



Риск внезапной сердечной смерти у занимающихся силовыми нагрузками

Смирнова А. Д., Новицкий А. В., Шмойлова А. С., Шварц Ю. Г.

Физическая активность является общепризнанным средством первичной и вторичной профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, но в ряде случаев может быть фактором риска развития сердечно-сосудистых осложнений, в т.ч. внезапной сердечной смерти (ВСС). В большинстве исследований анализируется взаимосвязь сердечно-сосудистых катастроф с объемами и общими направлениями физических упражнений, к тому же значительная часть рекомендаций и работ посвящена эффектам аэробных нагрузок, в то время как значение анаэробных упражнений остается дискуссионным. В обзоре анализируются работы, посвященные влиянию силовых нагрузок, таких как тяжелая атлетика, бодибилдинг, пауэрлифтинг и др., на состояние сердечно-сосудистой системы, а также их связь с ВСС и других сердечно-сосудистых событий. Дизайн и контингент анализируемых статей не позволили корректно провести их систематизацию, в этой связи обзор носит в большей мере аналитический характер.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, внезапная сердечная смерть, артериальная гипертензия, гипертрофия левого желудочка, спорт, силовые тренировки.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБОУ ВО Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского Минздрава России, Саратов, Россия.

Risk of sudden cardiac death in strength training

Smirnova A. D., Novitsky A. V., Shmoilova A. S., Shvarts Yu. G.

Physical activity is a generally accepted means of primary and secondary prevention of cardiovascular diseases, but in some cases, it can be a risk factor for cardiovascular events, including sudden cardiac death (SCD). Most studies analyze the relationship of cardiovascular events with the volume and general directions of exercise. Besides, a significant part of the guidelines and studies are devoted to the effects of aerobic exercise, while the importance of anaerobic exercise remains controversial. The review analyzes works devoted to the influence of strength training, such as weightlifting, bodybuilding, powerlifting, etc., on the cardiovascular system, as well as their relationship with SCD and other cardiovascular events. The design and contingent of the analyzed papers did not allow them to be systematized correctly. Therefore, the review is largely analytical in nature.

Keywords: cardiovascular diseases, sudden cardiac death, hypertension, left ventricular hypertrophy, sports, strength training.

Регулярные физические упражнения помогают не только улучшить общее состояние здоровья, но и являются средством профилактики и лечения многих заболеваний. Постоянная и адекватная физическая активность улучшает когнитивные функции, снижает риск преждевременной смерти от сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта, диабета второго типа, некоторых форм рака, и, соответственно, улучшает качество жизни. Считается, что в среднем взрослый человек должен уделять аэробным нагрузкам не ме-

Смирнова А. Д.* — студентка 6 курса специальности лечебное дело, ORCID: 0000-0001-9898-5458, Новицкий А. В. — ординатор 2 года специальности терапия, ORCID: 0000-0002-8587-5484, Шмойлова А. С. — ассистент кафедры факультетской терапии лечебного факультета, ORCID: 0000-0002-7600-5655, Шварц Ю. Г. — д.м.н., профессор, зав. кафедрой факультетской терапии лечебного факультета, ORCID: 0000-0002-5205-7311.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): smirnovaald@yandex.ru

АГ — артериальная гипертензия, АД — артериальное давление, ВСС — внезапная сердечная смерть, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ЛЖ — левый желудочек, ССС — сердечно-сосудистая система, ФР — фактор риска, ЭКГ — электрокардиография.

Рукопись получена 04.03.2021

Рецензия получена 14.04.2021

Принята к публикации 02.11.2021



Для цитирования: Смирнова А. Д., Новицкий А. В., Шмойлова А. С., Шварц Ю. Г. Риск внезапной сердечной смерти у занимающихся силовыми нагрузками. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(S4):4394. doi:10.15829/1560-4071-2021-4394

Relationships and Activities: none.

V.I. Razumovsky Saratov State Medical University, Saratov, Russia.

Smirnova A. D.* ORCID: 0000-0001-9898-5458, Novitsky A. V. ORCID: 0000-0002-8587-5484, Shmoilova A. S. ORCID: 0000-0002-7600-5655, Shvarts Yu. G. ORCID: 0000-0002-5205-7311.

*Corresponding author: smirnovaald@yandex.ru

Received: 04.03.2021 **Revision Received:** 14.04.2021 **Accepted:** 02.11.2021

For citation: Smirnova A. D., Novitsky A. V., Shmoilova A. S., Shvarts Yu. G. Risk of sudden cardiac death in strength training. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(S4):4394. (In Russ.) doi:10.15829/1560-4071-2021-4394

нее 150 мин в нед. и 2 дня и более отводить на укрепление мышечной системы [1].

Однако профессиональные спортсмены нередко доводят объем и интенсивность тренировок до предела с целью улучшения своих показателей. Несоблюдение баланса между нагрузкой и реабилитацией приводит к дезадаптации, что, в свою очередь, увеличивает риск возникновения различных заболеваний и травм [2, 3]. Одним из таких последствий может быть внезапная сердечная смерть (ВСС). По

разным оценкам частота ВСС колеблется от 1 на 100 тыс. до 1 на 5 тыс. спортсменов за год [4].

В этом аспекте в основном анализируются преимущества и риски аэробных нагрузок, однако аэробные упражнения становятся не менее популярными в наши дни. В этом обзоре особое внимание будет уделяться проблеме ВСС среди лиц, занимающихся силовыми нагрузками. К ним относятся такие виды спорта, как тяжелая атлетика, пауэрлифтинг, бокс, бодибилдинг, и некоторые другие [4, 5]. Необходимо также отметить, что значительный процент ВСС, особенно у немолодых спортсменов, обусловлен острой коронарной недостаточностью [6]. В этой связи основные факторы риска (ФР) коронарной болезни сердца нами будут рассматриваться в т.ч. как ФР ВСС у спортсменов.

Целью данного обзора является анализ вероятных факторов и маркеров риска ВСС среди спортсменов, занимающихся тренировками с отягощением, а также возможных взаимосвязей силовых нагрузок с вероятностью ВСС и/или острой коронарной недостаточностью.

В базах данных PubMed, Scopus, eLibrary был проведен поисковый запрос по следующим ключевым словам: “внезапная сердечная смерть у спортсменов”, “силовые нагрузки”, “нагрузки с сопротивлением”, “артериальная гипертензия у атлетов”, “гипертрофия левого желудочка у спортсменов”, в то время как для англоязычных публикаций использовались такие сочетания, как “sudden cardiac death in athletes”, “resistance training and blood pressure”, “resistance training and arterial hypertension”, “sudden cardiac arrest in athletes”, “athletes and left ventricular hypertrophy”, включены результаты поиска с 1998 по 2021г. По результатам поиска было найдено 2820 статей, из которых было отобрано 326 публикаций, которые включали в себя полнотекстовые материалы и имели связь с заданной темой. Впоследствии было отобрано 48 статей, которые включали в себя данные, касающиеся конкретных силовых нагрузок, оценивающие ФР и маркеры различных сердечно-сосудистых катастроф. Дизайн и контингент указанных статей не позволили использовать статистические методы для эффективного объединения данных, в этой связи обзор носит в большей мере аналитический характер.

ВСС, механизмы и ФР

ВСС определяется как неожиданная смерть из-за сердечной причины, возникшая в течение часа после начала клинических симптомов. В 50% случаев летальный исход происходит у людей без установленной патологии [7, 8]. Оценка распространенности проблемы ВСС крайне затруднена в связи с ограниченными данными по этой теме. В эпидемиологических исследованиях ВСС у спортсме-

нов наибольшая частота этого явления фиксируется у представителей циклических видов спорта, футбола и т.п. [9]. Силовые виды спорта, как правило, либо не упоминаются вообще, либо не выделяются именно спортсмены, а анализируются лица, посещающие тренажерные залы. В целом из опубликованных исследований на эту тему можно сделать два заключения: силовые нагрузки не являются лидером по риску возникновения ВСС, проблема ВСС среди спортсменов, тренирующихся с сопротивлением, изучена крайне недостаточно.

Что касается патофизиологии, то, как известно, ВСС ассоциируется с наличием аритмогенного субстрата и возникновением, как правило, желудочковых тахикардий. Помимо самого субстрата необходимо наличие провоцирующих факторов, при этом возникает так называемый “идеальный шторм” — взаимодействие субстрата и триггера [10].

У молодых людей ВСС чаще возникает на фоне генетических и врожденных патологий, у людей старшего возраста — в 80% случаев на фоне хронических заболеваний. Однако установить конкретную причину зачастую бывает трудно у спортсменов всех возрастных групп, т.к. многие люди старшего возраста имеют не одну патологию сердечно-сосудистой системы (ССС), а заболевания у молодых лиц часто не имеют никаких структурных проявлений, в связи с чем не верифицируются даже при аутопсии [4, 7]. Наиболее частыми причинами у молодых спортсменов могут быть кардиомиопатии и каналопатии, диагностика которых может быть нередко затруднена [10, 11]. Наличие дополнительных предсердно-желудочковых соединений и нарушений проводимости в основном наследственно обусловлены, достаточно легко диагностируется, по поводу занятий спортом на фоне данных нарушений есть четкие рекомендации [4].

Довольно часто непосредственным пусковым механизмом ВСС является возникновение желудочковых тахикардий. Согласно европейским рекомендациям по ведению пациентов с желудочковыми аритмиями упоминается только один вид спорта, который необходимо избегать при постановке диагноза — профессиональное плавание. По данным Mert KU, et al. (2018) желудочковые тахикардии чаще встречаются у бодибилдеров, чем у людей из контрольной группы, не занимающихся спортом, но данное исследование ограничено количеством участников (n=35) и их молодым возрастом [12].

В группе немолодых спортсменов одной из частых причин фатальных желудочковых тахикардий является ишемическая болезнь сердца (ИБС), в частности острый коронарный синдром. Говоря об этом заболевании, стоит уточнить, что данная патология также хорошо может выявляться при своевременном скрининге [13], и в этом плане важно следовать при-

нятым клиническим рекомендациям [5, 13] и предложениям ведущих экспертов.

Если рассматривать особенности субстрата, зависящие от вида спорта, то целесообразно выделить те моменты, которые в значительной мере зависят от специфики нагрузки и в меньшей — от врожденных нарушений, являющихся общей проблемой для всех спортсменов. Обобщая, можно выделить две модифицируемые причины ВСС: ремоделирование миокарда и его ишемию. Очевидно, удельный вес этих факторов у спортсменов разных возрастов и в зависимости от вида спорта будет отличаться [14, 15].

Провоцирующим фактором может служить любое событие, которое повышает нагрузку на ССС, в т.ч. и физическая активность. При занятиях спортом часто имеет место комбинация различных видов провоцирующих факторов: физический и эмоциональный стресс, водно-электролитные сдвиги, прием фармакологических препаратов и т.п. Важно также оценивать соответствие подготовленности спортсмена и интенсивности нагрузок [4, 6]. Все эти факторы вполне характерны для силовых видов спорта, особенно при подготовке к соревнованиям и во время оных.

Силовые нагрузки и ФР ВСС

Принято выделять две основных группы физических нагрузок: динамические (аэробные, упражнения на выносливость) и силовые (анаэробные, тренировки с сопротивлением) [11].

Силовые нагрузки заставляют мышцы работать против приложенной силы, в качестве которой часто выступают различные тяжелые предметы, либо собственный вес спортсмена. Во время таких тренировок преобладают процессы анаэробного гликолиза [11, 16]. Важно проанализировать особенности влияния таких нагрузок на гипертрофию миокарда с учетом способствующих этому факторов, в особенности артериальную гипертензию (АГ), а также на риск развития острой коронарной недостаточности. Последнее больше относится к спортсменам-ветеранам.

Тренировки с сопротивлением, как оказалось, оказывают положительное влияние на течение АГ [16]. По некоторым данным, такую нагрузку в качестве оздоровления можно использовать и дополнительно к аэробной 2-3 раза в нед., и в виде самостоятельных упражнений. При этом снижение артериального давления (АД) при силовых тренировках не уступает таковому при динамических нагрузках [16, 17]. По данным Neffernan KS, et al. (2013) помимо периферического АД явно снижается центральное аортальное давление у взрослых с высоким нормальным АД [18]. Исследование на животных показало, что снижение АД и улучшение сердечной функции происходит без гипертрофии сердечной мышцы, что может иметь терапевтическую значимость [19]. Следует отметить, что изменения АД непосредственно при

силовых тренировках изучены крайне недостаточно, не существует консенсуса о границах нормальной реакции АД на силовую нагрузку, в частности у лиц разного возраста. Не оценено значение чрезмерных отклонений АД в ответ на упражнения с сопротивлением в отношении риска сердечно-сосудистых катастроф, при этом вполне очевидно, что резкие колебания АД могут быть небезопасны, однако в целом данные литературы в большей мере свидетельствуют о позитивном влиянии силовых нагрузок на АД, что может косвенно указывать на уменьшение вероятности развития гипертрофии миокарда, одного из значимых ФР ВСС [20].

У лиц, занимающихся спортом, в ответ на упражнения развиваются структурные и функциональные изменения, которые принято называть “спортивным” сердцем. Согласно гипотезе Морганрота (1975), процессы ремоделирования сердца зависят от типа нагрузки: аэробные тренировки приводят к увеличению отделов сердца за счет увеличения конечного диастолического объема, а силовые тренировки приводят к утолщению миокарда [21]. Несмотря на распространенность данной гипотезы, существуют противоречивые ей данные, согласно которым толщина стенки левого желудочка (ЛЖ) больше у спортсменов, занимающихся упражнениями на выносливость, что, вероятно, связано с разной интенсивностью нагрузок, а также с ограниченным количеством исследований [22, 23]. В то же время многие данные подтверждают преобладание утолщения стенки ЛЖ при силовых нагрузках над дилатацией [24]. Согласно Spence AL, et al. (2011) исследование левых отделов сердца при помощи ядерно-магнитной резонансной томографии показало, что масса ЛЖ и толщина межжелудочковой перегородки увеличивается при аэробных нагрузках и не изменяется при силовых, а увеличение конечного диастолического объема значительно ниже при силовых тренировках, что подтверждает часть гипотезы Морганрота [25]. Исходя из этого, риск внезапной смерти у лиц, тренирующихся с сопротивлением, очевидно может быть ниже, чем у тренирующихся на выносливость.

Необходимо отметить, что гипертрофию миокарда при занятиях спортом необходимо дифференцировать с гипертрофической кардиомиопатией, которая является несомненным риском ВСС и может также встречаться у спортсменов. Для “спортивного” сердца характерно меньшее изменение толщины стенки, а также более равномерное утолщение всех отделов, критерии дифференциальной диагностики четко прописаны [26, 27].

Также важно подчеркнуть, что если гипертрофия миокарда не является обязательным признаком спортивного сердца, тем более у спортсмена, тренирующихся с сопротивлением, то выявление у конкретного атлета гипертрофии миокарда можно

считать неблагоприятным признаком, прогностическое значение которого, конечно же, нуждается в уточнении.

Что касается ИБС, то согласно Mogharnasi M, et al. (2017) силовые и динамические тренировки одинаково снижают уровень холестерина, что позволяет предположить позитивное влияние данных видов нагрузок на развитие ИБС [28]. Помимо этого, экспериментальная работа с моделированием инфаркта миокарда хирургическим путем показала, что силовые тренировки могут улучшать сердечную функцию и процессы восстановления [29].

К этому можно добавить, что дозированные силовые тренировки оказывают положительное влияние на течение сердечной недостаточности. Даже тренировка одной мышечной группы в течение продолжительного времени может улучшить переносимость физической нагрузки [30]. Влияние силовых нагрузок на качество жизни при патологии сердечной мышцы и течение болезни остается спорным и малоизученным [31].

Тем не менее очевидно, что ненормированные нагрузки вне зависимости от их типа повышают риск ВСС, поэтому атлеты должны внимательно относиться к своему уровню подготовки и интенсивности выполняемых упражнений [32]. С другой стороны, отсутствие физических нагрузок негативно сказывается на течении сердечно-сосудистых заболеваний, в т.ч. и риске острого коронарного синдрома и ВСС, даже при контроле других модифицируемых ФР [33].

Другим немаловажным ФР ВСС является прием анаболических стероидов [34]. Несмотря на то, что применение данных лекарственных средств запрещено в настоящее время на профессиональных соревнованиях, пока этот фактор исключить крайне затруднительно по различным причинам, особенно в силовых видах спорта, где требуется набор большой мышечной массы. Прием анаболических стероидов приводит к повышению АД, ремоделированию сердца и повышенному риску развития ИБС, что, в свою очередь, является ФР для развития ВСС [34, 35]. Проведенный иммуногистохимический анализ тканей сердца двух бодибилдеров, умерших после длительного приема стероидов, показал, что миоциты и эндотелиальные клетки претерпевают апоптоз, что и лежит в основе структурных изменений [36]. По данным D'Andrea A, et al. (2018) у бодибилдеров, принимающих анаболические стероиды, по сравнению с контрольной группой при проведении эхокардиографии наблюдалось более выраженное ремоделирование левого предсердия, связанное со снижением функциональных возможностей при физических нагрузках [37]. Согласно Barbosa Neto O, et al. (2018), у спортсменов, принимающих анаболические стероиды, помимо повышенного АД наблюдалось удлинение интервала QT в сердце по сравнению

с группой не принимающих стероиды, что очевидно может провоцировать ВСС [38]. Помимо этого, описан клинический случай, при котором прием стероидов привел к неишемической кардиомиопатии, что привело к снижению фракции выброса до 25-30% и отеку легких [39].

Следует отметить, что информация на данную тему ограничена количеством небольших когортных исследований и отсутствием крупномасштабных работ [40].

Можно констатировать, что на данном этапе механизмы адаптации ССС к силовым нагрузкам, в т.ч. и в контексте риска ВСС, мало изучены и требуют дальнейшего исследования [41].

Методы определения риска ВСС и занятия спортом

Основными задачами таких методов является выявление специфических нарушений проведения и ритма, гипертрофии миокарда, а также доклиническая диагностика коронарного атеросклероза.

Говоря о методах определения риска ВСС, в первую очередь стоит отметить электрокардиографию (ЭКГ), которая является общедоступным методом, легко применяемым для скрининга различных патологий ССС. Крайне важным является выявление известных маркеров риска ВСС на ЭКГ при допуске к занятиям спортом и контроле за занимающимися. К таким маркерам относятся удлинение интервала QT, продолжительность QRS, фрагментированные комплексы QRS, укороченный PQ и ранняя реполяризация, вариабельность и турбулентность сердечного ритма, изменения зубца Т и др. [42].

Как уже упоминалось, одним из состояний, приводящим к ВСС, является синдром удлиненного интервала QT. Диагностика данной патологии вызывает трудности, т.к. сама тренировка может привести к удлинению интервала QT, а брадикардия, наблюдаемая у спортсменов, может затруднить корректную оценку ЭКГ. Причиной удлинения может служить формирование “спортивного” сердца [43].

В современной литературе вышеуказанные изменения в основном описаны для спортсменов, занимающихся аэробной нагрузкой, у которых также наблюдается более выраженная гипертрофия ЛЖ. Наличие ЭКГ-признаков гипертрофии ЛЖ, таких как увеличение вольтажа зубцов R и нарушений реполяризации, ассоциируется с повышенным риском ВСС [42]. Tischer SG, et al. (2018) предполагают, что по большей части именно аэробные нагрузки влияют на реполяризацию, которую обнаруживают по зубцу Т на ЭКГ [44]. В отношении тренирующихся с сопротивлением достаточной информации в этом аспекте пока нет.

Кроме опасных желудочковых тахикардий, у спортсменов может чаще, чем у людей, ведущих неактив-

ный образ жизни, регистрироваться желудочковая экстрасистолия, что связано с ремоделированием сердца спортсмена. Тем не менее согласно Corrado D, et al. (2020) желудочковые экстрасистолы, возникающие (или сохраняющиеся) при высокой нагрузке и/или экстрасистолы, вызванные физической нагрузкой, могут сигнализировать об основном заболевании сердца и наличии аритмогенного субстрата, который в последствии может являться причиной ВСС [45].

В целом говорить об изменениях на ЭКГ в контексте ВСС именно у спортсменов, занимающихся силовой нагрузкой, представляется трудновыполнимым из-за недостаточного количества данных.

Очевидно, полезным является применение эхокардиографии, на которой можно обнаружить структурные изменения сердца, такие как гипертрофию миокарда, врожденные пороки и т.п. [22, 46]. Также изменения миокарда, связанные с риском ВСС, в т.ч. локальный фиброз, можно обнаружить при помощи ядерно-магнитной резонансной томографии [24].

Помимо инструментальных методов диагностики, Американская кардиологическая ассоциация предлагает использовать опросник (в рамках комплексного сбора анамнеза) и физическое обследование с целью выявления или возникновения подозрений на генетические и врожденные сердечно-сосудистые аномалии [47]. Также одним из наиболее простых и важных методов контроля эффективности и безопасности силовых тренировок является контроль АД непосредственно в течение тренировок и уточнение вариантов нормальной реакции на нагрузку, однако реакция организма в контексте АД отличается от таковой при аэробных упражнениях, что требует дальнейших исследований [16, 19].

Согласно «Национальным рекомендациям по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочному процессу» необходимо проводить скрининг с целью решения вопроса о допуске к занятиям спортом, в который должны входить анализ анамнеза, осмотра и регистрация поверхностной ЭКГ в 12 отведениях, а при выявлении каких-либо отклонений, не связанных с тренировочным процессом — углубленное медицинское обследование [48]. При этом стоит отметить, что указанные методы, как и ЭКГ с нагрузкой, обладают очень ограниченной диагностической и предсказательной ценностью и полностью не решают проблемы скрининга.

Для молодых людей, которые имеют более высокий риск ВСС и относительно понятный механизм

ее возникновения, часть экспертов считает полезным проведение компьютерной коронарографии, однако доступность этого метода пока не слишком велика [4, 12]. Основной же проблемой остается отсутствие какого-либо квалифицированного скрининга в значительном большинстве случаев при занятиях спортом, в т.ч. и силовыми его видами.

Следует также обратить внимание на то, что в настоящее время силовые нагрузки активно набирают свою популярность, и отсутствие надлежащего медицинского сопровождения может приводить к таким неблагоприятным последствиям, как сердечно-сосудистые катастрофы, в т.ч. и ВСС.

Заключение

На данном этапе изучения проблемы очевидно, что силовые нагрузки не входят в группу лидеров среди видов спорта, провоцирующих ВСС. Кроме известных наследственных факторов, предрасполагающих к ВСС, таких как каналопатии, нарушения проводимости и кардиомиопатия, актуальными для спортсменов, тренирующихся с отягощениями, могут являться гипертрофия миокарда и коронарная недостаточность. В настоящее время можно полагать, что силовые тренировки позитивно влияют на течение АГ, сердечной недостаточности и ИБС, возможно имея даже некоторые преимущества перед циклическими нагрузками. Последнее касается и такого весомого ФР ВСС, как гипертрофия ЛЖ. Также в настоящее время для всех спортсменов предлагают различные методы диагностики состояний, угрожающих ВСС, в частности для молодых лиц это компьютерная томография коронарных сосудов, однако по различным причинам не все спортсмены имеют доступ к полноценному медицинскому скринингу, что может приводить к несвоевременной постановке диагноза и соответствующим осложнениям — ВСС и острой коронарной недостаточности.

Таким образом, место силовых нагрузок в структуре ФР сердечно-сосудистых заболеваний и ВСС остается неуточненным, в первую очередь из-за ограниченного числа исследований. Остается также очевидным, что неадекватные по интенсивности силовые упражнения, прием анаболических стероидов атлетами, а также неконтролируемые сопутствующие и врожденные заболевания могут привести к неблагоприятным последствиям, в т.ч. и к ВСС.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Lee DC, Pate RR, Lavie CJ, et al. Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk (published correction appears in *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(14):1537). *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(5):472-81. doi:10.1016/j.jacc.2014.04.058.
- Soligard T, Schwelunus M, Alonso JM, et al. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1030-41. doi:10.1136/bjsports-2016-096581.
- Schwelunus M, Soligard T, Alonso JM, et al. How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med*. 2016;50(17):1043-52. doi:10.1136/bjsports-2016-096572.
- 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. doi:10.1093/eurheartj/ehaa605.
- Morin DP, Homoud MK, Estes NAM 3rd. Prediction and Prevention of Sudden Cardiac Death. *Card Electrophysiol Clin*. 2017;9(4):631-8. doi:10.1016/j.ccep.2017.07.012.
- Marjon E, Tafflet M, Celermajer DS, et al. Sports-related sudden death in the general population. *Circulation*. 2011;124:672-81. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.110.008979.
- Priori SG, Blomström-Lundqvist C, Mazzanti A, et al. 2015 ESC Guidelines for the Management of Patients With Ventricular Arrhythmias and the Prevention of Sudden Cardiac Death. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2016;69(2):176. doi:10.1016/j.rec.2016.01.001.
- Casa DJ, Stearns RL. Preventing Sudden Death in Sport & Physical Activity. Jones & Bartlett Learning, 2016. ISBN: 9781284077360.
- Bennie JA, De Cocker K, Teychenne MJ, et al. The epidemiology of aerobic physical activity and muscle-strengthening activity guideline adherence among 383,928 U.S. adults. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2019;16(1):34. doi:10.1186/s12966-019-0797-2.
- McElwee SK, Velasco A, Doppalapudi H. Mechanisms of sudden cardiac death. *J Nucl Cardiol*. 2016;23(6):1368-79. doi:10.1007/s12350-016-0600-6.
- Piercy KL, Troiano RP, Ballard RM, et al. The Physical Activity Guidelines for Americans. *JAMA*. 2018;320(19):2020-8. doi:10.1001/jama.2018.14854.
- Mert KU, İlgü S, Mert GÖ, et al. Noninvasive predictors of cardiac arrhythmias in bodybuilders. *Rev Port Cardiol*. 2018;37(8):693-701. doi:10.1016/j.repc.2018.01.010.
- Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020;41(3):407-77. doi:10.1093/eurheartj/ehz425.
- El-Sherif N, Boutjdir M, Turitto G. Sudden Cardiac Death in Ischemic Heart Disease: Pathophysiology and Risk Stratification. *Card Electrophysiol Clin*. 2017;9(4):681-91. doi:10.1016/j.ccep.2017.08.003.
- Malhotra S, Canty JM Jr. Structural and Physiological Imaging to Predict the Risk of Lethal Ventricular Arrhythmias and Sudden Death. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(10):2049-64. doi:10.1016/j.jcmg.2019.05.034.
- MacDonald HV, Johnson BT, Huedo-Medina TB, et al. Dynamic Resistance Training as Stand-Alone Antihypertensive Lifestyle Therapy: A Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(10):e003231. doi:10.1161/JAHA.116.003231.
- Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension (published correction appears in *Eur Heart J*. 2019;40(5):475). *Eur Heart J*. 2018;39(33):3021-104. doi:10.1093/eurheartj/ehy339.
- Heffernan KS, Yoon ES, Sharmar JE, et al. Resistance exercise training reduces arterial reservoir pressure in older adults with prehypertension and hypertension. *Hypertens Res*. 2013;36(5):422-7. doi:10.1038/hr.2012.198.
- Perilhão MS, Krause Neto W, da Silva AA, et al. Linear periodization of strength training in blocks attenuates hypertension and diastolic dysfunction with normalization of myocardial collagen content in spontaneously hypertensive rats. *J Hypertens*. 2020;38(1):73-81. doi:10.1097/HJH.0000000000002188.
- Niebauer J, Börjesson M, Carre F, et al. Recommendations for participation in competitive sports of athletes with arterial hypertension: a position statement from the sports cardiology section of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *Eur Heart J*. 2018;39(40):3664-71. doi:10.1093/eurheartj/ehy511.
- Grazioli G, Sanz M, Montserrat S, et al. Echocardiography in the evaluation of athletes. *F1000Res*. 2015;4:151. doi:10.12688/f1000research.6595.1.
- Naylor LH, George K, O'Driscoll G, Green DJ. The athlete's heart: a contemporary appraisal of the 'Morganroth hypothesis'. *Sports Med*. 2008;38(1):69-90. doi:10.2165/00007256-200838010-00006.
- Haykowsky MJ, Samuel TJ, Nelson MD, La Gerche A. Athlete's Heart: Is the Morganroth Hypothesis Obsolete? *Heart Lung Circ*. 2018;27(9):1037-41. doi:10.1016/j.hlc.2018.04.289.
- Utomi V, Oxborough D, Whyte GP, et al. Systematic review and meta-analysis of training mode, imaging modality and body size influences on the morphology and function of the male athlete's heart. *Heart*. 2013;99(23):1727-33. doi:10.1136/heartjnl-2012-303465.
- Spence AL, Naylor LH, Carter HH, et al. A prospective randomised longitudinal MRI study of left ventricular adaptation to endurance and resistance exercise training in humans. *J Physiol*. 2011;589(Pt 22):5443-52. doi:10.1113/jphysiol.2011.217125.
- Brosnan MJ, Rakhit D. Differentiating Athlete's Heart From Cardiomyopathies — The Left Side. *Heart Lung Circ*. 2018;27(9):1052-62. doi:10.1016/j.hlc.2018.04.297.
- Abuli M, de la Garza MS, Sitges M. Differentiating Athlete's Heart from Left Ventricle Cardiomyopathies. *J Cardiovasc Transl Res*. 2020;13(3):265-73. doi:10.1007/s12265-020-10021-8.
- Mogharnasi M, Cheragh-Birjandi K, Cheragh-Birjandi S, Taheri Chadorneshin H. The effects of resistance and endurance training on risk factors of vascular inflammation and atherogenesis in non-athlete men. *Interv Med Appl Sci*. 2017;9(4):185-90. doi:10.1556/1646.9.2017.36.
- Garza MA, Wason EA, Cruger JR, et al. Strength training attenuates post-infarct cardiac dysfunction and remodeling. *J Physiol Sci*. 2019;69(3):523-30. doi:10.1007/s12576-019-00672-x.
- Jankowska EA, Wegrzynowska K, Superlak M, et al. The 12-week progressive quadriceps resistance training improves muscle strength, exercise capacity and quality of life in patients with stable chronic heart failure. *Int J Cardiol*. 2008;130(1):36-43. doi:10.1016/j.ijcard.2007.07.158.
- Hwang CL, Chien CL, Wu YT. Resistance training increases 6-minute walk distance in people with chronic heart failure: a systematic review. *J Physiother*. 2010;56(2):87-96. doi:10.1016/s1836-9553(10)70038-2.
- Sharma S, Merghani A, Mont L. Exercise and the heart: the good, the bad, and the ugly. *Eur Heart J*. 2015;36(23):1445-53. doi:10.1093/eurheartj/ehv090.
- Stewart RAH, Held C, Hadziosmanovic N, et al. Physical Activity and Mortality in Patients With Stable Coronary Heart Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70(14):1689-700. doi:10.1016/j.jacc.2017.08.017.
- Junior JFCR, Silva AS, Cardoso GA, et al. Androgenic-anabolic steroids inhibited post-exercise hypotension: a case control study. *Braz J Phys Ther*. 2018;22(1):77-81. doi:10.1016/j.bjpt.2017.07.001.
- Sullivan ML, Martinez CM, Gennis P, Gallagher EJ. The cardiac toxicity of anabolic steroids. *Prog Cardiovasc Dis*. 1998;41(1):1-15. doi:10.1016/s0033-0620(98)80019-4.
- Cecchi R, Muciaccia B, Ciallotta C, et al. Ventricular androgenic-anabolic steroid-related remodeling: an immunohistochemical study. *Int J Legal Med*. 2017;131(6):1589-95. doi:10.1007/s00414-017-1589-3.
- D'Andrea A, Radmilovic J, Caselli S, et al. Left atrial myocardial dysfunction after chronic abuse of anabolic androgenic steroids: a speckle tracking echocardiography analysis (published correction appears in *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018). *Int J Cardiovasc Imaging*. 2018;34(10):1549-59. doi:10.1007/s10554-018-1370-9.
- Barbosa Neto O, da Mota GR, De Sordi CC, et al. Long-term anabolic steroids in male bodybuilders induce cardiovascular structural and autonomic abnormalities. *Clin Auton Res*. 2018;28(2):231-44. doi:10.1007/s10286-017-0470-2.
- Garner O, Iardino A, Ramirez A, Yakoby M. Cardiomyopathy induced by anabolic-androgenic steroid abuse. *BMJ Case Rep*. 2018;2018:bcr2017223891. doi:10.1136/bcr-2017-223891.
- Angell P, Chester N, Green D, et al. Anabolic steroids and cardiovascular risk. *Sports Med*. 2012;42(2):119-34. doi:10.2165/11598060-000000000-00000.
- Melo SFS, da Silva Júnior ND, Barauna VG, Oliveira EM. Cardiovascular Adaptations Induced by Resistance Training in Animal Models. *Int J Med Sci*. 2018;15(4):403-10. doi:10.7150/ijms.23150.
- Abdelghani SA, Rosenthal TM, Morin DP. Surface Electrocardiogram Predictors of Sudden Cardiac Arrest. *Ochsner J*. 2016;16(3):280-9.
- Saarel EV, Law I, Berul CI, et al. Safety of Sports for Young Patients With Implantable Cardioverter-Defibrillators: Long-Term Results of the Multinational ICD Sports Registry. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2018;11(11):e006305. doi:10.1161/CIRCEP.118.006305.
- Tischer SG, Graff C, Ellervik C, et al. Influence of type of sport on cardiac repolarization assessed by electrocardiographic T-wave morphology combination score. *J Electrocardiol*. 2018;51(2):296-302. doi:10.1016/j.jelectrocard.2017.09.010.
- Corrado D, Drezner JA, D'Ascenzi F, Zorzi A. How to evaluate premature ventricular beats in the athlete: critical review and proposal of a diagnostic algorithm. *Br J Sports Med*. 2020;54(19):1142-8. doi:10.1136/bjsports-2018-100529.
- Barbier J, Ville N, Kervio G, et al. Sports-specific features of athlete's heart and their relation to echocardiographic parameters. *Herz*. 2006;31(6):531-43. doi:10.1007/s00059-006-2862-2.
- Maron BJ, Levine BD, Washington RL, et al. Eligibility and Disqualification Recommendations for Competitive Athletes With Cardiovascular Abnormalities: Task Force 2: Preparticipation Screening for Cardiovascular Disease in Competitive Athletes: A Scientific Statement From the American Heart Association and American College of Cardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(21):2356-61. doi:10.1016/j.jacc.2015.09.034.
- Boytsov SA, Kolos IP, Lidov PI, Smolensky AV. National recommendations on the admission of athletes with deviations from the cardiovascular system to the training and competitive process. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology*. 2011;7(6):4-60. (In Russ.) Бойцов С.А., Колос И.П., Лидов П.И., Смоленский А.В. Национальные рекомендации по допуску спортсменов с отклонениями со стороны сердечно-сосудистой системы к тренировочно-соревновательному процессу. Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии. 2011;7(6):4-60.