Дата публикации: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6
УДК 612.172.4

Publication date: 01.03.2025
DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6
UDC 612.172.4

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ КАДЕТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ЛЕГКОЙ АТЛЕТИКОЙ

Е.А. Исанаева, С.Н. Павлов, Ф.Ю. Бильданова, С.Г. Боровик, А.А. Зверев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма», г. Казань, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты исследования динамики амплитудно-временных параметров электрокардиограммы кадетов, занимающихся легкой атлетикой, на ступенчато возрастающую нагрузку. Амплитудно-временные параметры электрокардиограммы позволяют оценить возбудимость и проводимость разных отделов сердца. Проблема заболеваний сердца до сих пор остается наиболее важной в современном спорте. Регистрация электрокардиограммы осуществлялась на установке PowerLab (AD Instruments). Обработку результатов производили с помощью встроенного модуля электрокардиограммы в программном обеспечении LabChard Pro. Оценивали временные характеристики кардиоинтервалов. Показано, что нагрузка приводила к развитию тахикардии на всех этапах проведения эксперимента. Проведенные нами исследования показывают, что вызванная нагрузками тахикардия, которая сопровождалась изменением длительности основных зубцов на электрокардиограмме, позволяет сердцу работать более эффективно, обеспечивая оптимальное снабжение мышц кислородом. Обнаруженные нами данные позволяют сделать выводы о работе сердца при выполняемой нагрузке.
Ключевые слова: электрокардиограмма, R-R интервал, QRS-комплекс, JT-комплекс, физическая нагрузка, кадеты.

INTERVAL ELECTROCARDIOGRAM CHARACTERISTICS OF CADETS ENGAGED IN TRACK-AND-FIELD

E.A. Isanaeva, S.N. Pavlov, F.Yu. Bil’danova, S.G. Borovik, A.A. Zverev
Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, Russia

Abstract. The article presents the results of a study on changes in electrocardiogram’s amplitude and time parameters in cadets engaged in track-and-field under stepwise increasing load. Amplitude and time parameters of electrocardiogram allow evaluation of the excitability and conductivity of different parts of the heart. The problem of heart diseases remains one of the most important issues in modern sports. Electrocardiogram recording was performed with PowerLab (AD Instruments). Data processing was carried out using the built-in electrocardiogram module in the LabChart Pro software. We assessed the time characteristics of cardiac intervals. It has been shown that the load led to tachycardia at all stages of the experiment. Our studies show that the load-induced tachycardia, accompanied by changes in the duration of the main waves on the electrocardiogram, allows the heart to work more efficiently, ensuring optimal oxygen supply to the muscles. The data we discovered allow us to draw conclusions about the heart function under the given load.
Keywords: electrocardiogram, R-R interval, QRS complex, JT complex, physical exercise, cadets.

Введение. Формирование и сохранение здоровья детей и подростков в настоящее время является важнейшей задачей отечественного образования и здравоохранения из-за прогрессирующего ухудшения здоровья молодого поколения [1-2]. Большую часть времени дети проводят в школе, и, согласно Федеральному государственному образовательному стандарту, предмет «Физическая культура» является основой физического воспитания учащихся, которое мотивирует потребность детей в физкультурно-спортивной деятельности и способствует формированию физически развитой личности, активно использующей ценности физической культуры для укрепления и сохранения своего здоровья [3].

В настоящее время растет количество случаев внезапной остановки сердца не только среди спортсменов, но и среди любителей различных видов оздоровительной физической культуры. В связи с этим повышение качества кардиологического скрининга является важным диагнос-

тическим инструментом [4]. Ежегодное снятие электрокардиограммы (ЭКГ) не только позволяет выявить типичные адаптационные изменения, потенциальные маркеры кардиологических патологий, что имеет важное значение для совершенствования методов ранней диагностики и профилактики кардиомиопатий и других заболеваний, ассоциированных с внезапной сердечной смертью, но и отражает процесс адаптации сердца к регулярным физическим нагрузкам, что немаловажно для занятий физической культурой [5-6].

Амплитудно-временные параметры ЭКГ позволяют оценить продолжительность сердечного цикла с помощью интервала R-R. Нормальная длительность этого интервала составляет от 0,6 до 1,2 с. Интервал R-R также используется для оценки регулярности ритма сердца. Если зубцы находятся на равном расстоянии друг от друга, ритм называется регулярным или правильным. Допускается разброс длительности интервалов R-R не более ±10% от средней их длительности.

Начало электрического возбуждения и механического сокращения желудочков на ЭКГ проявляется в виде формирования QRS комплекса [6]. Этот комплекс служит основным временным интервалом в работе сердца. Укорочение QRS комплекса указывает на ускоренную деполяризацию и трансмуральную активацию, что может привести к электрической нестабильности миокарда и возникновению опасных желудочковых аритмий. Удлинение комплекса QRS связано с нарушениями деполяризации и ранней реполяризацией миокарда желудочков, что приводит к внутри- и межжелудочковому асинхронизму, ремоделированию миокарда, нарушениям внутрисердечной гемодинамики, снижению эффективности сердечного выброса и может предрасполагать к возникновению фатальных желудочковых аритмий.

Интервал QT рассчитывается как расстояние от начала комплекса QRS до окончания зубца Т и отражает время, за которое электрическое возбуждение миокарда обеспечивает систолу (сокращение) желудочков [7]. На его продолжительность влияют множество входящих и выходящих ионных токов, активность которых определяет продолжительность электрической систолы и электрическую стабильность миокарда в целом. Интервал QT – один из наиболее значимых параметров ЭКГ. Удлинение QT интервала расценивается как один из основных достоверных маркеров риска опасных желудочковых аритмий, в последние годы появились данные о проаритмогенном характере укорочения QT [8, 9]. Интервал QT в норме у здорового взрослого человека составляет не менее 0,36 с и не более 0,44 с, а у детей – 0,37-0,44 с [10]. Удлинение интервала QT – симптом потери сознания при физических нагрузках (снижается сердечный выброс). Несмотря на то, что у девочек интервал QT длиннее, чем у мальчиков, смертельные нарушения возникают в больших случаях у лиц мужского пола.

Интервал QT состоит из комплекса QRS, сегмента ST и волны Т. Таким образом, интервал QT является главным показателем реполяризации желудочков. Интервал JT, который не включает комплекс QRS, является более точным показателем реполяризации желудочков, поскольку он не включает деполяризацию желудочков, но в большинстве клинических ситуаций используется интервал QT. Если продолжительность комплекса QRS увеличивается, это приводит к увеличению интервала QT, но не отражает изменения реполяризации желудочков. Поэтому при оценке удлиненного интервала QT необходимо учитывать расширение QRS.

Интервал QT (или JT) зависит от частоты сердечных сокращений. Он короче при более высокой частоте сердечных сокращений и длиннее при более медленной. Таким образом, интервал QT с поправкой на частоту сердечных сокращений (QTc) классически рассчитывается по широко используемой формуле Bazett [5].

Методы и организация исследования. В исследовании приняли участие относительно здоровые кадеты, занимающиеся легкой атлетикой в Казанской кадетской школе-интернате имени Героя Советского Союза Б.К. Кузнецова (n=58). Возраст исследуемых – 11-12 лет (5-ые классы). От всех родителей кадетов было получено письменное информированное согласие на

тестирование. Исследование проводилось в декабре 2022 года. Все исследуемые выполняли ступенчато возрастающую нагрузку на велоэргометре мощностью 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 Вт/кг массы тела длительностью 30 с с интервалом отдыха между нагрузками 15 с при частоте педалирования 55-60 об/мин. У каждого кадета регистрировали ЭКГ на установке PowerLab (AD Instruments). Электроды накладывали согласно классической схеме наложения по холтеровскому методу. Обработку результатов производили с помощью встроенного модуля ЭКГ в программном обеспечении LabChard Pro. Оценивали временные характеристики кардиоинтервалов. Достоверность результатов проверяли с помощью t-критерия Стьюдента для зависимых выборок ($p<0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. Физические упражнения могут уменьшить симпатическую активность сердечно-сосудистой системы, что приводит к снижению частоты сердечных сокращений и артериального давления. Регулярные тренировки способствуют улучшению работы сердца за счет увеличения его ударного объема и повышения эффективности кровообращения. Кроме того, физическая активность помогает улучшить общее состояние здоровья, снизить риск развития хронических заболеваний и повысить качество жизни. Физическая нагрузка приводит к изменению длительности R-R интервала в сторону его уменьшения. В наших исследованиях наблюдалось развитие тахикардии на всех этапах проведения эксперимента. Наибольший эффект от нагрузки наблюдался при выполнении первой нагрузки и составил 40%, относительно контрольных значений, что может быть связано с работой адренокортикостероидной системой, которая, как известно, принимает участие в ранних этапах адаптации. Вызванная тахикардия приводила к уменьшению длительности QRS и QT комплекса, что может быть связано с изменениями внутрижелудочковой проводимости электрических импульсов, а также гипертрофией миокарда. Дальнейшее увеличение нагрузки не приводит к таким резким изменениям, что может указывать на выработку адаптационных механизмов, защищающих организм от стресса.

Таблица 1

Динамика изменения длительности R-R интервала кадетов на различных этапах регистрации электрокардиограммы (n=58)

Этапы регистрации	Исходный (в покое)	1 нагрузка	1 восст-е	2 нагрузка	2 восст-е	3 нагрузка	3 восст-е	4 нагрузка
M±m	0,762 ±0,092	0,544 ±0,061	0,567 ±0,060	0,511 ±0,047	0,512 ±0,050	0,470 ±0,044	0,466 ±0,051	0,433 ±0,042
p	<0,05		<0,05		<0,05		<0,05	
d, %	40,004		11,050		8,760		7,530	
p		<0,05		>0,05		>0,05		
d, %		4,189		0,250		1,030		

Примечание: M – средний результат выборки в секундах; m – стандартное отклонение выборочных данных; p – достоверность; $p<0,05$ – различие статистически достоверно; $p>0,05$ – различие статистически не достоверно; d – процентное изменение результатов.

Таблица 2

Динамика изменения длительности QRS комплекса кадетов на различных этапах регистрации электрокардиограммы (n=58)

Этапы регистрации	исходный (в покое)	1 нагрузка	1 восст-е	2 нагрузка	2 восст-е	3 нагрузка	3 восст-е	4 нагрузка
M±m	0,087 ±0,034	0,083 ±0,035	0,084 ±0,070	0,083 ±0,031	0,083 ±0,034	0,083 ±0,034	0,083 ±0,027	0,084 ±0,033
p	<0,05		>0,05		>0,05		>0,05	
d, %	3,740		0,736		0,338		0,533	
p		>0,05		>0,05		>0,05		
d, %		0,244		0,028		0,007		

Примечание: M – средний результат выборки в секундах; m – стандартное отклонение выборочных данных; p – достоверность; $p<0,05$ – различие статистически достоверно; $p>0,05$ – различие статистически не достоверно; d – процентное изменение результатов.

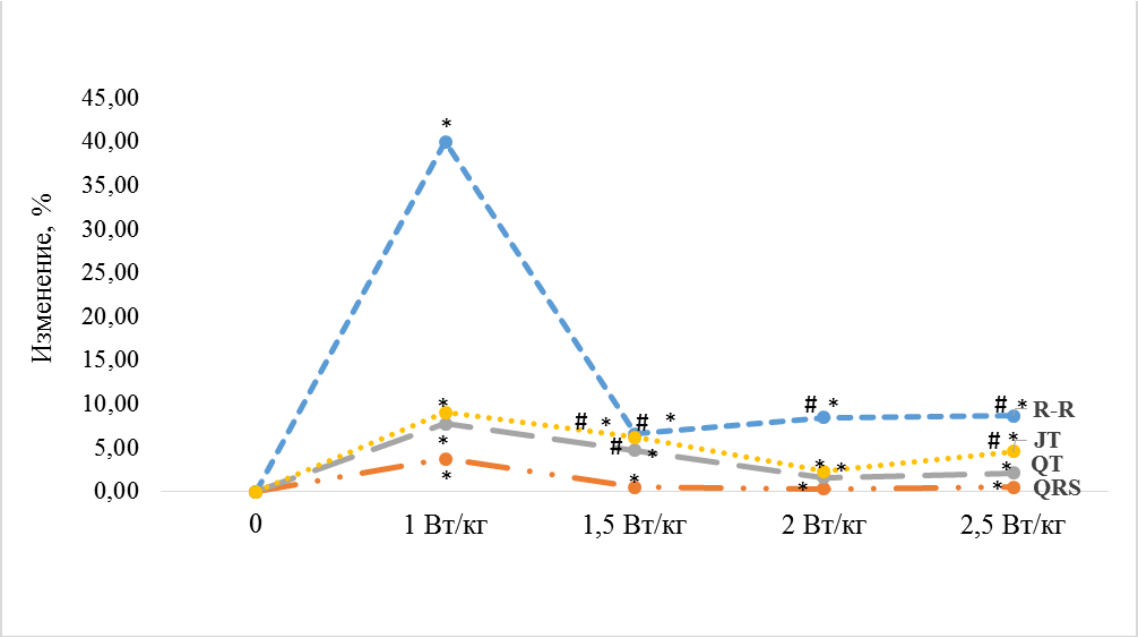


Рис. 1. Графическое изображение изменения длительности интервалов и комплекса при разных нагрузках

Примечание: * – достоверные изменения интервальных показателей во время нагрузки относительно исходных значений (p<0,05); # – достоверные изменения между значениями интервальных показателей во время нагрузки (p<0,05).

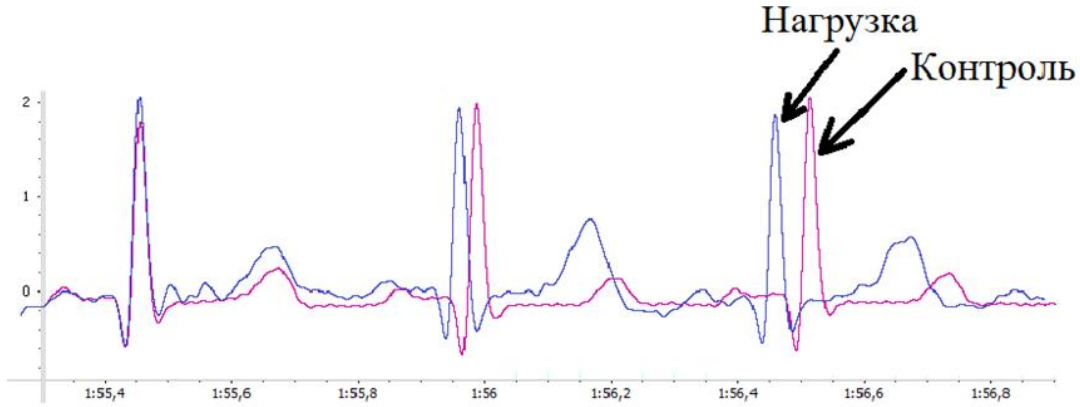


Рис. 2. Оригинальные записи изменения амплитудно-временных характеристик электрокардиограммы кадетов

Заключение. Таким образом, проведенные нами исследования показывают, что вызванная нагрузками тахикардия позволяет сердцу работать более эффективно, обеспечивая оптимальное снабжение мышц кислородом. Уменьшение длительности QT комплекса (QT-интервал) обычно наблюдается у спортсменов высокой квалификации и связано с повышенной скоростью проведения электрических импульсов через сердце. Этот феномен объясняется тем, что при интенсивной физической подготовке происходит увеличение количества клеток проводящей системы сердца, что ускоряет проведение нервного импульса.

Кроме того, у спортсменов отмечается гипертрофия миокарда, то есть увеличение массы сердечной мышцы, что также может способствовать ускорению электрической активности сердца. При этом важно отметить, что у здоровых спортсменов уменьшение QT-интервала не приводит к нарушениям ритма сердца и не вызывает потенциально опасных аритмий.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного Фонда и Академии наук Республики Татарстан по проекту №24-25-20144.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Financing. The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation and the Tatarstan Academy of Sciences according under the project №24-25-20144.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Псеунок, А.А. Возрастные особенности регуляции сердечного ритма у школьников с разным режимом двигательной активности: монография / А.А. Псеунок, М.А. Муготлев, Р.Х. Гайрабеков. – Грозный: Изд-во Чеченского государственного университета, 2013. – 106 с.
2. Ячменев, Н.В. Оценка оздоровительного эффекта уроков физической культуры по результатам мониторинга физического здоровья школьников / Н.В. Ячменев, В.Б. Рубанович // В сборнике: Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием. – 2017. – С. 225–227.
3. Ерофеева, О.Г. Современные технологии по формированию культуры здоровья в процессе организации физического воспитания школьников / О.Г. Ерофеева // Вестник Владимирского государственного университете им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. – 2022. – № 50 (69). – С. 59–65.
4. Гудинова, Ж.В. Исследование случаев смерти школьников на уроках физкультуры в России / Ж.В. Гудинова, Ю.В. Жаркова // Академический журнал Западной Сибири. – 2019. – Т. 15. – № 1 (78). – С. 29–33.
5. Мурашко, В.В. Электрокардиография: учебное пособие / В.В. Мурашко, А.В. Струтынский. – Москва: Издательство «МЕДпресс-информ», 2022. – 360 с.
6. Макаров, Л.М. ЭКГ в педиатрии / Л.М. Макаров. – М.: Изд-во «МЕДПРАКТИКА-М», 2013. – 696 с.
7. Юнисова, А.С. Приобретенное удлинение интервала QT у спортсменов / А.С. Юнисова, А.В. Смоленский // Спортивная медицина: наука и практика. – 2021. – Т. 11. – № 4. – С. 17–25.
8. Дисперсия интервала QT и структурно-морфологические особенности сердца юных спортсменов/Н.М.Леонова, Г.Г.Коковина, А.В.Михайлова, А.В.Смоленский//Лечебная физкультура и спортивная медицина.–2011.–№1(85).–С.23–28.
9. Чупрова, С.Н. Синдром удлиненного интервала QT у юных спортсменов / С.Н. Чупрова, И.Ю. Мельникова // Cardiac Arthythmias. – 2023. – Т. 3. – № 1. – С. 41–48.
10.Распространенность удлинения интервала QT среди юных элитных спортсменов / А.Г. Акопян, В.Н. Комолятова, Л.М. Макаров [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2019. – Т. 24. – № S2. – С. 3а.

REFERENCES

1. Pseunok A.A., Mugotlev M.A., Gayrabekov R.Kh. Age-related features of heart rate regulation in schoolchildren with different physical activity: monography. Grozny: Publishing house of the Chechen State University, 2013. – 106 p. (in Russ.)
2. Yachmenev N.V., Rubanovich V.B. Evaluation of physical education lessons' health-improving effect based on the monitoring results of schoolchildren's physical health. From the collection: Proceedings of the XXIII Congress of the Physiological Society named after I.P. Pavlov with international participation. 2017, pp. 225–227. (in Russ.)
3. Erofeeva O.G. Modern technologies for the health culture formation in the process of schoolchildren's physical education organization. *Bulletin of Vladimir State University named after A.G. and N. G. Stoletovs. Series: Pedagogical and Psychological Sciences*, 2022, no.50 (69), pp. 59–65. (in Russ.)
4. Gudinova Zh.V., Zharkova Yu.V. Research on cases of death of pupils at the lessons of physical culture in Russia. *Academic Journal of Western Siberia*, 2019, vol. 15, no. 1 (78), pp. 29–33. (in Russ.)
5. Murashko V.V., Strutynskij A.V. Electrocardiography: a manual. Moscow: MEDpress-inform, 2022. – 360 p. (in Russ.)
6. Makarov L.M. ECG in pediatrics. Moscow: MEDPRAKTIKA-M, 2013. 696 p. (in Russ.)
7. Yunisova A.S., Smolenskij A.V. Acquired QT interval prolongation in athletes. *Sports medicine: science and practice*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 17–25. (in Russ.)
8. Leonova N.M., Kokovina G.G., Mikhailova A.V., Smolensky A.V. QT interval dispersion and structural and morphological heart features in young athletes. *Therapeutic physical education and sports medicine*, 2011, no. 1 (85), pp. 23–28. (in Russ.)
9. Chuprova S.N., Mel'nikova I.Yu. Long QT Syndrome in Young Athletes. *Cardiac Arthythmias*, 2023, vol. 3, no. 1, pp. 41–48. (in Russ.)
10.Akopyan A.G., Komolyatova V.N., Makarov L.M., Kiseleva I.I., Besportochny D.A., Dmitrieva A.V., Fedina N.N. Prevalence of QT prolongation among young elite athletes. *Russian Journal of Cardiology*, 2019, vol. 24, no. S2, p. 3a. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Едвига Алексеевна Исанаева – преподаватель, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: eisanaeva@mail.ru.
Сергей Николаевич Павлов – доцент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: pavlov-sergej@mail.ru.
Фатима Юсуповна Бильданова – магистрант, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: bfu163@mail.ru.
Сергей Геннадьевич Боровик – старший преподаватель, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: borsergen@yandex.ru.
Алексей Анатольевич Зверев – доцент, ФГБОУ ВО Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Казань, e-mail: alekcei5@rambler.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Edviga A. Isanaeva – Lecturer, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: eisanaeva@mail.ru.
Sergej N. Pavlov – Associate Professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: pavlov-sergej@mail.ru.
Fatima Yu. Bil'danova – Student of Master's Degree, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: bfu163@mail.ru.
Sergej G. Borovik – Senior Lecturer, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: borsergen@yandex.ru.
Aleksej A. Zverev – Associate Professor, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Kazan, e-mail: alekcei5@rambler.ru.

Для цитирования: Интервальные характеристики электрокардиограммы кадетов, занимающихся легкой атлетикой / Е.А. Исанаева, С.Н. Павлов, Ф.Ю. Бильданова [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2025. – Т. 9. – № 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6

For citation: Isanaeva E.A., Pavlov S.N., Bil'danova F.Yu., Borovik S.G., Zverev A.A. Interval electrocardiogram characteristics of cadets engaged in track-and-field. *Modern Issues of Biomedicine*, 2025, vol. 9, no. 1(31). DOI: 10.24412/2588-0500-2025_09_01_6