

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 616.12-008.1-072.7

<https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-1-40-52>

3.1.26. Фтизиатрия (медицинские науки)

3.1.20. Кардиология (медицинские науки)

**ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В 12 ОБЩЕПРИНЯТЫХ
ОТВЕДЕНИЯХ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
НЕСТАБИЛЬНОСТИ МИОКАРДА У БОЛЬНЫХ ТУБЕРКУЛЕЗОМ ЛЕГКИХ
С СОПУТСТВУЮЩИМ САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ
И ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ**

**Андрей Игоревич Нагаев, Елена Александровна Шергина,
Наталья Леонидовна Карпина**

Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация. У больных туберкулезом легких имеется наиболее высокий риск развития осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы, в том числе формирование условий для электрической нестабильности миокарда. **Цель исследования:** оптимизация выявления электрической нестабильности миокарда у больных туберкулезом легких с сопутствующим сахарным диабетом и гипертонической болезнью в период проведения противотуберкулезной терапии. **Материалы и методы.** Обследовано 78 больных туберкулезом легких, в том числе 31 человек с сопутствующим сахарным диабетом и 16 больных с сопутствующей гипертонической болезнью. Электрокардиограмму регистрировали в 12 отведениях. Проводили анализ электрокардиограммы, аксонометрию Т, вычисление пространственного и фронтального углов QRS-T. Результаты исследования обрабатывали при помощи пакета статистических программ MS EXCEL 2016 для Windows и STATISTICA 10. **Результаты исследования.** Наибольшее значение частоты сердечных сокращений имели больные со значением $sQRS-T \geq 90^\circ$, $p < 0,05$. В группе больных туберкулезом легких с нормальным значением пространственного угла QRS медиана $fQRS-T$ принимала положительные значения, а в группе больных туберкулезом легких с $sQRS-T \geq 90^\circ$ – отрицательные, $p < 0,05$. Величина $sQRS-T$ увеличивалась у больных туберкулезом легких старше 45 лет и при сочетании туберкулеза легких и сахарного диабета, $p < 0,05$. Величина $fQRS-T$ не зависела от распространенности специфического процесса, от типа сахарного диабета и стадии гипертонической болезни, $p > 0,05$. Наиболее часто выявляли увеличение $sQRS-T$ у мужчин и женщин в группе больных туберкулезом легких и сахарным диабетом – в 19 / 31 (61,3 %) случаев, менее часто, чем в группе больных туберкулезом легких и гипертонической болезнью в 11 / 31 (43,7 %) случаев и только туберкулезом легких 13 / 31 (42 %) случаев. **Заключение.** При выявлении значений $sQRS-T \geq 90^\circ$ у больных туберкулезом легких и сахарным диабетом следует их направить на консультацию к врачу-кардиологу.

Ключевые слова: пространственный угол QRS, фронтальный угол QRS, туберкулез легких

Для цитирования: Нагаев А. И., Шергина Е. А., Карпина Н. Л. Возможности электрокардиограммы в 12 общепринятых отведениях для ранней диагностики электрической нестабильности миокарда у больных туберкулезом легких с сопутствующим сахарным диабетом и гипертонической болезнью. Астраханский медицинский журнал. 2025. Т. 20, № 1. С. 40–52. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-1-40-52>.

Original article

THE POSSIBILITIES OF A CONVENTIONAL 12-LEAD ECG FOR EARLY DIAGNOSIS OF MYOCARDIAL ELECTRICAL INSTABILITY IN PULMONARY TB PATIENTS WITH CONCOMITANT DIABETES MELLITUS OR HYPERTENSION

Andrey I. Nagaev, Elena A. Shergina, Natalia L. Karpina

Central TB Research Institute, Moscow, Russia

Abstract. Patients with pulmonary TB are at the highest risk of developing cardiovascular complications, including developing conditions for electrical instability of the heart. **Objective.** To optimize the detection of electrical instability of the myocardium in pulmonary TB patients with concomitant diabetes mellitus or hypertension during TB treatment. **Materials and methods.** We studied 78 pulmonary TB patients, including 31 patients with concomitant diabetes mellitus and 16 patients with concomitant hypertension. We recorded a 12-lead ECG. We performed ECG analysis, T axonometric, and evaluation of the spatial and frontal angles of QRS-T. The results were processed using statistical software package MS EXCEL 2016 for Windows and STATISTICA 10. **Research results.** The highest values of the heart rate were in patients with $sQRS-T \geq 90^\circ$, $p < 0.05$. In pulmonary TB patients with the normal spatial QRS angle the fQRS-T median had a positive value, while in patients with $sQRS-T \geq 90^\circ$ it had a negative value, $p < 0,05$. The sQRS-T value was higher in pulmonary TB patients over 45 years old or with concomitant diabetes mellitus, $p < 0.05$. The fQRS-T value did not depend on TB process spread, diabetes mellitus type, or the stage of hypertension, $p > 0.05$. The increased sQRS-T was more frequently detected in men and women with pulmonary TB / diabetes mellitus – 19/31 (61.3 %) cases, and less frequently – in patients with pulmonary TB/hypertension or just TB – 11 / 31 (43.7 %) and 13 / 31 (42 %) cases respectively. **Conclusion.** Patients with $sQRS-T \geq 90^\circ$ should be referred to a cardiologist for consultation.

Key words: the spatial QRS-T (sQRS-T) angle, the frontal QRS-T (fQRS-T) angle, pulmonary TB

For citation: Nagaev A. I., Shergina E. A., Karpina N. L. The possibilities of a conventional 12-lead ECG for early diagnosis of myocardial electrical instability in pulmonary TB patients with concomitant diabetes mellitus or hypertension. Astrakhan Medical Journal. 2025; 20 (1): 40–52. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2025-1-40-52> (In Russ.).

Введение. Сердечно-сосудистая патология является одним из ведущих компонентов патогенеза и танатогенеза при различных инфекционных заболеваниях, причем ее развитие может быть связано как с прямым патогенным действием возбудителя или его токсинов на структуры сердца, так и опосредовано каскадом патогенетических механизмов, реализуемых через метаболиты инфекционного процесса [1–3]. Кроме того, возможен кардиотоксический эффект противoinфекционной терапии, в частности ассоциированный с развитием токсической кардиомиопатии у больных туберкулезом [4–6].

Туберкулезу может сопутствовать различный коморбидный фон, в том числе сахарный диабет (СД) и гипертоническая болезнь (ГБ). У таких больных имеется наиболее высокий риск развития осложнений со стороны сердечно-сосудистой системы, в том числе формирование условий для электрической нестабильности в миокарде. Именно поэтому ранняя и своевременная диагностика является актуальной задачей в комплексе лечебных мероприятий туберкулеза.

Наиболее широкое распространение для выявления нарушений в работе сердца получила электрокардиография (ЭКГ), современные методы которой позволяют не только диагностировать эти нарушения, но и выявлять ранние (доклинические) изменения, а также определять ряд показателей, обладающих прогностической способностью [7].

Практически с самого зарождения метода ЭКГ стал проявляться интерес к изучению с ее помощью взаимоотношений процесса де- и реполяризации желудочков сердца. Достаточно длительное время этот интерес был чисто теоретическим. В 1934 г. в “American Heart Journal” была опубликована работа “Electrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode”, в которой Wilson F.N. с соавторами предложили концепцию электрокардиографического желудочкового градиента (ЖГ), что дало старт развитию нового направления в ЭКГ [8]. На основе концепции ЖГ были разработаны и внедрены в практику показатели, характеризующие электрохимические процессы в миокарде – «угол QRS-T». Этот угол характеризует расхождение векторов деполяризации и реполяризации в пространстве и является интегральным между векторами QRS и T.

В 2003 г. работой I. Kardys и соавторов продемонстрировано прогностическое значение увеличения пространственного угла QRS-T (sQRS-T) [9]. По данным исследования установлена ценность sQRS-T в прогнозировании фатальных сердечных событий. Однако, несмотря на высокие прогностические возможности sQRS-T, он пока не вошел в широкую клиническую практику, так как для его определения необходимо наличие ортогональных отведений XYZ для классического построения векторов QRS и T.

В разное время были предложены способы трансформации, с помощью которых становится возможным определение sQRS-T по данным обычной ЭКГ в 12 общепринятых отведениях. В последние годы вместо пространственного угла для тех же целей предлагается использование фронтального угла QRS (fQRS-T), расчет которого довольно прост [10]. Тем не менее исследования данных показателей относятся в основном к клинической кардиологии. Предполагается выявление ассоциации увеличения значения QRS-T с различными факторами риска развития ССЗ.

Работ, посвященных анализу углов QRS-T как показателей электрической нестабильности миокарда у больных туберкулезом легких (ТБЛ) при сочетании с СД или ГБ, в отечественной литературе не обнаружено.

Цель: оптимизировать диагностику электрической нестабильности миокарда у больных туберкулезом легких с сопутствующим сахарным диабетом и гипертонической болезнью по результатам исследования электрокардиографии в 12 общепринятых отведениях в период проведения противотуберкулезной терапии.

Материалы и методы. Одноцентровое обсервационное проспективное сплошное исследование выполнено на базе отделения функциональной диагностики Центра диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания ФГБНУ «Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Критерии включения: возраст больных старше 18 лет, подтвержденный диагноз ТБЛ по общепринятым критериям, подтвержденный диагноз СД 1 или 2 типов, подтвержденный диагноз ГБ 1 и 2 стадий.

Из исследования были исключены больные с декомпенсацией сердечной недостаточности, ухудшением течения ГБ, с искусственным водителем ритма, с установленным диагнозом постинфарктного кардиосклероза. Не допускалось наличие у обследуемых клинически выраженной ишемической болезни сердца и прием антиаритмических препаратов. При выявлении у обследуемых на ЭКГ фибрилляции или трепетания предсердий больные также не были включены в исследование в связи с невозможностью достоверной оценки изучаемых параметров ЭКГ. С учетом критериев исключения в исследование включено 78 человек. Из 78 больных было 49 (62,8 %) мужчин, средний возраст которых составил $45 \pm 10,57$ лет, 29 (37,2 %) женщин, средний возраст $52,17 \pm 16,32$ года. Среди больных преобладали лица старшего возраста 45–59 лет (42,3 %); средний возраст составил $47,67 \pm 13,36$ лет (табл. 1).

Таблица 1. Половозрастная и клиническая характеристики обследованных больных
Table 1. Gender, age, and clinical characteristics of the studied patients

Признак	Больные ТБЛ, n = 78 (%)	
	Значение	
Пол		
Мужской	49 (62,8)	
Женский	29 (37,2)	
Возраст		
До 20 лет	1 (1,3)	
20–35 лет	13 (16,7)	
36–44 лет	15 (19,2)	
45–59 лет	33 (42,3)	
Более 60 лет	16 (20,5)	
Категория случаев заболевания		
Впервые выявленные	57 (73,1)	
Ранее леченные	14 (17,9)	
Рецидив	7 (9,0)	
Клиническая форма ТБЛ		
Туберкулема	27 (34,6)	
Очаговая	3 (3,8)	
Инфильтративная	25 (32,1)	

Продолжение табл. 1

Признак	Больные ТБЛ, n = 78 (%)	
	Значение	
Диссеминированная	3 (3,8)	
Фиброзно-кавернозная	16 (20,5)	
Цирротическая	4 (5,1)	
Клиническая форма СД		
СД 1 типа	11 (35,5)	
СД 2 типа	20 (64,5)	
Клиническая стадия ГБ		
ГБ 1 стадии	4 (25,0)	
ГБ 2 стадии	12 (75,0)	

В 57 (73,1 %) случаев диагноз ТБЛ был установлен впервые, в остальных случаях это были случаи повторного лечения или рецидив заболевания. Превалировала инфильтративная клиническая форма ТБЛ 25 (32,1 %) случаев и туберкулема 26 (34,6 %) случаев. Среди клинических форм СД преобладал СД 2 типа, 20 / 31 (64,5 %) случаев. Среди обследованных с ГБ преобладали больные со 2 стадией ГБ, 12 / 16 (75,0 %) случаев.

Выбор режима и формирование схемы химиотерапии осуществлены лечащими врачами-фтизиатрами в соответствии с действующими нормативными документами [11, 12], по результатам теста на лекарственную чувствительность микобактерий туберкулеза. В схемы лечения ТБЛ чаще всего были включены фторхинолоны (преимущественно Левифлоксацин), аминогликозиды / Капреомицин и Пиразинамид (43, 41, 32 % соответственно).

Верификация и лечение сопутствующих сердечно-сосудистых заболеваний осуществлялись врачом-кардиологом. Подбор терапии проводили согласно клиническим рекомендациям по лечению [13–15]. Коррекцию гликемии проводил врач-эндокринолог [16]. Лечение проходило в условиях стационара, средний медицинский персонал выдавал пациентам препараты и контролировал их принятие.

Для регистрации ЭКГ в 12 отведениях использовали электрокардиограф «CardiMax FX-7202» (FUKUDA DENSHI, Япония). Регистрацию ЭКГ проводили при калибровке 1 mV и скорости лентопротяжки 50 мм/с, после 10–15-минутного отдыха и не ранее чем через 2 ч после еды в положении лежа на спине. Для снижения кожно-гальванического сопротивления кожу в местах наложения электродов предварительно тщательно обрабатывали раствором кожного антисептика. У всех обследуемых определяли стандартные показатели ЭКГ во II стандартном отведении, в том числе частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин.), интервал QT (мс) – методом наклона [17], скорректированный интервал QT (QTcB), рассчитываемый по формуле Bazett, оценивали электрическую ось сердца, электрическую ось зубца Т. Выявляли признаки гипертрофии камер сердца (индекс Reuero-LoPresti (PLP) и корнельский вольтажный индекс (КИ)), нарушения возбудимости и проводимости, признаки локального и диффузного поражения миокарда. Нормативными значениями считали следующие: верхняя граница нормальных значений интервала QTcB – 450 мс для мужчин и 460 мс – для женщин [18], PLP, патологический при значениях > 28 мм у мужчин и > 23 мм у женщин, и КИ, патологический при значениях > 28 мм у мужчин и > 20 мм у женщин.

sQRS-T рассчитывали с использованием регрессионного преобразования Jan A. Kors как наиболее простого способа, с использованием соответствующих коэффициентов [19] (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициенты трансформации регрессионного преобразования Jan A. Kors
Table 2. Corse regression transformation coefficients

Отведение	I	II	V1	V2	V3	V4	V5	V6
X	0,38	-0,07	-0,13	0,05	-0,01	0,14	0,06	0,54
Y	-0,07	0,93	0,06	-0,02	-0,05	0,06	-0,17	0,13
Z	0,11	-0,23	-0,43	-0,06	-0,14	-0,20	-0,11	0,31

Рассчитывали величину фронтального угла (fQRS-T) как модуля разницы между осью QRS и осью Т (во фронтальной плоскости). При разнице больше 180° значение угла приводилось к минимальному путем вычитания из 360°.

Для определения электрической оси зубца Т использовали тот же метод, что и для вычисления электрической оси комплекса QRS.

Отклонением от нормы считали значения оси Т $\geq 90^\circ$ sQRS-T $\geq 90^\circ$, fQRS-T $\geq 90^\circ$ для всех больных [20]. Кроме того, учитывали и другие пороговые значения для sQRS-T $\geq 75^\circ$ для мужчин, $\geq 59^\circ$ для женщин [21]; при наличии сахарного диабета sQRS-T $\geq 73^\circ$ для мужчин, $\geq 67^\circ$ для женщин [22], fQRS-T $\geq 100^\circ$ [23]; sQRS-T $\geq 79^\circ$ для больных с артериальной гипертензией [24].

Результаты исследования обрабатывали при помощи пакета статистических программ MS EXCEL 2016 для Windows и STATISTICA 10 (Dell Inc., США). Исследуемые данные представлены в виде медианы и 25 нижнего и 75 верхнего квартилей, Me [Q₁; Q₃]. Проведено округление цифровых величин до значимых значений. Характер распределения данных оценивали с использованием квантильных диаграмм Q-Q plots и критерия Шапиро – Уилка. Для сравнения групп по количественным признакам использовали критерий Краскела – Уоллиса, Манна – Уитни, Колмогорова-Смирнова; для сравнения по качественным признакам – критерий χ^2 с поправкой Йетса. Достоверной считалась разница при уровне $p < 0,05$.

Ограничения проведенного исследования. В данном исследовании была изучена относительно небольшая группа больных, в связи с чем полученные результаты могут быть высокоспецифичными для изучаемой выборки. Однако анализ проводили с учетом ненормального асимметричного распределения данных, что повышает репрезентативность полученных результатов.

Результаты исследования. Проведен анализ параметров ЭКГ у больных ТБЛ, ТБЛ/СД, ТБЛ/ГБ, результаты которого представлены в таблице 3.

Таблица 3. Значения анализируемых показателей в группах больных ТБЛ, сравнение показателей между группами, Me [Q₂₅; 75 %], $n = 78$
Table 3. Values of the analyzed parameters in the groups of pulmonary TB patients, comparison between the groups, Me [Q₂₅; 75 %], $n = 78$

Показатель, ед. изм.	Референсное значение	Полученное значение			Критерий Краскела – Уоллиса
		I группа (ТБЛ), $n = 31$	II группа (ТБЛ/СД), $n = 31$	III группа (ТБЛ/ГБ), $n = 16$	
ЧСС, уд./мин.	60–90	75 [68; 84]	87 [72; 94]	78 [70; 92]	$H = 3,12, d_f = 2, p = 0,2$
угол QRS, град.	0... +89	61 [26; 76]	29 [-4; 57]	20 [-15; 52]	$H = 8,85, d_f = 2, p = 0,01$
угол Т, град.	0...+90	45 [12; 63]	37 [25; 60]	50 [17; 60]	$H = 0,083, d_f = 2, p = 0,95$
fQRS-T, град.	0...+90	15 [-4; 40]	-18 [-59; 16]	-3,5 [-59; 20]	$H = 7,82, d_f = 2, p = 0,02$
sQRS-T, град.	0...+90	62 [43; 79]	82 [63; 101]	69 [46; 89]	$H = 8,46, d_f = 2, p = 0,01$
QTcB, мс	< 450 мс у мужчин и < 460 мс у женщин	408 [403; 437]	428 [420; 450]	406 [401; 438]	$H = 0,15, d_f = 2, p = 0,92$
PLP, мм	< 28 мм у мужчин и < 23 мм у женщин	17 [12; 24]	21 [16; 26]	20 [13; 24]	$H = 6,17, d_f = 2, p = 0,04$
КИ, мм	< 28 мм у мужчин и < 20 мм у женщин	10 [7; 16]	14 [10; 19]	15 [13; 18]	$H = 4,64, d_f = 2, p = 0,09$

Медианы углов QRS в группах, обследуемых имели нормальные значения, но достоверно различались между собой, $p = 0,01$.

Медианы значений fQRS-T в группах II и III принимали отрицательные значения, а sQRS-T во всех группах имели нормальные значения и достоверно различались между собой, $p = 0,02$ и $p = 0,01$, соответственно.

Медианы значений вольтажных критериев гипертрофии миокарда левого желудочка во всех группах, обследованных не превышали референсные, но их различия были статистически достоверными по критерию PLP, $p = 0,04$.

При анализе медиан ЧСС и QTcB их значения находились в пределах референсных во всех группах обследованных и статистически не различались, $p > 0,05$.

Проведен анализ частоты выявления увеличения значений fQRS-T и sQRS-T $\geq 90^\circ$ у всех обследованных больных, результаты которого представлены на рисунке 1.

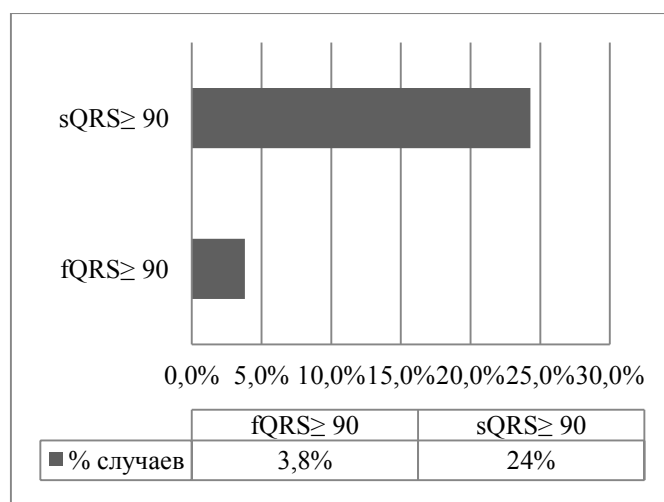


Рисунок 1. Частота выявления увеличения значений анализируемых показателей, % случаев
Figure 1. The incidence of increased values of the analysed parameters, % of cases

Так, наиболее часто выявлялись случаи увеличения sQRS-T среди всех больных обследуемой когорты, 19 / 78 (24,4 %) случаев. Взаимное увеличенное значение fQRS-T и sQRS-T $\geq 90^\circ$ было выявлено в 3 / 78 (3,8 %) случаев, при этом медиана sQRS-T составила 101,39° [96,68; 123,67], а медиана fQRS-T 141° [138; 167].

В таблице 4 представлены значения анализируемых показателей и результаты попарного сравнения медиан исследуемых показателей между группами обследуемых по показателю sQRS-T < 90° и sQRS-T $\geq 90^\circ$ с использованием критерия Колмогорова – Смирнова.

Таблица 4. Значения анализируемых показателей в группах sQRS-T < 90° и sQRS-T $\geq 90^\circ$, Me [Q25; 75], n = 78

Table 4. Values of the analysed parameters in groups with sQRS-T < 90° and sQRS-T $\geq 90^\circ$, Me [Q25; 75], n = 78

Показатель	sQRS-T < 90°, n = 59	sQRS-T $\geq 90^\circ$, n = 19	Критерий Колмогорова – Смирнова, p
ЧСС, уд./мин.	77 [68; 90]	89 [79; 94]	< 0,05
угол QRS, град.	46 [10; 68]	15 [-54; 67]	> 0,10
угол T, град.	44 [25; 60]	50 [5; 66]	> 0,10
fQRS-T, град.	6 [-19; 26]	-45 [-113; 10]	< 0,05
QTcB, мс	419 [404; 437]	437 [404; 450]	> 0,10
PLP, мм	20 [13; 26]	16 [15; 23]	> 0,10
КИ, мм	14 [9; 19]	13 [7; 16]	> 0,10

Так, нами обнаружены статистически значимые отличия в ЧСС и значении fQRS-T между группами больных, имевших нормальное и увеличенное значение пространственного угла QRS-T. Наибольшее значение ЧСС имели больные со значением sQRS-T $\geq 90^\circ$, $p < 0,05$. В группе больных ТБЛ с нормальным значением пространственного угла QRS-T медиана fQRS-T имела положительные значения, а в группе больных ТБЛ с sQRS-T $\geq 90^\circ$ – отрицательные, $p < 0,05$.

В таблице 5 представлены результаты исследования ассоциации увеличенных fQRS-T и sQRS-T с клиническими данными больных с использованием двустороннего критерия Фишера по показателю fQRS-T $\geq 90^\circ$ и sQRS-T $\geq 90^\circ$.

Таблица 5. Ассоциации клинических данных и fQRS-T $\geq 90^\circ$, sQRS-T $\geq 90^\circ$, n = 78
Table 5. The association between clinical data and fQRS-T $\geq 90^\circ$, sQRS-T $\geq 90^\circ$, n = 78

Параметр ассоциации	fQRS-T	sQRS-T
Пол, м / ж	$\chi^2 = 3,1$, $d_f = 1$, $p = 0,82$	$\chi^2 = 0,024$, $d_f = 1$, $p = 0,87$
Возраст, до 45 и старше 45 лет	$\chi^2 = 7,39$, $d_f = 1$, $p = 1,22$	$\chi^2 = 6,56$, $d_f = 1$, $p = 0,01$
Анамнез заболевания, первично / ранее леченные	$\chi^2 = 4,92$, $d_f = 1$, $p = 0,9$	$\chi^2 = 0,022$, $d_f = 1$, $p = 0,89$
Распространенность ТБЛ	$\chi^2 = 13,14$, $d_f = 1$, $p = 0,52$	$\chi^2 = 0,56$, $d_f = 1$, $p = 1,0$
Наличие СД	$\chi^2 = 17,39$, $d_f = 1$, $p = 1,0$	$\chi^2 = 0,097$, $d_f = 1$, $p = 0,02$
Наличие ГБ	$\chi^2 = 4,92$, $d_f = 1$, $p = 1,0$	$\chi^2 = 0,24$, $d_f = 1$, $p = 0,71$
Наличие признаков повышения электрической активности левого желудочка	$\chi^2 = 0,17$, $d_f = 1$, $p = 1,0$	$\chi^2 = 5,06$, $d_f = 1$, $p = 0,63$

В результате проведенного анализа было выявлено, что между возрастом больных ТБЛ и увеличением пространственного угла $QRS \geq 90^\circ$, а также наличием СД у больных ТБЛ имеются статистически значимые различия $p = 0,01$ и $p = 0,02$, соответственно.

Результаты анализа зависимости величины sQRS от распространенности туберкулеза легких, типа СД, стадии ГБ представлены на рисунке 2.

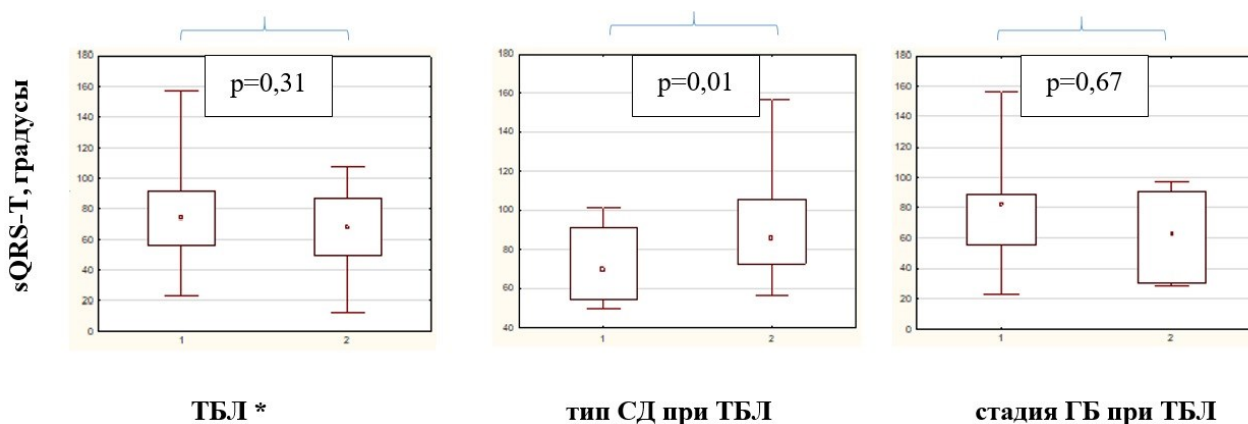


Рисунок 2. Величина пространственного угла QRS в зависимости от распространенности ТБЛ, типа СД, стадии ГБ, Me [Q25;75], $n = 78$

Примечание: *ТБЛ: 1 (распространенные процессы) – диссеминированная, фиброзно-кавернозная, цирротическая; 2 (ограниченные процессы) – туберкулема, очаговая форма, инфильтративная. СД: 1 – СД 1 типа; 2 – СД 2 типа. ГБ: 1 – 1 стадия гипертонической болезни; 2 – 2 стадия гипертонической болезни.

Figure 2. The value of the spatial QRS angle and its dependence on severity of pulmonary TB, type of diabetes mellitus, stage of hypertension, Me [Q25;75], $n = 78$

Note: *TB: 1 (common processes) – disseminated, fibrous-cavernous, cirrhotic; 2 (limited processes) – tuberculoma, focal form, infiltrative. Diabetes mellitus: 1 – type 1; 2 – type 2 diabetes. Hypertension: 1 – 1 stages; 2 – 2 stages of hypertension.

Как видно из рисунка 2, величина sQRS-T не зависела от распространенности специфического процесса, $p = 0,31$, увеличивалась при СД 2 типа, $p = 0,01$, и не зависела от стадии ГБ, $p = 0,67$.

Величины фронтального угла QRS в зависимости от распространенности ТБЛ, типа СД, стадии ГБ представлены на рисунке 3.

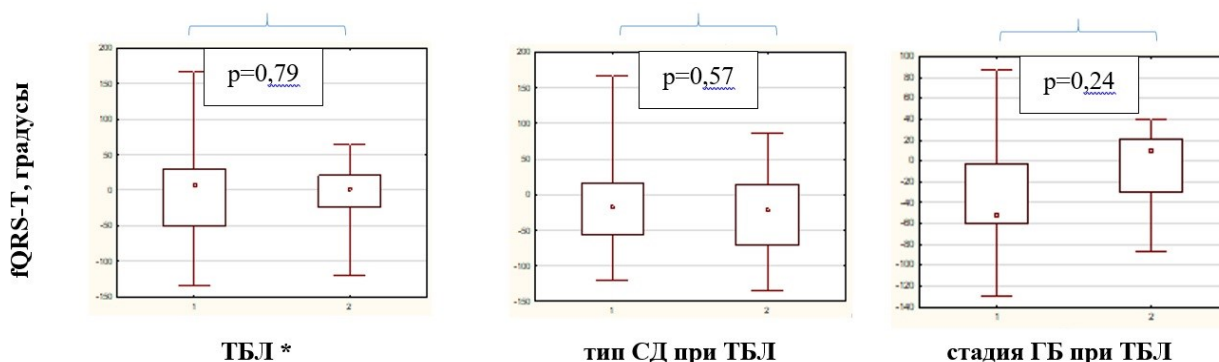


Рисунок 3. Величина фронтального угла QRS в зависимости от распространенности ТБЛ, типа СД, стадии ГБ, Me [Q25;75], $n = 78$

Примечание: *ТБЛ: 1 (распространенные процессы) – диссеминированная, фиброзно-кавернозная, цирротическая; 2 (ограниченные процессы) – туберкулема, очаговая форма, инфильтративная. СД: 1 – СД 1 типа; 2 – СД 2 типа. ГБ: 1 – 1 стадия гипертонической болезни; 2 – 2 стадия гипертонической болезни.

Figure 3. The value of the frontal QRS angle and its dependence on severity of pulmonary TB, type of diabetes mellitus, stage of hypertension, Me [Q25;75], $n = 78$

Note: *TB: 1 (common processes) – disseminated, fibrous-cavernous, cirrhotic; 2 (limited processes) – tuberculoma, focal form, infiltrative. Diabetes mellitus: 1 – type 1; 2 – type 2 diabetes. Hypertension: 1 – 1 stages; 2 – 2 stages of hypertension.

Как видно из рисунка 3, величина fQRS-T не зависела от распространенности специфического процесса, $p = 0,79$, от типа СД, $p = 0,57$ и стадии ГБ, $p = 0,24$.

Учитывая, что используемые пороговые значения углов QRS-T по-прежнему значительно различаются в разных исследованиях, мы провели анализ с учетом референсных значений, рассчитанных и рекомендуемых для проведения анализа в зависимости от клинической ситуации и гендерной принадлежности больных (рис. 4).

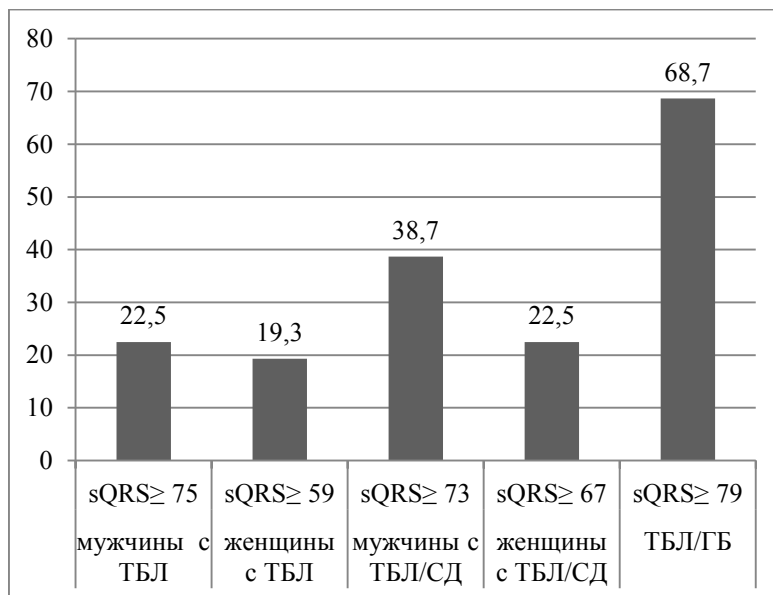


Рисунок 4. Частота случаев увеличения значений анализируемых показателей, %
Figure 4. The incidence of increased values of the analysed parameters, %

Так, по результатам проведенного анализа наиболее часто выявлялось увеличение sQRS-T в группе ТБЛ / ГБ в 11 / 16 (68,7 %) случаев, у мужчин и женщин в группе больных ТБЛ / СД в 19 / 31 (61,3 %) случаев и менее часто в группе ТБЛ 13 / 31 (41,8 %) случаев, $p > 0,05$. Сравнение рисунков 3 и 4 свидетельствует о повышении в 2 раза частоты выявления увеличения sQRS-T в 43 / 78 (55,1 %) случаев относительно данных, полученных при использовании референсных значений $sQRS-T \geq 90^\circ$, для всех больных, 19 / 78 (24,4 %) случаев, $p > 0,05$.

Обсуждение. Увеличенный QRS-T угол считается интегральным показателем изменения электрической активности сердца, отражающим как деполяризацию желудочков, так и их реполяризацию. Нарушения деполяризации отражают патологию желудочковых структур, а реполяризация – аномалию однородности потенциалов действия миокарда, приводящих к электрической нестабильности [25–31].

Пространственный угол QRS-T служит объективным маркером гетерогенности периода перехода от фазы деполяризации к фазе реполяризации. Наметилась тенденция к более частому использованию фронтального, а не пространственного угла QRS-T.

По результатам данного исследования выявлено, что по мере увеличения sQRS-T фронтальный угол QRS приобретает более отрицательные значения, причем максимально отклоняется влево при сочетании ТБЛ и СД. Полученные отрицательные значения fQRS-T требуют дальнейшего изучения.

В работе продемонстрировано, что увеличение пространственного угла QRS характерно именно для больных ТБЛ старшего возраста (старше 45 лет) и больных ТБЛ и СД, причем при сочетании ТБЛ с СД 1 типа. Кроме того, заслуживает внимания его большие значения при сочетании ТБЛ с ГБ 1 и 2 стадий даже при медикаментозно достигнутой нормотензии, в то время как в работах по кардиологии отмечался рост sQRS-T по мере увеличения степени артериальной гипертензии [24].

Необходимо отметить, что используемые пороговые значения осей QRS-T значительно разнятся в разных исследованиях, а в отечественной литературе недостаточно освещен анализ направления осей QRS при наличии инфекционных заболеваний. По результатам данного исследования установлено, что использование дифференцированного подхода при выборе порогового значения угла QRS-T приводит к увеличению количества выявляемых отклонений, а, следовательно, обеспечивает увеличение количества охваченных скринингом больных.

Подводя итог вышесказанному, можно заключить, что у больных ТБЛ с СД и ГБ имеется разобщение синергичности процессов де- и реполяризации, что в конечном итоге приводит к электрической нестабильности миокарда и повышению эктопической активности.

Исходя из вышесказанного, с учетом того факта, что по результатам данного исследования медиана вольтажных критериев гипертрофии левого желудочка в когорте обследованных больных была нормальной, следует заключить, что нарушений деполяризации выявлено не было, а патология желудочковых структур отсутствовала. Поэтому изменение QRS-T связано именно с нарушением реполяризации, наиболее уязвимого периода потенциала действия.

Несмотря на высокие прогностические возможности sQRS-T, он пока не вошел в широкую врачебную практику. Для определения sQRS-T необходимо наличие ортогональных отведений XYZ для классического построения векторов QRS и T, которые могут быть получены с помощью специальных программ, малодоступных в клинической практике. Для этой цели можно использовать регрессионное преобразование Корса [18] как наиболее простой способ расчета. Однако в настоящее время наметилась тенденция к использованию фронтального, а не пространственного угла QRS-T, расчет которого существенно проще и представляет собой разницу между осями QRS и T во фронтальной плоскости.

Согласно нормативным документам [12], контроль за ЭКГ больных, получающих противотуберкулезные препараты, должен осуществляться ежемесячно, а врачам необходимо обращать внимание на QTc. В данном исследовании доказано, что в отсутствие изменений процесса реполяризации при приеме фторхинолонов, находящих отражение в удлинении QTc, наиболее чувствительным маркером электрической нестабильности при сочетании ТБЛ / СД оказался sQRS-T.

Представленное исследование подтвердило наличие у больных туберкулезом легких электрической нестабильности миокарда. Почти у четверти (24,4 %) обследованных выявлено увеличение пространственного угла QRS-T > 90°, существенно реже, у 3,8 % увеличение фронтального угла QRS-T > 90°, причем при нормальных значениях QTc, увеличение которого в настоящее время является основным критерием нарушений процессов реполяризации миокарда у больных ТБЛ.

Учитывая тот факт, что ЭКГ позволяет выявлять нарушения процессов реполяризации миокарда на доклинической стадии, необходимо осуществлять динамическое ЭКГ-наблюдение, особенно у больных группы риска. Современные возможности электрокардиографии, в частности расчет углов QRS-T, значительно повышает диагностические возможности метода.

Заключение. Больные туберкулезом легких с сахарным диабетом имеют неблагоприятный сердечно-сосудистый прогноз в отсутствие верифицированных сердечно-сосудистых заболеваний. Необходимо выявление дополнительных сердечно-сосудистых рисков у больных туберкулезом легких с сахарным диабетом для профилактики неблагоприятных исходов. По результатам нашего исследования выявлено что, в группу риска входят больные туберкулезом легких с сопутствующим сахарным диабетом в возрасте старше 45 лет. При выявлении значений sQRS-T $\geq 90^\circ$ у больных туберкулезом легких старше 45 лет и больных туберкулезом легких с сахарным диабетом следует направлять их на консультацию к врачу-кардиологу.

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

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

1. Филиппов П. Г. Поражение сердечно-сосудистой системы при некоторых инфекционных болезнях. Москва, 2001. 185 с.
2. Моисеева О. М., Митрофанова Л. Б., Пахомов А. В., Митрофанов Н. А., Накацева Е. В., Зверев Д. А. Спорные вопросы диагностики миокардитов // Сердце: журнал для практикующих врачей. 2010. Т 9 (4). С. 234–241.

3. Price S., Anning P. B., Mitchell J. A., Evans T. W. Myocardial dysfunction in sepsis: mechanisms and therapeutic implications // *European Heart Journal*. 1999. Vol. 20, no. 10. P. 715–724.
4. Мишин В. Ю., Чуканов В. И., Григорьев Ю. Г. Побочное действие противотуберкулезных препаратов при стандартных и индивидуализированных режимах химиотерапии. Москва: Компьютербург, 2004. 208 с.
5. Панкова Л. И. Появление побочных реакций со стороны сердечно-сосудистой системы при лечении больных активным туберкулезом легких // *Современные проблемы кардиологии*. Харьков: Харьковский мед. ин-т, 1990. С. 130–131.
6. Якушин С. С., Филиппов Е. В. ВИЧ-инфекция и сердечно-сосудистые осложнения // *Клиницист*. 2011. Т. 2. С. 6–12.
7. Engel G., Beckerman J. G., Froelicher V. F., Yamazaki T., Chen H. A., Richardson K., McAuley R. J., Ashley E. A., Chun S., Wang P. J. Electrocardiographic Arrhythmia Risk Testing // *Current Problems in Cardiology*. 2004. Vol. 29. P. 357–432. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2004.02.007.
8. Wilson F. N., Johnston F. D., Macleod A. G., & Barker P. S. Electrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode // *American Heart Journal*. 1934. No. 9. P. 447–458.
9. Kardys I., Kors J. A., Meer I. M. van der, Hofman A., Kuip D. A. M. van der, Wittman J. C. M. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population // *European Heart Journal*. 2003. Vol. 24. P. 1357–1364.
10. Zhu-Ming Zhang, Prineas R. J., Case D., Soliman E. Z., Rautaharju P. M. Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality (from the atherosclerosis risk in community's study) // *American Journal of Cardiology*. 2007. Vol. 100. P. 844–849. doi: 10.1016/j.amjcard.2007.03.104.
11. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению туберкулеза органов дыхания. Москва – Тверь: Триада, 2014. 56 с.
12. Клинические рекомендации «Туберкулез у взрослых». URL: http://disuria.ru/_ld/11/1173_kr22A15A19MZ.pdf
13. Руководство по кардиологии: в 3 т. / под ред. Г. И. Сторожакова, А. А. Горбаченкова. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. Т. 1. 672 с.
14. Болезни сердца по Браунвальду: руководство по сердечно-сосудистой медицине: в 4 т.: пер. с англ. / под общ. ред. Р. П. Оганова. Москва: Рид Элсивер, 2010. Т. 1. 624 с.
15. Утвержденные клинические рекомендации. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/clin_recomend (дата обращения: 30.01.2023).
16. Клинические рекомендации «Сахарный диабет 2 типа у взрослых». URL: <https://diseases.medelement.com/disease/сахарный-диабет-2-типа-у-взрослых-кр-рф-2022/17220>.
17. Макаров Л. М. Холтеровское мониторирование. 4-е изд. Москва: МЕДПРАКТИКА-М, 2017. 504 с.
18. Ардашев А. В., Озерофф О., Сансалоне Р., Желяков Е. Г., Каппато Р., Снежицкий В. А. и др. Рекомендации Евразийской аритмологической ассоциации (EURA), Аргентинского общества аритмий (SADEC) и Европейского аритмологического общества (ECAS) по проведению антиаритмической терапии у пациентов с нарушениями ритма сердца и проводимости и коронавирусной инфекцией COVID-19 // *Кардиология*. 2020. Т. 60 (10). С. 1–9.
19. Vondrak J., Penhaker M., Jurek F. Selected transformation methods and their comparison for VCG leads deriving // *Alexandria Engineering Journal*. 2022. Vol. 61. P. 3475–3485.
20. Raposeiras-Roubín S., Virgós-Lamela A., Bouzas-Cruz N., López-López A., Castiñeira-Busto M., Fernández-Garda R., García-Castelo A., Rodríguez-Mañero M., García-Acuña J. M., Abu-Assi E., González-Juanatey J. R. Usefulness of the QRS-T Angle to Improve Long-Term Risk Stratification of Patients With Acute Myocardial Infarction and Depressed Left Ventricular Ejection Fraction // *American Journal of Cardiology*. 2014. Vol. 113, no. 8. P. 1312–1319. doi: 10.1016/j.amjcard.2014.01.406.
21. Zhu-Ming Zhang, Rautaharju P. M., Prineas R. J., Whitsel E. A., Tereshchenko L., Soliman E. Z. A wide QRS/T angle in bundle branch blocks is associated with increased risk for coronary heart disease and all-cause mortality in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study // *Journal of Electrocardiology*. 2015. Vol. 48, no. 4. P. 672–677. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2015.04.014.
22. May O., Graversen C. B., Johansen M., Arildsen H. A large frontal QRST angle is a strong predictor of the long-term risk of myocardial infarction and all-cause mortality in the diabetic population // *Journal of Diabetes and its Complications*. 2016. Vol. 31, no. 3. P. 551–555. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2016.12.001.
23. Terho H. K., Tikkanen J. T., Kenttä T. V., Junttila J. M., Aro A. L., Anttonen O., Kerola T., Rissanen H. A., Knekt P., Huikuri H. V. Electrocardiogram as a predictor of sudden cardiac death in middle-aged subjects without a known cardiac disease // *International Journal of Cardiology – Heart and Vasculature*. 2018. Vol. 20. P. 50–55. doi: 10.1016/j.ijcha.2018.08.002.
24. Сахнова Т. А., Блинова Е. В., Саидова М. А. Значение пространственного угла QRS–T для оценки тяжести поражения сердца у больных артериальной гипертензией // *Кардиология*. 2021. Т. 61 (11). С. 49–56. doi: 10.18087/cardio.2021.11.n1647.

25. Selvaraj S., Ilkhanoff L., Burke M. A., Freed B. H., Lang R. M., Martinez E. E., Shah S. J. Association of the frontal QRS-T angle with adverse cardiac remodeling, impaired left and right ventricular function, and worse outcomes in heart failure with preserved ejection fraction // *Journal of the American Society Echocardiography*. 2013. Vol. 27. P. 74–82. doi: 10.1016/j.echo.2013.08.023.
26. Rautaharju P. M., Ge S., Nelson J. C., Marino Larsen E. K., Psaty B. M., Furberg C. D., Zhu-Ming Zhang, Robbins J., Gottdiener J. S., Chaves P. H. M. Comparison of mortality risk for electrocardiographic abnormalities in men and women with and without coronary heart disease (from the Cardiovascular Health Study) // *American Journal of Cardiology*. 2006. Vol. 97 (3). P. 309–315.
27. Zhang Z. M., Prineas R. J., Case D., Soliman E. Z., Rautaharju P. M. Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality (from the atherosclerosis risk in community's study) // *American Journal of Cardiology*. 2007. Vol. 100 (5). P. 844–849.
28. Torbal A. de, Kors J. A., Herpen G. van, Meij S., Nelwan S., Simoons M. L., Boersma E. The electrical T-axis and the spatial QRS-T angle are independent predictors of long-term mortality in patients admitted with acute ischemic chest pain // *Cardiology*. 2004. Vol. 101. P. 199–207.
29. Rautaharju P. M., Kooperberg C., Larson J. C., LaCroix A. Electrocardiographic abnormalities that predict coronary heart disease events and mortality in postmenopausal women: the Women's Health Initiative // *Circulation*. 2015. Vol. 113. P. 473–489. doi: 10.1371/journal.pone.0136174 August 18, 2015 16 / 18 13.
30. Bie M. K. de, Koopman M. G., Gaasbeek A., Dekker F. W., Maan A. C., Swenne C. A., Scherptong R. W., Dessel P. F. van, Wilde A. A., Schalij M. J., Rabelink T. J., Jukema J. W. Incremental prognostic value of an abnormal baseline spatial QRS-T angle in chronic dialysis patients // *Europace*. 2013. Vol. 15. P. 290–296. doi: 10.1093/euro-pace/eus306.

References

1. Filippov P. G. Porazhenie serdechno-sosudistoy sistemy pri nekotorykh infektsionnykh boleznyakh = Cardiovascular damage in some infectious diseases. Moscow; 2001: 185 p. (In Russ.).
2. Moiseeva O. M., Mitrofanova L. B., Pakhomov A. V., Mitrofanov N. A., Nakatseva E. V., Zverev D. A. Controversial issues in the diagnosis of myocarditis. Serdtse: zhurnal dlya praktikuyushchih vrachey = Heart: a journal for practicing physicians. 2010; 9 (4): 234–241 (In Russ.).
3. Price S., Anning P. B., Mitchell J. A., Evans T. W. Myocardial dysfunction in sepsis: mechanisms and therapeutic implications. *European Heart Journal*. 1999; 20 (10): 715–724.
4. Mishin V. Yu., Chukanov V. I., Grigorev Yu. G. Pobochnoe deystvie protivotuberkuleznykh preparatov pri standartnykh i individualizirovannykh rezhimakh khimioterapii = Side effects of anti-tuberculosis drugs in standard and individualized chemotherapy regimens. Moscow: Kompyuterburg; 2004: 208 p. (In Russ.).
5. Pankova L. I. The appearance of adverse reactions from the cardiovascular system in the treatment of patients with active pulmonary tuberculosis. *Sovremennye problemy kardiologii = Modern problems of cardiology*. Kharkiv: Kharkiv Medical Institute; 1990: 130–131 (In Russ.).
6. Yakushin S. S., Filippov E. V. HIV infection and cardiovascular complications. *Klinitsist = Clinician*. 2011; 2: 6–12 (In Russ.).
7. Engel G., Beckerman J. G., Froelicher V. F., Yamazaki T., Chen H. A., Richardson K., McAuley R. J., Ashley E. A., Chun S., Wang P. J. Electrocardiographic Arrhythmia Risk Testing. *Current Problems in Cardiology*. 2004; 29: 357–432. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2004.02.007.
8. Wilson F. N., Johnston F. D., Macleod A. G., & Barker P. S. Electrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode. *American Heart Journal*. 1934; 9: 447–458.
9. Kardys I., Kors J. A., Meer I. M. van der, Hofman A., Kuip D. A. M. van der, Witteman J. C. M. Spatial QRS-T angle predicts cardiac death in a general population. *European Heart Journal*. 2003; 24: 1357–1364.
10. Zhu-Ming Zhang, Prineas R. J., Case D., Soliman E. Z., Rautaharju P. M. Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality (from the atherosclerosis risk in community's study). *American Journal of Cardiology*. 2007; 100: 844–849, doi: 10.1016/j.amjcard.2007.03.104.
11. Federalnye klinicheskie rekomendatsii po diagnostike i lecheniyu tuberkuleza organov dykhaniya = Federal clinical guidelines for the diagnosis and treatment of tuberculosis of the respiratory organs. Moscow – Tver: Triada; 2014: 56 p. (In Russ.).
12. Klinicheskie rekomendatsii “Tuberkulez u vzroslykh” = Clinical guidelines “Tuberculosis in adults”. URL: http://disuria.ru/_ld/11/1173_kr22A15A19MZ.pdf (In Russ.).
13. Rukovodstvo po kardiologii: v trekh tomakh = Handbook of cardiology: in 3 volumes. Ed. by G. I. Storozhakov, A. A. Gorbachenkov. Moscow: GEOTAR-Media; 2008; 1: 672 p. (In Russ.).
14. Bolezni serdtsa po Braunvaldu: rukovodstvo po serdechnososudistoy medicine: v chetyrekh tomakh = Heart diseases according to Braunwald: a guide to cardiovascular medicine: in 4 volumes. Ed. by R. G. Oganov. Moscow: Reed Elsevier; 2010: 624 p.

15. Utverzhennyye klinicheskie rekomendatsii = Approved clinical guidelines. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/clin_recomend (accessed: 30.01.2023) (In Russ.).
16. Klinicheskie rekomendatsii "Saharnyy diabet 2 tipa u vzroslykh" Clinical guidelines "Type 2 diabetes mellitus in adults". URL: <https://diseases.medelement.com/disease/сахарный-диабет-2-типа-у-взрослых-кр-рф-2022/17220> (In Russ.).
17. Makarov L. M. Kholterovskoe monitorirovanie = Holter monitoring. 4th ed. Moscow: MEDPRAKTIKA-M; 2017: 504 p. (In Russ.).
18. Ardashev A. V., Ozeroff O., Sansalone R., Zhelyakov E. G., Kappato R., Snezhickiy V. A. et al. Recommendations of the Eurasian Arrhythmology Association (EURA), the Argentine Arrhythmia Society (SADEC) and the European Arrhythmology Society (ECAS) for antiarrhythmic therapy in patients with cardiac rhythm and conduction disorders and coronavirus infection COVID-19. *Kardiologiya = Cardiology*. 2020; 60 (10): 1–9 (In Russ.).
19. Vondrak J., Penhaker M., Jurek F. Selected transformation methods and their comparison for VCG leads deriving. *Alexandria Engineering Journal*. 2022; 61: 3475–3485.
20. Raposeiras-Roubín S., Virgós-Lamela A., Bouzas-Cruz N., López-López A., Castiñeira-Busto M., Fernández-Garda R., García-Castelo A., Rodríguez-Mañero M., García-Acuña J. M., Abu-Assi E., González-Juanatey J. R. Usefulness of the QRS-T Angle to Improve Long-Term Risk Stratification of Patients With Acute Myocardial Infarction and Depressed Left Ventricular Ejection Fraction. *American Journal of Cardiology*. 2014; 113 (8): 1312–1319. doi: 10.1016/j.amjcard.2014.01.406.
21. Zhu-Ming Zhang, Rautaharju P. M., Prineas R. J., Whitsel E. A., Tereshchenko L., Soliman E. Z. A wide QRS/T angle in bundle branch blocks is associated with increased risk for coronary heart disease and all-cause mortality in the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) Study. *Journal of Electrocardiology*. 2015; 48 (4): 672–677, doi: 10.1016/j.jelectrocard.2015.04.014.
22. May O., Gravarsen C. B., Johansen M., Arildsen H. A large frontal QRST angle is a strong predictor of the long-term risk of myocardial infarction and all-cause mortality in the diabetic population. *Journal of Diabetes and its Complications*. 2016; 31 (3): 551–555. doi: 10.1016/j.jdiacomp.2016.12.001.
23. Terho H. K., Tikkanen J. T., Kenttä T. V., Junttila J. M., Aro A. L., Anttonen O., Kerola T., Rissanen H. A., Knekt P., Huikuri H. V. Electrocardiogram as a predictor of sudden cardiac death in middle-aged subjects without a known cardiac disease. *International Journal of Cardiology – Heart and Vasculature*. 2018; 20: 50–55, doi: 10.1016/j.ijcha.2018.08.002.
24. Sahnova T. A., Blinova E. V., Saidova M. A. The Importance of the QRS–T Spatial Angle for Assessing the Severity of Heart Damage in Patients with Arterial Hypertension. *Kardiologiya = Cardiology*. 2021; 61 (11): 49–56, doi: 10.18087/cardio.2021.11.n1647 (In Russ.).
25. Selvaraj S., Ilkhanoff L., Burke M. A., Freed B. H., Lang R. M., Martinez E. E., Shah S. J. Association of the frontal QRS-T angle with adverse cardiac remodeling, impaired left and right ventricular function, and worse outcomes in heart failure with preserved ejection fraction. *Journal of the American Society Echocardiography*. 2013; 27: 74–82. doi: 10.1016/j.echo.2013.08.023.
26. Rautaharju P. M., Ge S., Nelson J. C., Marino Larsen E. K., Psaty B. M., Furberg C. D., Zhu-Ming Zhang, Robbins J., Gottdiener J. S., Chaves P. H. M. Comparison of mortality risk for electrocardiographic abnormalities in men and women with and without coronary heart disease (from the Cardiovascular Health Study). *American Journal of Cardiology*. 2006; 97 (3): 309–315.
27. Zhang Z. M., Prineas R. J., Case D., Soliman E. Z., Rautaharju P. M. Comparison of the prognostic significance of the electrocardiographic QRS/T angles in predicting incident coronary heart disease and total mortality (from the atherosclerosis risk in community's study). *American Journal of Cardiology*. 2007; 100 (5): 844–849.
28. Torbal A. de, Kors J. A., Herpen G. van, Meij S., Nelwan S., Simoons M. L., Boersma E. The electrical T-axis and the spatial QRS-T angle are independent predictors of long-term mortality in patients admitted with acute ischemic chest pain. *Cardiology*. 2004; 101: 199–207.
29. Rautaharju P. M., Kooperberg C., Larson J. C., LaCroix A. Electrocardiographic abnormalities that predict coronary heart disease events and mortality in postmenopausal women: the Women's Health Initiative. *Circulation*. 2015; 113: 473–489. doi: 10.1371/journal.pone.0136174 August 18, 2015 16 / 18 13.
30. Bie M. K. de, Koopman M. G., Gaasbeek A., Dekker F. W., Maan A. C., Swenne C. A., Scherptong R. W., Dessel P. F. van, Wilde A. A., Schaliij M. J., Rabelink T. J., Jukema J. W. Incremental prognostic value of an abnormal baseline spatial QRS-T angle in chronic dialysis patients. *Europace*. 2013; 15: 290–296. doi: 10.1093/europace/eus306.

Сведения об авторах

А. И. Нагаев, врач-кардиолог, центр диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания, Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза, Москва, Россия, ORCID: 0000-0002-2498-4329, e-mail: fdcniit@yandex.ru;

Е. А. Шергина, кандидат медицинских наук, врач функциональной диагностики, заведующая отделением функциональной диагностики, центр диагностики и реабилитации заболеваний органов дыхания, Центральный

научно-исследовательский институт туберкулеза, Москва, Россия, ORCID: 0000-0002-1433-5720, e-mail: fdcniit@yandex.ru;

Н. Л. Карпина, доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, Центральный научно-исследовательский институт туберкулеза, Москва, Россия, ORCID: 0000-0001-9337-3903, e-mail: fdcniit@yandex.ru.

Information about the authors

A. I. Nagaev, cardiologist, Central TB Research Institute, Moscow, Russia, ORCID: 0000-0002-2498-4329, e-mail: fdcniit@yandex.ru;

E. A. Shergina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department, Central TB Research Institute, Moscow, Russia, ORCID: 0000-0002-1433-5720, e-mail: fdcniit@yandex.ru;

N. L. Karpina, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director, Central TB Research Institute, Moscow, Russia, ORCID: 0000-0001-9337-3903, e-mail: fdcniit@yandex.ru.*

Статья поступила в редакцию 15.04.2024; одобрена после рецензирования 23.01.2025; принята к публикации 24.03.2025.

The article was submitted 15.04.2024; approved after reviewing 23.01.2025; accepted for publication 24.03.2025.