

Современные представления о синдроме спортивного сердца

Е.А. Савчук, М.Н. Мамедов

Адрес для переписки: Елизавета Анатольевна Савчук, e-mail: draftasvir@mail.ru

Для цитирования: Савчук Е.А., Мамедов М.Н. Современные представления о синдроме спортивного сердца. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (19): 40–44.

DOI 10.33978/2307-3586-2025-21-19-40-44

Интенсивные физические нагрузки могут привести к структурным изменениям и нарушениям проводящей системы сердца, что характерно для синдрома спортивного сердца. При постоянных физических нагрузках у спортсменов могут возникнуть различные патологии сердечно-сосудистой системы (ССС). Данная проблема очень актуальна в наши дни, так как количество лиц, желающих заниматься профессиональным спортом, с каждым годом только увеличивается.

В обзорной статье рассмотрены вопросы влияния спорта на развитие заболеваний ССС. Анализ литературы проведен с использованием баз данных: PubMed, eLibrary, «КиберЛенинка» с 2016 по 2024 г. с использованием ключевых слов: спортивное сердце, сердечно-сосудистые заболевания, внезапная сердечная смерть. Согласно данным литературы, синдром спортивного сердца может приводить к различным осложнениям со стороны ССС: нарушениям сердечного ритма и развитию таких заболеваний сердца, как артериальная гипертензия, сердечная недостаточность, инфаркт миокарда, и даже стать причиной внезапной сердечной смерти, что вызывает серьезную озабоченность всего спортивного сообщества.

Заключение. Сердечно-сосудистые заболевания широко распространены среди спортсменов, поскольку атлеты испытывают значительные перегрузки, влияющие на ССС. Необходимо постоянное наблюдение за спортсменами, находящимися в группе риска, особенно за теми, кто подвергается интенсивным физическим нагрузкам.

Ключевые слова: спортивное сердце, проводящая система сердца, сердечно-сосудистая система, артериальная гипертензия, внезапная сердечная смерть

Введение

В настоящее время термин «спортивное сердце» ассоциируют с синдромом, включающим гипертрофию миокарда левого желудочка (ЛЖ), тенденцию к синусовой брадикардии и артериальной гипотонии в покое, формирующиеся в процессе длительных, регулярных и интенсивных физических нагрузок [1]. Впервые синдром спортивного сердца описал в 1899 г. S. Henschen. Он сравнил размеры сердца лыжников и людей, ведущих малоподвижный образ жизни, и выявил расширение полостей миокарда у спортсменов [2].

Выходящие за рамки общепринятой нормы структурно-функциональные изменения сердечно-сосудистой системы (ССС), к которым относят выраженную гипертрофию или дилатацию сердца, высокую артериальную гипертензию (АГ), могут быть связаны с систолической или диастолической дисфункцией миокарда и нарушением электрических свойств – предикторов тяжелых осложнений, вплоть до внезапной

сердечной смерти (ВСС), и представляют серьезную проблему в отношении допуска спортсменов к тренировкам и соревнованиям [3]. Занятия спортом способствуют перестройке звеньев нейрогуморальной регуляции сердца для более экономной работы ССС [4]. Спортивное сердце характеризуется максимально экономным функционированием в покое и возможностью достижения предельной работоспособности при физической нагрузке [5].

По данным литературы, синдром спортивного сердца может приводить к ряду осложнений со стороны ССС, а также увеличивать риск ВСС. По данным национального центра спортивной медицины Италии, в год от ВСС умирают в среднем 2,6 мужчин и 1,1 женщин на 100 тыс. спортсменов, что в 2,4 раза больше, чем в общей популяции [6].

Цель обзорной статьи — анализ влияния высокоинтенсивных спортивных тренировок на развитие заболеваний ССС и увеличение риска ВСС.

Поиск публикаций проводился в базах данных PubMed, eLibrary, «КиберЛенинка» с использованием ключевых слов: спортивное сердце, сердечно-сосудистые заболевания, внезапная сердечная смерть.

Проведен анализ информации, представленной в литературных обзорах, оригинальных исследованиях, метаанализах. Всего проанализировано 33 источника. Глубина поиска составила более 10 лет. В обзоре представлены изданные ранее 2014 г. источники литературы с ценной информацией, касающейся данной тематики. В связи с обширностью поискового запроса данный обзор носит описательный характер.

Результаты и обсуждение

Влияние физических нагрузок на риск развития внезапной сердечной смерти

Текущие оценки частоты ВСС у соревнующихся спортсменов колеблются от почти 1 на 1 млн до 1 на 5 тыс. спортсменов в год. Уровень заболеваемости у спортсменов-мужчин неизменно выше, чем у спортсменок-женщин, при этом относительный риск колеблется от 3:1 до 9:1 (мужчины: женщины) [7].

Влияние физических нагрузок на риск развития ВСС остается предметом дискуссий. Физические нагрузки могут оказывать как положительное, так и отрицательное действие на ССС. По данным систематического обзора, включающего 13 перспективных исследований, высокий уровень физической активности может способствовать снижению риска ВСС в общей популяции [8], однако, по данным G. Gallos и соавт., влияние краткосрочных и нерегулярных упражнений является спорным, а интенсивные физические упражнения являются фактором риска (ФР) ВСС [9].

Риск ВСС у спортсменов может быть повышен из-за ряда основных структурных, аритмических и наследственных сердечных заболеваний, среди которых наиболее часто встречаются аномалии коронарных артерий, расслоение аорты, врожденные пороки сердца и миокардит [10]. Гипертрофическая кардиомиопатия является ведущей причиной ВСС у спортсменов-мужчин, но редко встречается среди спортсменов женского пола. Данное состояние – наиболее распространенное наследственное заболевание сердца со встречаемостью около 1/500 [11].

По данным общенационального когортного исследования Австралии, за 17-летний период было выявлено 1925 случаев ВСС, из которых 110 (6%) случаев (медианный возраст 27 лет, межквартильный размах 21–32 года, 92% мужчин) были связаны со спортом/физическими упражнениями, из них 12% случаев произошли у активных спортсменов [12]. Немецкие ученые утверждают, что за 6 лет наблюдений за спортсменами было зарегистрировано 349 случаев (средний возраст $48,0 \pm 12,7$ лет), 109 человек выжили. Большинство случаев внезапной смерти произошло во время соревнований в профессиональном или любительском видах спорта [13]. По данным ретроспективного популяционного многоцентрового исследования, было выявлено 288 случаев ВСС (из них 98,6% у мужчин среднего возраста), основными причинами

которых были ишемическая болезнь сердца (ИБС) (63%), кардиомиопатии (21%) и синдром внезапной аритмической смерти (6%) [14].

В России, по данным РЛС, у спортсменов ВСС случается чаще в возрасте после 35 лет. Однако случаи ВСС регистрируют и среди спортсменов до 25–30 лет. По статистике, у мужчин ВСС происходит в 10 раз чаще, чем у женщин [15].

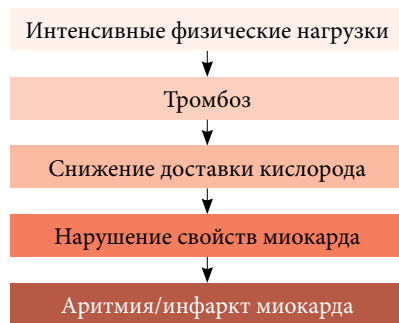
Патогенез синдрома спортивного сердца и его связь с заболеваниями сердечно-сосудистой системы

Единого мнения о патогенезе изменений ССС спортсменов под влиянием тех или иных неблагоприятных условий при занятиях спортом пока нет [16]. Однако можно предположить, что в основе патогенеза синдрома спортивного сердца – различные факторы, влияющие на уровень артериального давления (АД). К таким факторам можно отнести усиленную работу сердца и нарушение вязкости циркулирующей крови [17]. В свою очередь повышение АД у спортсменов можно рассматривать как одну из форм перенапряжения ССС, что может привести к ремоделированию спортивного сердца [17].

Исследования подтверждают взаимосвязь между физической активностью и повышением АД (АГ) у спортсменов, у которых она представляет собой наиболее распространенное состояние, отмечаемое при предварительном скрининге, и может потенциально представлять собой причину исключения из соревновательных видов спорта [18]. В свою очередь, согласно данным литературы был выявлен повышенный риск развития мерцательной аритмии у пациентов, занимающихся видами спорта на выносливость, а также смешанными видами спорта [19].

Интенсивные и длительные тренировки приводят к активации многих механизмов физиологической адаптации. Возрастают нагрузка на ЛЖ объемом и давлением, что со временем приводит к увеличению его массы, толщины стенок и размера полости. Увеличиваются максимальный ударный объем и сердечный выброс, снижается частота сердечных сокращений в покое, увеличивается продолжительность диастолического заполнения [20]. Кроме того, исследователи указывают и на то, что интенсивные физические нагрузки могут привести к постепенному развитию сердечной недостаточности (СН) и переходу от физиологического спортивного сердца к патологическому [21]. Ученые также показали, что интенсивные упражнения на выносливость способствуют повышению уровня маркеров повреждения кардиомиоцитов, и что пожизненные упражнения на выносливость могут привести к рубцеванию миокарда, атеросклерозу коронарных артерий, мерцательной аритмии и расширению аорты [22]. Атеросклероз коронарных артерий является основной причиной развития инфаркта миокарда (ИМ). Специалисты наблюдали случаи ИМ у спортсменов, подтвержденные данными электрокардиографии (ЭКГ) [23].

Другой метаанализ показал, что спортивное сердце является триггером фатальных аритмий при некоторых кардиомиопатиях; данный феномен играет роль в прогрессировании самого заболевания, особенно в случае аритмогенной правожелудочковой кардиоми-



Патогенез формирования синдрома спортивного сердца

опатии [24]. На основании вышеизложенного патогенез синдрома спортивного сердца можно представить следующим образом (рисунок).

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что интенсивные тренировки не всегда оказывают положительный эффект на здоровье ССС и в дальнейшем могут стать причиной ВСС.

Факторы риска, влияющие на развитие синдрома спортивного сердца

При синдроме спортивного сердца выделяют немодифицируемые и модифицируемые ФР патологического ремоделирования миокарда под влиянием физических нагрузок. К немодифицированным ФР относят пол, возраст, полиморфизм генов, отвечающих за вазоконстрикцию, вазодилатацию, клеточный рост и др. Модифицированные ФР включают различные патологические изменения в организме, например, стрессиндуцированную иммуносупрессию, которую часто наблюдают у профессиональных спортсменов [1]. Зарубежные исследователи установили, что ФР сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) распространены среди спортсменов, принимающих участие в ультрамарафонах на сверхвыносливость [25]. Ученые показали, что такие соревнования могут привести к повышенному уровню высокочувствительного сердечного тропонина I (hs-cTnI) и N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP). В исследовании с участием 152 спортсменов среднего и старшего возраста (мастеров спорта) с атеросклеротическими ФР ИБС были выявлены более высокие показатели кальция коронарной артерии по сравнению с малоподвижными людьми [26]. Помимо этого, спортивные тренировки у ультрамарафонцев могут выступать в качестве ФР сахарного диабета (СД) 2 типа и вызвать его отдаленные проявления, в том числе сердечно-сосудистые осложнения [27]. Ученые отмечают, что существенно больше мужчин-спортсменов с избыточной массой тела и ожирением, а ФР развития метаболического синдрома могут привести к увеличению числа летальных исходов среди спортсменов [28].

Методы диагностики синдрома спортивного сердца

Для диагностики синдрома спортивного сердца используют следующие методы:

- клиническую оценку;
- ЭКГ;

- эхокардиографию (ЭхоКГ);
- магнитно-резонансную томографию (МРТ);
- холтеровское мониторирование ЭКГ;
- нагрузочные тесты.

ЭКГ занимает особое место среди других методов диагностики патологии ССС спортсменов [1]. Физические нагрузки могут приводить к таким нарушениям ритма и проводимости сердца, которые легко определить при помощи этого метода. У спортсменов чаще всего могут обнаружить синусовую брадикардию, которая, как правило, отражает хорошую тренированность в отношении кардиореспираторной выносливости [29]. У спортсменов на ЭКГ в покое можно наблюдать миграцию водителя ритма (данное состояние характеризуется перемещением пейсмекера из СА-узла в АВ-узел и обратно), изменения атриовентрикулярной проводимости, изменения внутрижелудочковой проводимости (отмечают в тех случаях, когда импульсы в СА-узле либо вообще не возникают, или генерируются с меньшей частотой, чем в клетках АВ-узла) [30].

При применении ЭхоКГ у врачей могут возникнуть определенные диагностические трудности, так как фенотип спортивного сердца не ограничивается определением нарушений функциональных и структурных изменений одной камеры сердца [31].

Внедрение метода МРТ в спортивную кардиологию позволило сформировать новое понимание миокардиального фиброза миокарда как варианта патологического ремоделирования сердца спортсмена, который может быть фактором развития потенциально фатальных аритмий и угрозы ВСС [32].

Лечение синдрома спортивного сердца и профилактика сердечно-сосудистых осложнений

При лечении синдрома спортивного сердца применяют медикаментозные и немедикаментозные методы лечения. Медикаментозная терапия напрямую зависит от необходимости лечения основного заболевания. Например, лечение стрессорной кардиомиопатии предусматривает использование кардиотрофных и антиоксидантных препаратов (кардионат, триметазидин), витаминно-минеральных комплексов. По показаниям назначают антиаритмические препараты, в частности, малые дозы бета-адреноблокаторов [33]. При лечении миокардита с сердечной дисфункцией следует применять медикаментозную терапию СН: бета-адреноблокаторы, блокаторы медленных кальциевых каналов, ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, блокаторы рецепторов ангиотензина, а также диуретики для уменьшения отека [34]. У спортсменов с СД 1 и 2 типа, получающих инсулин, важно контролировать уровень гликемии. Необходим регулярный самоконтроль или непрерывный мониторинг гликемии и осторожность в отношении упражнений, во время которых сложно контролировать уровень глюкозы крови и купировать гипогликемию (например, горные лыжи, скалолазание, подводное плавание, серфинг и др.). Для лечения СД 2 типа спортсменам назначают сахароснижающие лекарственные

средства (препараты сульфонилмочевины, глиниды, бигуаниды, тиазолидиндионы, агонисты рецепторов глюкагоноподобного пептида-1, глиптины, глифлозины, инсулины) [35].

Немедикаментозные методы лечения синдрома спортивного сердца включают изменение образа жизни, вплоть до полного отказа от тренировок. Для профилактики ССЗ спортсменам рекомендуется относиться к занятиям спортом с большей осторожностью и правильно подбирать упражнения в зависимости от уровня их интенсивности. Спортсменам с высокими интенсивными нагрузками необходимо придерживаться диеты с высоким содержанием белков, жиров и углеводов. Именно углеводы, а не белки в основном участвуют в восстановлении мышц путем восполнения запасов гликогена. Гликоген необходим спортсменам для обеспечения потребности в энергии во время продолжительного тренировочного процесса [36].

Профилактика сердечно-сосудистых осложнений должна подразумевать полноценный отдых от тренировок, способствующий процессу восстановления организма. Кроме того, следует научить спортсменов во время интенсивных тренировок контролировать АД и пульс, избегать стрессовых ситуаций или хотя бы

снижать их уровень, оказывать себе первую помощь и соблюдать рекомендации врачей.

Заключение

Синдром спортивного сердца в большинстве случаев протекает бессимптомно. Было доказано, что длительные и интенсивные упражнения увеличивают риск повреждения кардиомиоцитов, что может ассоциироваться с рубцеванием миокарда, атеросклерозом коронарных артерий и мерцательной аритмией. По результатам изучения специализированной литературы нам удалось установить, что ССЗ достаточно широко распространены среди спортсменов и могут привести к ВСС. Необходимо постоянное наблюдение за спортсменами, входящими в группу риска, особенно за теми, кто подвергается длительной и интенсивной физической нагрузке. При выявлении ССЗ наряду с немедикаментозными мерами следует применять фармакотерапию для предотвращения осложнений и ВСС. Необходимы дальнейшие исследования и систематизация представлений о синдроме спортивного сердца для разработки тактики ведения пациентов. ➤

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Вахненко Ю.В., Доровских И.Е., Гордиенко Е.Н., Черных М.А. Некоторые актуальные аспекты проблемы «спортивного сердца» (обзор литературы). Часть I. Бюл. физ. и пат. дых. 2020; 78: 147–160.
2. Одинцова М.О., Кондратенко Е.И., Ярошинская А.П. Спортивное сердце у спортсменов, тренирующихся в прыжках на батуте: адаптация сердца по данным электрокардиограммы и эхокардиографии. Современные вопросы биомедицины. 2022; 6 (4): 32.
3. Fagard R. Athlete's heart. Heart. 2003; 89 (12): 1455–1461.
4. Korotkikh A.V., Vakhnenko J.V., Kashtanov M.G. Some Topical Aspects of the 'Sports Heart' Problem (Literature Review). Part I. Curr. Probl. Cardiol. 2023; 48 (10): 101878.
5. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н. Спортивное сердце. Медицинский совет. 2018; 12: 185–188.
6. Corrado D., Boffi A., Basso C., et al. 12-Lead ECG in the athlete physiological versus pathological abnormalities. Br. J. Sports Med. 2013; 43 (9): 669–676.
7. Pelliccia A., Sharma S., Gati S., et al. 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. Eur. Heart J. 2021; 42 (1): 17–96.
8. Aune D., Schlesinger S., Hamer M., et al. Physical activity and the risk of sudden cardiac death: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. BMC Cardiovasc. Disord. 2020; 20 (1): 318.
9. Galos G., Szabados E., Rabai M., et al. Evaluation of Incidence and Risk Factors of Sudden Cardiac Death in Patients with Chronic Coronary Syndrome Attending Physical Training. Cardiol. Ther. 2023; 12 (4): 689–701.
10. Шарыкин А.С., Бадтиева В.А. Внезапная смерть в спорте: современные представления. Кардиология. 2024; 64 (1): 80–87.
11. Ларинцева О.С. К вопросу о внезапной сердечной смерти у спортсменов: анализ литературы за 2016 год. Спортивная медицина: наука и практика. 2017; 7 (2): 70–76.
12. Ha F.J., Han H.C., Sanders P., et al. Sudden cardiac death related to physical exercise in the young: a nationwide cohort study of Australia. Intern. Med. J. 2023; 53 (4): 497–502.
13. Bohm P., Scharhag J., Egger F., et al. Sports-Related Sudden Cardiac Arrest in Germany. Can. J. Cardiol. 2021; 37 (1): 105–112.
14. Morentin B., Suárez-Mier M.P., Monzó A., et al. Sports-related sudden cardiac death in Spain. Rev. Esp. Cardiol. 2020; 74 (3): 225–232.
15. Полевод В.А. Внезапная сердечная смерть у спортсменов: мифы и реальность. URL: <https://www.rlsnet.ru/library/patient/bolezni-serdca-i-sosudov/vnezapnaya-serdecnaya-smert-u-sportsmenov-mify-i-realnost-127> (дата обращения: 12.05.2025)
16. La Gerche A., Wasfy M.M., Brosnan M.J., et al. The Athlete's Heart-Challenges and Controversies: JACC Focus Seminar 4/4. J. Am. Coll. Cardiol. 2022; 80 (14): 1346–1362.
17. Зарифьян А.Г., Коконец И.Е., Джайболаева Э.А., Наумова Т.Н. Физиология гемодинамики: учеб. пособие. Бишкек: КРСУ. 2011.
18. Смоленский А.В., Михайлова А.В., Татаринова А.Ю. Артериальная гипертензия и ремоделирование спортивного сердца. Международный журнал сердца и сосудистых заболеваний. 2017; 5 (14): 36–45.

19. Гинзбург М. Л. Спортивная кардиология: учебное пособие. Малаховка: МГАФК. 2017.
20. McKelvie R.S. Спортивное сердце. URL: <https://www.msmanuals.com/ru/professional/нарушения-сердечно-сосудистой-системы/спорт-и-сердце/спортивное-сердце> (дата обращения: 12.05.2025).
21. Schweiger V, Niederseer D, Schmied C., et al. Athletes and Hypertension. Curr. Cardiol. Rep. 2021; 23 (12): 176.
22. Volpato G., Falanga U., Cipolletta L., et al. Sports Activity and Arrhythmic Risk in Cardiomyopathies and Channelopathies: A Critical Review of European Guidelines on Sports Cardiology in Patients with Cardiovascular Diseases. Medicina (Kaunas). 2021; 57 (4): 308.
23. Bickel T., Gunasekaran P., Murtaza G., et al. Sudden Cardiac Death in Famous Athletes, Lessons Learned, Heterogeneity in Expert Recommendations and Pitfalls of Contemporary Screening Strategies. J. Atr. Fibrillation. 2019; 12 (4): 2193.
24. Мартынов А.Ю., Диане М.Л., Байрамов С. Инфаркт миокарда у молодого мужчины со специфическими факторами риска ишемической болезни сердца, длительно занимавшегося бодибилдингом. РМЖ. 2020; 10: 35–39.
25. Thompson P.D., Eijssvogels T.M.H., Kim J.H. Can the Heart Get an Overuse Sports Injury? NEJM Evid. 2023; 2 (1): EVIDra2200175.
26. Бахтин В.Е., Давыдов М.В., Шенин К.А., Нестеров Д.Р. Влияние спортивных нагрузок различной интенсивности на здоровье сердечно-сосудистой системы. Актуальные исследования. 2023; 31(161): 71–73.
27. Merghani A., Maestrini V., Rosmini S., et al. Prevalence of Subclinical Coronary Artery Disease in Masters Endurance Athletes With a Low Atherosclerotic Risk Profile. Circulation. 2017; 136 (2): 126–137.
28. Wahl M.P., Scalzo R.L., Regensteiner J.G. Mechanisms of Aerobic Exercise Impairment in Diabetes: A Narrative Review. Front. Endocrinol. 2018; 9: 181.
29. Крайнова И.Н., Алексина Ю.А., Щербакова А.Н., Макарова А.А. Особенности сердечно-сосудистой системы у юных спортсменов. Современные проблемы науки и образования. 2023; 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32993> (дата обращения: 12.05.2025).
30. Павлов В.И., Панчина А.В., Коледова Д.Н. и др. Привычные изменения ЭКГ спортсмена – современный подход. Медицинский алфавит. 2018; 14 (1): 21–26.
31. Flanagan H., Cooper R., George K.P., et al. The athlete's heart: insights from echocardiography. Echo. Res. Pract. 2023; 10: 15.
32. Гаврилова Е.А. Сердце спортсмена. Актуальные проблемы спортивной кардиологии: монография. М.: Спорт, 2022. 432 с.
33. Скворцов В.В., Федотова В.В., Пролейская Н.А. Стрессорная кардиомиопатия: этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение. Медицинский алфавит. 2017; 31 (2): 40–42.
34. Чепурненко С.А., Шавкута Г.В., Насытко А.Д. Оптимизация лечения острого миокардита. Кубанский научный медицинский вестник. 2019; 26 (2): 224–229.
35. Дергачева Л.И., Деревоедов А.А., Выходец И.Т. и др. Стратегии управления сахарным диабетом у спортсменов. Медицина экстремальных ситуаций. 2021; 3 (23): 114–122.
36. Коростелева М.М., Кобелькова И.В., Ханферьян Р.А. Нутритивная поддержка в спорте: Часть I. Роль макронутриентов в повышении выносливости спортсменов (обзор зарубежной литературы). Спортивная медицина: наука и практика. 2020; 10 (3): 18–26.

Modern Understanding of Athlete's Heart Syndrome

E.A. Savchuk, M.N. Mamedov

National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine

Contact person: Elizaveta A. Savchuk, draftasvir@mail.ru

Intense physical activity can lead to structural changes and conduction system disorders of the heart, which is characteristic of athletic heart syndrome. With constant physical exertion, athletes may develop various cardiovascular system (CVS) pathologies. This problem is very relevant today, as the number of people wishing to engage in professional sports is only increasing every year.

This review article examines the effects of sports on the development of CVS diseases. The literature analysis was conducted using databases: PubMed, eLibrary, CyberLeninka from 2016 to 2024 using the keywords: athletic heart, cardiovascular diseases, sudden cardiac death. According to the literature, athletic heart syndrome can lead to various complications from the CVS: cardiac arrhythmias and the development of heart diseases such as arterial hypertension, heart failure, myocardial infarction, and even cause sudden cardiac death, which causes serious concern for the entire sports community.

Conclusion. Cardiovascular diseases are widespread among athletes, as athletes experience significant overloads that affect the CVS. Further, it is necessary to constantly monitor athletes who are at risk, and especially those who are subjected to intense physical exertion.

Keywords: athletic heart, cardiac conduction system, cardiovascular system, arterial hypertension, sudden cardiac death