

КРОВЯНОЙ ДОПИНГ В СПОРТЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ОБЗОР)

А.С. Рахимкулов¹, medik.rb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4963-5579>
З.Ф. Мавлянова², reab.sammi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>
О.Р. Султанов¹, olegangu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6698-4466>
А.А. Гафаров³, mustek.85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3508-586X>

¹ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

² Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Республика Узбекистан

³ Городская клиническая больница № 13 г. Уфы, Уфа, Россия

Аннотация. Цель: по данным зарубежной литературы определить возможные пути и способы обнаружения такой труднодиагностируемой разновидности допинга, как кровяной допинг, а именно допинга цельной крови и эритроцитарной массы у спортсменов. **Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили зарубежные научные статьи, взятые нами из поисковой системы PubMed®, найденные по ключевым словам (тегам) doping (допинг), blood doping (кровяной допинг). **Результаты.** Первые научные изыскания по вопросу определения факта кровяного допинга у спортсменов относятся к 70–80-м годам XX века. Накопление информации по данной проблеме происходило постепенно, по мере выявления недобросовестных спортсменов. Вместе с тем попытки шведских и английских авторов предложить рабочую методику по диагностике кровяного допинга не увенчались особым успехом, все предложенные методики во многом определяли факт кровяного допинга косвенно, опосредованно. Более 10 лет проблема оставалась нерешенной, пока определенные успехи в этом не стали делать австралийские и испанские авторы. **Заключение.** Факт кровяного допинга можно установить, используя метод проточной цитометрии, а также генетические методы исследования, а именно, проводить анализ микроРНК и матричной РНК мембран эритроцитов в крови спортсмена, что позволяет выявить клетки, хранившиеся в течение определенного времени, а также установить аномальное распределение старых клеток по размерам. Кроме того, метаболиты пластификаторов, входящие в состав систем для переливания крови, могут в высоких концентрациях определяться в моче спортсменов, злоупотребляющих кровяным допингом. Однако все выше-названные методы исследования требуют дальнейшей более детальной разработки, потому что ни один из них не может гарантировать достоверный результат.

Ключевые слова: спортивная медицина, спортсмены, допинг, кровь, кровяной допинг

Для цитирования: Кровяной допинг в спорте: современное состояние проблемы (обзор) / А.С. Рахимкулов, З.Ф. Мавлянова, О.Р. Султанов, А.А. Гафаров // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № 4. С. 63–68. DOI: 10.14529/hsm250408

BLOOD DOPING IN SPORTS: A CONTEMPORARY REVIEW

A.S. Rakhimkulov¹, medik.rb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4963-5579>
Z.F. Mavlyanova², reab.sammi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7862-2625>
O.R. Sultanov¹, olegangu@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6698-4466>
A.A. Gafarov³, mustek.85@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-3508-586X>

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

² Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan

³ City Clinical Hospital No. 13, Ufa, Russia

Abstract. Aim. Based on a review of international literature, this paper aims to explore potential methods for detecting blood doping – a method of doping that is challenging to diagnose – specifically the use of whole blood and erythrocyte mass in competitive athletes. **Materials and methods.** This research is based on international scientific publications retrieved from the PubMed® database using the keywords ‘doping’ and ‘blood doping’. **Results.** The first scientific research aimed at detecting blood doping in athletes dates back to the 1970s and 1980s. Information on this problem accumulated gradually, in parallel with the exposure of dishonest athletes. Meanwhile, the attempts of Swedish and English authors to develop an effective method for blood doping detection have not been successful, as the proposed techniques detected blood doping mostly indirectly. For over a decade, the problem remained unresolved, until Australian and Spanish researchers made significant progress. **Conclusion.** Blood doping can be detected using flow cytometry and genetic methods, specifically the analysis of miRNA and mRNA in erythrocyte membranes, which allows for the detection of cells that have been stored for a certain period of time and reveals an abnormal size distribution of old cells. Moreover, plasticizer metabolites from blood transfusion systems can be detected in the urine of athletes who abuse blood doping. However, all of the aforementioned methods require further refinement, as none of them can guarantee a definitive result.

Keywords: sports medicine, athletes, doping, blood, blood doping

For citation: Rakhimkulov A.S., Mavlyanova Z.F., Sultanov O.R., Gafarov A.A. Blood doping in sports: a contemporary review. *Human. Sport. Medicine*. 2025;25(4):63–68. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm250408

Введение. О применении спортсменами допинга известно еще со времен Античности. Так, например, в Древнем Риме всадники, участвовавшие в скачках на ипподромах, употребляли настои различных трав [16]. Известен, например, Чармис (Хармис), победитель стадионной гонки Олимпийских игр 668 г. до н.э. из Спарты. Во время тренировок он придерживался особой диеты, состоящей в основном из плодов сушеного инжира [3]. Причем допинг как явление не был ограничен географически, о нем знали многие народы мира. Так, например, скандинавские мифы содержат информацию о так называемом бутотенсе – специальном настое, в состав которого входили плоды мухомора красного (лат. *Amanita muscaria*). Данный настой значительно повышал физические возможности организма, но грозил расстройством нервной системы вплоть до летального исхода [23]. Вполне возможно, что именно этот факт и вдохновил французских иллюстраторов Альбера Удерзо

(1927–2020) и Рене Госинни (1926–1977) на создание своей всемирно известной серии комиксов «Астерикс и Обеликс», в которой жители галльской деревни употребляли схожий по описанию «напиток силы» [2].

Несмотря на то, что человечество пользовалось допингом практически всегда, научное изучение вопроса началось только в первой половине XX века. Стоит, например, выделить полковника Е.С. Фипсона (E.S. Phipson), который в 1940 году опубликовал в индийском медицинском журнале статью под названием «Допинг на спортивных соревнованиях» [22]. После этого интерес к данной тематике только возрос. Выходило большое количество публикаций немецких ученых [10, 15, 17, 20], итальянских [1, 9], англоязычных авторов [5, 26] и многих других.

Накопление научных данных по данной тематике происходило постепенно, во многом параллельно с развитием спорта во всем мире. Появлялись не только новые виды спорта, но

и новые разновидности допинга. Первая же научная статья, посвященная проблеме кровяного допинга, вышла в 1975 году в немецком журнале *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin* [13]. В том же году в *The Physician and sportsmedicine* вышла статья Мелвина Уильямса (Melvin H. Williams) «Кровяной допинг – действительно ли он помогает спортсменам?» [28]. Именно с этого времени можно считать, что медицинской науке стало известно о существовании кровяного допинга как о спортивной проблеме. Хотя первые исследования в области физиологии, отмечающие повышение толерантности к физической нагрузке у лиц с полицитемией, относятся к 40-м годам прошлого столетия [21]. По состоянию на 2017 год 57 спортсменов были подвергнуты санкциям, а 12 спортсменов лишились 17 олимпийских медалей, включая 12 золотых, из-за применения кровяного допинга. До 1986 года переливание крови не было запрещено в спорте, но считалось неэтичным [8]. Э.Р. Эйхнер в своей научной статье за 1987 год сравнил кровяной допинг с тем, как римские гладиаторы пили кровь своих врагов [7].

Цель исследования: по данным зарубежной литературы определить возможные пути и способы обнаружения такой труднодиагностируемой разновидности допинга, как кровяной допинг, а именно допинга цельной крови и эритроцитарной массы у спортсменов.

Материалы и методы. Поиск статей в основном осуществлялся в поисковой базе данных PubMed®. Кроме того, был задействован стандартный рутинный поиск в сети Интернет. Ключевыми словами в поиске были слова и сочетания слов «допинг» (англ. doping) и/или «кровяной допинг» (англ. blood doping). Причем, так как статей по теме допинга значительно больше, чем по теме кровяного, предпочтение в поиске отдавалось тегу blood doping. Ограничения по году, дате выхода статьи не устанавливались, так как авторы преследовали цель в настоящей работе создать наиболее полную картину о кровяном допинге с учетом всех имеющихся ретроспективных аспектов.

Результаты. По тегу doping нами были найдены в системе PubMed® 105979 статей. Из этого числа мы использовали наиболее новые и актуальные статьи за последние 10 лет, то есть их сортировка в основном происходила не по лучшему совпадению с данными по-

иска, а по годам (датам) публикации. Кроме того, предпочтение отдавалось наиболее цитируемым статьям. Ограничений по виду статьи (обзор, метаанализ, систематический обзор) не было. По тегу blood doping мы нашли 6951 статью. Из данного списка была исключена большая часть статей, поскольку они не имели отношения к спортивной медицине.

Касательно определения, что же такое кровяной допинг? Его дает вышеупомянутый Мелвин Уильямс в журнале *Physician and sportsmedicine* за 1981 год. Кровяной допинг – это процесс забора крови у спортсмена, последующего ее выдерживания в течение 9–12 недель до нормализации уровня гемоглобина и повторного введения спортсмену непосредственно перед соревнованиями, причем кровь может быть как аутологичной (собственной), так и гетерологичной (не своей). Причем считается, что аутодонацию крови обнаружить сложнее [14, 27]. N. Gledhill пишет, что целью кровяного допинга является увеличение максимальной аэробной мощности (VO_2max) за счет увеличения способности крови переносить кислород. Это не что иное, как индуцированная эритроцитемия [11]. Кроме того, к кровяному допингу можно отнести не только переливание крови и ее компонентов (в том числе эритроцитарной массы), но и использование человеческого эритропоэтина – гормона гликопротеида, способствующего образованию эритроцитов (был запрещен Медицинской комиссией Международного олимпийского комитета в 1990 году) [6, 8].

В 1987 году шведские авторы B. Berglund, P. Hemmingsson, G. Birgegård в *International journal of sports medicine* опубликовали одну из первых в мире статей, посвященных методике обнаружения кровяного допинга аутологичной крови (autologous blood doping – ABD) [4]. Для исследования они взяли группу из 6 элитных лыжников (основная группа), которым перелили 1350 мл собственной крови после 4 недель консервации при температуре +4 °С. Контрольную группу составили 7 спортсменов, которым кровяной допинг не проводился. В результате выяснилось, что гемоглобин у исследуемых основной группы увеличился на 7,9 % от уровня до флеботомии и на 14 % от уровня до инфузии. Реинфузия крови вызвала снижение на 60 % ($P < 0,001$) уровня эритропоэтина в сыворотке крови через 24 ч и резкое увеличение ($P < 0,05$) сывороточного железа и билирубина после тестового забега,

проведенного в день реинфузии. Таким образом, был сделан вывод, что комбинация измерений гемоглобина и билирубина, железа и эритропоэтина в сыворотке может выявить 50 % спортсменов, принимавших допинг крови, с помощью одного тестового образца в течение 1-й недели после реинфузии. С помощью двух тестовых проб через 2 недели после реинфузии можно выявить факт кровяного допинга на основании повышения уровня гемоглобина более чем на 5 % и снижения сывороточного эритропоэтина более чем на 50 % [4].

В 1989 году вышла во многом обобщающая обзорная статья сотрудников Института спортивной медицины Лондона [14], в которой рассказывалось о методике кровяного допинга, его механизме, возможных неблагоприятных последствиях для организма спортсмена, среди которых, например, можно выделить более высокий риск инфекционных заболеваний, в частности, ВИЧ-инфекции. Кроме того, это увеличение гематокрита, гиперкоагуляция, венозный тромбоз вплоть до ТЭЛА, флебит, септицемия и др. Отсюда следует закономерный вывод о том, что у спортсменов повышается риск сосудистых катастроф, таких как инфаркт миокарда, инсульт. В этой же статье говорится о несостоятельности методов шведских ученых (Б. Берглунд и др.). Была высказана теория выявления неравномерно распределенных по размерам эритроцитов разных возрастов, но до конца она не была подтверждена [14].

Специалисты Французской лаборатории антидопинга (LADF) Университета Париж-Сакле в своей статье [18] отмечают, что первую успешную попытку обнаружения факта переливания гомологичной крови в XXI веке предприняла Маргарет Нельсон со своей группой исследователей в 2002 году (Институт гематологических исследований больницы Принца Альфреда, Сидней, Австралия). Цельную кровь инкубировали в серии пробирок с антисывороткой, направленной против одного антигена. Затем добавляли вторичное антитело, конъюгированное с флуоресцеином, для обнаружения эритроцитов, на которых были зафиксированы первичные антитела. Затем клетки анализировали с помощью проточной цитометрии, сортировали (флуоресцентные/нефлуоресцентные) и подсчитывали. Результаты отображались в виде гистограммы флуоресценции, показывающей пик флуоресцен-

ции в случае экспрессии антигена эритроцитом или пик отсутствия флуоресценции, если антиген не был экспрессирован. В нормальном образце крови одного человека должен быть виден только один пик для каждого антигена. После переливания гомологичной крови можно было обнаружить наличие второго пика на гистограмме флуоресценции, отражающей наличие второй популяции эритроцитов с другим статусом экспрессии для некоторых антигенов. Критерием, определенным для положительного результата переливания гомологичной крови (homologous blood transfusion, НВТ), было обнаружение двойной популяции (DP) как минимум для двух антигенов. Этот метод считался способным обнаружить введение 5 % чужой крови (один пакет с кровью) в течение нескольких недель и был впервые применен во время Олимпийских игр 2004 года в Афинах [18, 19].

Также определенные успехи в данной области сделали испанские исследователи. В 2011 году косвенным методом, позволяющим выявить факт кровяного допинга, был назван метод проточной цитометрии, упомянутый выше [25]. Та же группа исследователей (J. Segura др.) в 2014 году установила, что генетические методы исследования матричной РНК и микроРНК являются одним из наиболее многообещающих аналитических инструментов. Протеомика изменений, связанных с мембранами эритроцитов, может выявить наличие клеток, хранившихся в течение некоторого времени, а также аномальный характер распределения старых клеток по размерам. Высокие концентрации метаболитов пластификаторов в моче из мешков для хранения крови убедительно свидетельствуют о недавнем переливании крови [24]. Однако генетические методы исследования *in vivo* ставятся под сомнение специалистами из LADF [18].

К аналогичным выводам касательно перспективности исследования микроРНК с целью обнаружения факта кровяного допинга в 2023 году пришла группа исследователей из Казахстана [12].

Заключение. Изучение данных в научной литературе позволяет прийти к выводу о том, что до сих пор надежных и абсолютно достоверных методов определения кровяного допинга цельной крови (в первую очередь аутологичной), эритроцитарной массы у спортсменов не существует. Обозначенные в статье методы проточной цитометрии, генетические

методы исследования матричной РНК и микроРНК нуждаются в дальнейшей проверке, отработке и систематизации. Требуется дополнительные детальные исследования в данной

области с привлечением генетиков, спортивных врачей, трансфузиологов, биологов, химиков-экспертов, спортсменов и их тренеров и многих других.

Список литературы / References

1. Alberti G. Vitamins, Hormones and Human Doping. *Rassegna Medica*, 1952, no. 29 (1), pp. 3–4.
2. Annessa A.B. Comics as History, Comics as Literature: Roles of the Comic Book in Scholarship, Society, and Entertainment. *Madison: Fairleigh Dickinson University Press*, 2013.
3. Bahrke M.S., Yesalis C.E. Performance-Enhancing Substances in Sport and Exercise (first ed.). *British Journal of Sports Medicine*, 2005, no. 39 (9), 687 p. DOI: 10.1136/bjism.2005.014381
4. Berglund B., Hemmingsson P., Birgegård G. Detection of Autologous Blood Transfusions in Cross-country Skiers. *International Journal of Sports Medicine*, 1987, no. 8 (2), pp. 66–70. DOI: 10.1055/s-2008-1025643
5. Clarke E.G. The Doping of Racehorses. *The Medico-legal Journal*, 1962, no. 30, pp. 180–195. DOI: 10.1177/002581726203000404
6. Cowart V.S. Erythropoietin: A Dangerous New Form of Blood Doping? *The Physician and Sportsmedicine*, 1989, no. 17 (8), pp. 114–118. DOI: 10.1080/00913847.1989.11709851
7. Eichner E.R. Blood Doping: Results and Consequences From the Laboratory and the Field. *The Physician and Sportsmedicine*, 1987, no. 15 (1), pp. 121–129. DOI: 10.1080/00913847.1987.11709256
8. Fitch K.D. Blood Doping at the Olympic Games. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2017, no. 57 (11), pp. 1526–1532. DOI: 10.23736/S0022-4707.17.06948-1
9. Francesconi A. Doping. *Annali di Medicina Navale*, 1962, no. 67, pp. 772–781.
10. Frey U. Doping. *Die Medizinische Welt*, 1960, no. 31, pp. 1590–1592.
11. Gledhill N. Blood Doping and Related Issues: a Brief Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1982, no. 14 (3), pp. 183–189. DOI: 10.1249/00005768-198203000-00005
12. Hassanpour M., Salybekov A.A. Whispers in the Blood: Leveraging MicroRNAs for Unveiling Autologous Blood Doping in Athletes. *International Journal of Molecular Sciences*, 2023, no. 25 (1), p. 249. DOI: 10.3390/ijms25010249
13. Howald H. Blood Doping. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin*, 1975, no. 23 (4), pp. 201–203.
14. Jones M., Tunstall Pedoe D.S. Blood Doping – a Literature Review. *British Journal of Sports Medicine*, 1989, no. 23 (2), pp. 84–88. DOI: 10.1136/bjism.23.2.84
15. Klepzig H., Wegener O., Reindell H. Circulatory Changes During & After Stress with Use of Stimulants. *Zeitschrift für klinische Medizin*, 1959, no. 155 (6), pp. 506–512.
16. Kumar R. Competing Against Doping. *British Journal of Sports Medicine*, 2010, no. 44 (1), i8. DOI: 10.1136/bjism.2010.078725.23
17. Kwiet B. Doping and Build-up Cures in Bicycle Racers; Treatment of Racer Disease with M2 Woelm. *Medizinische Monatsschrift*, 1955, no. 9 (5), pp. 308–313.
18. Marchand A., Ericsson M. Homologous Blood Transfusion and Doping: Where are we Now? *Drug Testing and Analysis*, 2024, no. 16 (12), pp. 1479–1486. DOI: 10.1002/dta.3666
19. Nelson M., Ashenden M., Langshaw M., Popp H. Detection of Homologous Blood Transfusion by Flow Cytometry: a Deterrent Against Blood Doping. *Haematologica*, 2002, no. 87 (8), pp. 881–882.
20. Ostyn M. Various Aspects of the Problem of Doping Athletes. *Belgisch Tijdschrift Voor Geneeskunde*, 1962, no. 18, pp. 1032–1040.
21. Pace N., Lozner E.L. The Increase in Hypoxia Tolerance of Normal Men Accompanying the Polycythemia Induced by Transfusion of Erythrocytes. *The American Journal of Physiology*, 1947, no. 148 (1), pp. 152–163. DOI: 10.1152/ajplegacy.1947.148.1.152
22. Phipson E.S. Doping in Athletic Contests. *The Indian Medical Gazette*, 1940, no. 75 (8), pp. 484–486.
23. Rowbottom M. *Foul Play: the Dark Arts of Cheating in Sport*. London, 2013. 224 p.
24. Segura J., Lundby C. Blood Doping: Potential of Blood and Urine Sampling to Detect Autologous Transfusion. *British Journal of Sports Medicine*, 2014, no. 48 (10), pp. 837–841. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093601

25. Segura J., Monfort N., Ventura R. Detection Methods for Autologous Blood Doping. *Drug Testing and Analysis*, 2012, no. 4 (11), pp. 876–881. DOI: 10.1002/dta.405
26. Ulmark R., Blonstein J.L. The Dangers of Doping. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 1963, no. 3, pp. 248–249.
27. Williams M.H. Blood Doping: An Update. *The Physician and Sportsmedicine*, 1981, no. 9 (7), pp. 59–62. DOI: 10.1080/00913847.1981.11711118
28. Williams M.H. Blood Doping – Does It Really Help Athletes? *The Physician and Sportsmedicine*, 1975, no. 3 (1), pp. 52–56. DOI: 10.1080/00913847.1975.11948127

Информация об авторах

Рахимкулов Азамат Салаватович, кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры общественного здоровья и управления здравоохранением, Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия.

Мавлянова Зилола Фархадовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации, спортивной медицины и народной медицины, Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Республика Узбекистан.

Султанов Олег Рамилевич, врач по лечебной физкультуре и спортивной медицине, магистрант, Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия.

Гафаров Айдар Асхатович, заведующий отделением реанимации и интенсивной терапии, Городская клиническая больница № 13 г. Уфы, Уфа, Россия.

Information about the authors

Azamat S. Rakhimkulov, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Public Health and Health Management, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia.

Zilola F. Mavlyanova, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine and Traditional Medicine, Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan.

Oleg R. Sultanov, Physician (Exercise Therapy and Sports Medicine), Master's Student, Bashkir State Medical University, Ufa, Russia.

Aidar A. Gafarov, Head of the Intensive Care Unit, City Clinical Hospital No. 13, Ufa, Russia.

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

Статья поступила в редакцию 15.08.2025

The article was submitted 15.08.2025