования: Рыбалкина ДХ, Ибраева ЛК, Бачева ИВ, Жумагалиева ДА, Хамраева ГБ, Овцынов ПВ. Состояние мочевыделительной системы у спортсменов с учётом их генетического профиля. *Вестник Авиценны*. 2026;28(3):851-60. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2026-28-3-851-860>

URINARY SYSTEM STATUS IN ATHLETES ACCORDING TO THEIR GENETIC PROFILE

D.KH. RYBALKINA, L.K. IBRAYEVA, I.V. BACHEVA, D.A. ZHUMAGALIYEVA, G.B. KHAMRAYEVA, P.V. OVTSYNOV

Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University, Karaganda, Republic of Kazakhstan

Objective: To analyze urinary system function in athletes from the Karaganda Region of Kazakhstan, considering genetic polymorphisms.

Methods: A total of 103 male athletes aged 18-45 years were examined, including handball, football, hockey, and combat sports athletes. The examination included genetic analysis of polymorphisms in the *ACE* rs4341, *ADRB2* rs1042713 and rs1042714, *AGT* rs699, *NOS3* rs2070744, and *AQP* rs1049305 genes; biochemical blood tests; bioimpedance analysis; and heart rate variability assessment.

Results: In 14.6% of athletes, the risk of dehydration during physical exertion was above average (homozygous carriers of the *AQP* rs1049305 C/C genotype). In 22.3% of the athletes, creatinine levels exceeded the upper limit of the reference range. In 30.1% of the athletes, the glomerular filtration rate (GFR) corresponded to mildly decreased kidney function. The proportion of individuals with GFR values characteristic of mildly decreased kidney function was higher among combat sports athletes. The highest hydration index values, indicative of moderate edema, were detected in the legs. The proportion of homozygous carriers of polymorphisms in the *ACE*, *ADRB2*, *AGT*, and *NOS3* genes associated with increased blood pressure risk ranged from 7.7% to 36.9%.

Conclusion: Renal dysfunction was identified in several athletes, along with genotype-associated risks, suggesting the need to investigate possible causes and implement preventive measures.

Keywords: Urinary system, creatinine, urea, glomerular filtration rate, bioimpedance analysis, sports genomics.

For citation: Rybalkina DKh, Ibrayeva LK, Bacheva IV, Zhumagaliyeva DA, Khamrayeva GB, Ovtsynov PV. Sostoyaniye mochevydelitel'noy sistemy u sportsmenov s uchetom ikh geneticheskogo profilya [Urinary system status in athletes according to their genetic profile]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2026;28(3):851-60. <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2026-28-3-851-860>

ВВЕДЕНИЕ

У спортсменов существуют риски дисфункции мочевыделительной системы (МВС), связанной с физическими нагрузками, диетой и используемыми ими лекарственными препаратами, что требует мониторинга методами раннего выявления проблем и необходимости профилактических мероприятий. Спортсмены нередко используют высокобелковую диету (свыше 1,5 г/кг в день) для оптимизации баланса мышечного белка, увеличения сухой массы тела и повышения производительности, что при длительном применении может приводить к дисфункции почек [1].

Нарушение в работе почек, а также дисбаланс электролитов относительно распространены среди марафонцев, так как после марафона часто можно наблюдать изменения биомаркёров, указывающих на патологические события в МВС. Длительные и интенсивные аэробные упражнения вызывают эндотелиальную дисфункцию, которая может спровоцировать изменения в почках, наблюдаемые после марафонского бега, и характеризуется снижением расчётной скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и/или повышением уровня сывороточного креатинина. Эти параметры обычно возвращаются к физиологическим значениям через 24-48 часов после забега [2, 3].

У спортсменов с видами спорта на выносливость наблюдался более высокий уровень креатинина сыворотки при сравнении с другими видами спорта ($0,91 \pm 0,14$ мг/дл против $0,88 \pm 0,13$ мг/дл, $p=0,014$) [4]. Спортсмены, чья профессиональная деятельность связана с ограничением доступа к жидкости и туалету, имеют большее потоотделение при физических нагрузках, что приводит к более концентрированной моче и, как следствие, к более высокой распространённости мочекаменной болезни [5].

Нагрузочный рабдомиолиз является одним из осложнений, связанных с длительными и повторяющимися мышечными упражнениями, и чаще всего встречается у элитных спортсменов. При этом острая почечная недостаточность чаще ($p=0,063$) встречается у носителей аллеля T (MT+TT) гена *AGT* rs699. Значительное повышение уровня креатинина сыворотки после упражнений наблюдалось у носителей аллелей I (II+ID) гена *ACE* rs1799752 и T (MT+TT) гена *AGT* rs699 ($p=0,008$ и $p=0,028$ соответственно) [6].

Регулирование потока воды через клеточные мембраны необходимо для поддержания меж- и внутриклеточного баланса жидкости, что имеет решающее значение для здоровья и работоспособности. Трансмембранный водный канал *AQP1* важен для кардиореспираторной выносливости, поскольку он влияет на перенос жидкости в эритроцитах, эндотелиальных и клетках лёгких и жизненно важен для транспорта аммония, бикарбоната, углекислого газа, глицерина, оксида азота, иона калия, воды и трансэпителиальной и почечной воды [7].

В одном из исследований показана статистически значимая ($p<0,05$) связь между rs1049305 (C>G) гена *AQP1* и уровнем производительности марафонского бега среди мужчин латиноамериканского происхождения [8].

Известны потенциальные риски использования креатина в высоких дозах у подростков, и это подчёркивает важность мониторинга функции почек у спортсменов, использующих спортивные добавки [9]. Злоупотребление андрогенными стероидами среди молодых спортсменов имеет долгосрочные последствия для здоровья, вызывая серьёзные повреждения жизненно важных органов, в том числе и почек. В почках стероиды приводят к повышению уровня воспалительных цитокинов, фиброзу, гипертрофии почечных канальцев, изменениям клубочков и структурным повреждениям, а также к повышению уровня креатинина в сыворотке, белка в моче и цистатина C [10].

INTRODUCTION

Athletes are at risk of urinary system dysfunction associated with physical exertion, diet, and medications, necessitating monitoring with methods aimed at early detection of abnormalities and the implementation of preventive measures. Athletes often consume high-protein diets (>1.5 g/kg/day) to optimize muscle protein balance, increase lean body mass, and improve performance; however, prolonged use of such diets may lead to renal dysfunction [1].

Renal dysfunction and electrolyte imbalance are relatively common among marathon runners, as post-marathon changes in urinary biomarkers indicative of pathological processes are frequently observed. Prolonged, intense aerobic exercise causes endothelial dysfunction, which may trigger the renal changes observed after marathon running and is characterized by a decrease in estimated glomerular filtration rate (GFR) and/or an increase in serum creatinine levels. These parameters usually return to physiological values within 24-48 hours after the race [2, 3].

Endurance athletes were found to have higher serum creatinine levels compared with athletes in other sports (0.91 ± 0.14 mg/dL vs 0.88 ± 0.13 mg/dL, $p=0.014$) [4]. Athletes whose professional activities involve restricted access to fluids and toilet facilities lose more fluid through sweating during physical exertion, resulting in more concentrated urine and, consequently, a higher prevalence of urolithiasis [5].

Exertional rhabdomyolysis is a complication of prolonged and repeated muscular exercise and is most commonly observed in elite athletes. Acute renal failure was more frequent ($p=0.063$) in carriers of the T allele (MT+TT) of the *AGT* rs699 gene. Carriers of the I allele (II+ID) of the *ACE* rs1799752 gene and the T allele (MT+TT) of *AGT* rs699 showed a significant increase in serum creatinine after exercise ($p=0.008$ and $p=0.028$, respectively) [6].

Regulating water flow across cell membranes is necessary to maintain extracellular and intracellular fluid balance, which is crucial for health and physical performance. The transmembrane water channel *AQP1* supports cardiorespiratory endurance because it influences fluid transport in erythrocytes, endothelial cells, and pulmonary cells and is essential for transporting ammonium, bicarbonate, carbon dioxide, glycerol, nitric oxide, potassium ions, and water, as well as transepithelial and renal water transport [7].

One study demonstrated a statistically significant association ($p<0.05$) between the *AQP1* rs1049305 (C>G) polymorphism and marathon running performance in men of Hispanic origin [8].

Potential risks associated with the use of high-dose creatine in adolescents are known, underscoring the importance of monitoring renal function in athletes using sports supplements [9]. Abuse of androgenic steroids among young athletes has long-term health consequences, causing serious damage to vital organs, including the kidneys. In the kidneys, steroids increase inflammatory cytokines, fibrosis, renal tubule hypertrophy, glomerular changes, and structural damage, as well as serum creatinine, urinary protein, and cystatin C levels [10].

In most studies included in a review conducted by European researchers, creatinine, blood urea nitrogen, and urine specific gravity increased significantly after rapid weight loss in combat sports athletes. This review indicates that rapid weight loss caused dehydration and subsequent kidney injury despite differences in the degree of weight reduction [11].

В большинстве исследований, включённых в обзор, проведённый исследователями из Европы, значения креатинина, азота мочевины крови и удельного веса мочи значительно увеличились после быстрой потери веса у спортсменов, занимающихся единоборствами. Это исследование указывает на то, что быстрая потеря веса вызывала обезвоживание и последующее повреждение почек, несмотря на различную степень потери веса [11].

Среди здоровых людей существуют значительные различия в реакции артериального давления (АД) на упражнения. Несмотря на нормальное АД в состоянии покоя, может быть неадекватная реакция АД во время физической активности. При этом люди часто не знают, что их АД становится чрезмерно повышенным во время физической активности. Повторное воздействие этих патологических реакций АД при регулярной физической нагрузке может увеличить долгосрочный риск сердечно-сосудистых заболеваний, которые могут сформировать кардио-ренальный континуум. Люди с семейным анамнезом гипертонии могут испытывать это явление даже в детском и подростковом возрастах [12].

Цель исследования

Анализ функционирования МВС у спортсменов Карагандинской области Казахстана с учётом генетических полиморфизмов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Было проведено обследование 103 спортсменов мужского пола в возрасте от 18 до 45 лет Карагандинской области Центрального Казахстана (табл. 1). Половина из исследуемых принадлежала к монголоидной и европеоидной расам.

Обследование включало в себя генетическое исследование полиморфизмов генов, связанных с предрасположенностью к заболеваниям органов МВС: *ACE* (Angiotensin Converting Enzyme, ангиотензинпревращающий фермент) (rs4341); *ADRB2* (Beta-2 Adrenergic Receptor, бета-2-адренергический рецептор) (rs1042713, rs1042714); *AGT* (Angiotensin, ангиотензиноген) (rs699); *NOS3* (Nitric Oxide Synthase, эндотелиальная синтаза оксида азота 3-го типа) (rs2070744); *AQP* (Aquaporin, белки-аквопорины для транспорта воды) (rs1049305).

Биохимический анализ крови включал определение мочевины (референсный диапазон 2,8-7,2 ммоль/л) и креатинина (референсный диапазон 59-104 мкмоль/л) с расчётом скорости клубочковой фильтрации (СКФ).

Биоимпедансометрия проведена на аппарате InBody 770 (Inbody Co., Ltd., South Korea) с сегментарной оценкой (руки, ноги, тело) и индивидуальным ранжированием референсного диапазона и анализом показателей: SMM (Skeletal Muscle Mass, масса скелетных мышц), ECW (Extracellular Water, внеклеточная вода), ICW (Intracellular Water, внутриклеточная вода), TBW (Total Body Water, общее количество воды в организме) и индекса дегидра-

Among healthy individuals, blood pressure (BP) responses to exercise vary substantially. Despite normal resting BP, an exaggerated BP response may occur during physical activity. Individuals are often unaware that their BP becomes excessively elevated during exercise. Repeated exposure to such abnormal BP responses during regular physical activity may increase the long-term risk of cardiovascular disease, which may contribute to the development of the cardiorenal continuum. Individuals with a family history of hypertension may exhibit this phenomenon even during childhood and adolescence [12].

PURPOSE OF THE STUDY

To analyze urinary system function in athletes from the Karaganda Region of Kazakhstan, considering genetic polymorphisms.

METHODS

A total of 103 male athletes aged 18-45 years from the Karaganda Region of Central Kazakhstan were examined (Table 1). Half of the participants belonged to the Mongoloid and Caucasian racial groups.

The examination included genetic testing for polymorphisms in genes associated with predisposition to urinary system disorders: *ACE* (angiotensin-converting enzyme) (rs4341); *ADRB2* (beta-2 adrenergic receptor) (rs1042713, rs1042714); *AGT* (angiotensinogen) (rs699); *NOS3* (nitric oxide synthase 3, endothelial nitric oxide synthase) (rs2070744); and *AQP* (aquaporin, water-transporting proteins) (rs1049305).

Biochemical blood analysis included urea (reference range, 2.8-7.2 mmol/L) and creatinine (reference range, 59-104 μmol/L) measurements, with calculation of the glomerular filtration rate (GFR).

Bioimpedance analysis was performed using the InBody 770 device (InBody Co., Ltd., South Korea), with segmental assessment of the arms, legs, and trunk and individualized ranking of reference ranges. The following parameters were analyzed: SMM (skeletal muscle mass), ECW (extracellular water), ICW (intracellular water), TBW (total body water), and the hydration index (ECW/TBW); index values of 0.390-0.399 corresponded to moderate edema.

Several studies have shown bioimpedance analysis is a valid tool for assessing TBW and its components in elite athletes during periods of stable body weight [13]. The CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) and MCQE (modified version) equations for calculating GFR have shown better stability and reliability, making them the most suitable for assessing renal function in athletes [4].

Таблица 1 Демографические характеристики исследуемых спортсменов

Группы спортсменов Groups of athletes	Средний возраст, лет Mean age, years
Гандболисты/Handball players	19.8±1.2
Футболисты/Football players	19.7±0.5
Хоккеисты/Hockey players	20.5±0.8
Единоборцы/Combat sports athletes	31.7±2.2
Все спортсмены/All athletes	25.7±0.9

Table 1 Demographic characteristics of the athletes studied

тации (ECW/TBW, значения индекса 0,390-0,399 соответствовало состоянию умеренного отёка).

Ряд исследований показал эффективность биоимпедансного анализа, как валидного инструмента для оценки TBW и его компонентов у элитных спортсменов в период стабильности веса [13]. Формулы CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) и MCOE (модифицированная версия) для расчёта СКФ показали лучшую стабильность и надёжность, что делает их наиболее подходящими для оценки функции почек у спортсменов [4].

Для оценки частоты сердечных сокращений и показателя активности регуляторных систем (ПАРС) использован аппарат вариабельности сердечного ритма (BCP) «Варикард МП» (Россия).

При анализе полиморфизмов гена AQP rs1049305 нормальный генотип G/G интерпретировался как риск обезвоживания организма при физической нагрузке ниже среднего; генотип G/C – как средний и C/C – выше среднего.

Этическое заявление. Комитет по биоэтике Карагандинского медицинского университета одобрил исследование (протокол № 15, от 17.11.2023). Участниками исследования было подписано информированное согласие на проведение комплексного обследования. Протокол исследования спортсменов соответствовал этическим стандартам Хельсинкской декларации.

Статистический анализ. Проверка на нормальность распределения проведена по критерию Шапиро-Уилка, который показал нормальное распределение. Количественные показатели были представлены в виде среднего значения и стандартной ошибки, а качественные – в виде долей (%). Сравнение количественных показателей выполнено по t-критерию Стьюдента для независимых выборок. Корреляционный анализ был проведён по критерию Пирсона. Различия и корреляции были статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Связь повышения уровня креатинина у спортсменов с повышением мышечной массы тела. Средний уровень креатинина крови в покое спортсменов был равен $95,2 \pm 1,4$ ммоль/л с максимальным уровнем 146,7 ммоль/л. У 22,3% спортсменов уровень креатинина был выше верхней границы референтного диапазона. Значимые различия по уровню креатинина выявлены между гандболистами и хоккеистами ($85,9 \pm 3,0$ и $97,5 \pm 2,5$, $p = 0,003$), а также у гандболистов с единоборцами ($96,5 \pm 2,1$, $p = 0,008$). У 70,1% спортсменов показатель SMM был выше индивидуальных референтных значений от 0,1 до 10,1 кг, недостаточности выявлено не было. Значимые различия по индивидуальным отклонениям от референтных значений SMM выявлены между хоккеистами и единоборцами ($p = 0,026$).

Средняя расчётная СКФ с учётом возраста у спортсменов составила $97,3 \pm 1,8$ мл/мин/1,73 м². У 30,1% спортсменов уровень СКФ соответствовал показателю, определяемому при лёгком снижении функции почек, согласно Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO), $60 \leq \text{СКФ} < 90$ мл/мин/1,73 м². У 1% исследуемых выявлен уровень СКФ, характерный для умеренного снижения функции почек ($45-59$ мл/мин/1,73 м²). В зависимости от вида спорта доля лиц с уровнем СКФ, характерным для лёгкого снижения функции почек, была выше у единоборцев и минимальная – у гандболистов (рис. 1, 2).

Среднее значение СКФ у единоборцев и хоккеистов была статистически значимо ниже, чем у гандболистов ($90,9 \pm 2,4$ мл/мин/1,73 м², $96,52 \pm 2,80$ мл/мин/1,73 м², и $111,8 \pm 6,0$ мл/мин/1,73 м², соответственно, $p = 0,002$).

Heart rate and the activity index of regulatory systems were assessed using the "Varicard MP" heart rate variability (HRV) device (Russia).

When analyzing the AQP rs1049305 polymorphism, the normal G/G genotype was interpreted as indicating a below-average risk of dehydration during physical exertion, the G/C genotype as an average risk, and the C/C genotype as an above-average risk.

Ethical statement. The Bioethics Committee of Karaganda Medical University approved the study (Protocol No. 15, dated November 17, 2023). All participants provided written informed consent for the comprehensive examination. The study protocol complied with the ethical standards of the Declaration of Helsinki.

Statistical analysis. Data normality was assessed using the Shapiro-Wilk test, which showed a normal distribution. Quantitative variables were presented as means and standard errors, and qualitative variables as proportions (%). Quantitative variables were analyzed using Student's t-test for independent samples. We used Pearson's correlation coefficient for correlation analysis. We considered differences and correlations statistically significant at $p < 0.05$.

RESULTS

Elevated creatinine levels in athletes with increased skeletal muscle mass. The mean resting blood creatinine level in the athletes was 95.2 ± 1.4 $\mu\text{mol/L}$, with a maximum value of 146.7 $\mu\text{mol/L}$. In 22.3% of the athletes, creatinine levels exceeded the upper limit of the reference range. Creatinine levels differed significantly between handball players and hockey players (85.9 ± 3.0 vs 97.5 ± 2.5 , $p = 0.003$), as well as between handball players and combat sports athletes (96.5 ± 2.1 , $p = 0.008$). In 70.1% of the athletes, SMM exceeded individual reference values by 0.1 to 10.1 kg; no SMM deficiency was detected. Significant differences in individual deviations from reference SMM values were found between hockey players and combat sports athletes ($p = 0.026$).

The mean estimated GFR, adjusted for age, was 97.3 ± 1.8 mL/min/1.73 m². In 30.1% of the athletes, GFR values corresponded to mildly decreased kidney function according to the Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) classification ($60 \leq \text{GFR} < 90$ mL/min/1.73 m²). In 1% of the participants, GFR values were consistent with moderately decreased kidney function ($45-59$ mL/min/1.73 m²). Depending on the sport, the proportion of individuals with GFR values characteristic of mildly decreased kidney function was highest among combat sports athletes and lowest among handball players (Figs. 1, 2).

The mean GFR in combat sports athletes and hockey players was statistically significantly lower than that in handball players (90.9 ± 2.4 mL/min/1.73 m², 96.52 ± 2.80 mL/min/1.73 m², and 111.8 ± 6.0 mL/min/1.73 m², respectively; $p = 0.002$).

The mean urea level in the athletes was 5.3 ± 0.2 mmol/L, with a maximum value of 10.1 mmol/L. In 9.7% of the athletes, urea levels exceeded the upper limit of the reference range. Correlations between creatinine and urea, and between GFR and urea, were moderately positive ($r = 0.40$; $p < 0.001$) and moderately negative ($r = -0.35$; $p < 0.001$), respectively. Correlations between creatinine and GFR values and individual deviations from reference SMM values were weak positive and moderate negative, respectively ($r = 0.27$; $p = 0.007$; $r = -0.37$; $p < 0.001$).

Risk of dehydration in athletes and imbalance of body water compartments. The observed differences were probably also related to minimal fluid losses through sweating and respiration

Средний уровень мочевины у спортсменов составил $5,3 \pm 0,2$ ммоль/л с максимальным показателем в 10,1 ммоль/л. У 9,7% спортсменов уровень мочевины был выше верхней границы референтного диапазона. Корреляции между взаимосвязанными показателями креатинина и мочевины, а также СКФ и мочевины были умеренные прямая ($r=0,40$; $p<0,001$) и обратная ($r=-0,35$; $p<0,001$). Корреляции между показателями креатинина и СКФ и индивидуальными отклонениями от референтных значений SMM были прямая слабая и обратная умеренная ($r=0,27$; $p=0,007$; $r=-0,37$; $p<0,001$).

Риск обезвоживания у спортсменов и дисбаланс водных компартментов в организме. Выявленные различия, вероятно, также обусловлены минимальными потерями жидкости в гандболе через пот и дыхание (крытая, короткая площадка); в хоккее – более большими потерями жидкости через пот из-за закрытой амуниции; в футболе – ещё более объёмными потерями жидкости на открытом поле с усиленным потоотделением и дыханием (за одну игру от 3 до 5 кг за счёт обезвоживания); у единоборцев – с максимальными потерями при обезвоживании в процессе «сушки организма» для весовой категории.

Следует отметить, что во время тренировок и соревнований спортсмены, находящиеся в равных условиях, могут терять разное количество воды, что связано с работой гена *AQP1*, который кодирует белок аквапорин-1 – переносчик молекул воды через клеточные мембраны. Спортсмены с мутацией в гене *AQP1* при физической нагрузке могут терять в два раза больше жидкости, а с ней и полезные вещества, чем индивиды с нормальным генотипом. У 14,6% спортсменов риск обезвоживания при физической нагрузке был выше среднего. Помимо негативного влияния обезвоживания на физическую работоспособность оно также существенно влияет на здоровье, например, увеличивая риск образования камней в почках. У 48,5% спортсменов риск обезвоживания был средним. У 36,9% спортсменов риск обезвоживания был низким.

У 54,4% спортсменов показатель TBW был выше индивидуальных референтных значений от 0,2 до 11,2 кг, недостаточности выявлено не было. Аналогичная тенденция отмечалась и по показателю ICW – у 56,3% спортсменов он был выше индивидуальных референтных значений от 0,1 до 7,5 кг, недостаточности также выявлено не было. У 42,72% спортсменов показатель ECW был выше индивидуальных референтных значений от 0,1 до 3,6 кг, недостаточности также выявлено не было. Хотя среднее индекса дегидратации, определённое при биоимпедансометрии у спортсменов, было нормальным $0,373 \pm 0,001$ с максимальным значением в 0,385, сегментарно для правой и левой рук, тела, правой и

in handball (played indoors on a relatively small court); greater fluid losses through sweating in hockey due to enclosed protective equipment; even greater fluid losses in football played outdoors, with increased sweating and respiration (3-5 kg per game due to dehydration); and the greatest fluid losses among combat sports athletes during intentional “weight cutting” to meet weight-category requirements.

During training and competition, athletes exposed to similar conditions may lose different amounts of water, which is associated with the *AQP1* gene, which encodes aquaporin-1, a protein that transports water molecules across cell membranes. Athletes with a mutation in the *AQP1* gene may lose twice as much fluid during physical exertion, together with beneficial substances, compared with individuals with the normal genotype. In 14.6% of the athletes, the risk of dehydration during physical exertion was above average. In addition to its negative effect on physical performance, dehydration may also substantially affect health, for example by increasing the risk of kidney stone formation. In 48.5% of the athletes, the risk of dehydration was average, while in 36.9% it was low.

In 54.4% of the athletes, TBW exceeded individual reference values by 0.2 to 11.2 kg; no deficiency was detected. A similar trend was observed for ICW: in 56.3% of the athletes, ICW exceeded individual reference values by 0.1 to 7.5 kg, with no deficiency detected. In 42.72% of the athletes, ECW exceeded individual reference values by 0.1 to 3.6 kg, and no deficiency was detected. Although the mean hydration index determined by bioimpedance analysis in the athletes was within the normal range (0.373 ± 0.001), with a maximum value of 0.385, segmental values for the right and left arms, trunk, and right and left legs were similar (0.372 ± 0.0005 , 0.374 ± 0.0005 , 0.371 ± 0.001 , 0.374 ± 0.001 , and 0.376 ± 0.001 , respectively). The maximum segmental values were observed in the legs and were consistent with moderate edema (0.383, 0.384, 0.383, 0.390, and 0.393, respectively).

No significant correlations were found between creatinine, urea, GFR, and the presence of the *AQP rs1049305* polymorphism in the overall athlete sample. In the hockey-player group, creatinine and GFR were moderately associated with the presence of the *AQP rs1049305* polymorphism, showing inverse and positive correlations, respectively ($r=-0.38$; $p<0.022$ and $r=0.40$; $p<0.016$). Correlations between creatinine and GFR values and individual deviations from reference TBW, ICW, and ECW values were weak to moderate, positive and negative, respectively (for all parameters, $r=0.27$; $p<0.005$ and $r=-0.38$; $p<0.001$).

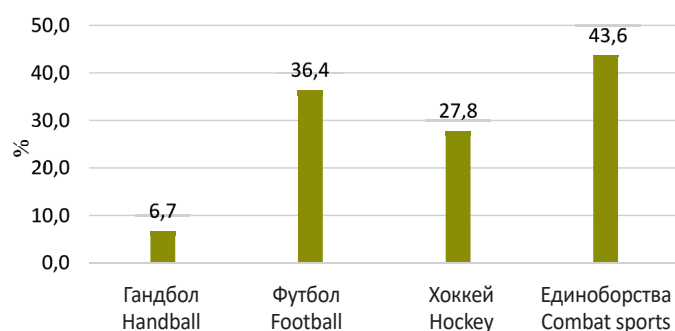


Рис. 1 Доля спортсменов с уровнем СКФ, определяемой при лёгком снижении функции почек

Fig. 1 Proportion of athletes with GFR levels corresponding to mildly decreased kidney function

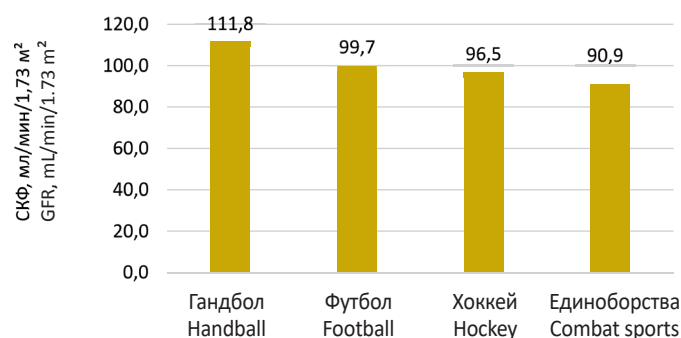


Рис. 2 Средние уровни СКФ по видам спорта

Fig. 2 Mean GFR levels by sport

левой ног аналогичным ($0,372 \pm 0,0005$; $0,374 \pm 0,0005$; $0,371 \pm 0,001$; $0,374 \pm 0,001$ и $0,376 \pm 0,001$ соответственно) с максимальным значением на ногах, характерным для умеренной отёчности ($0,383$; $0,384$; $0,383$; $0,390$ и $0,393$ соответственно).

Между уровнями креатинина, мочевины, показателем СКФ и наличием полиморфизма гена *AQP* rs1049305 для всей выборки спортсменов значимых корреляций не выявлено. В группе хоккеистов между уровнями креатинина, показателями СКФ и наличием полиморфизма гена *AQP* rs1049305 выявлены умеренная обратная и прямая взаимосвязь ($r = -0,38$; $p < 0,022$ и $r = 0,40$; $p < 0,016$). Корреляции между показателями креатинина и СКФ и индивидуальными отклонениями от референтных значений TBW, ICW и ECW были слабая и умеренная, прямая и обратная (по всем показателям $r = 0,27$; $p < 0,005$ и $r = -0,38$; $p < 0,001$).

Риск повышения артериального давления у спортсменов с нарушением фильтрационной способности почек. Ренин-ангиотензиновая система почек, регулирующая артериальное давление (АД) и водно-солевой баланс в организме, играет жизненно важную роль в почечной функции и патологии. Гомозигот по всем пяти «предковым» аллелям (С, А, С, С и Т) рассматриваемых генов, связанных с уровнем давления (*ACE*, *ADRB2* по 2 полиморфизмам, *AGT* и *NOS3*) не выявлено, также как и гомозигот по полиморфному аллелю (G в трёх генах, Т и С). Доли генотипов полиморфизмов генов *ACE* rs4341; *ADRB2* rs1042713, rs1042714; *AGT* rs699, *NOS3* rs2070744 у спортсменов отражены в табл. 2.

При анализе генотипов склонность к повышенному АД после тренировок выше среднего выявлена у 29,1% спортсменов, ниже среднего – у 27,2%. Средняя ЧСС у спортсменов была равна $72,8 \pm 1,17$ уд. в мин с максимальным показателем в 99 и минимальным – 50 уд. в мин. Средний ПАРС составил $3,92 \pm 0,22$ баллов, что соответствовало состоянию умеренного напряжения регуляторных систем, с максимальным в 10 баллов и минимальным в 1 балл, взаимосвязь между ЧСС и ПАРС была прямой, умеренной ($r = 0,34$; $p < 0,001$).

Корреляции между показателями креатинина и наличием полиморфизма *ADRB2* rs1042713 и между показателем мочеви-

Risk of elevated blood pressure in athletes with impaired renal filtration capacity. The renal renin-angiotensin system, which regulates blood pressure (BP) and water-electrolyte balance, plays a vital role in renal function and pathology. No individuals homozygous for all five ancestral alleles (C, A, C, C, and T) of the genes associated with BP (*ACE*, *ADRB2* for two polymorphisms, *AGT*, and *NOS3*) were identified, nor were any individuals homozygous for all polymorphic alleles (G in three genes, T, and C). Table 2 presents the distribution of genotypes for the *ACE* rs4341, *ADRB2* rs1042713 and rs1042714, *AGT* rs699, and *NOS3* rs2070744 polymorphisms among the athletes.

Genotype analysis showed that 29.1% of athletes had an above-average predisposition to elevated BP after training, while 27.2% had a below-average predisposition. The mean heart rate (HR) was 72.8 ± 1.17 beats/min, with a maximum of 99 and a minimum of 50 beats/min. The mean activity index of regulatory systems was 3.92 ± 0.22 points, corresponding to moderate regulatory system strain, with a maximum of 10 points and a minimum of 1 point. The association between HR and the regulatory systems activity index was positive and moderate ($r = 0.34$; $p < 0.001$).

Correlations between creatinine levels and the *ADRB2* rs1042713 polymorphism and between urea levels and the *NOS3* rs2070744 polymorphism were weak and inverse ($r = -0.19$; $p < 0.05$). A weak positive correlation was found between the combined presence of the *ACE* rs4341 and *AGT* rs699 polymorphisms and creatinine levels ($r = 0.20$; $p < 0.044$). Correlations between HR and the *ACE* rs4341, *ADRB2* rs1042713, and *ADRB2* rs1042714 polymorphisms were weak, with inverse and positive associations ($r = -0.22$; $p = 0.043$; $r = -0.29$; $p = 0.009$; and $r = 0.26$; $p = 0.017$, respectively).

The small group sizes may influence these findings; therefore, further studies with larger samples are needed. Genetic effects on a given factor are likely to be polygenic because of interactions among multiple genes and the phenomenon of epistasis [14].

Таблица 2 Доли генотипов генов, взаимосвязанных с уровнем АД у спортсменов

Генотип Genotype	Доля в % Share, %
<i>ACE</i> rs4341	
C/C	27.2
C/G	52.4
G/G	20.4
<i>ADRB2</i> rs1042713	
G/G	36.9
G/A	44.7
A/A	18.4
<i>ADRB2</i> rs1042714	
C/C	46.6
C/G	45.6
G/G	7.8
<i>AGT</i> rs699	
C/C	27.2
C/T	55.3
T/T	17.5
<i>NOS3</i> rs2070744	
T/T	33.0
C/T	41.7
C/C	25.2

Table 2 Distribution of genotypes of genes associated with BP in athletes

ны и *NOS3* rs2070744 были слабые и обратные ($r=-0,19$; $p<0,05$), между сочетанным наличием полиморфизмов генов *ACE* rs4341 и *AGT* rs699 и показателями креатинина – слабая прямая ($r=0,20$; $p<0,044$). Корреляции между ЧСС и полиморфизмами генов *ACE* rs4341, *ADRB2* rs1042713 и *ADRB2* rs1042714 были слабые, обратные и прямые ($r=-0,22$; $p=0,043$; $r=-0,29$; $p=0,009$ и $r=0,26$; $p=0,017$ соответственно).

Следует учесть, что результат может быть обусловлен ограниченным объемом групп, поэтому необходимы дальнейшие исследования на более крупных выборках. Вероятно, генетическое влияние на какой-либо фактор является полигенным из-за взаимодействия нескольких генов, с явлением эпистазов [14].

ОБСУЖДЕНИЕ

В нашем исследовании у единоборцев выявлена более высокая доля дисфункции МВС, чем у других спортсменов. Известно, что бодибилдеры из Великобритании и Канады регулярно практикуют множество пищевых и непищевых практик, потенциально вредных для почек. Существуют веские доказательства вреда, наносимого анаболическими андрогенными стероидами, высокими дозами витаминов А, Д и Е. Обезвоживающие практики, включая злоупотребление диуретиками и использование нестероидных противовоспалительных препаратов, также несут потенциальные риски. А сочетания этих практик являются обычным явлением и могут различаться в зависимости от фазы тренировки [15].

В нашем исследовании был проведен анализ СКФ у спортсменов в состоянии покоя, в дальнейшем планируется исследование биохимических показателей крови при нагрузках, что, возможно, обнаружит более значимые проблемы у исследуемых с уже выявленными нарушениями функции почек. Исследователями было обнаружено, что объем и средняя скорость езды на велосипеде имеют умеренную корреляцию с изменениями СКФ. В дополнение к этим результатам, у 7 из 8 испытуемых СКФ была ниже нормальных физиологических значений в какой-то момент эксперимента. Продолжительность, интенсивность и объем езды на велосипеде, по-видимому, оказывают влияние на функцию почек. Это влияние выражено в периоды, когда спортсмены не привыкли к тренировочной нагрузке [16].

У половины исследованных нами спортсменов отмечалось увеличение показателей TBW, ICW и ECW выше индивидуальных референтных значений от 0,1 до 11,2 кг. В одном из исследований были выявлены умеренные связи между потреблением воды и составом тела спортсменов-мужчин. Исследуемые, которые придерживались рекомендаций по потреблению воды, имели лучшее распределение состава тела, чем их коллеги. Установлено, что привычное потребление воды, а не статус гидратации, влияет на состав тела у спортсменов в условиях вне тренировочного процесса [17]. После шестинедельного периода детренированности у футболистов Испании были обнаружены значительные приросты в TBW ($35,5\pm 5,2$ против $36,7\pm 4,9$ кг; $p<0,001$), ICW ($14,2\pm 1,8$ против $14,8\pm 1,6$ кг; $p<0,001$) и ECW ($21,5\pm 3,6$ против $22,0\pm 3,4$ кг; $p<0,001$) [18].

Если у исследуемых нами спортсменов гомозигот по всем пяти «предковым» аллелям (С, А, С, С и Т) рассматриваемых генов, связанных с предрасположенностью к повышению давления (*ACE*, *ADRB2* по 2 полиморфизмам, *AGT* и *NOS3*) не выявлено, то для всех спортсменов желателен мониторинг деятельности сердечно-сосудистой системы во время тренировочного процесса, несмотря на нормальное АД в покое. Так, при изучении связи между двумя полиморфизмами *ADRB2* (rs1042713, Gly16Arg и rs1042714, Glu27Gln) и изменениями АД во время нагрузочного теста у мо-

DISCUSSION

In our study, combat sports athletes had a higher proportion of urinary system dysfunction than athletes participating in other sports. Bodybuilders in the United Kingdom and Canada are known to regularly engage in numerous dietary and non-dietary practices that may potentially be harmful to the kidneys. There is strong evidence of adverse effects associated with anabolic androgenic steroids and high doses of vitamins A, D, and E. Dehydration practices, including misuse of diuretics, as well as the use of nonsteroidal anti-inflammatory drugs, also pose potential risks. These practices often overlap and may vary by training phase [15].

In our study, GFR was assessed in athletes at rest. In the future, we plan to investigate blood biochemical parameters during exercise, which may reveal more pronounced abnormalities in participants with already identified renal dysfunction. Researchers have found that cycling volume and mean cycling speed show moderate correlations with changes in GFR. In addition, GFR values fell below the normal physiological range at some point during the experiment in 7 of 8 participants. Cycling duration, intensity, and volume appear to affect renal function. This effect is particularly pronounced during periods when athletes are not accustomed to the training load [16].

In half of the athletes examined in our study, TBW, ICW, and ECW values exceeded individual reference values by 0.1 to 11.2 kg. One study found moderate associations between water intake and body composition in male athletes. Participants who followed water intake recommendations had a more favorable body composition distribution than their counterparts. Habitual water intake, rather than hydration status, influenced body composition in athletes outside the training process [17]. After a six-week detraining period, Spanish football players showed significant increases in TBW (35.5 ± 5.2 vs 36.7 ± 4.9 kg; $p<0.001$), ICW (14.2 ± 1.8 vs 14.8 ± 1.6 kg; $p<0.001$), and ECW (21.5 ± 3.6 vs 22.0 ± 3.4 kg; $p<0.001$) [18].

Although no athletes in our study were homozygous for all five ancestral alleles (C, A, C, C, and T) of the genes associated with a predisposition to elevated blood pressure (*ACE*, *ADRB2* for two polymorphisms, *AGT*, and *NOS3*), monitoring of cardiovascular system function during training is advisable for all athletes despite normal resting BP. Thus, a study investigating the association between two *ADRB2* polymorphisms (rs1042713, Gly16Arg, and rs1042714, Glu27Gln) and changes in BP during an exercise test in young healthy men, including non-athlete students and combat sports athletes, found that athletes had higher systolic and diastolic BP values than students. Both values increased during the exercise test compared with resting levels. Differences in BP responses during exercise depended on genotype. Athletes carrying the Glu27 allele demonstrated higher systolic BP than 27Gln homozygotes [19].

Given current technological availability, integrating smart technologies to assess cardiovascular system parameters into the health-monitoring system for professional athletes should be considered [20]. In the future, this could include developing an artificial intelligence-based algorithm to monitor potential abnormalities in cardiovascular function resulting from training-related strain, with the aim of preventing overtraining syndrome and planning preventive measures to preserve athletes' health.

лодых здоровых мужчин, студентов, не занимающихся спортом и спортсменов-единоборцев было выявлено, что у спортсменов были более высокие показатели систолического и диастолического АД, чем у студентов. При этом, оба значения увеличивались во время нагрузочного теста в сравнении с состоянием покоя. Различия в ответах АД во время нагрузочного теста зависели от генотипа. Спортсмены с аллелем Glu27 демонстрировали более высокое систолическое АД, чем гомозиготы 27Gln [19].

Учитывая современный уровень технической доступности, необходимо рассмотреть внедрение в систему мониторинга здоровья профессиональных спортсменов смарт-технологии с оценкой параметров функционирования сердечно-сосудистой системы [20] с разработкой на перспективу алгоритма отслеживания системами искусственного интеллекта возможных нарушений нормального функционирования сердечно-сосудистой системы в результате напряжения в тренировочном процессе с целью предотвращения синдрома перетренированности и планированием профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья спортсменов.

При своевременной диагностике современные нефропротективные стратегии и эффективные меры профилактики помогают сохранить здоровье почек в условиях повышенных рисков у спортсменов. Известно, что диетологические подходы (4R – Rehydration, Refuel, Repair, Rest) помогают снизить нагрузку на почки у спортсменов [21]. Расширенный скрининг факторов риска сердечно-сосудистого-почечно-метаболического (CKM, Cardiovascular-Kidney-Metabolic) синдрома в рамках рутинного скрининга спортсменов обеспечивает более комплексный подход к обеспечению безопасности спортсменов и долгосрочного здоровья [22].

При интерпретации показателей СКФ необходимо учитывать мышечную массу и антропометрический профиль исследуемых. У спортсменов с выраженной гипертрофией мышечной мускулатуры уровень креатинина в крови часто выше, чем у людей с обычным телосложением. Это связано с тем, что креатинин является конечным продуктом энергетического обмена, в том числе в мышечной ткани. Следовательно, расчётные формулы СКФ, основанные на показателях креатинина крови, могут занижать истинный уровень СКФ. Таким образом, следует предположить, что даже при расчётной СКФ, равной 90 мл/мин/1,73 м², у спортсменов с большой мышечной массой это значение может свидетельствовать об относительно сниженной фильтрационной функции почек. Следовательно, при анализе СКФ у спортсменов необходимо учитывать не только абсолютное значение данного показателя, но и антропометрические особенности, и сопоставлять с другими параметрами и клинической картиной. Хроническая болезнь почек часто протекает бессимптомно даже на поздних стадиях, поэтому скрининговые тесты на данную патологию следует проводить в бессимптомной популяции, чтобы выявить заболевание на ранней стадии. Существует вероятность, что фактическая и расчётная СКФ различаются, если SMM выходит за пределы нормы [23].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У ряда спортсменов зарегистрировано нарушение функции почек с выявленными рисками в их генотипе. У 14,6% и 48,5% обследованных на полиморфизм гена *AQP rs1049305* спортсменов риск обезвоживания при физической нагрузке был выше среднего и средним соответственно. Средняя и выше среднего склонность к повышенному АД после тренировок выявлена у 43,7% и 29,1% спортсменов соответственно. Выявленные особенности генотипов спортсменов предполагают необходимость анализа

With timely diagnosis, modern nephroprotective strategies and effective preventive measures can help preserve kidney health in athletes at increased risk. Nutritional approaches based on the 4R principles (Rehydration, Refuel, Repair, Rest) are known to help reduce renal stress in athletes [21]. Expanded screening for risk factors of cardiovascular-kidney-metabolic (CKM) syndrome as part of routine athlete screening provides a more comprehensive approach to ensuring athlete safety and long-term health [22].

When interpreting GFR values, consider the muscle mass and anthropometric profile of the individuals examined. In athletes with marked skeletal muscle hypertrophy, blood creatinine levels are often higher than in individuals with a normal body build. This is because creatinine is an end product of energy metabolism, including that occurring in muscle tissue. Consequently, creatinine-based equations for estimating GFR may underestimate the true GFR. Thus, even an estimated GFR of 90 mL/min/1.73 m² in athletes with high muscle mass may indicate relatively reduced renal filtration capacity. Therefore, when assessing GFR in athletes, consider not only the absolute value of this parameter but also anthropometric characteristics, and interpret the findings alongside other parameters and the clinical presentation. Chronic kidney disease often remains asymptomatic even at advanced stages; therefore, screening tests should be performed in asymptomatic populations to detect the disease early. There is a possibility that measured and estimated GFR values may differ when SMM is outside the normal range [23].

CONCLUSION

Renal dysfunction was identified in several athletes, along with genotype-associated risks. Among athletes tested for the *AQP rs1049305* polymorphism, 14.6% and 48.5% had an above-average and average risk of dehydration during physical exertion, respectively. An average and above-average predisposition to elevated BP after training was identified in 43.7% and 29.1% of athletes, respectively. The identified genotype characteristics suggest the need to analyze possible triggers of renal dysfunction and implement preventive measures.

Based on the findings of the present study and published data, screening programs aimed at diagnosing and preventing adverse outcomes in athletes at risk within the cardiovascular-kidney-metabolic continuum should include bioimpedance analysis for body composition assessment and evaluation of GFR, BP, and HRV.

возможных триггеров дисфункции почек и профилактических мероприятий.

В скрининг-программы, которые могут быть использованы для диагностики и предупреждения негативных последствий у спортсменов, входящих в группы риска, рассматриваемого кар-

дио-васкулярно-почечно-метаболического континуума, согласно проведённому исследованию и литературным данным, предлагается включать биоимпедансометрию для анализа состава тела, оценке СКФ, АД и ВСР.

ЛИТЕРАТУРА

- de Lorenzo A, Bombardieri AS, Mihic N. High protein diets and glomerular hyperfiltration in athletes and bodybuilders: Is chronic kidney disease the real finish line? *Sports Med.* 2024;54(10):2481-95. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02086-1>
- Braschler L, Nikolaidis PT, Thuany M, Chlíbková D, Rosemann T, Weiss K, et al. Physiology and pathophysiology of marathon running: A narrative review. *Sports Med Open.* 2025;11(1):10. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00810-3>
- D'Alleva M, Sanz JM, Giovanelli N, Graniero F, Mari L, Spaggiari R, Sergi D, et al. The influence of prolonged aerobic exercise on cardiac, muscular, and renal biomarkers in trained individuals with obesity. *Eur J Appl Physiol.* 2025;125(5):1485-500. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05697-8>
- Di Gioia G, Ferrera A, Serdoz A, Spinelli A, Fiore R, Buzzelli L, et al. How to evaluate kidney function in elite endurance athletes: Pros and cons of different creatinine-based formulas. *J Clin Med.* 2025;14(9):2955. <https://doi.org/10.3390/jcm14092955>
- Malleckal DA, Goldfarb DS. Occupational kidney stones. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* 2020;29(2):232-6. <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000581>
- Cruz A, Gomes D, Verdan C, Branquinho J, Xavier M, Kirsztajn G, Guedes Miranda Dos Santos C, et al. ACE I/D and AGT Met235Thr Polymorphisms distinctly affect biomarker levels and risk of AKI and exertional rhabdomyolysis after intense exercise. *Mil Med.* 2025;190(9-10):e1920-e1928. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaf041>
- Rivera MA, Fahey TD. Association between aquaporin-1 and endurance performance: A systematic review. *Sports Med Open.* 2019;5(1):40. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0213-0>
- Rivera MA, Fahey TD, López-Taylor JR, Martínez JL. The association of aquaporin-1 gene with marathon running performance level: A confirmatory study conducted in male Hispanic marathon runners. *Sports Med Open.* 2020;6(1):16. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00243-0>
- Filler G, Maung E, Díaz González de Ferris ME, Chan NG, Sharma AP. Acute kidney injury with cast nephropathy following creatine loading in a 17-year-old. *Pediatr Nephrol.* 2025;40:3089-92. <https://doi.org/10.1007/s00467-025-06784-4>
- Alizadeh Pahlavani H, Veisi A. Possible consequences of the abuse of anabolic steroids on different organs of athletes. *Arch Physiol Biochem.* 2025;131(3):393-409. <https://doi.org/10.1080/13813455.2025.2459283>
- Gonçalves EM, Matias CN, Santos DA, Sardinha LB, Silva AM. Assessment of total body water and its compartments in elite judo athletes: Comparison of bioelectrical impedance spectroscopy with dilution techniques. *J Sports Sci.* 2015;33(6):634-40. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.953981>
- Caselli S, Serdoz A, Mango F, Lemme E, Vaquer Seguí A, Milan A, et al. High blood pressure response to exercise predicts future development of hypertension in young athletes. *Eur Heart J.* 2019;40(1):62-8. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy810>

REFERENCES

- Catapano A, Trinchese G, Cimmino F, Petrella L, D'Angelo M, Di Maio G, et al. Impedance analysis to evaluate nutritional status in physiological and pathological conditions. *Nutrients.* 2023;15(10):2264. <https://doi.org/10.3390/nu15102264>
- Brazier J, Antrobus MR, Herbert AJ, Callus PC, Khanal P, Stebbings GK, et al. Gene variants previously associated with reduced soft-tissue injury risk: Part 2 – Polygenic associations with elite status in Rugby. *Eur J Sport Sci.* 2023;23(8):1779-88. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2155877>
- Tidmas V, Brazier J, Hawkins J, Forbes SC, Bottoms L, Farrington K. Nutritional and non-nutritional strategies in bodybuilding: Impact on kidney function. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(7):4288. <https://doi.org/10.3390/ijerph19074288>
- Touchberry CD, Ernsting M, Haff G, Kilgore JL. Training alterations in elite cyclists may cause transient changes in glomerular filtration rate. *J Sports Sci Med.* 2004;3(YISI 1):28-36.
- Zhang J, Zhang N, Li Y, He H, Song G, Chen J, et al. Habitual water intake impacted the body composition of young male athletes in free-living conditions: A cross-sectional study. *Front Sports Act Living.* 2024;6:1458242. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1458242>
- Sawczuk M, Gąsiorowska A, Maciejewska-Skrendo A, Chudecka M, Kotarska K, Proia P, et al. ADRB2 polymorphisms (rs1042713 and rs1042714) and blood pressure response to the cold pressor test in combat athletes and non-athletes. *Int J Mol Sci.* 2025;26(4):1765. <https://doi.org/10.3390/ijms26041765>
- Alvero Cruz JR, Ronconi M, García Romero JC, Carrillo de Albornoz Gil M, Jiménez López M, et al. Body composition changes after sport detraining period. *Nutr Hosp.* 2017;34(3):632-8. <https://doi.org/10.20960/nh.618>
- Golbus JR, Pescatore NA, Nallamothu BK, Shah N, Kheterpal S. Wearable device signals and home blood pressure data across age, sex, race, ethnicity, and clinical phenotypes in the Michigan Predictive Activity & Clinical Trajectories in Health (MIPACT) study: A prospective, community-based observational study. *Lancet Digit Health.* 2021;3(11):707-15. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(21\)00138-2](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(21)00138-2)
- Bonilla DA, Pérez-Idárraga A, Odriozola-Martínez A, Kreider RB. The 4R's framework of nutritional strategies for post-exercise recovery: A review with emphasis on new generation of carbohydrates. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;18(1):103. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010103>
- Garba DL, Jacobsen AP, Blumenthal RS, Martinez MW, Ndumele CE, Coslick AM, et al. Assessing athletes beyond routine screening: Incorporating essential factors to optimize cardiovascular health and performance. *Am Heart J Plus.* 2024;44:100413. <https://doi.org/10.1016/j.ahjo.2024.100413>
- Lee S, Yoon S, Kim S, Lee W, Chun S, Min WK. Skeletal muscle mass measurement via bioelectrical impedance analysis as an aid to screen for chronic kidney disease in routine health checkups. *Ann Lab Med.* 2024;44(1):100-2. <https://doi.org/10.3343/alm.2024.44.1.100>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Рыбалкина Дина Хабибуллаевна, кандидат медицинских наук, ассоциированный профессор, профессор кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет
Researcher ID: AFF-7942-2022
Scopus ID: 54890642500
ORCID ID: 0000-0002-2041-1259
SPIN-код: 3642-8076
Author ID: 653092
E-mail: ystas666@list.ru

AUTHORS' INFORMATION

Rybalkina Dina Khabibullayevna, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University
Researcher ID: AFF-7942-2022
Scopus ID: 54890642500
ORCID ID: 0000-0002-2041-1259
SPIN: 3642-8076
Author ID: 653092
E-mail: ystas666@list.ru

Ибраева Лязат Катаевна, доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

Researcher ID: ABZ-8951-2022
Scopus ID: 56712888900
ORCID ID: 0000-0002-9917-0258
SPIN-код: 2364-4308
Author ID: 718859
E-mail: libraeva@qmu.kz

Бачева Ирина Викторовна, PhD, ассоциированный профессор кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

Researcher ID: AAR-4890-2020
Scopus ID: 56612421200
ORCID ID: 0000-0002-5576-8637
SPIN-код: 4688-8543
Author ID: 1035317
E-mail: bacheva@qmu.kz

Жумагалиева Диана Аскарровна, докторант кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

ORCID ID: 0009-0003-8028-6482
E-mail: zhumagaliyevaD@qmu.kz

Хамраева Гулшан Бабамураткызы, резидент-нефролог 2 года обучения кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

ORCID ID: 0009-0009-9760-3185
E-mail: hamraevaG@qmu.kz

Овцынов Павел Владиславович, резидент кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

Scopus ID: 59540987400
ORCID ID: 0009-0006-0450-3053
E-mail: ovcynov@qmu.kz

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Работа выполнена в рамках гранта МОН РК AP23490397 «Анализ молекулярно-генетических механизмов выносливости у спортсменов, имеющих эффективные результаты спортивной деятельности» (2024-2026 гг.). Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали

Конфликт интересов: отсутствует

✉ АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

Жумагалиева Диана Аскарровна

докторант кафедры внутренних болезней, Карагандинский медицинский университет

100008, Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Гоголя, 40
Тел.: +7 (701) 1000910
E-mail: zhumagaliyevaD@qmu.kz

ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: РДХ, ИЛК
Сбор материала: БИВ, ЖДА
Статистическая обработка данных: БИВ, ЖДА
Анализ полученных данных: РДХ, ИЛК
Подготовка текста: БИВ, ЖДА, ХГБ, ОПВ
Редактирование: РДХ, ИЛК
Общая ответственность: РДХ, ИЛК, БИВ, ЖДА, ХГБ, ОПВ

Поступила 03.07.25
Принята в печать 27.08.26

Ibrayeva Lyazat Katayevna, Doctor of Medical Sciences, Full Professor, Professor of the Department of Internal Diseases, Karaganda Medical University

Researcher ID: ABZ-8951-2022
Scopus ID: 56712888900
ORCID ID: 0000-0002-9917-0258
SPIN: 2364-4308
Author ID: 718859
E-mail: libraeva@qmu.kz

Bacheva Irina Viktorovna, PhD, Associate Professor of the Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University

Researcher ID: AAR-4890-2020
Scopus ID: 56612421200
ORCID ID: 0000-0002-5576-8637
SPIN: 4688-8543
Author ID: 1035317
E-mail: bacheva@qmu.kz

Zhumagaliyeva Diana Askarovna, Doctoral Student of the Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University

ORCID ID: 0009-0003-8028-6482
E-mail: zhumagaliyevaD@qmu.kz

Khamrayeva Gulshan Babamuratkyzy, Resident Nephrologist, 2 years of study at the Department of Internal Diseases, Karaganda Medical University

ORCID ID: 0009-0009-9760-3185
E-mail: hamraevaG@qmu.kz

Ovtsynov Pavel Vladislavovich, Resident of the Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University

Scopus ID: 59540987400
ORCID ID: 0009-0006-0450-3053
E-mail: ovcynov@qmu.kz

Information about support in the form of grants, equipment, medications

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under Grant AP23490397, "Analysis of the Molecular Genetic Mechanisms of Endurance in Athletes Demonstrating Effective Sports Performance" (2024-2026). The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Conflicts of interest: The authors have no conflicts of interest

✉ ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

Zhumagaliyeva Diana Askarovna

Doctoral Student of the Department of Internal Medicine, Karaganda Medical University

100008, Republic of Kazakhstan, Karaganda, Gogol str., 40
Tel.: +7 (701) 1000910
E-mail: zhumagaliyevaD@qmu.kz

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: RDKh, ILK
Data collection: BIV, ZhDA
Statistical analysis: BIV, ZhDA
Analysis and interpretation: RDKh, ILK
Writing the article: BIV, ZhDA, KhGB, OPV
Critical revision of the article: RDKh, ILK
Overall responsibility: RDKh, ILK, BIV, ZhDA, KhGB, OPV

Submitted 03.07.25
Accepted 27.08.26