

УДК 796.01:616.1

<https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-09>

## Статус электрической нестабильности миокарда у высококвалифицированных спортсменов ациклических видов спорта

Л. Н. Цехмистро<sup>1</sup>, А. В. Фролов<sup>2</sup>, Э. К. Дерех<sup>1</sup>, Т. В. Емельянцева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет физической культуры, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Республиканский научно-практический центр «Кардиология», г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Санаторий «Юность» Управления делами Президента Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

### Резюме

**Цель исследования.** Исследовать динамику состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов ациклических видов спорта на фоне субмаксимальных физических нагрузок для идентификации лиц с высоким риском кардиоваскулярных осложнений, в том числе внезапной сердечной смерти.

**Материалы и методы.** Обследование проводилось среди спортсменов ациклических видов спорта. Количество обследованных — 50, средний возраст — 20,0±3,5 года. Из них мужчин — 30 (60 %), средний возраст — 19,9±3,4 года; женщин — 20 (40 %), средний возраст — 21,0±3,8 года. Квалификация спортсменов: кандидат в мастера спорта (КМС), мастер спорта (МС), мастер спорта международного класса (МСМК).

**Результаты.** В состоянии покоя на нестабильность фазы деполяризации указывают два ЭКГ-маркера: фрагментированный комплекс frQRS и пространственный угол QRS-T более 105°. Фраgmentированный frQRS выявлен у 73 % юношей и у 33 % девушек. Средние значения угла QRS-T находились в пределах физиологической нормы: 63±23° у юношей и 40±14° у девушек. Электрическая систола желудочков, выражаемая значением интервала Q-T, составила 373±26 мс у юношей и 385±35 мс у девушек. Среднее значение второго показателя нестабильности реполяризации — дисперсии интервала Q-T — составило 50,7±12,8 мс у юношей и 39,3±14,6 мс у девушек. Значение средней амплитуды TWA у юношей составило 21,0 (18; 24) мкВ, а у девушек — 20,5 (14; 25) мкВ. Анализ ЭКГ-маркеров дисфункции вегетативной нервной регуляции показал, что замедление сердечного ритма DC составило у юношей 19,0 (14,8; 31,5) мс, у девушек — 19,5 (11,8; 21,5) мс. Ускорение сердечного ритма AC у юношей составило 19,8 (13,8; 26,0) мс, у девушек — 19,5 (11,5; 21,5) мс.

После нагрузки у юношей статистически значимых изменений по частоте обнаружения фрагментированных frQRS не наблюдали ( $p = 0,7472$ ), а у девушек выявлено статистически значимое увеличение частоты случаев обнаружения frQRS ( $p = 0,0226$ ). Среднее значение угла QRS-T значимо возросло — от 63±23° до 85±25° у юношей ( $p = 0,0117$ ), а у девушек значимо не изменилось — от 40±24° до 55±26° ( $p = 0,2606$ ). Дисперсия Q-T в пострезультате в сравнении с состоянием покоя увеличилась от 50,7±12,8 мс и достигла 72,8±25,0 мс ( $p = 0,000$ ) у юношей и от 39,3±14,6 мс до 68,2±10,7 мс у девушек ( $p = 0,0029$ ). Замедление (DC) и ускорение (AC) сердечного ритма значимо уменьшились у юношей. У юношей — на 77,7 и 82,3 % соответственно ( $p < 0,0001$ ), а у девушек — на 84,9 и 80,0 % соответственно ( $p < 0,0001$ ).

**Заключение.** В состоянии покоя мы выявили у спортсменов всего 10 маркеров электрической нестабильности миокарда, а после физической нагрузки — 38, т. е. почти в четыре раза больше. Это говорит о том, что даже у высококвалифицированных спортсменов нагрузка вызывает тренд к электрической нестабильности миокарда, в основном в фазе реполяризации и в отношении вегетативной нервной регуляции.

**Ключевые слова:** электрокардиография высокого разрешения, электрическая нестабильность миокарда, кардиоваскулярные события, спортивная кардиология, ациклические виды спорта

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочитали и одобрили финальную версию для публикации

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Источники финансирования.** Отсутствуют.

**Для цитирования:** Цехмистро ЛН, Фролов АВ, Дерех ЭК, Емельянцева ТВ. Статус электрической нестабильности миокарда у высококвалифицированных спортсменов ациклических видов спорта. Проблемы здоровья и экологии. 2024;21(2):73–79. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-09>

## Status of electrical instability of the myocardium in highly qualified athletes of acyclic sports

Liubov N. Tsekhmistro<sup>1</sup>, Alexander V. Frolov<sup>2</sup>,  
Elvira K. Derekh<sup>1</sup>, Tatsiana V. Yemialyantsava<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

<sup>2</sup>Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, Minsk, Belarus

<sup>3</sup>Sanatorium "Yunost" of the Administration of the President of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

### Abstract

**Objective.** To study state dynamics of the cardiovascular system of athletes in acyclic sports against the background of submaximal physical activity to identify individuals at high risk of cardiovascular complications, including sudden cardiac death

**Materials and methods.** The survey was conducted among athletes of acyclic sports. Number of people examined: 50, average age 20.0±3.5 years old. Of these, 30 (60%) were men, average age 19.9±3.4 years old; women – 20 (40%), average age 21.0±3.8 years old. Qualification of athletes: CMS, MS, MSIC.

**Results.** At rest, instability of the depolarization phase is indicated by two ECG markers: a fragmented frQRS complex and a spatial QRS-T angle of more than 105°. Fragmented frQRS was detected in 73% of young males and 33% of young females. The average values of the QRS-T angle were within the physiological norm: 63±23° in young males and 40±14° in young females. Electrical ventricular systole, expressed by the Q-T interval, was 373±26 ms in young males and 385±35 ms in young females. The average value of the second indicator of repolarization instability Q-T interval dispersion was 50.7±12.8 ms in young males and 39.3±14.6 ms in young females. The average TWA amplitude in young males was 21.0 (18; 24) µV, and 20.5 (14; 25) µV in young females. Analysis of ECG markers of dysfunction of autonomic nervous regulation showed that the slowdown in heart rate DC was 19.0 (14.8; 31.5) ms in young males, 19.5 (11.8; 21.5) ms in young females. The acceleration of heart rate AC in young males was 19.8 (13.8; 26.0) ms, and 19.5 (11.5; 21.5) ms in young females.

After the load, no statistically significant changes in the frequency of detection of fragmented frQRS were observed in young males ( $p = 0.7472$ ), while in young females a statistically significant increase in the frequency of detection of frQRS was detected ( $p = 0.0226$ ). The average value of the QRS-T angle increased significantly – from 63±23° to 85±25° in young males ( $p = 0.0117$ ), while it did not change significantly in young females – from 40±14° to 55±26° ( $p = 0.2606$ ). Q-T dispersion in afterload compared to rest increased from 50.7±12.8 ms and reached 72.8±25.0 ms ( $p = 0.000$ ) in young males and from 39.3±14.6 ms to 68.2 ±10.7 ms in young females ( $p = 0.0029$ ). Deceleration (DC) and acceleration (AC) of heart rate decreased significantly in young males. For young males – by 77.7 and 82.3%, respectively ( $p < 0.0001$ ), and for young females – by 84.9 and 80.0%, respectively ( $p < 0.0001$ ).

**Conclusion.** At rest, we identified only 10 markers of electrical instability of the myocardium, and 38 markers after exercise, that is, almost 4 times more. This suggests that even in highly qualified athletes, load causes a trend towards electrical instability of the myocardium, mainly in the repolarization phase and in relation to autonomic nervous regulation.

**Keywords:** high-resolution electrocardiography, electrical instability of the myocardium, cardiovascular events, sports cardiology, acyclic sports

**Author contributions.** All authors made significant contributions to the preparation of the article, read and approved the final version before publication

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** None.

**For citation:** Tsekhmistro LN, Frolov AV, Derekh EK, Yemialyantsava TV. Status of electrical instability of the myocardium in highly qualified athletes of acyclic sports. *Health and Ecology Issues*. 2024;21(2):73–79. DOI: <https://doi.org/10.51523/2708-6011.2024-21-2-09>

### Введение

Рост спортивных результатов сопровождается риском развития сердечно-сосудистых катастроф, так как многие виды сердечно-сосудистой патологии развиваются бессимптомно и только в условиях стресса — физической нагрузки — могут себя проявить. К сердечно-сосудистым катастрофам относятся жизнеопасные желудочковые

аритмии, гипертонический криз, ишемии миокарда и мозга и, наконец, — внезапная смерть [1]. Сегодня весьма актуальной проблемой является экспресс-диагностика выявления параметров, учитывающих функциональное состояние спортсмена в целом, а также создание функциональных технологий, позволяющих оперативно оценивать и мониторировать состояние

сердечно-сосудистой системы как в процессе тренировочной, так и соревновательной деятельности. Технология должна включать методики, удовлетворяющие основным требованиям: оперативность, высокая чувствительность и специфичность, а также прогностическая мощьность. К числу методик, удовлетворяющих данным требованиям, относится прецизионная оценка электрической нестабильности миокарда по данным микроальтернации зубцов электрокардиограммы, турбулентности сердечного ритма и дисперсии периода реполяризации миокарда [2].

### Цель исследования

Исследовать динамику состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов ациклических видов спорта на фоне субмаксимальных физических нагрузок для идентификации лиц с высоким риском кардиоваскулярных осложнений, в том числе внезапной сердечной смерти.

### Материалы и методы

Обследование проводилось среди спортсменов ациклических видов спорта: дзюдо, каратэ, тайский бокс, хоккей. Количество обследованных — 50, средний возраст —  $20,0 \pm 3,5$  года. Из них мужчин — 30 (60 %), средний возраст —  $19,9 \pm 3,4$  года; женщин — 20 (40 %), средний возраст —  $21,0 \pm 3,8$  года. Квалификация спортсменов: КМС, МС, МСМК.

Исследование электрической нестабильности миокарда, при которой прогнозируется высокий риск жизнеугрожающих тахикардий и внезапной сердечной смерти, проводилось в состоянии покоя, лежа, а также непосредственно после выполнения форсированной физической нагрузки специальной спортивной направленности. Применялся субмаксимальный ступенчато-возрастающий велоэргометрический тест. Начальная мощность для мужчин — 125 Вт, для женщин — 100 Вт. Каждые две минуты происходил прирост нагрузки на 25 Вт.

Используемая инструментальная база — 12-канальный цифровой электрокардиограф «Интекард», регистрационное удостоверение МЗ Республики Беларусь № ИМ-7.6566/1604, с программами «Интекард 3 теле» (ЭКГ в 12 стандартных отведениях) и «Интекард 7.3» (анализ ЭКГ-маркеров электрической нестабильности миокарда). С помощью программы «Интекард 3 теле» выполнялась синдромальная ЭКГ-диагностика. Программа «Интекард 7.3» использовалась для выявления ЭКГ-маркеров электрической нестабильности в фазе деполяризации

(фрагментация комплекса QRS и пространственный угол QRS-T), в фазе реполяризации (альтернация T-волны (TWA), длительность интервала Q-T и дисперсия интервала Q-T). Кроме того, программа «Интекард 7.3» выявляла маркеры дисфункции вегетативной нервной системы (турбулентность сердечного ритма (ТО — начало турбулентности и TS — наклон турбулентности), а также замедление сердечного (DC) и ускорение сердечного ритма (AC).

Проверка нормальности распределения количественных признаков в группах сравнения проводилась с использованием критериев Колмогорова – Смирнова, Шапиро – Уилка, Крамера – фон Мизеса и Андерсона – Дарлинга. Для сравнения центральных параметров групп использовались параметрические и непараметрические методы, дисперсионный анализ, в том числе с критерием Краскела – Уоллиса и ранговыми метками Вилкоксона, медианный критерий и критерий ван дер Вардена. Для всех количественных признаков в сравниваемых группах проводилась оценка средних арифметических и стандартных отклонений среднего, а также медианы, определение 25 % и 75 % процентилей. Дескриптивные статистики в тексте представлены как  $M \pm SD$ , где  $M$  — среднее, а  $SD$  — стандартное отклонение при нормальном распределении признака, или  $Me$  (Q25, Q75) — при ненормальном распределении признака. При проверке различий между группами использовали t-критерий Стьюдента или критерий  $\chi^2$  Пирсона в зависимости от типа распределения. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевой гипотезы принималось равным 0,05.

Обработка данных выполнена с помощью прикладных пакетов «Statistica», v.10 (Stat Soft) и SPSS Statistics, v.23 (IBM).

### Результаты

У всех испытуемых зафиксированы нормальные значения параметров центральной гемодинамики. У юношей среднее систолическое АД составляет  $115,3 \pm 6,6$  мм рт. ст., среднее диастолическое АД —  $72,7 \pm 8,0$  мм рт. ст., средняя ЧСС —  $64,6 \pm 9,4$  уд./мин. У девушек среднее систолическое АД —  $108,3 \pm 4,1$  мм рт. ст., среднее диастолическое АД —  $70,0 \pm 4,5$  мм рт. ст., средняя ЧСС —  $64,2 \pm 15,8$  уд./мин.

В таблице 1 представлены групповые параметры центральной гемодинамики и маркеры электрической нестабильности миокарда в покое и после физической нагрузки у юношей, а в таблице 2 — те же параметры у девушек.

Таблица 1. Параметры центральной гемодинамики и маркеры электрической нестабильности миокарда у спортсменов ациклических видов спорта в покое и после физической нагрузки (юноши)  
Table 1. Parameters of central hemodynamics and markers of electrical instability of the myocardium in athletes of acyclic sports at rest and after physical activity (young males)

Параметры	Покой	Постнагрузка	P
АД сист., мм рт. ст.	115,3±6,6*	173,9±46,6*	0,0000
АД диаст., мм рт. ст.	72,2±8*	75,9±27,7*	0,0000
ЧСС, уд/мин	64,6±9,4*	120,1±18,6*	0,0000
Фрагментированный QRS	73±9	64±9	0,7472
Угол QRS-T, градусы	63±23*	85±25*	0,0117
Доля патологических альтернатий T, %	0 (0; 12)	0 (0; 12)	0,6477
Альтернатия T-волны, мкВ	21,0 (18,0; 24,0)	22 (18,0; 26,5)	0,5608
Интервал Q-T, мс	373±26	311±14	0,1010
Интервал Q-Ткор., мс	50,7±12,8*	72,8±25*	0,0000
Дисперсия JT, мс	52,8±15,7*	65,3±20,2*	0,0003
ASR Med (Q25, Q75)	0,8 (0,7; 1,1)	0,7 (0,6; 0,8)	0,0249
Замедление ритма, мс	19,0 (14,8; 31,5)*	4,3 (2,5; 5)*	0,0000
Ускорение ритма, мс	19,8 (13,8; 26,0)*	3,5 (2,3; 4,8)*	0,0000

\*Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

p — уровень статистической значимости в группах.

Таблица 2. Параметры центральной гемодинамики и маркеры электрической нестабильности миокарда у спортсменов ациклических видов спорта в покое и после физической нагрузки (девушки)  
Table 2. Parameters of central hemodynamics and markers of electrical instability of the myocardium in athletes of acyclic sports at rest and after physical activity (young females)

Table 2. Parameters of central hemodynamics and markers of electrical instability of the myocardium in athletes of acyclic sports at rest and after physical activity (young females)

Параметры	Покой	Постнагрузка	P
АД сист., мм рт. ст.	108,3±4,1*	164,2±34,1*	0,0026
АД диаст., мм рт. ст.	70±4,5	78,7±21,9	0,3651
ЧСС, уд/мин	64,2±15,8*	112,8±18,3*	0,0006
Фрагментированный QRS	33±20*	83±15*	0,0226
Угол QRS-T, градусы	40±24	55±26	0,2606
Доля патологических альтернатий T, %	0 (0; 12)	0 (0; 25)	0,7024
Альтернатия T-волны, мкВ	20,5 (14; 25)	23,5 (19; 28)	0,4696
Интервал Q-T, мс	385±35*	299±24*	0,0005
Интервал Q-Ткор., мс	39,3±14,6*	68,2±10,7*	0,0029
Дисперсия JT, мс	50,5±14,2*	76,3±13,6*	0,0093
ASR Med (Q25, Q75)	9,7 (0,7; 28,8)	0,8 (0,7; 1,1)	0,2623
Замедление ритма, мс	21,8 (13; 26,8)*	3,3 (3; 6,8)*	0,0370
Ускорение ритма, мс	19,5 (11,5; 21,5)	3,9 (2,8; 6,5)	0,0776

\*Статистически значимые различия ( $p < 0,05$ ).

p — уровень статистической значимости в группах.

Анализ маркеров электрической нестабильности миокарда в фазе деполяризации в состоянии покоя показал следующее. На нестабильность фазы деполяризации указывают два ЭКГ-маркера: фрагментированный комплекс frQRS и пространственный угол QRS-T более

105°. Фрагментированный frQRS выявлен у 73 % юношей и у 33 % девушек.

Относительно высокие цифры frQRS свидетельствуют о наличии спайков у спортсменов, но в данном случае они не сопряжены с наличием ишемии и рубцовых изменений миокарда. Поэтому

му интерпретация данного маркера в спорте отличается от его значения в клинике и нуждается в уточнении.

Среднее значение угла QRS-T находилось в пределах физиологической нормы:  $63 \pm 23^\circ$  у юношей и  $40 \pm 14^\circ$  у девушек. Случаев превышения порогового значения  $105^\circ$  не обнаружено. Следовательно, показатели, отражающие процессы деполяризации, у всех спортсменов были в норме [3].

Электрическая систола желудочков, выражаемая значением интервала Q-T, составила  $373 \pm 26$  мс у юношей и  $385 \pm 35$  мс у девушек. При этом по данным скорректированного Q-T по Базетту превышение порога нами не зафиксировано [4].

Среднее значение второго показателя нестабильности реполяризации — дисперсии интервала Q-T составило  $50,7 \pm 12,8$  мс у юношей и  $39,3 \pm 14,6$  мс у девушек. Случаев превышения порогового значения 70 мс, указывающего на факт нестабильности, не выявлено [5].

Важным временным маркером нестабильности процесса реполяризации является альтернация T-волны (TWA) с пороговым значением 45 мкВ [6]. Значение средней амплитуды TWA у юношей составило 21,0 (18, 24), а у девушек — 20,5 (14, 25) мкВ. Согласно данному маркеру, TWA-признаки нестабильности в фазе реполяризации отсутствуют.

Анализ ЭКГ-маркеров дисфункции вегетативной нервной регуляции показал, что замедление сердечного ритма DC у юношей составило 19,0 (14,8; 31,5) мс, у девушек — 19,5 (11,8; 21,5) мс. Ускорение сердечного ритма AC у юношей составило 19,8 (13,8; 26,0) мс, у девушек — 19,5 (11,5; 21,5) мс. Это существенно выше, чем пороговое значение — 2,5 мс [7], указывающее на дисфункцию вегетативного контроля сердечной деятельности.

Параметры турбулентности сердечного ритма не определялись, так как у обследуемых спортсменов не были зафиксированы желудочковые экстрасистолы.

Статус электрической нестабильности миокарда у спортсменов ациклических видов спорта определялся после физической нагрузки. В таблице 1 и 2 представлены значения контролируемых ЭКГ-маркеров электрической нестабильности миокарда у высококвалифицированных спортсменов после выполнения форсированной физической нагрузки. Данные представлены в виде  $M \pm SD$  или  $Me$  (Q25, Q75) в зависимости от вида распределения.

По данным динамики параметров центральной гемодинамики АД и ЧСС зафиксирована адекватная физиологическая реакция на нагрузку.

Электрическая нестабильность миокарда в период деполяризации определяется маркерами фрагментации frQRS и углом QRS-T. У юношей статистически значимых изменений по частоте обнаружения фрагментированных frQRS не наблюдали ( $p = 0,7472$ ), а у девушек выявлено статистически значимое увеличение частоты случаев обнаружения frQRS ( $p = 0,0226$ ).

Среднее значение угла QRS-T значительно возросло — от  $63 \pm 23^\circ$  до  $85 \pm 25^\circ$  у юношей ( $p = 0,0117$ ), а у девушек значительно не изменилось — от  $40 \pm 24^\circ$  до  $55 \pm 26^\circ$  ( $p = 0,2606$ ). При этом в целом групповое среднее значение QRS-T осталось в пределах физиологической нормы.

Среди временных маркеров нестабильности реполяризации миокарда статистически значительно повысились дисперсии интервалов Q-T и JT ( $p < 0,001$ ).

Дисперсия Q-T в постнагрузке в сравнении с состоянием покоя увеличилась от  $50,7 \pm 12,8$  мс и достигла  $72,8 \pm 25,0$  мс ( $p = 0,000$ ) у юношей и от  $39,3 \pm 14,6$  мс до  $68,2 \pm 10,7$  мс у девушек ( $p = 0,0029$ ). Иными словами, у юношей в постнагрузке было превышено пороговое значение 70 мс, указывающее на нестабильность реполяризации. Аналогичные изменения проявились при анализе дисперсии интервала JT.

Что касается интервала Q-T, то в постнагрузке значения скорректированного по Базетту интервала Q-Tкор. не превысили порог физиологической нормы — 440 мс, поэтому синдром удлиненного Q-T нами не зафиксирован.

Амплитуда альтернации T-волны (TWA) в постнагрузке как у юношей, так и у девушек не вышла за пределы нормы 45 мкВ и значительно не изменилась ( $p > 0,1$ ).

Изучена динамика маркеров дисфункции вегетативной регуляции сердечной деятельности. Замедление (DC) и ускорение (AC) сердечного ритма значительно уменьшились у юношей — на 77,7 и 82,3 % соответственно ( $p < 0,0001$ ), а у девушек — на 84,9 и 80,0 % соответственно ( $p < 0,0001$ ), т. е. как у юношей, так и у девушек в постнагрузке зафиксированы признаки напряжения и централизации отделов вегетативной регуляции, так как групповые значения DC и AC оказались меньше, чем пороговое значение 4,5 мс.

Таким образом, после физической нагрузки у спортсменов ациклических видов спорта зафиксировано значимое увеличение дисперсии интервалов Q-T, JT, что свидетельствует о признаках электрической нестабильности в фазе реполяризации и значимое уменьшение замедления и ускорения сердечного ритма, что характерно для напряжения вегетативного контроля сердечного ритма.

## Заключение

В медико-биологических исследованиях, как правило, используется групповой анализ контролируемых групп. Альтернативой ему является индивидуальный подход. В спортивной медицине рационально сочетать групповой анализ с индивидуальным, так как частота случаев патологии в спорте на несколько порядков ниже, чем в клинике. Поэтому для получения строго доказательных фактов пришлось бы набирать большое количество испытуемых.

При индивидуальном анализе маркеров электрической нестабильности миокарда у спортсменов обследованной группы было установлено следующее. В состоянии покоя у спортсменов было зафиксировано 7 (14 %) случаев электрической нестабильности в фазе реполяризации, а именно: 5 удлинений интервала Q-T и 2 случая превышения порога дисперсии интервала Q-T. Среди маркеров электрической нестабильности в фазе деполяризации только у одного спортсмена было превышено пороговое значение угла QRS-T 105°. Также у одного испытуемого зафиксирован маркер дисфункции вегетативной нервной регуляции — снижение торможения сердечного ритма DC менее 4,5 мс.

В соответствии с обобщенным индексом электрической нестабильности миокарда у 8 % спортсменов было по одному маркеру электрической нестабильности [6, 7]. Только у одного спортсмена найдено два маркера электрической нестабильности. Из этого следует, что низкий риск жизнеугрожающих тахикардий установлен у 31 спортсмена (97 %) и только у 1 (3 %) — уровень риска средний.

После физической нагрузки статистически значимо увеличилась частота выявления ЭКГ-маркеров электрической нестабильности миокарда. В фазе реполяризации зафиксировано 13 (26 %) случаев превышения порога нестабильности по дисперсии интервала QT. У 3 (6 %) испытуемых был превышен порог альтернации T-волны 45 мкВ.

В фазе деполяризации было отмечено превышение порогового значения угла QRS-T 105°, указывающее на электрическую нестабильность. Всего было 5 таких случаев, что составило 10 %.

В отношении вегетативной регуляции установлено наибольшее количество случаев снижения активности вагусного отдела регуляции. Количество спортсменов, у которых было снижено пороговое значение 4,5 мс замедления сердечного ритма DC, было 18 (36 %). Это можно трактовать как повышение активности симпатического и центрального каналов нервной регуляции сердечного ритма. При этом патологический порог 2,5 мс был зафиксирован только у 7 (14 %) спортсменов.

Таким образом, в состоянии покоя мы выявили всего 10 маркеров электрической нестабильности миокарда, а после физической нагрузки — 38, т. е. почти в 4 раза больше. Это говорит о том, что даже у высококвалифицированных спортсменов нагрузка вызывает тренд к электрической нестабильности миокарда, в основном в фазе реполяризации и в отношении вегетативной нервной регуляции.

У 21 спортсмена (67,7 %) обнаружено 0–1 количество ЭКГ-маркеров нестабильности. В соответствии с обобщенным индексом электрической нестабильности у них риск опасных тахикардий отсутствует. У 8 спортсменов (25,8 %) выявлено по 2 ЭКГ-маркера нестабильности, риск опасных тахикардий низкий. У 2 спортсменов (6,5 %) зафиксировали три ЭКГ-маркера нестабильности, риск опасных тахикардий средний.

В итоге выполненного обследования установлено, что физическая нагрузка обладает более высокой чувствительностью при выявлении электрической нестабильности миокарда. Для исключения органических поражений миокарда 2 (4 %) спортсмена, у которых после нагрузки выявлено по три ЭКГ-маркера электрической нестабильности, нуждаются в более глубоком обследовании.

## Список литературы / References

1. Цехмистро Л.Н., Фролов А.В., Мельникова О.П., Воробьев А.П. Сердечно-сосудистые риски у высококвалифицированных спортсменов на фоне субмаксимальных физических нагрузок. *Кардиология в Беларуси*. 2021;13(5): 746-755.

Tsekhmistro L, Frolov A, Melnikova O, Vorobiev A. Cardiovascular Risks in Highly Qualified Athletes on the Background of Sub-Maximum Physical Loads. *Cardiology in Belarus*. 2021;13(5):746-755. (In Russ.).

2. Фролов АВ, Вайханская ТГ, Мельникова ОП, Воробьев АП, Мрочек АГ. Индекс электрической нестабильности миокарда: клиническое и прогностическое значение. *Российский кардиологический журнал*. 2019;(12):55-61.

DOI: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-55-61>

Frolov AV., Vaykhanskaya TG., Melnikova OP., Vorobiev AP., Mrochek AG. Myocardial electrical instability score: clinical and prognostic significance. *Russian Journal of Cardiology*. 2019;(12):55-61. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-12-55-61>

3. Kardys I, Kors JA, van der Meer IM, Hofman A, van der Kuip DA, Witteman JC. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population. *Eur Heart J*. 2003 Jul;24(14):1357-1364.

DOI: [https://doi.org/10.1016/s0195-668x\(03\)00203-3](https://doi.org/10.1016/s0195-668x(03)00203-3)

4. Школьников МА, ред. Синдром удлиненного интервала QT. М.: Медицинская практика; 2001. 128 с.

Shkolnikova MA, editor. Long QT syndrome /ed. prof. M.: Medical practice; 2001. 128 p. (In Russ.).

5. Chhillapali S, Lingamneni R, Haevath G, et al. 12-lead QT dispersion is smaller in women than in men. *International Journal of Cardiology*. 1989;23:199-203.

6. Verrier RL, Klingenhoben T, Malik M, El-Sherif N, Exner DV, Hohnloser SH, et al. Microvolt T-wave alternans physiological basis, methods of measurement, and clinical utility—consensus guideline by International Society for Holter and Noninvasive Elec-

trocardiology. *J Am Coll Cardiol*. 2011 Sep 20;58(13):1309-24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.06.029>

7. Bauer A, Kantelhardt JW, Barthel P, Schneider R, Mäkikallio T, Ulm K, et al. Deceleration capacity of heart rate as a predictor of mortality after myocardial infarction: cohort study. *Lancet*. 2006 May 20;367(9523):1674-81. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68735-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68735-7)

## Информация об авторах / Information about the authors

**Цехмистро Любовь Николаевна**, к.б.н., доцент, доцент кафедры спортивной медицины, УО «Белорусский государственный университет физической культуры», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8948-7204>  
e-mail: [infanda@mail.ru](mailto:infanda@mail.ru)

**Фролов Александр Владимирович**, д.б.н., профессор, заведующий лабораторией медицинских информационных технологий, ГУ «Республиканский научно-практический центр «Кардиология», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7470-6992>  
e-mail: [frolov.minsk@gmail.com](mailto:frolov.minsk@gmail.com)

**Дерех Эльвира Константиновна**, старший преподаватель кафедры спортивной медицины, УО «Белорусский государственный университет физической культуры», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2699-1553>  
e-mail: [liza.dereh@gmail.com](mailto:liza.dereh@gmail.com)

**Емельянцева Татьяна Валерьевна**, врач-физиотерапевт 1-й квалификационной категории, ГУ «Санаторий «Юность» Управления делами Президента Республики Беларусь», Минск, Беларусь

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3543-798X>  
e-mail: [tanval71@mail.ru](mailto:tanval71@mail.ru)

**Liubov N. Tsekhmistro**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Sports Medicine, Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8948-7204>  
e-mail: [infanda@mail.ru](mailto:infanda@mail.ru)

**Alexander V. Frolov**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Laboratory of Medical and Information Technologies, Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7470-6992>  
E-mail: [frolov.minsk@gmail.com](mailto:frolov.minsk@gmail.com)

**Elvira K. Derekh**, Senior Lecturer at the Department of Sports Medicine, Belarusian State University of Physical Culture, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2699-1553>  
e-mail: [liza.dereh@gmail.com](mailto:liza.dereh@gmail.com)

**Tatianna V. Yemialyantsava**, Physiotherapist of the 1st qualification grade, Sanatorium “Yunost” of the Administration of the President of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3543-798X>  
e-mail: [tanval71@mail.ru](mailto:tanval71@mail.ru)

## Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Цехмистро Любовь Николаевна**  
e-mail: [infanda@mail.ru](mailto:infanda@mail.ru)

**Liubov N. Tsekhmistro**  
e-mail: [infanda@mail.ru](mailto:infanda@mail.ru)

Поступила в редакцию / Received 19.04.2024

Поступила после рецензирования / Accepted 07.05.2024

Принята к публикации / Revised 30.05.2024