

УДК 796.01:612.17-052

https://doi.org/10.33619/2414-2948/56/12

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА УРОВНИ СЕРДЕЧНЫХ ТРОПОНИНОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

©**Чаулин А. М.**, ORCID: 0000-0002-2712-0227, SPIN-код: 1107-0875, Самарский областной клинический кардиологический диспансер, Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Россия, alekseymichailovich22976@gmail.com

©**Григорьева Ю. В.**, ORCID: 0000-0002-7228-1003, SPIN-код: 6033-0205, канд. мед. наук, Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Россия, histology@bk.ru

©**Суворова Г. Н.**, SPIN-код: 2671-0662, д-р мед. наук, Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Самара, Россия, gsuvmed@yandex.ru

INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON THE LEVEL OF CARDIAC TROPONINS (LITERATURE REVIEW)

©**Chaulin A.**, ORCID: 0000-0002-2712-0227, SPIN-code: 1107-0875, Samara Regional Cardiology Dispensary, Samara State Medical University, Samara, Russia, alekseymichailovich22976@gmail.com

©**Grigoryeva Ju.**, ORCID: 0000-0002-7228-1003, SPIN-code: 6033-0205, M.D., Samara State Medical University, Samara, Russia, histology@bk.ru

©**Suvorova G.**, SPIN-code: 2671-0662, Dr. habil., Samara state medical University, Samara, Russia, gsuvmed@yandex.ru

Аннотация. Хорошо известно, что регулярная физическая активность оказывает благоприятное влияние на сердечно-сосудистую систему и снижает риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, однако, многочисленные исследования продемонстрировали повышение уровней сердечных тропонинов после физической нагрузки, что свидетельствует о повреждении миокарда у явно здоровых людей. Распространенность этих результатов в различных условиях физической нагрузки и группах населения, а также потенциальные лежащие в их основе механизмы и клиническое значение вызванного физической нагрузкой высвобождения сердечных тропонинов еще не вполне определено. В настоящем обзоре обсуждается влияние физических нагрузок на уровни сердечных тропонинов и возможные механизмы повышения данных биомаркеров.

Abstract. It is well known that regular physical activity has a beneficial effect on the cardiovascular system and reduces the risk of heart disease; however, numerous studies have shown an increase in heart troponin levels after exercise, which indicates damage to the myocardium in apparently healthy people. The prevalence of these results in various exercise conditions and population groups, as well as the potential underlying mechanisms and clinical significance of exercise-induced cardiac troponin release, has not yet been fully determined. This review discusses the effect of exercise on cardiac troponin levels and possible mechanisms for increasing these biomarkers.

Ключевые слова: сердечные тропонины, физические нагрузки, сердечно-сосудистые заболевания, острый инфаркт миокарда.



Keywords: cardiac troponins, physical activity, cardiovascular diseases, acute myocardial infarction.

Введение

Тропоминовый комплекс, состоящий из трех белков, известных как тропонин С, тропонин Т и тропонин I, образует скелет поперечно-полосатой мышцы и регулирует процесс мышечного сокращения [1–2]. Сердечные тропомины Т и I являются специфичными для миокарда белками, поскольку их аминокислотное строение отличается от скелетных изоформ тропомина Т и I, тогда как сердечный тропонин С абсолютно идентичен скелетному тропонину С, а потому не является специфичным для миокарда компонентом. Разработка методов определения сердечных тропоминов Т и I привела к улучшению диагностики острого инфаркта миокарда [1–7]. Тем не менее, самые первые разработанные методы определения сердечных тропоминов имели ряд недостатков: низкую чувствительность и наличие перекрестных реакций антител с тропоминами скелетных мышц [4–6].

Исследования, проведенные с 1987 года с использованием ранних экспериментальных анализов сердечного тропомина, показали, что длительные физические нагрузки могут вызывать заметное увеличение циркулирующих уровней сердечных тропоминов [6]. В результате разработки более чувствительных и специфических анализов сердечные тропомины Т и I постепенно стали краеугольным камнем для диагностики острого инфаркта миокарда, начиная с первого определения в 2000 году [8] и до недавно опубликованного четвертого универсального определения инфаркта миокарда в 2018 г. [3]. Признано, что многие патологические и физиологические состояния, включая длительные физические нагрузки, также могут способствовать повышению уровня сердечных тропоминов (Рисунок) [9–11].

Некоронарогенные причины повышения сердечных тропоминов

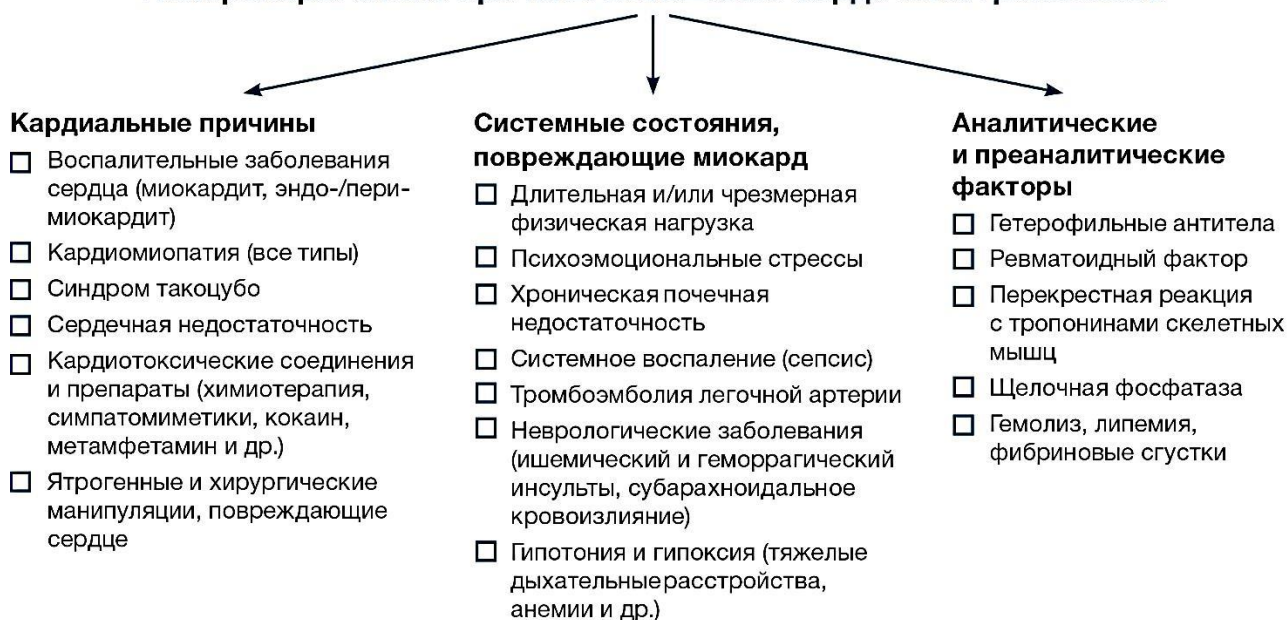


Рисунок. Причины повышения сердечных тропоминов, помимо острого инфаркта миокарда [12].

Введение высокочувствительных методов анализа сердечных тропонинов тропонина, непревзойденных по чувствительности, для выявления низких уровней повреждения миокарда (возможно, за счет снижения специфичности) [13] позволило лучше охарактеризовать вызванное физическими упражнениями повышение сердечных тропонинов. Это привело к наблюдению, что повышение уровня сердечных тропонинов происходит не только при интенсивных и тяжелых физических нагрузках, таких как марафон [14], но даже после нормальной физической активности [15], или теста на беговой дорожке [16]. Происхождение этого высвобождения сердечных тропонинов из миокарда и отражает ли они физиологический или патологический процесс, остается спорным вопросом.

Клиническое значение повышения сердечных тропонинов при физической нагрузке

Клинические значения и последствия повышения сердечных тропонинов заслуживают изучения по ряду причин [17]. Во-первых, эта проблема может иметь отношение к долгосрочным прогнозам атлетов с подъемом сердечных тропонинов после выполнения упражнений и возможной ролью длительных и тяжелых физических нагрузок в качестве причины сердечно-сосудистых заболеваний у некоторых людей [18]. Хотя благотворное влияние упражнений средней продолжительности на здоровье сердечно-сосудистой системы в общей популяции хорошо известно [19], постулируется, что многократное участие в тяжелых спортивных нагрузках на выносливость может привести к избыточной гипертрофии, фиброзу миокарду и развитию сердечной недостаточности. Кроме того, описано немало случаев внезапной сердечной смерти у молодых спортсменов [20–22]. Во-вторых, вызванное физическими упражнениями повышение уровня сердечных тропонинов (выше 99 перцентиля) у некоторых спортсменов после спортивных соревнований превышали 99 перцентиль метода, формально удовлетворяет одному из критериев острого инфаркта миокарда [23].

В ряде сообщений неоднократно исследователи подтверждали, что повышенные уровни сердечных тропонинов могут быть предикторами будущих сердечно-сосудистых событий, не только в контексте ишемической болезни сердца или других сердечно-сосудистых заболеваний [24–25], но даже у практически здоровых людей [26]. В противоположность этому после упражнений на повышение сердечных тропонинов обычно считают физиологический ответом и доброкачественным явлением с точки зрения прогноза [27–29]; тем не менее, эта теория была оспорена недавними исследованиями, показавшими, что вызванное физическими упражнениями повышение сердечных тропонинов может быть связано с повышенной частотой неблагоприятных сердечно-сосудистых событий [30] или скрытой (бессимптомной) формой ишемической болезни сердца [31]. Таким образом, клиническое значение повышения уровня сердечных тропонинов при физических нагрузках продолжает оставаться спорным.

Возможные механизмы высвобождения сердечных тропонинов при физических нагрузках

Точным механизмом высвобождения сердечных тропонинов из миокарда при физических нагрузках неизвестны. Предполагаются следующие механизмы:

1. высвобождение цитозольного пула тропонинов через интактную клеточную мембрану,
2. повышение проницаемости клеточной мембраны кардиомиоцита,
3. образование и высвобождение мембранных везикул,

4. перекрестные реакции коммерческих антител (направленных против сердечных тропонинов) со скелетными изоформами тропонинов [32].

Высвобождение цитозольного пула тропонинов через интактную клеточную мембрану. В соответствии с цитозольным и структурным распределением сердечных тропонинов, появление в крови после повреждения демонстрирует двухфазную структуру высвобождения [2, 32–35]. Кинетика высвобождения сердечных тропонинов после физической нагрузки с ранним пиком и быстрой нормализацией довольно сильно отличается от паттерна подъема, наблюдаемого при остром инфаркте миокарда [34], или даже при операции абляции сердца [36], что указывает на то, что вызванное физическими упражнениями повышение сердечных тропонинов может возникать из цитозольной фракции тропонинов [35].

Повышенная проницаемость мембраны кардиомиоцитов. Starnberg и соавт. провели исследования *in vitro* на сердечной ткани человека и обнаружили, что кратковременная цитозольная утечка цитозольных сердечных тропонинов может быть облегчена за счет увеличения проницаемости сарколеммы у миокарда, которая предположительно может возникать за счет свободнорадикального повреждения [37–38]. Образование свободных радикалов может быть вызвано механическим воздействием на кардиомиоциты, повышением температуры тела или длительным ацидозом [38]. Всякий раз, когда способность лимфатической системы удалять макромолекулы превышает, сердечные тропонины становятся обнаруживаемыми в периферическом кровообращении. Эта пассивная диффузия сердечных тропонинов из внутриклеточного во внеклеточный компартмент, которая также была описана в скелетных мышцах, подверженных нагрузке, совместима с кинетикой высвобождения тропонинов, наблюдаемых в исследовании *in vitro*; тем не менее, пока не было доказано существования данного механизма *in vivo*.

Образование и высвобождение мембранных везикул. По данным исследования *in vitro* на поверхности гепатоцитов и кардиомиоцитов животных на начальных стадиях ишемии до наступления некроза образуются везикулы (пузырьки), внутри которых находятся цитоплазматические белки, в том числе и тропонины. Высвобождение тропонинов происходит при разрыве этих пузырьков на поверхности кардиомиоцита. P. Schwartz et al. впервые изучили особенности образования везикул на поверхности мембран, культивируемых кардиомиоцитов, при помощи электронной микроскопии и отметили значительное увеличение количества пузырьков через 30 мин после ишемии, по сравнению с исходным состоянием [39]. Данная гипотеза хорошо согласуется с концепцией двухфазного высвобождения тропонинов после необратимого повреждения [35].

Перекрестные реакции коммерческих антител (направленных против сердечных тропонинов) со скелетными изоформами тропонинов. Другая проблема, которую следует учитывать при интерпретации уровней сердечных тропонинов, заключается в том, что антитела против сердечных тропонинов могут быть подвержены перекрестным реакциям со скелетными тропонинами. Данная проблема, в основном, была характерна для первых иммуноанализов сердечных тропонинов [4–6], однако, как показывают современные исследования перекрестная реактивность встречается и в современных тропониновых тест-системах [9–10, 40–41].

Заключение

Таким образом, многочисленные исследования продемонстрировали, что сердечные тропонины могут быть повышены у большинства субъектов после различных видов физической активности, начиная от небольших нагрузок и заканчивая длительными и

тяжелыми спортивными нагрузками, таким как марафон. Остаются спорными вопросы клинического значения повышения сердечных тропонинов при физических нагрузках и механизмы, лежащих в основе повышения данных биомаркеров.

Список литературы:

1. Дупляков Д. В., Чаулин А. М. Мутации сердечных тропонинов, ассоциированные с кардиомиопатиями // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 7. №3. С. 8–17. <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-13001>
2. Чаулин А. М., Григорьева Ю. В. Основные аспекты биохимии, физиологии сердечных тропонинов // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №5. С. 105-112. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/54/13>
3. Thygesen K., Alpert J. S., Jaffe A. S., Chaitman B. R., Bax J. J., Morrow D. A., White H. D. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018) // Journal of the American College of Cardiology. 2018. V. 72. №18. P. 2231-2264. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy462>
4. Cummins B., Auckland M. L., Cummins P. Cardiac-specific troponin-I radioimmunoassay in the diagnosis of acute myocardial infarction // American heart journal. 1987. V. 113. №6. P. 1333-1344. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(87\)90645-4](https://doi.org/10.1016/0002-8703(87)90645-4)
5. Katus H. A., Looser S., Hallermayer K., Remppis A., Scheffold T., Borgya A., ... Geuss U. et al. Development and in vitro characterization of a new immunoassay of cardiac troponin T // Clinical chemistry. 1992. V. 38. №3. P. 386-393. <https://doi.org/10.1093/clinchem/38.3.386>
6. Cummins P., Young A., Auckland M. L., Michie C. A., Stone P. C. W., Shepstone B. J. Comparison of serum cardiac specific troponin-I with creatine kinase, creatine kinase-MB isoenzyme, tropomyosin, myoglobin and C-reactive protein release in marathon runners: cardiac or skeletal muscle trauma? // European journal of clinical investigation. 1987. V. 17. №4. P. 317-324. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1987.tb02194.x>
7. Чаулин А. М., Карслян Л. С., Григорьева Е. В., Нурбалтаева Д. А., Дупляков Д. В. Клинико-диагностическая ценность кардиомаркеров в биологических жидкостях человека // Кардиология. 2019. №59 (11). С. 66-75. <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.11.n414>
8. Alpert J. S. et al. Myocardial infarction redefined-A consensus document of The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology Committee for the redefinition of myocardial infarction // Journal of the American College of Cardiology. 2000. Т. 36. №3. С. 959-969. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)00804-4](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)00804-4)
9. Чаулин А. М., Дупляков Д. В. Повышение кардиальных тропонинов, не ассоциированное с острым коронарным синдромом. Ч. 1 // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 7. №2. С. 13-23. <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-12002>
10. Чаулин А. М., Дупляков Д. В. Повышение кардиальных тропонинов, не ассоциированное с острым коронарным синдромом. Часть 2 // Кардиология: новости, мнения, обучение. 2019. Т. 7. №2. С. 24-35. <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-12003>
11. Чаулин А. М., Милютин И. Н., Тимофеев Н. В., Дупляков Д. В. Некоронарогенные причины повышения сердечных тропонинов в практике врача (литературный обзор) // Вестник медицинского института «Реавиз»: реабилитация, врач и здоровье. 2019. №5 (41). С. 201-214.
12. Чаулин А. М., Карслян Л. С., Дупляков Д. В. Некоронарогенные причины повышения тропонинов в клинической практике // Клиническая практика. 2019. Т. 10. №4. С. 81-93. <https://doi.org/10.17816/clinpract16309>
13. Newby L. K., Jesse R. L., Babb J. D., Christenson R. H., De Fer T. M., Diamond G. A., Kaul S. et al. ACCF 2012 expert consensus document on practical clinical considerations in the

interpretation of troponin elevations: a report of the American College of Cardiology Foundation task force on Clinical Expert Consensus Documents // Journal of the American College of Cardiology. 2012. V. 60. №23. P. 2427-2463. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.08.969>

14. Fortescue E. B., Shin A. Y., Greenes D. S., Mannix R. C., Agarwal S., Feldman B. J., ... Almond C. S. et al. Cardiac troponin increases among runners in the Boston Marathon // Annals of emergency medicine. 2007. V. 49. №2. P. 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2006.09.024>

15. Nie J., Tong T. K., Shi Q., Lin H., Zhao J., Tian Y. Serum cardiac troponin response in adolescents playing basketball // International journal of sports medicine. 2008. V. 29. №06. P. 449-452. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989236>

16. Tjora S., Gjestland H., Mordal S., Agewall S. Troponin rise in healthy subjects during exercise test // International journal of cardiology. 2011. V. 151. №3. P. 375-376. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0903515>

17. Parsonage W. A., Ruane L. Cardiac troponin and exercise; still much to learn // Heart Lung and Circulation. 2017. V. 26. №7. P. 645-647. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.05.112>

18. Gerche A. L., Heidbuchel H. Can intensive exercise harm the heart? You can get too much of a good thing // Circulation. 2014. V. 130. №12. P. 992-1002. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008141>

19. Maessen M. F., Verbeek A. L., Bakker E. A., Thompson P. D., Hopman M. T., Eijsvogels T. M. Lifelong exercise patterns and cardiovascular health // Mayo Clinic Proceedings. Elsevier, 2016. V. 91. №6. P. 745-754. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.02.028>

20. La Gerche A., Burns A. T., Mooney D. J., Inder W. J., Taylor A. J., Bogaert J., ... Prior D. L. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes // European heart journal. 2012. V. 33. №8. P. 998-1006. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr397>

21. Tahir E., Starekova J., Muellerleile K., von Stritzky A., Münch J., Avanesov M., ... Freiwald E. Myocardial fibrosis in competitive triathletes detected by contrast-enhanced CMR correlates with exercise-induced hypertension and competition history // JACC: Cardiovascular Imaging. 2018. V. 11. №9. P. 1260-1270. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.09.016>

22. Бокерия О. Л., Испирян А. Ю. Внезапная сердечная смерть у спортсменов // Анналы аритмологии. 2013. Т. 10. №1. С. 31-39. <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2013.1.5>

23. Skadberg Ø., Kleiven Ø., Ørn S., Bjørkavoll-Bergseth M. F., Melberg T. H., Omland T., Aakre K. M. The cardiac troponin response following physical exercise in relation to biomarker criteria for acute myocardial infarction; the North Sea Race Endurance Exercise Study (NEEDED) 2013 // Clinica Chimica Acta. 2018. V. 479. P. 155-159. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.01.033>

24. Beatty A. L., Ku I. A., Christenson R. H., DeFilippi C. R., Schiller N. B., Whooley M. A. High-sensitivity cardiac troponin T levels and secondary events in outpatients with coronary heart disease from the Heart and Soul Study // JAMA internal medicine. 2013. V. 173. №9. P. 763-769. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.116>

25. Park K. C., Gaze D. C., Collinson P. O., Marber M. S. Cardiac troponins: from myocardial infarction to chronic disease // Cardiovascular research. 2017. V. 113. №14. P. 1708-1718. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvx183>

26. Van der Linden N., Klinkenberg L. J., Bekers O., van Loon L. J., van Dieijen-Visser M. P., Zeegers M. P., Meex S. J. Prognostic value of basal high-sensitive cardiac troponin levels on mortality in the general population: a meta-analysis // Medicine. 2016. V. 95. №52. P. e5703 <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005703>

27. Siegel A. J., Sholar M., Yang J., Dhanak E., Lewandrowski K. B. Elevated serum cardiac markers in asymptomatic marathon runners after competition: is the myocardium stunned? // *Cardiology*. 1997. V. 88. №6. P. 487-491. <https://doi.org/10.1159/000177396>
28. Чаулин А. М., Григорьева Ю. В., Дупляков Д. В. Коморбидность хронической обструктивной болезни легких и сердечно-сосудистых заболеваний: общие факторы, патофизиологические механизмы и клиническое значение // *Клиническая практика*. 2020. №11 (1). С. 112-121. <https://doi.org/10.17816/clinpract21218>
29. Möhlenkamp S., Leineweber K., Lehmann N., Braun S., Roggenbuck U., Perrey M., ... Jöckel K. H. Coronary atherosclerosis burden, but not transient troponin elevation, predicts long-term outcome in recreational marathon runners // *Basic research in cardiology*. 2014. V. 109. №1. P. 391. <https://doi.org/10.1007/s00395-013-0391-8>
30. Aengevaeren V. L., Hopman M. T., Thompson P. D., Bakker E. A., George K. P., Thijssen D. H., Eijssvogels T. M. Exercise-induced cardiac troponin I increase and incident mortality and cardiovascular events // *Circulation*. 2019. V. 140. №10. P. 804-814. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041627>
31. Kleiven Ø., Omland T., Skadberg Ø., Melberg T. H., Bjørkavoll-Bergseth M. F., Auestad B., ... Ørn S. Occult obstructive coronary artery disease is associated with prolonged cardiac troponin elevation following strenuous exercise // *European journal of preventive cardiology*. 2019. P. 2047487319852808. <https://doi.org/10.1177/2047487319852808>
32. Чаулин А. М., Карсян Л. С., Григорьева Е. В., Нурбалтаева Д. А., Дупляков Д. В. Особенности метаболизма сердечных тропонинов (обзор литературы) // *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний*. 2019. №8(4). С. 103-115. <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-4-103-115>
33. Wu A. H. B. Release of cardiac troponin from healthy and damaged myocardium // *Frontiers in Laboratory Medicine*. 2017. V. 1. №3. P. 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.flm.2017.09.003>
34. Solecki K., Dupuy A. M., Kuster N., Leclercq F., Gervasoni R., Macia J. C., ... Pasquie J. L. Kinetics of high-sensitivity cardiac troponin T or troponin I compared to creatine kinase in patients with revascularized acute myocardial infarction // *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*. 2015. V. 53. №5. P. 707-714. <https://doi.org/10.1515/cclm-2014-0475>
35. Чаулин А. М., Карсян Л. С., Нурбалтаева Д. А., Григорьева Е. В., Дупляков Д. В. Метаболизм кардиальных тропонинов в нормальных и патологических условиях // *Сибирское медицинское обозрение*. 2019. №6. С. 5-14. <https://doi.org/10.20333/2500136-2019-6-5-14>
36. Yoshida K., Yui Y., Kimata A., Koda N., Kato J., Baba M., ... Sekiguchi Y. Troponin elevation after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: relevance to AF substrate, procedural outcomes, and reverse structural remodeling // *Heart rhythm*. 2014. V. 11. №8. P. 1336-1342. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.04.015>
37. Starnberg K., Jeppsson A., Lindahl B., Hammarsten O. Revision of the troponin T release mechanism from damaged human myocardium // *Clinical chemistry*. 2014. V. 60. №8. P. 1098-1104. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2013.217943>
38. Shave R., Oxborough D. Exercise-induced cardiac injury: evidence from novel imaging techniques and highly sensitive cardiac troponin assays // *Progress in cardiovascular diseases*. 2012. V. 54. №5. P. 407-415. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2012.01.007>
39. Schwartz P., Piper H. M., Spahr R., Spieckermann P. G. Ultrastructure of cultured adult myocardial cells during anoxia and reoxygenation // *The American journal of pathology*. 1984. V. 115. №3. P. 349. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc1900509/>

40. Aggarwal R., Lebiez-Odrobina D., Sinha A., Manadan A., Case J. P. Serum cardiac troponin T, but not troponin I, is elevated in idiopathic inflammatory myopathies // *The Journal of rheumatology*. 2009. V. 36. №12. P. 2711-2714. <https://doi.org/10.3899/jrheum.090562>

41. Schmid J., Birner-Gruenberger R., Liesinger L., Stojakovic T., et al. Elevated cardiac troponin T but not troponin I in patients with skeletal muscle disease // *European Heart Journal*. 2017. V. 38. №suppl_1. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx502.P2612>

References:

1. Duplyakov, D. V., & Chaulin, A. M. (2019). Mutations of heart troponines, associated with cardiomyopathies. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Cardiology: News, Opinions, Training]*, 7(3), 8-17. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-13001>

2. Chaulin, A., & Grigoryeva, Yu. (2020). Main Aspects of Biochemistry, Physiology of Cardiac Troponins. *Bulletin of Science and Practice*, 6(5), 105-112. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/54/13>

3. Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Chaitman, B. R., Bax, J. J., Morrow, D. A., & White, H. D. (2018). Fourth universal definition of myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 72(18), 2231-2264. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy462>

4. Cummins, B., Auckland, M. L., & Cummins, P. (1987). Cardiac-specific troponin-I radioimmunoassay in the diagnosis of acute myocardial infarction. *American heart journal*, 113(6), 1333-1344. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(87\)90645-4](https://doi.org/10.1016/0002-8703(87)90645-4)

5. Katus, H. A., Looser, S., Hallermayer, K., Remppis, A., Scheffold, T., Borgya, A., ... & Geuss, U. (1992). Development and in vitro characterization of a new immunoassay of cardiac troponin T. *Clinical chemistry*, 38(3), 386-393. <https://doi.org/10.1093/clinchem/38.3.386>

6. Cummins, P., Young, A., Auckland, M. L., Michie, C. A., Stone, P. C. W., & Shepstone, B. J. (1987). Comparison of serum cardiac specific troponin-I with creatine kinase, creatine kinase-MB isoenzyme, tropomyosin, myoglobin and C-reactive protein release in marathon runners: cardiac or skeletal muscle trauma? *European journal of clinical investigation*, 17(4), 317-324. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1987.tb02194.x>

7. Chaulin, A. M., Karslyan, L. S., Bazyuk, E. V., Nurbaltaeva, D. A., & Duplyakov, D. V. (2019). Clinical and Diagnostic Value of Cardiac Markers in Human Biological Fluids. *Kardiologiya*, 59(11), 66-75. (in Russian). <https://doi.org/10.18087/cardio.2019.11.n414>

8. Alpert, J. S., Antman, E., Apple, F., Armstrong, P. W., Bassand, J. P., De Luna, A. B., ... & Falk, E. (2000). Myocardial infarction redefined-A consensus document of The Joint European Society of Cardiology/American College of Cardiology Committee for the redefinition of myocardial infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, 36(3), 959-969. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)00804-4](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)00804-4)

9. Chaulin, A. M., & Duplyakov, D. V. (2019). Increased cardiac troponins, not associated with acute coronary syndrome. Part 1. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Cardiology: News, Opinions, Training]*, 7(2), 13-23. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-12002>

10. Chaulin, A. M., & Duplyakov, D. V. (2019). Increased cardiac troponins, not associated with acute coronary syndrome. Part 2. *Kardiologiya: novosti, mneniya, obuchenie [Cardiology: News, Opinions, Training]*, 7(2), 24-35. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2309-1908-2019-12003>

11. Chaulin, A. M., Milyutin, I. N., Timofeev, N. V., & Duplyakov, D. V. (2019). Non-coronarogenic causes of elevated cardiac troponins in clinical practice (literature review). *Bulletin of Medical Institute "REAVIZ": Rehabilitation, Physician and Health*, 5(41), 201-214. (in Russian).

12. Chaulin, A. M., Karslyan, L. S., & Duplyakov, D. V. (2020). Non-coronarogenic causes of increased cardiac troponins in clinical practice. *Journal of Clinical Practice*, 10(4), 81-93. (in Russian). <https://doi.org/10.17816/clinpract16309>

13. Newby, L. K., Jesse, R. L., Babb, J. D., Christenson, R. H., De Fer, T. M., Diamond, G. A., ... & Kaul, S. (2012). ACCF 2012 expert consensus document on practical clinical considerations in the interpretation of troponin elevations: a report of the American College of Cardiology Foundation task force on Clinical Expert Consensus Documents. *Journal of the American College of Cardiology*, 60(23), 2427-2463. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.08.969>

14. Fortescue, E. B., Shin, A. Y., Greenes, D. S., Mannix, R. C., Agarwal, S., Feldman, B. J., ... & Almond, C. S. (2007). Cardiac troponin increases among runners in the Boston Marathon. *Annals of emergency medicine*, 49(2), 137-143. <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2006.09.024>

15. Nie, J., Tong, T. K., Shi, Q., Lin, H., Zhao, J., & Tian, Y. (2008). Serum cardiac troponin response in adolescents playing basketball. *International journal of sports medicine*, 29(06), 449-452. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989236>

16. Tjora, S., Gjestland, H., Mordal, S., & Agewall, S. (2011). Troponin rise in healthy subjects during exercise test. *International journal of cardiology*, 151(3), 375-376. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0903515>

17. Parsonage, W. A., & Ruane, L. (2017). Cardiac troponin and exercise; still much to learn. *Heart Lung and Circulation*, 26(7), 645-647. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2017.05.112>

18. Gerche, A. L., & Heidbuchel, H. (2014). Can intensive exercise harm the heart? You can get too much of a good thing. *Circulation*, 130(12), 992-1002. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008141>

19. Maessen, M. F., Verbeek, A. L., Bakker, E. A., Thompson, P. D., Hopman, M. T., & Eijsvogels, T. M. (2016, June). Lifelong exercise patterns and cardiovascular health. *In Mayo Clinic Proceedings* 91, (6), 745-754. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.02.028>

20. La Gerche, A., Burns, A. T., Mooney, D. J., Inder, W. J., Taylor, A. J., Bogaert, J., ... & Prior, D. L. (2012). Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *European heart journal*, 33(8), 998-1006. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehr397>

21. Tahir, E., Starekova, J., Muellerleile, K., von Stritzky, A., Münch, J., Avanesov, M., ... & Freiwald, E. (2018). Myocardial fibrosis in competitive triathletes detected by contrast-enhanced CMR correlates with exercise-induced hypertension and competition history. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 11(9), 1260-1270. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.09.016>

22. Bokeria, O. & Ispiryan, A. Yu. (2013). Sudden cardiac death in athletes. *Annals of Arrhythmology*, 10(1), 31-39. (in Russian). <https://doi.org/10.15275/annaritmol.2013.1.5>

23. Skadberg, Ø., Kleiven, Ø., Ørn, S., Bjørkavoll-Bergseth, M. F., Melberg, T. H., Omland, T., & Aakre, K. M. (2018). The cardiac troponin response following physical exercise in relation to biomarker criteria for acute myocardial infarction; the North Sea Race Endurance Exercise Study (NEEDED) 2013. *Clinica Chimica Acta*, 479, 155-159. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.01.033>

24. Beatty, A. L., Ku, I. A., Christenson, R. H., DeFilippi, C. R., Schiller, N. B., & Whooley, M. A. (2013). High-sensitivity cardiac troponin T levels and secondary events in outpatients with coronary heart disease from the Heart and Soul Study. *JAMA internal medicine*, 173(9), 763-769. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2013.116>

25. Park, K. C., Gaze, D. C., Collinson, P. O., & Marber, M. S. (2017). Cardiac troponins: from myocardial infarction to chronic disease. *Cardiovascular research*, 113(14), 1708-1718. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvx183>

26. van der Linden, N., Klinkenberg, L. J., Bekers, O., van Loon, L. J., van Dieijen-Visser, M. P., Zeegers, M. P., & Meex, S. J. (2016). Prognostic value of basal high-sensitive cardiac troponin levels on mortality in the general population: a meta-analysis. *Medicine*, 95(52), e5703. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005703>
27. Siegel, A. J., Sholar, M., Yang, J., Dhanak, E., & Lewandrowski, K. B. (1997). Elevated serum cardiac markers in asymptomatic marathon runners after competition: is the myocardium stunned? *Cardiology*, 88(6), 487-491. <https://doi.org/10.1159/000177396>
28. Chaulin, A. M., Grigoryeva, Y. V., & Duplyakov, D. V. (2020). Comorbidity of chronic obstructive pulmonary disease and cardiovascular diseases: general factors, pathophysiological mechanisms and clinical significance. *Journal of Clinical Practice*, 11(1), 112-121. (in Russian). <https://doi.org/10.17816/clinpract21218>
29. Möhlenkamp, S., Leineweber, K., Lehmann, N., Braun, S., Roggenbuck, U., Perrey, M., ... & Jöckel, K. H. (2014). Coronary atherosclerosis burden, but not transient troponin elevation, predicts long-term outcome in recreational marathon runners. *Basic research in cardiology*, 109(1), 391. <https://doi.org/10.1007/s00395-013-0391-8>
30. Aengevaeren, V. L., Hopman, M. T., Thompson, P. D., Bakker, E. A., George, K. P., Thijssen, D. H., & Eijssvogels, T. M. (2019). Exercise-induced cardiac troponin I increase and incident mortality and cardiovascular events. *Circulation*, 140(10), 804-814. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041627>
31. Kleiven, Ø., Omland, T., Skadberg, Ø., Melberg, T. H., Bjørkavoll-Bergseth, M. F., Auestad, B., ... & Ørn, S. (2019). Occult obstructive coronary artery disease is associated with prolonged cardiac troponin elevation following strenuous exercise. *European journal of preventive cardiology*, 2047487319852808. <https://doi.org/10.1177/2047487319852808>
32. Chaulin, A. M., Karslyan, L. S., Grigorieva, E. V., Nurbaltaeva, D. A., & Duplyakov, D. V. (2019). Metabolism of cardiac troponins (literature review). *Complex Issues of Cardiovascular Diseases*, 8(4), 103-115. (in Russian). <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2019-8-4-103-115>
33. Wu, A. H. (2017). Release of cardiac troponin from healthy and damaged myocardium. *Frontiers in Laboratory Medicine*, 1(3), 144-150. <https://doi.org/10.1016/j.flm.2017.09.003>
34. Solecki, K., Dupuy, A. M., Kuster, N., Leclercq, F., Gervasoni, R., Macia, J. C., ... & Pasquié, J. L. (2015). Kinetics of high-sensitivity cardiac troponin T or troponin I compared to creatine kinase in patients with revascularized acute myocardial infarction. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 53(5), 707-714. <https://doi.org/10.1515/cclm-2014-0475>
35. Chaulin, A. M., Karslyan, L. S., Nurbaltaeva, D. A., Grigoriyeva, E. V., & Duplyakov, D. V. (2019). Cardiac troponins metabolism under normal and pathological conditions. *Siberian Medical Review*, (6), 5-14. <https://doi.org/10.20333/2500136-2019-6-5-14>
36. Yoshida, K., Yui, Y., Kimata, A., Koda, N., Kato, J., Baba, M., ... & Sekiguchi, Y. (2014). Troponin elevation after radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: relevance to AF substrate, procedural outcomes, and reverse structural remodeling. *Heart rhythm*, 11(8), 1336-1342. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.04.015>
37. Starnberg, K., Jeppsson, A., Lindahl, B., & Hammarsten, O. (2014). Revision of the troponin T release mechanism from damaged human myocardium. *Clinical chemistry*, 60(8), 1098-1104. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2013.217943>
38. Shave, R., & Oxborough, D. (2012). Exercise-induced cardiac injury: evidence from novel imaging techniques and highly sensitive cardiac troponin assays. *Progress in cardiovascular diseases*, 54(5), 407-415. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2012.01.007>

39. Schwartz, P., Piper, H. M., Spahr, R., & Spieckermann, P. G. (1984). Ultrastructure of cultured adult myocardial cells during anoxia and reoxygenation. *The American journal of pathology*, 115(3), 349. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc1900509/>

40. Aggarwal, R., Lebiedz-Odrobina, D., Sinha, A., Manadan, A., & Case, J. P. (2009). Serum cardiac troponin T, but not troponin I, is elevated in idiopathic inflammatory myopathies. *The Journal of rheumatology*, 36(12), 2711-2714. <https://doi.org/10.3899/jrheum.090562>

41. Schmid, J., Birner-Gruenberger, R., Liesinger, L., Stojakovic, T., Scharnagl, H., Dieplinger, B., ... & Szolar, D. (2017). Elevated cardiac troponin T but not troponin I in patients with skeletal muscle disease. *European Heart Journal*, 38(suppl_1). <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx502.P2612>

Работа поступила
в редакцию 29.05.2020 г.

Принята к публикации
05.06.2020 г.

Ссылка для цитирования:

Чаулин А. М., Григорьева Ю. В., Суворова Г. Н. Влияние физических нагрузок на уровни сердечных тропонинов (обзор литературы) // Бюллетень науки и практики. 2020. Т. 6. №7. С. 107-117. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/56/12>

Cite as (APA):

Chaulin, A., Grigoryeva, Ju., & Suvorova, G. (2020). Influence of Physical Activity on the Level of Cardiac Troponins (Literature Review). *Bulletin of Science and Practice*, 6(7), 107-117. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/56/12>