

Юнисова А.С., Смоленский А.В.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ИНТЕРВАЛА QT И РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ СПОРТИВНОГО СЕРДЦА

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, 105122, Москва, Россия

В настоящий момент большой интерес представляет профилактика внезапной сердечной смерти у спортсменов. На данный момент накоплено большое количество литературных данных о взаимосвязи длины интервала QT и проаритмогенного потенциала миокарда. Однако в последние годы появились новые потенциальные предикторы возникновения фатальных аритмий у спортсменов — увеличение дисперсии интервала QT, а также краткосрочная вариабельность реполяризации. В данном обзоре представлены подробные данные о диагностике, распространенности, классификации, этиологии удлиненного QT как одного из проявлений дисперсии QT. Многообразие причин, приводящих к синдрому удлиненного интервала QT (LQTS), создает сложности в дифференциальной диагностике этого состояния, и в итоге LQTS часто остается за пределами внимания врачей, осуществляющих контроль за состоянием здоровья спортсменов. Также приведены результаты недавних исследований, посвященных изучению ремоделирования спортивного сердца.

Ключевые слова: интервал QT; внезапная сердечная смерть; спортсмены.

Для цитирования: Юнисова А.С., Смоленский А.В. Вариабельность интервала QT и ремоделирование спортивного сердца. Клиническая медицина. 2022;100(7–8):377–381. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-7-8-377-381>

Для корреспонденции: Юнисова Алина Саидовна — e-mail: Yunisova.alina@yandex.ru

Yunisova A.S., Smolensky A.V.

QT INTERVAL VARIABILITY AND ATHLETE'S HEART REMODELLING

Russian State University of Physical Education, Sports, Youth and Tourism, 105122, Moscow, Russia

At present, the prevention of sudden cardiac death in athletes is of great interest. A large amount of literature data concerning the correlation between the length of the QT interval and the proarrhythmic potential of the myocardium has been accumulated. However, new potential predictors of the fatal arrhythmias occurrence in athletes have emerged in recent years — an increase in the dispersion of the QT interval, as well as short-term variability in repolarization. This review provides detailed data on the diagnosis, prevalence, classification, etiology of long QT as one of the manifestations of QT variance. The variety of causes leading to long QT syndrome (LQTS) causes difficulties in the differential diagnosis of this condition and, as a result, LQTS often remains outside the attention of practitioners. The data of recent studies of the athlete's heart remodelling are presented as well.

Key words: QT interval; sudden cardiac death; athletes.

For citation: Yunisova A.S., Smolensky A.V. QT interval variability and athlete's heart remodeling. *Klinicheskaya meditsina*. 2022; 100(7–8):377–381. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-7-8-377-381>

For correspondence: Alina S. Yunisova — e-mail: Yunisova.alina@yandex.ru

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 13.04.2022

В настоящее время остается актуальной проблема жизнеугрожающих аритмий в спорте и внезапной смерти (ВС), к которой она приводит. Так, с 1980 по 2006 г. зарегистрировано 1866 случаев ВС во время занятия спортом (по данным Американского регистра ВС молодых спортсменов) [1].

Одним из часто встречающихся состояний, приводящих к возникновению фатальных аритмий, является синдром удлиненного QT (LQTS) и его дисперсия. Дисперсия QT является маркером неоднородности, гетерогенности процессов реполяризации, которая в свою очередь представляется одним из механизмов развития желудочковых тахикардий [2, 3].

Только в 2% случаев на аутопсиях спортсменов после внезапной сердечной смерти (ВСС) отсутствовали видимые сердечно-сосудистые структурные изменения. Среди причин смерти в возрасте до 35 лет доминируют врожденные структурные аномалии сердца: гипертро-

фическая кардиомиопатия, аномалии развития коронарных артерий, аритмогенная дисплазия правого желудочка, различные формы гипертрофии миокарда левого желудочка, синдромы Марфана, Бругада, врожденные пороки сердца и проч. [4].

Интервал QT — отрезок электрокардиограммы (ЭКГ) от начала зубца Q до нисходящего колена зубца T к изолинии. Он отражает процессы деполяризации и реполяризации миокарда желудочков. Существует ряд причин, приводящих к удлинению интервала QT. К ним относятся наследственные факторы, ятрогенные причины (прием лекарственных препаратов), нарушения водно-электролитного баланса. Множество факторов, влияющих на продолжительность интервала QT, определяют значительные трудности в диагностике и профилактике этого состояния. Особо драматической является вероятность возникновения ВСС у спортсменов с удлиненным QT. В данном обзоре мы попытались обосновать важность

проведения скрининговой электрокардиографии у профессиональных спортсменов для ранней диагностики и профилактики удлинения QT .

Синдром удлиненного интервала QT является группой состояний, схожих по клинической картине, патогенезу, течению и прогнозу с электрокардиографическими проявлениями в виде различной степени удлинения интервала QT , приводящих к фатальным нарушениям сердечного ритма [5–7]. Основой удлинения интервала QT является асинхронность реполяризации участков миокарда желудочков и, как следствие, увеличение ее общей продолжительности [8, 9]. «Золотым стандартом» диагностики является регистрация ритма сердца в период возникновения симптомов, таких как потеря сознания или пресинкопальное состояние, холтеровское мониторирование в данном случае — один из основных методов обследования [10].

Подозрение на диагноз удлинения интервала QT основывается на данных ЭКГ (удлинение интервала QT , наличие эпизодов желудочковой тахикардии, альтернация T -волн и изменения морфологии T -волн — T -волна с широким основанием, зазубренные зубцы T в 3 отведениях) и семейном анамнезе. Также выделяют малые диагностические критерии: ранние желудочковые экстрасистолы и залпы полиморфной желудочковой тахикардии; эпизоды ригидной синусовой брадикардии с ЧСС менее 35 в минуту; паузы ритма более 3 с. Для каждого патологического состояния характерны специфические факторы риска, выявление которых и служит предметом клинико-электрофизиологических исследований. Разработаны алгоритмы прогнозирования жизнеугрожающих аритмий и внезапной смерти у спортсменов с LQTS, синдромом слабости синусового узла и желудочковыми аритмиями [10].

Поскольку QT изменяется в зависимости от частоты сердечных сокращений, существует несколько формул для корректировки интервала QT , наиболее часто в исследованиях, оценивающих LQTS, применяется формула Базетта — $QTc = QT / \sqrt{RR}$ — с использованием интервала RR , предшествующего измеренному интервалу QT [11].

Формула Базетта не вполне корректна. Отмечена тенденция к излишней корректировке при тахикардии и недостаточная корректировка при брадикардии. Согласно признанным в мировой практике рекомендациям мужчины со значением $QTc > 440$ мс и женщины со значением $QTc > 460$ мс считаются имеющими аномально удлиненный интервал QTc [12].

В качестве одного из надежных предикторов ВСС может выступать также увеличение дисперсии интервала QT (ΔQT), которая представляет собой разницу между максимальным и минимальным значениями длительности интервала QT в 12 стандартных отведениях ЭКГ: $\Delta QT = QT_{\max} - QT_{\min}$. При LQTS удлинение QT -интервала может стать причиной возникновения *torsade de pointes* — полиморфной пируэтной желудочковой тахикардии, которая может перейти в фибрилляцию желудочков и привести к внезапной сердечной смерти.

Эпизоды желудочковой тахикардии могут иметь кратковременный характер, клинически проявляясь слабостью, головокружением, и заканчиваться самостоятельно, но могут рецидивировать и переходить в фибрилляцию желудочков и заканчиваться внезапной сердечной смертью [13–15].

Причиной развития LQTS является нарушение функционирования ионных каналов, которое может быть как врожденным, так и приобретенным. На врожденный характер развития синдрома указывает наличие симптомов в семейном анамнезе. Некоторые мутации вызывают более тяжелые, другие — менее тяжелые формы заболевания [16].

В исследовании S. Basavarajiah и соавт. (2007) [16] средний интервал QTc у 2000 спортсменов составил 397 ± 28 мс и находился в диапазоне от 346 до 570 мс. При этом удлиненный интервал QTc имели семь человек — шесть мужчин и одна женщина. Средняя частота сердечных сокращений у этих семи спортсменов составляла 58 ударов в минуту (диапазон 47–68 ударов в минуту), а QTc составлял от 460 до 570 мс. Из семи спортсменов у троих исходное значение QTc составляло 500 мс. Все семь спортсменов были бессимптомными; никто из них не принимал регулярно лекарства, которые могли быть связаны с удлинением интервала QTc , и не имел семейного анамнеза врожденного LQTS, преждевременной внезапной сердечной смерти, необъявленных обмороков или эпилепсии. Ни у одного из спортсменов не было нейросенсорной глухоты.

В этом же исследовании во время теста с физической нагрузкой все спортсмены достигли не менее 90% от прогнозируемой для их возраста частоты сердечных сокращений. Ни у одного из спортсменов не было эпизодов полиморфной желудочковой тахикардии; однако у двух человек наблюдалось удлинение интервала QTc на начальных этапах тренировки и сразу после нее. У обоих спортсменов исходное значение QTc составляло 0,500 мс.

Из пяти спортсменов, прошедших генетическое тестирование, только один имел положительный генетический диагноз. У остальных четырех спортсменов генетический диагноз не подтвердился после скрининга на все известные мутации, способные вызывать LQT1-3.

Исследование S. Sharma и соавт. [17] показывает, что распространенность удлиненного интервала QTc у профессиональных спортсменов составляет 0,4%. Эта цифра не отличается от АВ-блокады второй степени типа Мобитц I, блуждающего кардиостимулятора предсердий и блокады правой ножки пучка Гиса, которые считаются нормальными вариантами у спортсменов.

Врожденная форма удлинения интервала QT сочетается с такими симптомами, как нейросенсорная тугоухость, глухонмота, пролапс митрального клапана, миопатия, воронкообразное искривление грудной клетки, грыжи, сколиоз.

Учитывая это, удлинение интервала QT , обнаруженное при обследовании спортсменов, стоит рассматривать как приобретенное. Вместе с этим целесообразно проведение всестороннего клинического обследования

спортсменов для выявления состояний, ассоциированных с LQTS. Распространенность удлиненного интервала QT у профессиональных спортсменов составляет 1:250 или 0,4%, хотя это не обязательно означает, что у этих спортсменов есть LQTS [16].

Как было показано, многие причины ВСС являются известными, но редко бывает достаточно одной причины, чтобы спровоцировать опасную для жизни аритмию. Внезапная сердечная смерть — это многофакторный процесс, и мы, скорее всего, имеем дело с вероятностным событием, при котором каждый из факторов риска определяет только небольшую часть многофакторного процесса.

Имеются данные о повышении дисперсии QT при патологическом ремоделировании сердца юных спортсменов. Есть исследования, указывающие на то, что увеличение дисперсии QT не связано с видом нагрузки (статическая или динамическая), а зависит от продолжительности спортивной деятельности [18]. В исследовании C. Lengyel и соавт. (Increased Short-Term Variability of the QT Interval in Professional Soccer Players: Possible Implications for Arrhythmia Prediction, 2011), в котором сравнивались параметры интервала QT и его дисперсия у сопоставимых по возрасту групп атлетов и добровольцев, продемонстрировано, что краткосрочная дисперсия времени реполяризации у атлетов ($n = 76$) была выше, чем у добровольцев, не занимавшихся спортом ($n = 76$) — $4,8 \pm 0,14$ против $3,5 \pm 0,10$ мс ($p < 0,001$). Также стоит отметить, что интервал QTc у спортсменов составил $419 \pm 3,1$ мс и был достоверно больше, чем в группе добровольцев — $390 \pm 3,6$ ($p < 0,001$). Таким образом, возможно обсуждать вопрос о взаимосвязи краткосрочной дисперсии времени реполяризации с риском ВСС у спортсменов.

В настоящее время проводятся работы по моделированию сердца спортсменов у лабораторных животных. Эти исследования также направлены на исследования изменений структуры миокарда, что может приводить к ВСС у спортсменов. Одна из недавних — исследование P. Kui и соавт. [19]. В этой работе сравнивался ряд электрофизиологических и структурных параметров сердца кроликов, разделенных на 2 группы: группу без тренировок и группу со значительной (12 нед. ежедневные занятия на беговой дорожке) физической нагрузкой. Особенностью этого исследования является представленный авторами анализ экспрессии генов COL3A1, MMP-2 и TIMP-1, ответственных за деградацию миокардиального внеклеточного матрикса и формирование фиброза (Brown R.D., Ambler S.K., Mitchell M.D., 2005). У кроликов «тренированной» группы экспрессия вышеперечисленных генов была значительно интенсивнее, чем у группы кроликов без нагрузки. Данный процесс определенно вносит вклад в формирование проаритмогенного потенциала миокарда. Полученные результаты можно экстраполировать на человеческую популяцию, в частности на сердечно-сосудистую систему атлетов, однако необходимы дальнейшие исследования в этой сфере.

Самыми частыми причинами возникновения приобретенного удлинения интервала QT являются прием лекарственных препаратов, электролитные нарушения, в том числе вызванные приемом лекарственных средств, алиментарные нарушения, интоксикации [24].

Прием препаратов, а также различные состояния могут становиться триггерами для приобретенного удлинения интервала QT в связи с наличием «мягких» мутаций генов, связанных с белками ионных каналов, и генов, влияющих на метаболизм лекарственных средств [8, 20–23].

Следует обратить внимание на то, что полипрагмазия увеличивает риск лекарственного взаимодействия, это в свою очередь может увеличить интервал QT и повысить риск развития жизнеугрожающих желудочковых аритмий. Взаимодействие препаратов может быть фармакодинамическим, при котором препараты блокируют калиевые каналы, или фармакокинетическим, когда один препарат влияет на выведение другого, или смешанным фармакодинамическим-фармакокинетическим [25].

Таким образом, информация о приеме лекарственных препаратов имеет большое значение для дифференциальной диагностики врожденных и приобретенных форм удлинения интервала QT .

Диагностика LQTS как правило носит ретроспективный характер — после эпизодов синкопе, остановки сердца или даже ВСС. Такие сердечные события могут провоцироваться физическими упражнениями, эмоциональным состоянием или возникать во время сна.

Итальянская программа предварительного отбора спортсменов из более 34 000 обследованных кандидатов дисквалифицировала 235 человек (0,69%) на основании выявления удлиненного интервала QTc (440 мс у мужчин и 460 мс у женщин) [26].

Результаты исследований могут быть интерпретированы как указывающие на более высокую распространенность LQTS у спортсменов по сравнению с другими расстройствами, как, например, гипертрофическая кардиомиопатия, обычно играющая особую роль в связанной с физическими упражнениями ВСС у спортсменов [27]. Если учесть тот факт, что до 40% людей с LQTS не будут идентифицированы на одной ЭКГ, распространенность LQTS может быть даже выше [28].

В исследовании не было возможности прокомментировать полезность генетического тестирования при оценке спортсменов с длинным интервалом QT , а также нельзя было использовать генотипирование для стратификации риска, поскольку двое из семи спортсменов отказались от теста и только один дал положительный результат на генетическое нарушение. Тем не менее результаты этого исследования убедительно доказывают, что значение QTc в 500 мс является диагностическим признаком LQTS у элитных спортсменов; последующее генотипирование может повлиять на принятие решения о продолжении занятий спортом [16].

LQTS — заболевание, сопряженное с высоким риском возникновения опасных жизнеугрожающих аритмий и внезапной смерти. До 33% детей в дебюте заболевания

имеют остановку сердца, а 18% — внезапную сердечную смерть [22], поэтому раннее выявление этого заболевания крайне актуально. Ежегодная частота ВСС при LQTS составляет от 0,9% (в отсутствие синкопе) до 5% (при наличии приступов потери сознания в анамнезе), причем более чем в половине случаев смерть наступает в возрасте до 20 лет [8].

В нашем исследовании при оценке дисперсии интервала QT и выявлении ее повышенного значения мы обнаружили статистически значимые различия в частоте встречаемости повышенной дисперсии QT у юных спортсменов с изменениями на стандартной ЭКГ покоя и у спортсменов с нормальной ЭКГ. Они составляют 61 и 2,5% соответственно, $p < 0,001$. Большая частота увеличения дисперсии QT выявлена у юных спортсменов с нарушениями процессов реполяризации на ЭКГ (57%), у спортсменов с экстрасистолией (100%), с выраженной брадиаритмией (33%).

Увеличение дисперсии интервала QT , отражающее гетерогенность процессов реполяризации, повышает вероятность развития у юных спортсменов нарушений ритма сердца и дисфункции синусового узла.

В настоящее время оценка дисперсии QT является одним из информативных, неинвазивных и достаточно простых методов, позволяющих оценить негетерогенность процессов реполяризации и выявить группы риска по развитию фатальных желудочковых аритмий [18].

Продолжаются исследования ремоделирования миокарда у спортсменов с использованием актуальной на данный момент методики измерения систолической функции миокарда — глобальной продольной деформации. В исследовании R. Sarikaya и соавт. [29] сравнивались геометрические и функциональные параметры ЛЖ группы спортсменов-баскетболистов ($n = 38$) и здоровых нетренированных добровольцев ($n = 40$). Было найдено, что у атлетов была достоверно большая дисперсия QT — $58,7 \pm 10,6$ (против $42,6 \pm 7,1$ в контрольной группе) ($p = 0,001$). Также атлеты имели больший конечно-диастолический и конечно-систолический объемы ЛЖ в сравнении с контрольной группой ($p = 0,009$ и $p = 0,005$ соответственно). Примечательно, что была выявлена взаимосвязь между показателем глобальной продольной деформации ЛЖ и величиной дисперсии QT и QTc ($p = 0,001$; $r = -0,804$, $p = 0,001$; $r = -0,764$ соответственно). Подобных корреляционных связей в группе добровольцев найдено не было. На данный момент недостаточно данных, чтобы охарактеризовать связь систолической функции миокарда спортсменов с дисперсией QT .

Выводы. Актуальность изучения синдрома удлиненного интервала QT определяется прежде всего доказанной связью с синкопальными состояниями и внезапной сердечной смертью, на что указывают результаты многочисленных исследований. Достижения в современном спорте предполагают значительное увеличение объема и интенсивности физических нагрузок, что в свою очередь создает предпосылку для возможной физической перегрузки (перенапряжения) спортсменов [30]. Следует отметить, что рациональное построение тренировочных

нагрузок для абсолютно здоровых спортсменов, подготовленных к их выполнению, не может быть причиной развития каких-либо осложнений. Одной из самых часто диагностируемых форм хронического перенапряжения сердечно-сосудистой системы у спортсменов является нарушение процессов реполяризации на ЭКГ. По мнению большинства исследователей, у высококвалифицированных спортсменов признаки хронического перенапряжения сердечно-сосудистой системы, сопровождающиеся изменениями ЭКГ и требующими углубленного кардиологического обследования, составляют до 40%, против 11,8% у лиц, занимающихся массовым спортом [10]. Суммируя вышесказанное, профилактика LQTS должна быть направлена на устранение модифицируемых факторов риска (прием определенных лекарственных средств, полипрагмазия), коррекцию тренировочного процесса. Также немаловажно проведение ЭКГ-скрининга у спортсменов, в том числе в динамике с целью выявления изменений интервала QT .

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Макаров Л.М. Внезапная смерть у молодых спортсменов. *Кардиология*. 2010;2:78–83. [Makarov L.M. Sudden death in young athletes. *Cardiology*. 2010;2:78–83. (In Russian)].
- Баум О.В., Попов Л.А., Волошин В.И., Муромцева Г.А. QT-Дисперсия в ортогональных системах отведений. *Вестник аритмологии*. 2002;26:49–56. [Baum O.V., Popov L.A., Voloshin V.I., Muromceva G.A. QT-Dispersion in Orthogonal Lead Systems. *Journal of Arrhythmology*. 2002;26:49–56. (In Russian)].
- Болдуева С.А., Ерчак Т.Я., Жук В.С. и др. Дисперсия интервала QT у больных в различные сроки инфаркта миокарда. *Вестник аритмологии*. 2001;22:34–37. [Boldueva S.A., Erchak T.Ya., Zhuk V.S. et al. Dispersion of the QT interval in patients at different times of myocardial infarction. *Journal of Arrhythmology*. 2001;22:34–37. (In Russian)].
- Аль-Обади И.С. Смоленский А.В. Генные маркеры как предикторы внезапной сердечной смерти в спорте. *Российский кардиологический журнал*. 2007 [Al'-Obadi I.S. Smolenskij A.V. Gene Markers as Predictors of Sudden Cardiac Death in Sports, *Russian Journal of Cardiology*. 2007. (In Russian)].
- Adler A., van der Werf C., Postema P.G., Rosso R., Bhuiyan Z.A., Kalman J.M. et al. The phenomenon of 'QT stunning': The abnormal QT prolongation provoked by standing persists even as the heart rate returns to normal in patients with long QT syndrome. *Heart Rhythm*. 2012;9(6):901–8.
- Border W.L., Benson D.W. Sudden infant death syndrome and long QT syndrome: the zealots versus the naysayers. *Heart Rhythm*. 2007;4(2):167–9.
- Viskin S., Postema P.G., Bhuiyan Z.A., Rosso R., Kalman J.M., Vohra J.K. et al. The response of the QT interval to the brief tachycardia provoked by standing: A bedside test for diagnosing long QT syndrome. *JACC*. 2010;55(18):1955–61.
- Moss A.J., Schwartz P.J., Crampton R.S. et al. The long QT syndrome. Prospective longitudinal study of 328 families. *Circulation*. 1991;84:1136–1144.
- Vatta M., Ackerman M.J., Ye B., Makielski J.C., Ughanze E.E., Taylor E.W. et al. Mutant caveolin-3 induces persistent late sodium current and is associated with long-QT syndrome. *Circulation*. 2006;114(20):2104–12.
- Смоленский А.В., Михайлова А.В. Спортивное сердце — мифы и реальность. *Медицина и спорт*. 2005. [Smolenskij A.V., Mihajlova A.V. Sports heart — myths and reality. *Medicine and sports*. 2005. (In Russian)].
- Bazett H.C. An analysis of time-relations of electrocardiograms. *Heart*. 1920;7:353–370.

12. Corrado D. et al. Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol, *Eur. Heart J.* 2005;26:516–524.
13. Ackerman M.J., Priori S.G., Willems S. et al. HRS/EHRA Expert Consensus Statement on the State of Genetic Testing for the Channelopathies and Cardiomyopathies: This document was developed as a partnership between the Heart Rhythm Society (HRS) and the European Heart Rhythm Association (EHRA). *J. Europace.* 2011;13(8):1077–1109. DOI: 10.1093/europace/eur245
14. Nakano Y., Shimizu W. Genetics of long-QT syndrome. *Journal of Human Genetics.* 2016;61(1):51–5. DOI: 10.1038/jhg.2015.74.
15. Michels G., Kochanek M., Pfister R. Life-threatening cardiac arrhythmias due to drug-induced QT prolongation. *Journal of Aug Medizinische Klinik — Intensivmedizin und Notfallmedizin.* 2016;111:302–309. DOI: 10.1007/s00063-015-0071-6
16. Basavarajiah S., Wilson M., Whyte G., Shah A., Behr E., Sharma S. Prevalence and significance of an isolated long QT interval in elite athletes. *Eur. Heart J.* 2007;28(23).
17. Sharma S., Whyte G., Elliott P., Padula M., Kaushal R., Mahon N., McKenna W.J. Electrocardiographic changes in 1000 highly trained junior elite athletes, *Br. J. Sports Med.* 1999;33:319–324.
18. Леонова Н.М., Коковина Г.Г., Михайлова А.В., Смоленский А.В. Дисперсия интервала QT и структурно-морфологические особенности сердца юных спортсменов. *Лечебная физкультура и спортивная медицина.* 2011. [Leonova N.M., Kokovina G.G., Mihajlova A.V., Smolenskij A.V. Dispersion of the QT interval and structural and morphological features of the heart of young athletes. *Therapeutic Exercise and Sports Medicine.* 2011. (In Russian)].
19. Kui P., Polyák A., Morvay N. et al. Long-term endurance exercise training alters repolarization in a new rabbit athlete's heart model. *Front Physiol.* 2021;12:741317. Published online 2022 Feb 14. DOI: 10.3389/fphys.2021.741317/
20. Roden D.M. Predicting drug-induced QT prolongation and torsades de pointes. *J. Physiology.* 2016;594(9):2459–68. DOI: 10.1113/JP270526
21. Newman D.B., Fidatussein S.S., Kashiwagi D.T. et al. Reversible cardiac dysfunction associated with hypocalcemia: a systematic review and meta-analysis of individual patient data. *J. Heart Failure Reviews.* 2014;19(2):199–205. DOI: 10.1007/s10741-013-9371-1
22. Turan S. Current nomenclature of pseudohypoparathyroidism: inactivating parathyroid hormone/parathyroid hormone-related protein signaling disorder. *J. Clin. Res. Pediatr. Endocrinol.* 2017;9(2):58–68. DOI: 10.4274/jcrpe.2017.s006
23. Mantovani G. Pseudohypoparathyroidism: Diagnosis and Treatment. *J. Clin. Endocrinol. Metabolism.* 2011;96(10):3020–3030. DOI: 10.1210/jc.2011-1048
24. Meyer T., Ruppert V., Karatolios K., Maisch B. Hereditary long QT syndrome due to autoimmune hypoparathyroidism in autoimmune polyendocrinopathy-candidiasis-ectodermal dystrophy syndrome. *J. Electrocardiol.* 2007;40(6):504–509.
25. Digby G.C., Riera A.R.P., Barros R.B., Simpson C.S., Redfearn D.P., Methot M., Femenia F., Baranchuk A. Acquired long QT interval: a case series of multifactorial qt prolongation. *Clin. Cardiol.* 2011;34(9):577–582.
26. Corrado D., Basso C., Pavei A., Michieli P., Schiavon M., Thiene G. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA.* 2006;296:1593–1601.
27. Corrado D., Basso C., Schiavon M., Thiene G. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. *N. Eng. J. Med.* 1998;339:364–369.
28. Napolitano C., Priori S.G., Schwartz P.J., Bloise R., Ronchetti E., Nastoli J., Bottelli G., Cerrone M., Leonardi S. Genetic testing in the long QT syndrome: development and validation of an efficient approach to genotyping in clinical practice. *JAMA.* 2005;294:2975.
29. Sarikaya R., Giray D. Athletes' heart: QTC dispersion and speckle tracking echocardiography. *East J. Med.* 2021;26(2):322–328. DOI: 10.5505/ejm.2021.28034
30. Михайлова А.В., Смоленский А.В. Перенапряжение сердечно-сосудистой системы у спортсменов: монография. М., Спорт, 2019. [Mihajlova A.V., Smolenskij A.V. Overstrain of the cardiovascular system in athletes: monograph. M., Sport, 2019. (In Russian)].

Поступила 13.04.2022

Информация об авторах/Information about the authors

Юнисова Алина Саидовна (Yunisova Alina S.) — аспирант кафедры спортивной медицины РГУФКСМиТ, <https://orcid.org/0000-0003-2861-6459>

Смоленский Андрей Вадимович (Smolensky Andrey V.) — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины РГУФКСМиТ