

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64473>

Изменение конечной части комплекса QRS и сегмента ST-T у пациентов с коронавирусной инфекцией

© Е.О. Ряднова*, В.П. Кицышин, В.В. Салухов, А.А. Чугунов

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург

Статья посвящена закономерностям изменения комплекса QRS и сегмента ST-T у пациентов с новой коронавирусной инфекцией. В статье представлены результаты сравнения данных электрокардиограмм у 70 пациентов с COVID-19, находившихся на лечении в 1-й клинике (терапии усовершенствования врачей) с апреля по июль 2020 г. У каждого пациента были сняты минимум две электрокардиограммы (в начале и в конце заболевания). В ходе работы разработана и описана новая методика измерения площади зубцов P, T, комплекса QRS и сегмента ST-T с помощью динамической математической программы GeoGebra Classic 6.0 методом соотношения миллиметровых сеток электрокардиограммы и программы и дальнейшего построения неправильной фигуры с учетом полярности зубцов и сегментов. Согласно проведенному исследованию, сумма площадей сегмента ST-T во всех 12 отведениях статистически значимо отличалась и была больше в конце заболевания у лиц старше 30 лет. Также значимо больше были суммы в правых грудных отведениях (V1–V2) у лиц всех возрастов. Вероятно, данные изменения связаны с тяжестью течения основного заболевания и, следовательно, с перегрузкой правых отделов сердца.

Ключевые слова: COVID-19; SARS-CoV-2; зубец T; нарушения ритма; реполяризация; сегмент ST-T; факторы риска.

Как цитировать:

Ряднова Е.О., Кицышин В.П., Салухов В.В., Чугунов А.А. Изменение конечной части комплекса QRS и сегмента ST-T у пациентов с коронавирусной инфекцией // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2021. Т. 40. № 1. С. 19–25. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64473>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64473>

Changes in the end part of the QRS complex and the ST-T segment in patients with coronavirus infection

© Ekaterina O. Ryadnova*, Viktor P. Kitsyshin, Vladimir V. Salukhov, Aleksandr A. Chugunov

S.M. Kirov Military Medical Academy of the Russian Defense Ministry, Saint Petersburg, Russia

This article is devoted to the patterns of changes in the QRS complex and the ST-T segment in patients with a new coronavirus infection. The article presents the results of a comparison of electrocardiogram data in 70 patients with COVID-19 who were treated in 1st Department of Internal Medicine Postgraduate Training from April to July 2020. Each patient had at least two electrocardiograms taken (at the beginning and at the end of the disease). In the course of the work, a new method for measuring the area of the teeth P, T, QRS complex and ST-T segment was developed and described using the dynamic mathematical program GeoGebra Classic 6.0 by correlating the millimeter grids of the electrocardiogram and the program and further constructing an irregular shape taking into account the polarity of the teeth and segments. According to the study, the sum of the ST-T segment areas in all 12 leads is statistically significantly greater at the end of the disease in individuals over 30 years old. It is also significantly higher in the right thoracic leads (V1-V2) in for all ages. Probably, these changes are associated with the severity of the underlying disease and, consequently, with the overload of the right parts of the heart.

Keywords: arrhythmias; COVID-19; repolarization; risk factor; SARS-CoV-2; ST-T segment; T-wave.

To cite this article:

Ryadnova EO, Kitsyshin VP, Salukhov VV, Chugunov AA. Changes in the end part of the QRS complex and the ST-T segment in patients with coronavirus infection. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2021;40(1):19–25. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar64473>

Received: 28.02.2021

Accepted: 14.03.2021

Published: 23.03.2021

ВВЕДЕНИЕ

С начала пандемии специалистами разных направлений активно изучаются проявления, связанные с инфицированием SARS-CoV2, подходы к диагностике и лечению [1, 2]. На данный момент выявлено, что наиболее часто встречающимися патологиями сердечно-сосудистой системы при COVID-19 являются: острый коронарный синдром, внезапная сердечная смерть, миокардит, тромбоэмболические осложнения, аритмии и нарушения реполяризации. Нарушения реполяризации — это изменение формы зубца Т и отклонение сегмента ST от изолинии на электрокардиограмме [3].

Проблема изменения формы зубца Т при записи электрокардиограммы является распространенной. Она составляет около 21 % по данным одних исследований, и от 2,4 до 27,1 % — по данным других [4, 5]. Данные исследования включали пациентов без патоморфологических изменений сердечно-сосудистой системы. Особое значение нарушение реполяризации приобрело при новой коронавирусной инфекции. Так, по данным Н.А. Varman, депрессия сегмента ST была обнаружена у 20 %, инверсия Т-волны — у 22 и изменения ST-T — у 28 % пациентов [6]. Предполагается, что изменение зубца Т и сегмента ST-T может служить маркером тяжести течения основного заболевания, оценка морфологии зубцов может способствовать ранней диагностике вовлечения в воспалительный процесс сердечно-сосудистой системы, что, в свою очередь, приведет к снижению частоты развития фатальных аритмий и смертности [7].

Ранее используемыми методиками описания зубца Т и сегмента ST являлись амплитуда и интервал. К сожалению, данных параметров недостаточно для точного описания изменений, происходящих на электрокардиограмме (ЭКГ). Начиная с 2003 г. получили развитие новые методики описания гетерогенности Т-зубца: анализ морфологии второго центрального момента Т-волны, косинус между комплексом QRS и Т-волной, нормализованная площадь Т-зубца, автоматизированный анализ второго центрального момента стандартных цифровых 12-канальных электрокардиограмм, 120-канальное картирование поверхности тела, дисперсия области Т-волны (TW-Ad) [8]. Большая часть данных методов является недоступной для рутинного использования, именно поэтому нами разработан новый подход к оценке морфологии зубца Т.

Цель — оценить закономерности изменения комплекса QRS и сегмента ST-T у пациентов с коронавирусной инфекцией, осуществить контроль состояния пациентов, а также определить взаимосвязь тяжести течения основного заболевания с изменениями на ЭКГ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании произведена обработка электрокардиограмм пациентов с COVID-19, находившихся на лечении в 1-й клинике (терапии усовершенствования врачей) с апреля по июль 2020 г. Необходимым условием было наличие у каждого пациента минимум двух электрокардиограмм (в начале и в конце заболевания). В исследование было включено 70 человек: 54 мужчины и 16 женщин, средний возраст составил 46 лет. Все электрокардиограммы были записаны с помощью электрокардиографа Rscribe (ELI), MORTARA Instrument со скоростью 25 мм/с, вольтажом 10 мм/мВ, фильтром 40 Гц.

Данные электрокардиограмм были обработаны с помощью динамической математической программы GeoGebra Classic 6.0 методом соотнесения миллиметровых сеток электрокардиограммы и программы. После чего производилось построение изолиний от начала зубца Р одного комплекса до начала зубца Р другого. Также проводились перпендикулярная изолинии прямая через точку j для обозначения начала комплекса ST-T, перпендикуляры через начало и конец зубца Т. Производились выборка трех представительских комплексов из каждого отведения и, далее, построение неправильной фигуры с учетом полярностей зубцов и сегментов (рис. 1, а–в).

Затем оценивалась площадь зубцов Р, Т и сегмента ST в мм², а также, с целью снижения влияния на ошибку альтерации зубца Т от цикла к циклу в одном отведении, производился расчет среднего из трех полученных значений.

Для интерпретации данных, полученных при измерении площадей зубцов Р, Т и сегмента ST и оценки их точности была создана матрица, в которой была выполнена комплексная оценка зубцов и сегментов в каждой электрокардиограмме, а также проведен анализ данных, полученных в начале и конце заболевания.

Нормальность распределения количественных переменных определялась с помощью косвенных методов (определение коэффициента асимметрии и эксцесса), графических методов (частотная гистограмма, нормально-вероятностный график и ящичная диаграмма), а также с помощью критерия Колмогорова–Смирнова (распределение считалось отличным от нормального при $p < 0,05$). Так как данные были распределены ненормально для количественной характеристики распределенных переменных, определялась медиана (Me) и межквартильный размах в формате МКР (Q0; Q0). Для определения статистической значимости различий зависимых количественных переменных между группами использовался Т-критерий Уилкоксона. Для измерения статистической значимости в независимых выборках номинальных шкал двух уровней, трех и более уровней применялись U-критерий Манна–Уитни и критерий Краскела–Уоллиса соответственно.

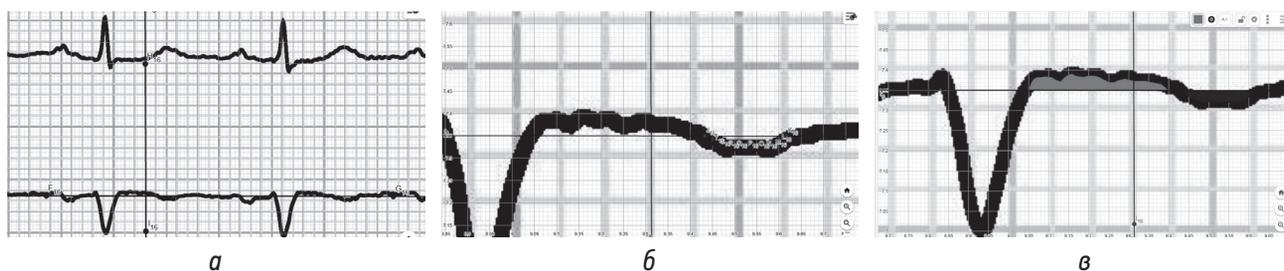


Рис. 1. Электрокардиограмма: а–в — этапы построения многоугольника для оценки площади сегмента ST-T

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам обработки электрокардиограмм в обследованной группе ($n = 70$) были изучены площади зубцов P, T, сегмента ST, сумма площадей во всех 12 отведениях, а также сумма площадей сегмента ST-T в правых грудных отведениях V1–V2.

При исследовании суммы площадей зубца P во всех 12 отведениях в начале и конце заболевания статистические данные отличались не существенно ($p = 0,773$). Медианное значение суммы зубцов P в начале заболевания составило 7,8465 (МКР: 0; 11,016), в конце заболевания — 8,6835 (МКР: 0; 10,5885). Данные в каждом отведении также не показали статистических различий.

При сравнении сумм площадей зубца T и сегмента ST во всех 12 отведениях также не было выявлено существенных различий. Статистическая значимость для зубца T составила $p = 0,175489$, медианное значение суммы зубцов T в начале заболевания — 29,4605 (МКР: 0; 63,5625), в конце заболевания — 37,88 (МКР: 0; 62,806). Для сегмента ST статистическая значимость составила $p = 0,185$, медианное значение суммы зубцов ST в начале заболевания — 8,0235 (МКР: 3,8655; 15,7505), в конце заболевания — 6,766 (МКР: 0; 12,46350).

Однако статистически значимые различия были выявлены при сравнении площадей зубца T в правых

грудных отведениях V1 ($p = 0,02$), V2 ($p = 0,003$). Площадь зубца T была значимо больше при ЭКГ в покое перед выпиской из стационара. Так, медианное значение площади зубца по данным ЭКГ в покое перед выпиской составило 1,6755 (МКР: -0,734; 3,791) и 10,53 (МКР: 6,08; 15,08) в отведениях V1 и V2 соответственно. Исходно данные показатели были равны 0,7795 (МКР: -0,913; 2,956) и 8,988 (МКР: 5,189; 12,49). Площади сегмента ST в отведениях V1 и V2 отличались также статистически значимо: $p = 0,019$ и $p = 0,025$, значения Me перед выпиской составляли 0,965 (МКР: 0,0; 2,045) и 2,1585 (МКР: 1,345; 4,34), при поступлении в стационар — 0,819 (МКР: 0,0; 1,695) и 2,09 (МКР: 0,88; 3,541) соответственно.

Далее был произведен расчет некоего интегрального показателя для количественной оценки изменений процессов реполяризации правых отделов сердца. Была рассчитана сумма площадей зубца T в правых грудных отведениях (V1–V3) (рис. 2, а–в). При сравнении данного показателя в двух группах статистическое различие составляло $p = 0,01$, Me в начале заболевания — 21,4 (МКР 9,96: 28,664), в конце заболевания — 20,3 (МКР 12,66: 33,92).

Следующим этапом было сравнение изменений площади зубца T среди разных возрастных групп. Все пациенты ($n = 70$) были разделены на 7 групп с шагом 10 лет. В первую группу (возрастной интервал с 18 до 27 лет)

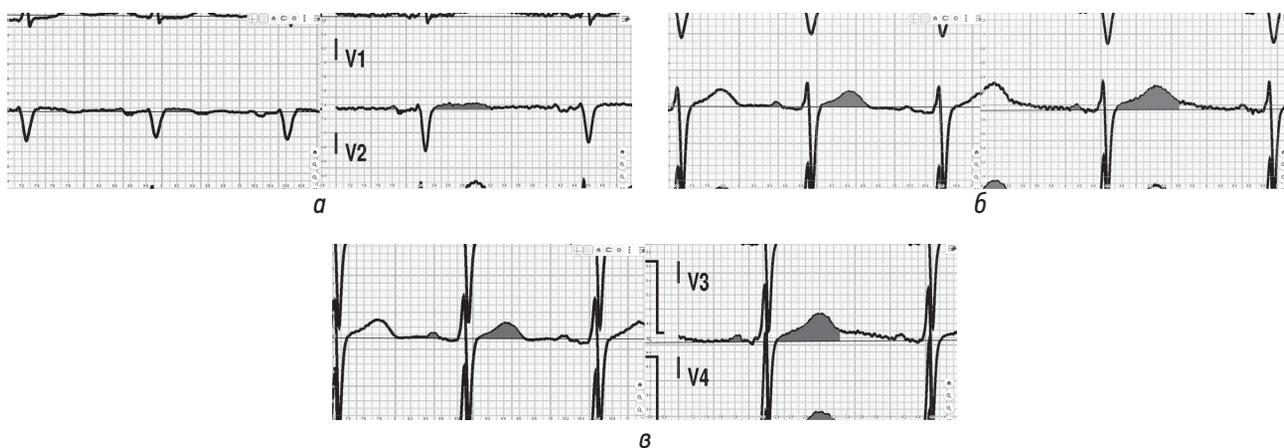


Рис. 2. Электрокардиограмма: а — сравнение зубца T в отведении V1 в начале и конце заболевания; б — сравнение зубца T в отведении V2 в начале и конце заболевания; в — сравнение зубца T в отведении V3 в начале и конце заболевания

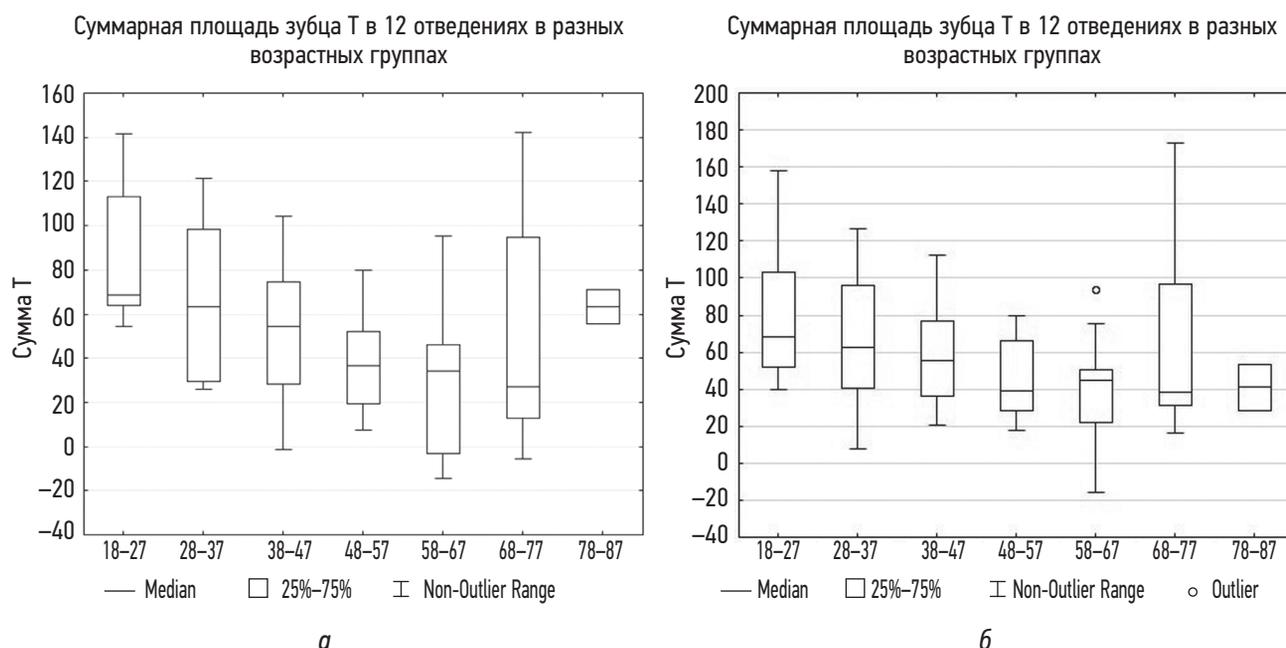


Рис. 3. Коробчатые диаграммы; *а* — сравнение сумм зубцов Т в зависимости от возраста в начале заболевания; *б* — сравнение сумм зубцов Т в зависимости от возраста в конце заболевания

вошли 12 человек; во вторую (с 28 до 37 лет) — 11; в третью (с 38 до 47 лет) — 13; в четвертую (с 48 до 57 лет) — 15; в пятую (с 58 до 67 лет) — 10; в шестую (с 68 до 77 лет) — 7; в седьмую (старше 78 лет) — 2 человека. При сравнении групп между собой по сумме зубцов Т в начале заболевания статистические различия были значимы ($p = 0,004$). Значения медиан и межквартильного размаха были следующие (рис. 3, *а*):

- 1) в первой группе — 68,7075 (МКР: 63,843; 113,277);
- 2) во второй — 63,053 (МКР: 29,549; 98,196);
- 3) в третьей — 54,327 (МКР: 27,998; 74,674);
- 4) в четвертой — 36,728 (МКР: 19,379; 52,136);
- 5) в пятой — 34,459 (МКР: -2,957; 46,312);
- 6) в шестой — 27,346 (МКР: 12,67; 94,724);
- 7) в седьмой — 63,3585 (МКР: 55,582; 71,135).

В свою очередь, при аналогичном сравнении в конце заболевания сумма зубцов Т в 12 отведениях отличалась по группам статистически не значимо ($p = 0,15$). Значения медиан и межквартильного размаха были следующие (рис. 3, *б*):

- 1) в первой группе — 67,947 (МКР: 51,558; 103,0655);
- 2) во второй — 62,72 (МКР: 40,165; 96,101);
- 3) в третьей — 55,291 (МКР: 36,329; 76,548);
- 4) в четвертой — 39,286 (МКР: 28,55; 65,871);
- 5) в пятой — 45,0695 (МКР: 22,158; 50,366);
- 6) в шестой — 38,377 (МКР: 31,41; 97,105);
- 7) в седьмой — 40,8835 (МКР: 28,403; 53,364).

Следует отметить, что наблюдается закономерное изменение медиан и межквартильного размаха у людей в возрасте от 27 до 78 лет (со второй по шестую группу). В группах под номерами один и семь наблюдаются обратные значения, что может говорить о псевдонормализации зубца Т в данных группах в начале заболевания.

Вероятно, данная особенность изменения реполяризации, отличная от основной группы, связана с особенностями вегетативной нервной системы, а также с наиболее легким течением основного заболевания у лиц младше 27 лет.

После выявленных особенностей был проведен дополнительный анализ данных с исключением группы лиц моложе 30 лет. Количество пациентов составило 56 человек. В данном анализе статистически значимые различия наблюдались в отношении не только правых грудных отведений, но и в отношении общей суммы площадей зубцов Т во всех 12 отведениях. Оказалось, что сумма площадей зубцов Т была статистически значимо больше перед выпиской, составив 48,4945 (МКР: 28,662; 72,765), чем на изначальной ЭКГ, составив 45,57 (МКР: 22,45; 63,56) ($p = 0,02$).

Таким образом, изменение площади зубца Т и сегмента ST может иметь важную клиническую значимость для определения степени вовлечения сердечной мышцы в воспалительный процесс, а также говорить о перегрузке правых отделов сердца вследствие легочной гипертензии. Особую важность это может предоставлять в военно-медицинских учреждениях, не оснащенных аппаратами для эхокардиографического исследования сердца. Значительное уменьшение амплитуды и площади зубца Т в правых грудных отведениях косвенно может свидетельствовать о перегрузке правого желудочка. Сравнение площадей зубца Т в отведениях V1-V3 может служить важным критерием оценки сердечно-сосудистой системы у пациентов с коронавирусной инфекцией любого возраста. А сумма площадей зубцов Т во всех 12 отведениях может быть значимым электрокардиографическим критерием у лиц старше 30 лет.

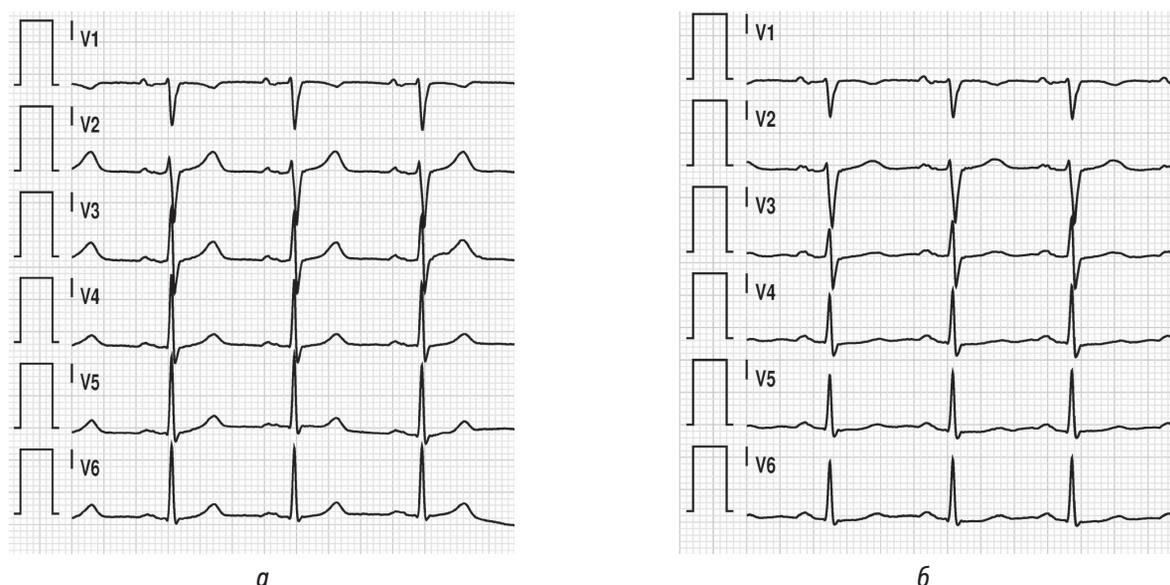


Рис. 4. Электрокардиограмма: *а* — до заболевания COVID-19; *б* — в начале заболевания COVID-19

Стоит остановиться и на том, что при сравнении электрокардиограмм, снятых до COVID-19 и сделанных начале заболевания, хорошо видно «уплощение» зубца Т (рис. 4, *а*, *б*). Однако эти статистические данные не обрабатывались, так как ЭКГ до заболевания имеются всего у 6 % ($n = 4$) пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании рассмотрен новый способ для оценки изменений реполяризации сердца. Анализ изменений площади Т-зубца в перспективе может решить задачу определения степени вовлечения в воспалительный процесс сердца, кроме того способствовать раннему выявлению перегрузки правых отделов сердца, а следовательно, косвенно говорить о тяжести процесса.

В ходе работы значимая динамика сумм площадей сегмента ST-T у пациентов всех возрастов наблюдалась только в правых грудных отведениях (V1-V3). При исключении из обследуемой группы лиц моложе 30 лет увеличение площади сегмента ST-T в конце заболевания наблюдалось во всех 12 отведениях. Результаты проведенного исследования показывают, что измерения

площадей зубцов и сегментов электрокардиограммы могут быть использованы в качестве вспомогательных характеристик при ведении пациентов с новой коронавирусной инфекцией.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено экспертной комиссией № 4 Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (протокол № 158 от 12.03.2021).

Вклад авторов. Е.О. Ряднова — литературный поиск, анализ данных, написание текста статьи. В.П. Кицышин, В.В. Салухов, А.А. Чугунов — редактирование текста статьи.

Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев А.А., Чернов С.А., Крюков Е.В., и др. Практический опыт ведения пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 в стационаре (предварительные итоги и рекомендации) // Лечащий врач. 2020. № 6. С. 74–79. DOI: 10.26295/OS.2020.41.94.014
2. Зайцев А.А., Савушкина О.И., Черняк А.В., и др. Клинико-функциональная характеристика пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 // Практическая пульмонология. 2020. № 1. С. 78–81.
3. Задионченко В.С., Шехян Г.Г., Щикота А.М., Ялымов А.А. Причины и клиническое значение ЭКГ-феномена элевации сегмента ST // Вестник экстренной медицины. 2019. Т. 4, № 12. С. 60–70.
4. Шуленин С.Н., Бойцов С.А., Бобров А.Л. Клиническое значение синдрома ранней реполяризации желудочков, алгоритм обследования пациентов // Вестник аритмологии. 2007. Т. 50, № 50. С. 33–40.
5. Stein P.D., Matta F., Ekkah M., et al. Electrocardiogram in pneumonia // Am. J. Cardiol. 2012. Vol. 12, No. 110. P. 1836–1840. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.08.019

6. Barman H.A., Atici A., Alici G., et al. The effect of the severity COVID-19 infection on electrocardiography // *Am. J. Emerg. Med.* 2020. Vol. 10, No. 38. P. 27–31. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.10.005
7. Baldi E., Sechi G.M., Mare C., et al. COVID-19 kills at home: the close relationship between the epidemic and the increase of out-of-hospital cardiac arrests // *Eur. Heart J.*

2020. Vol. 32, No. 41. P. 3045–3054. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa508
8. Kenttä T.V., Sinner M.F., Nearing B.D., et al. Repolarization Heterogeneity Measured With T-Wave Area Dispersion in Standard 12-Lead ECG Predicts Sudden Cardiac Death in General Population // *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.* 2018. Vol. 2, No. 11. P. 57–62. DOI: 10.1161/CIRCEP.117.005762

REFERENCES

1. Zaytsev AA, Chernov SA, Kryukov EV, et al. Practical experience of managing patients with new coronavirus infection COVID-19 in the hospital (preliminary results and recommendations). *Lechashchiy vrach.* 2020;(6):74–79. (In Russ.) DOI: 10.26295/OS.2020.41.94.014
2. Zaytsev AA, Savushkina OI, Chernyak AV, et al. Clinical and functional characteristics of patients who have undergone a new coronavirus infection COVID-19. *Practical pulmonology.* 2020;(1):78–81. (In Russ.)
3. Zadionchenko VS, Shekhyan GG, Shchikota AM, Yalymov AA. Causes and clinical significance of ECG-phenomenon of ST segment elevation. *Vestnik Ekstrennoy Meditsiny.* 2019;4(12):60–70. (In Russ.)
4. Shulenin SN, Boytsov SA, Bobrov AL. Clinical significance of the syndrome of early repolarization of the ventricles, an algorithm for examining patients. *Arrhythmology Bulletin.* 2007;50(50):33–40. (In Russ.)
5. Stein PD, Matta F, Ekkah M, et al. Electrocardiogram in pneumonia. *Am J Cardiol.* 2012;12(110):1836–1840. DOI: 10.1016/j.amjcard.2012.08.019
6. Barman HA, Atici A, Alici G, et al. The effect of the severity COVID-19 infection on electrocardiography. *Am J Emerg Med.* 2020;10(38):27–31. DOI: 10.1016/j.ajem.2020.10.005
7. Baldi E, Sechi GM, Mare C, et al. COVID-19 kills at home: the close relationship between the epidemic and the increase of out-of-hospital cardiac arrests. *Eur Heart J.* 2020;32(41):3045–3054. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaa508
8. Kenttä TV, Sinner MF, Nearing BD, et al. Repolarization Heterogeneity Measured With T-Wave Area Dispersion in Standard 12-Lead ECG Predicts Sudden Cardiac Death in General Population. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2018;2(11):57–62. DOI: 10.1161/CIRCEP.117.005762

ОБ АВТОРАХ

***Екатерина Олеговна Ряднова**, клинический ординатор;
адрес: Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8890-0414>;
eLibrary SPIN: 3590-9216; e-mail: kate_31_96@mail.ru

Виктор Петрович Кицышин, докт. мед. наук, профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7797-5952>;
eLibrary SPIN: 5733-0983; e-mail: kitsyshin@ya.ru

Владимир Владимирович Салухов, докт. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1851-0941>;
eLibrary SPIN: 4531-6011; e-mail: vlasaluk@yandex.ru

Александр Алексеевич Чугунов, адъюнкт;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2532-6133>;
eLibrary SPIN: 3839-7619; e-mail: alexandrchugun@yandex.ru

AUTHORS INFO

***Ekaterina O. Ryadnova**, resident;
address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8890-0414>;
eLibrary SPIN: 3590-9216; e-mail: kate_31_96@mail.ru

Viktor P. Kitsyshin, MD, DSc (Medicine), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7797-5952>;
eLibrary SPIN: 5733-0983; e-mail: kitsyshin@ya.ru

Vladimir V. Salukhov, MD, DSc (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1851-0941>;
eLibrary SPIN: 4531-6011; e-mail: vlasaluk@yandex.ru

Aleksandr A. Chugunov, adjunct;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2532-6133>;
eLibrary SPIN: 3839-7619; e-mail: alexandrchugun@yandex.ru