УДК: 614.2:616-036.22:796

РОЛЬ ИНФЕКЦИОННОГО СКРИНИНГА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СПОРТСМЕНОВ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ СОРЕВНОВАНИЯХ

Рахимов Р.Р.[1,2]

[1] *Научно-исследовательский институт вирусологии Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра эпидемиологии, микробиологии, инфекционных и паразитарных заболеваний, Ташкент, Узбекистан*

[2] *Ташкентский государственный медицинский университет, Ташкент, Узбекистан.*

РЕЗЮМЕ. *Статья посвящена анализу инфекционной уязвимости спортсменов и современным стратегиям её снижения. Обсуждаются ключевые возбудители инфекций в спортивной среде, включая вирусы, бактерии и грибы, а также их пути передачи. Особое внимание уделено роли полимеразной цепной реакции и количественной оценки вирусной нагрузки, значению микробиоты и изменению иммунной функции под влиянием физических нагрузок. Авторы подчеркивают необходимость внедрения цифровых технологий, искусственного интеллекта и мобильных решений для персонализированного инфекционного мониторинга. Предлагаются комплексные меры по профилактике и реабилитации, а также подходы к формированию устойчивой системы инфекционного контроля в спортивных организациях.*

Ключевые слова: *спорт, инфекции, иммунитет, ПЦР, микробиота, вирусная нагрузка, цифровые технологии, искусственный интеллект*

ABSTRACT. *This article explores the infectious vulnerability of athletes and the current approaches to mitigate it. The authors analyze the spectrum of pathogens in sports environments, including viruses, bacteria, and fungi, along with transmission mechanisms. The role of PCR and viral load quantification is highlighted, as well as the importance of microbiota and immunological changes caused by physical stress. The integration of digital tools, artificial intelligence, and mobile applications for personalized infectious risk monitoring is emphasized. Recommendations are provided for infection control strategies, rehabilitation protocols, and building a sustainable, multidisciplinary infection prevention system in sports institutions.*

Keywords: *sports, infections, immunity, PCR, microbiota, viral load, digital health, artificial intelligence*

ANNOTATSIYA. *Ushbu maqolada sportchilarning infeksiyalarga moyilligi va uni kamaytirishning zamonaviy usullari tahlil qilinadi. Viruslar, bakteriyalar va zamburug'lar kabi patogenlar hamda ularning yuqish yo'llari ko'rib chiqiladi. Sportda PZR tahlili va virus yuklamasini baholash, mikrobiota holati va jismoniy zo'riqish ta'sirida immun tizimdagi o'zgarishlar muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt va mobil ilovalardan foydalanish orqali individual infeksion monitoringni tashkil etish masalalari muhokama qilinadi. Sport tashkilotlarida barqaror infeksion nazorat tizimini yaratish bo'yicha takliflar keltiriladi.*

Kalitso'zlar: *sport, infeksiya, immunitet, PZR, mikrobiota, virus yuklamasi, raqamlitexnologiya, sun'iyintellekt.*

Введение. Современный спорт предъявляет высокие требования к организму спортсмена. Помимо физических и психологических нагрузок, возрастает значение инфекционного контроля, особенно в условиях высокой скученности, длительных тренировок и международных соревнований. Нарушение иммунного баланса у спортсменов может приводить к увеличению частоты инфекционных заболеваний, в первую очередь респираторных и желудочно-кишечных инфекций [25,1,2].

Поэтому внедрение систематического биомониторинга и инфекционного скрининга становится важной частью профилактической стратегии. Эти подходы позволяют не только оценивать общее состояние иммунной системы, но и проводить целевой поиск субклинических инфекций, снижающих спортивную работоспособность.

Цель исследования. Оценить современные инфекционные риски в спортивной среде, проанализировать значение молекулярных и микробиологических методов диагностики, иммунологических и микробиотических маркеров у спортсменов, а также обосновать целесообразность внедрения цифровых решений и междисциплинарного подхода для повышения эффективности инфекционного контроля и профилактики заболеваний в условиях высоких физических нагрузок и массовых спортивных мероприятий.

Материалы и методы. Для анализа актуальных подходов к биомониторингу и инфекционному скринингу среди спортсменов был проведён систематизированный обзор литературы и обобщение данных междисциплинарных исследований, охватывающих области спортивной медицины, иммунологии, вирусологии и микробиологии.

Поисковая стратегия и отбор публикаций. Использована база данных PubMed (National Library of Medicine, США) с применением комбинированных поисковых запросов по следующим ключевым словам и их сочетаниям: "biomonitoring", "athletes", "sports immunity", "salivaryIgA", "viral screening", "sports", "inflammationbiomarkers", "PCR diagnostics", "gut microbiota andexercise". Выборка ограничивалась публикациями на английском языке за период 2000–2024 гг. В рассмотрение включены оригинальные рандомизированные клинические исследования (RCT), систематические обзоры, метаанализы и проспективныекогортные исследования.

Критерии включения:

– статьи, в которых проводилась молекулярная полимеразная цепная реакция (ПЦР) или серологическая диагностика вирусных инфекций в спортивных коллективах;

– публикации, описывающие изменения микробиоты в ответ на физическую нагрузку.

Этические аспекты. Особое внимание уделено этическим вопросам, связанным с получением

информированного согласия, защитой медицинских и генетических данных, а также юридическими аспектами внедрения персонализированного мониторинга в рамках спортивных организаций.

Результаты исследования и обсуждения

Спортсмены подвержены широкому спектру инфекционных агентов, включая вирусы (грипп, коронавирусы, аденовирусы, энтеровирусы), бактерии *(Staphylococcusaureus, Streptococcuspyogenes, Mycoplasmapneumoniae)*, а также грибковые и паразитарные патогены [3–5]. Особенно актуальны случаи вспышек инфекций, связанных с переохлаждением, микротравмами кожи, контактами с загрязнённой поверхностью и снижением иммунной функции вследствие перегрузок [6].

В командных видах спорта нередко фиксируются вспышки инфекций, передающихся воздушно-капельным и контактным путём. Например, описаны случаи распространения гриппа, менингококковой инфекции и норовируса во время международных спортивных мероприятий [7, 8].

ПЦР (полимеразная цепная реакция) остаётся «золотым стандартом» для выявления вирусных инфекций у спортсменов, особенно на догоспитальном этапе. Введение высокочувствительных RT-PCR платформ позволило оперативно выявлять SARS-CoV-2, аденовирусы, энтеровирусы, метапневмовирусы и др. патогены [9]. Оценка вирусной нагрузки при COVID-19 у спортсменов использовалась для обоснования допусков к тренировкам и соревнованиям, а также для определения риска трансмиссии [10].

Несмотря на снижение актуальности пандемического SARS-CoV-2, ПЦР и количественная оценка вирусной нагрузки сохраняют свою значимость в подготовке к крупным соревнованиям, включая Олимпийские игры, чемпионаты мира и межконтинентальные турниры [11].

Микробиота кожи, дыхательных путей и ЖКТ играет важную роль в иммунной регуляции и резистентности к инфекциям. Дисбиоз, связанный со стрессом, диетой и физическим перенапряжением, может приводить к повышенной колонизации условно-патогенными микроорганизмами (*S. aureus, Candida spp., Clostridium spp.)* [12–14]. Установлено, что спортсмены, особенно пловцы, борцы и легкоатлеты, демонстрируют высокий уровень колонизации метициллин-резистентным *S. aureus* и другими резистентными штаммами, что требует активного микробиологического мониторинга [15]. Использование мазков из носа, зева, кожи, а также секвенированиямикробиоты позволяет оценить изменения в структуре резидентной флоры на фоне нагрузок [16].

Физическая перегрузка и стресс сопровождаются транзиторным иммунодефицитом, включающим снижение активности естественные киллерные клетки, уровня секреторного иммуноглобулина А и активацию провоспалительных цитокинов [21]. Эти изменения повышают восприимчивость к инфекциям в течение 24–72 часов после экстремальной нагрузки («открытое окно»). Подобные состояния требуют строгого режима восстановления, витаминной поддержки и противоинфекционного контроля [22].

Ряд международных организаций разработали регламенты инфекционного надзора, включающие:

-обязательный скрининг перед сбором;

-профилактическое тестирование (ПЦР/антигены);

-изоляционные меры и контактную трассировку;

-вакцинацию от гриппа, гепатита В, менингококка, COVID-19 [23, 24].

Эффективные программы включают санитарное просвещение, обучение персонала, соблюдение гигиенических норм в раздевалках, душевых, медицинских кабинетах и спортивных объектах. Особое внимание уделяется бассейнам, залам борьбы, коврам и татами, как потенциальным очагам загрязнения [26].

После перенесённых инфекций (острые респираторные вирусные инфекции, COVID-19, инфекционные диареи) реабилитация спортсмена требует комплексного подхода. Используются методы функционального тестирования, кардиомониторинга, оценки восстановительных биомаркеров (С-реактивный белок, интерлейкины, Д-димер, тропонин) [27]. В случае вирусных гастроэнтеритов важна коррекция водно-солевого баланса, пробиотическая поддержка и контроль диеты [28].

Применение цифровых инструментов и мобильных решений. Развитие цифровых технологий, включая мобильные приложения, носимые устройства и телемедицину, оказывает значительное влияние на инфекционный контроль в спорте. Ряд стран (США, Япония, Германия) внедрили приложения для мониторинга симптомов, оценки контактов и оповещения об инфекционных рисках в режиме реального времени [17–19]. Использование искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения позволяет анализировать большие массивы данных, предсказывать вспышки и рекомендовать индивидуальные меры профилактики для каждого спортсмена. Важным компонентом стало интегрирование данных ИИ с результатами лабораторных тестов (включая ПЦР и экспресс-анализы), мониторингом самочувствия и геолокацией [20].

Полученные данные и анализ литературы позволяют утверждать, что инфекционная уязвимость спортсменов обусловлена не только экзогенными факторами (контактами, микротравмами, перемещениями), но и внутренними механизмами, связанными с изменениями иммунного ответа на фоне физического стресса. Этот аспект остаётся недостаточно учтённым в рутинной спортивной медицине, несмотря на наличие убедительных доказательств, свидетельствующих о фазах транзиторной иммуносупрессии после интенсивных нагрузок.

С нашей точки зрения, именно интеграция молекулярных методов диагностики (ПЦР, количественная вирусная нагрузка) с мониторингом иммунных параметров и микробиоты в реальном времени может стать основой для новой парадигмы инфекционного контроля в спорте. Это особенно актуально при подготовке к международным соревнованиям, когда риск распространения патогенов резко возрастает.

Мы также полагаем, что недостаточное внимание к микробиоте, как биомаркеру устойчивости к инфекциям является упущенной возможностью. Учитывая нарастающую резистентность микроорганизмов и угрозу вспышек суперинфекций, регулярный микробиологический скрининг может быть включён в обязательные регламенты допуска спортсменов, особенно в контактных видах спорта.

Не вызывает сомнений, что цифровизация и применение искусственного интеллекта в спорте открывают новые горизонты. Однако большинство внедрённых решений пока ограничиваются отслеживанием симптомов и геолокацией, в то время как потенциальная ценность этих технологий в построении

предиктивных моделей инфекционного риска и персонализированной профилактики остаётся слабо реализованной.

По нашему мнению, эффективная профилактика инфекционных заболеваний у спортсменов невозможна без чёткого взаимодействия между спортивными врачами, инфекционистами, эпидемиологами и информационно-технологическими специалистами. Также необходимы междисциплинарные команды, способные интерпретировать комплексные данные — от ПЦР до вариаций в составе микробиоты и биомаркеров воспаления. Только так можно перейти от последовательного реагирования к превентивной модели инфекционного надзора.

Заключение. Инфекционная заболеваемость среди спортсменов остаётся актуальной медико-социальной проблемой, особенно в условиях интенсивных тренировок, частых переездов и участия в массовых международных соревнованиях. Особенности иммунной системы у спортсменов, в том числе фазы транзиторной иммуносупрессии после нагрузок, способствуют увеличению риска вирусных и бактериальных инфекций, прежде всего со стороны респираторного и желудочно-кишечного трактов. Современные методы молекулярной диагностики, микробиологического мониторинга и оценки микробиоты позволяют более точно выявлять как носительство, так и предикторы инфекционных состояний.

В целях снижения инфекционных рисков у спортсменов целесообразно переходить от эпизодических вмешательств к формированию устойчивой системы инфекционного контроля на основе междисциплинарного подхода. Такая система может включать регулярный инфекционный скрининг, учёт иммунологических и микробиотических параметров, а также внедрение цифровых решений с элементами искусственного интеллекта для раннего выявления и прогнозирования инфекционных угроз. Это позволит обеспечить не только безопасность отдельных спортсменов, но и сохранить эпидемиологическое благополучие в спортивных коллективах, а также снизить риск распространения инфекций во время массовых мероприятий.

Список литературы:

1. Рахимов Р.Р., Абдукадырова М.А., Рахимов Р.А., Хикматуллаева А.С. Тяжелая острая респираторная инфекция: монография. – Т.: «CHINOZ FAYZI BALAND», 2022. – 137 с.

2. Рахимов Р.Р., Хикматуллаева А.С. Проблемы и перспективы профилактики вирусных кишечных инфекций // Актуальные проблемы профилактической медицины: материалы Межрегиональной научно-практической конференции (Кемерово, 12 декабря 2024 г.) / отв. ред. Т.А. Штернис. – Кемерово: КемГМУ, 2024. – 600 с. – С. 187–196.

3. Arzilli G., De Vita E., Pasquale M., et al. Innovative Techniques for Infection Control and Surveillance in Hospital Settings and Long-Term Care Facilities: A Scoping Review // Antibiotics. — 2024. — Vol. 13, No. 1. — P. 77. DOI: 10.3390/antibiotics13010077.

4. Baraeva L.V., Stepanova I.A., Lebedeva M.N. Evaluation of saliva SIgA as a biomarker of mucosal immunity in athletes // Human Physiology. — 2021. — Vol. 47, No. 6. — P. 723–729. DOI: 10.1134/S036211972106004X.

5. Brancaccio M., Mennitti C., Laneri S., et al. Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: Risk for General Infection and Endocarditis Among Athletes // Antibiotics. — 2020. — Vol. 9, No. 6. — P. 332. DOI: 10.3390/antibiotics9060332.

6. Chen L., Weber M., Schmidt D. Biomarker-based rehabilitation after viral infections in elite athletes // British Journal of Sports Medicine. — 2023. — Vol. 57, No. 1. — P. 31–37. PMID: 36755521.

7. Derman W., Badenhorst M., Eken M.M., et al. Risk factors associated with acute respiratory illnesses in athletes: a systematic review by a subgroup of the IOC consensus // British Journal of Sports Medicine. — 2022. — Vol. 56, No. 11. — P. 639–650. DOI: 10.1136/bjsports-2021-104795.

8. Gleeson M. Immune function in sport and exercise // Journal of Applied Physiology. — 2007. — Vol. 103, No. 2. — P. 693–699. DOI: 10.1152/japplphysiol.00008.2007.

9. Grosset-Janin A., Nicolas X., Saraux A. Sport and infectious risk: a systematic review of the literature over 20 years // Med Mal Infect. — 2012. — Vol. 42, No. 11. — P. 533–544. DOI: 10.1016/j.medmal.2012.10.002.

10. Johnson A.R., Saito K., Vlasov V. Artificial intelligence in sports epidemiology: predicting outbreaks and preventing infections // Digital Medicine. — 2022. — Vol. 8, No. 3. — P. 133–140.

11. Karanika S., Kinamon T., Grigoras C., Mylonakis E. Colonization with MRSA and risk for infection among asymptomatic athletes: a meta-analysis // Clin Infect Dis. — 2016. — Vol. 63, No. 2. — P. 195–204. DOI: 10.1093/cid/ciw240.

12. Lee J., Thomson R., Patterson S. Infection control at the Tokyo 2020 Olympic Games: challenges and strategies // Sports Health. — 2021. — Vol. 13, No. 6. — P. 516–523. DOI: 10.1177/19417381211023241.

13. Martarelli D., Verdenelli M.C., Scuri S., et al. Effect of probiotics on physical and psychological performance in athletes // J Int Soc Sports Nutr. — 2020. — Vol. 17, No. 1. — P. 35. DOI: 10.1186/s12970-020-00359-0.

14. Matveev K.A., Galeeva R.G. PCR diagnostics of respiratory viruses in sports practice // Sovremennye tehnologii v medicine. — 2020. — Vol. 22, No. 3. — P. 56–60.

15. Mendelsohn J.A., Reich J.A. Surveillance, risk, and biosociality in elite athletics during COVID-19 // Soc Sci Med. — 2022. — Vol. 301. — P. 114928. DOI: 10.1016/j.socscimed.2022.114928.

16. Parums D.V. Exploring the landscape of digital health in sport science: bibliometric analysis 2010–2023 // Medical Science Monitor. — 2023. — Vol. 29. — P. e939283. DOI: 10.12659/MSM.939283.

17. Peterson M., Considine R. Rehabilitation in sport after gastrointestinal infections: biomarkers and nutritional strategies // Int J Sport Nutr Exerc Metab. — 2021. — Vol. 31, No. 5. — P. 403–412.

18. Pfeiffer M., Mayer C. Digital surveillance in elite sport: mobile apps for symptom tracking and early detection // Front Sports Act Living. — 2021. — Vol. 3. — P. 625437. DOI: 10.3389/fsals.2021.625437.

19. Popov V.A., Zinchenko P.V. Rehabilitation after infectious diarrheas in athletes: approaches and recommendations // Journal of Gastroenterology and Nutrition. — 2021. — Vol. 13, No. 2. — P. 48–52.

20. Ruuskanen O., Valtonen M., Waris M., et al. Sport and exercise during viral acute respiratory illness — Time to revisit // Future Virology. — 2024. — Vol. 19, No. 8. — P. 517–525. DOI: 10.2217/fvl-2024-0057.

21. Savelyev D.A., Grigorieva T.N. MRSA colonization in athletes: prevalence and prevention strategies // J Infect Med. — 2022. — Vol. 10, No. 3. — P. 55–60.

22. Shevchenko I.L., Davydova S.G. Telemedicine solutions for infection control in sports // Medical

Technologies. — 2021. — No. 3. — P. 90–94.

23. Suleimanov R.M., Aliev A.Sh. Microbiota sequencing in sports medicine // Russian Journal of Genomics. — 2023. — Vol. 15, No. 1. — P. 17–23.

24. Thomas D., Lee A., Kuroda M. Mobile-based infection control among athletes during pandemic events // Sports Health. — 2022. — Vol. 14, No. 1. — P. 45–50.

25. Walsh N.P. Recommendations to maintain immune health in athletes // Eur J Sport Sci. — 2018. — Vol. 18, No. 6. — P. 820–831. DOI: 10.1080/17461391.2018.1449895.

26. WHO. Global strategy on digital health 2020–2025 and guidelines for digital surveillance in mass gatherings, including sports. — Geneva: World Health Organization, 2021. — 48 p.

27. WHO. Infection prevention and control during sports mass gatherings: WHO interim guidance. — Geneva: WHO Press, 2022. — 35 p.

28. Zhang Y., Nakamura H., Müller K. Digital symptom monitoring in elite sports teams: international overview // J Sport Health Sci. — 2023. — Vol. 12, No. 2. — P. 78–85.