

К. С. Колосова, Н. Ю. Григорьева

**ФЕНОМЕН RAZ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЭКГ КАК КРИТЕРИЙ
ИШЕМИИ МИОКАРДА У КОМОРБИДНЫХ ПАЦИЕНТОВ
ПОЖИЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТА
(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

Аннотация.

Представлен обзор современного состояния знаний о неинвазивной диагностике ишемической болезни сердца с помощью высокочастотной ЭКГ. Рассматриваются вопросы, посвященные разработке более чувствительных неинвазивных маркеров развития ишемии миокарда у коморбидных пациентов пожилого и старческого возраста.

Ключевые слова: ишемическая болезнь сердца, высокочастотная ЭКГ, электрокардиография, ишемия миокарда, феномен RAZ, синдром старческой астении, коморбидность.

К. S. Kolosova, N. Yu. Grigor'eva

**RAZ PHENOMENON OF HIGH FREQUENCY ECG
AS A CRITERION OF MYOCARDIAL ISCHEMIA
IN COMORBID ELDERLY AND SENILE PATIENTS
(LITERATURE REVIEW)**

Abstract.

A review of the current state of knowledge about the non-invasive diagnosis of coronary heart disease using high-frequency ECG is presented. The questions devoted to the development of more sensitive non-invasive markers of myocardial ischemia development in co-morbid elderly and senile patients are considered.

Keywords: ischemic heart disease, high-frequency ECG, electrocardiography, myocardial ischemia, RAZ phenomenon, old asthenia syndrome, comorbidity.

Введение

Согласно данным Фремингемского исследования [1], в 40 % случаев у мужчин и в 56 % у женщин первым клиническим проявлением ишемической болезни сердца (ИБС) является стенокардия. В последние годы заболеваемость стенокардией увеличилась на 40 %, а острым инфарктом миокарда – на 15 % [2]. По данным Росстата 2017 г., в общей структуре заболеваемости сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) составили 57 % [3], из них ишемическая болезнь сердца – 23 % [4]. Следует отметить, что в Нижегородской области ишемическая болезнь сердца (ИБС) составила 47 % в структуре заболеваемости [5].

Наиболее частой причиной временной утраты трудоспособности, инвалидности и преждевременной смертности также является ИБС, особенно ее острые формы [5].

1. ИБС у лиц пожилого и старческого возраста

Как известно, количество пациентов с ИБС увеличивается с возрастом, достигая максимума в старости [6]. Согласно классификации Всемирной организации здравоохранения, пожилой возраст считается с 60 до 74 лет, старческий – с 75 до 90 лет [7, 8]. По мере увеличения возраста нарастает количество болезней, ухудшается течение имеющихся, увеличивается риск осложнений. Все это на фоне общего старения организма может привести к развитию старческой астении – синдрома, характеризующегося снижением физической и функциональной активности, дефицитом адаптационных и восстановительных возможностей пациента. Для таких больных также характерно повышение порога болевой чувствительности за счет развития гипоксии, которая может быть обусловлена несколькими заболеваниями, имеющимися у больного, и носить нередко смешанный характер [9]. Так, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) встречается в 40 % мужчин и 20 % женщин старческого возраста [10], сахарный диабет (СД) – в 20 % [11]. В связи со сниженной болевой чувствительностью, характерной для этих болезней, при приступе стенокардии эмоциональная окраска неяркая, боль незначительной интенсивности в виде тяжести за грудиной или вовсе отсутствует [12, 13].

При проведении инвазивных процедур пациенты с синдромом старческой астении имеют больший риск развития неблагоприятных исходов. Кроме того, повторное незапланированное интервенционное вмешательство у таких больных встречается в 2–9 раз чаще, чем у пациентов среднего или того же возраста, но без синдрома старческой астении (ССА). В свою очередь, пациенты пожилого и старческого возраста без ССА имеют большее количество осложнений и большую смертности после инвазивных процедур, чем пациенты более молодого возраста [14].

У пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС) с подъемом сегмента ST повторные реваскуляризации у лиц среднего возраста встречались в 8 %, в старших возрастных группах без ССА – 9 %, с ССА – 15 %. Повторные инфаркты миокарда (ИМ) у лиц среднего возраста встречались в 9 %, в старших возрастных группах без ССА – в 11 %, с ССА – в 23 %. Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) у лиц среднего возраста встречались в 3 %, в старших возрастных группах без ССА – в 25 %, с ССА – в 34 % случаев. Смертность в течение первого года после ОКС у лиц среднего возраста встречалась в 2 %, в старших возрастных группах без ССА – в 5 %, с ССА – в 10 % случаев [14].

У пациентов с ОКС без подъема сегмента ST повторные реваскуляризации у лиц среднего возраста встречались в 10 %, в старших возрастных группах без ССА – в 17 %, с ССА – в 30 % случаев. Повторные ИМ у лиц среднего возраста встречались в 14 %, в старших возрастных группах без ССА – в 19 %, с ССА – в 29 % случаев. ОНМК у лиц среднего возраста встречались в 2 %, в старших возрастных группах без ССА – в 24 %, с ССА – в 33 % случаев. Смертность в течение первого года у лиц среднего возраста

встречались в 1 %, в старших возрастных группах без ССА – в 3 %, с ССА – в 6 % случаев [14].

Смерть, инфаркт миокарда, инсульт, экстренная реваскуляризация были зарегистрированы у 41 % в группе инвазивной стратегии у пациентов со старческой астенией [15].

Таким образом, возраст сам по себе и особенно наличие ССА является важным дополнительным фактором риска неблагоприятного сердечно-сосудистого прогноза.

В настоящее время остается малоизученной оценка риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) у пациентов старше 65 лет, которые и составляют значительную часть больных с ИБС [16]. Имеется ряд работ, в которых доказано, что паспортный возраст не всегда может быть использован для оценки риска ССЗ у пациентов пожилого возраста [17, 18], ведь далеко не всегда старение организма само по себе является фактором, приводящим к развитию неблагоприятных патогенетических механизмов развития болезней [19].

При увеличении возраста повышается частота сопутствующих заболеваний, маскирующих клиническую картину ИБС, что приводит к необходимости своевременной диагностики различных форм ИБС и назначению адекватного лечения [20]. Высокая частота бессимптомных и атипичных форм ИБС, трудность оценки клиники при ограничении физической активности, проблемы с памятью, сопутствующие заболевания, включая обструктивные заболевания легких и сахарный диабет, могут существенно увеличить время постановки диагноза и затруднить оценку состояния пациента [21]. Но даже наличие типичной картины стабильных форм ИБС у пожилых лиц нередко приводит к ошибочным диагнозам. Например, типичная боль за грудиной при нагрузке не всегда подтверждается результатами стресс-тестов и коронарной ангиографии [22]. У 20–30 % больных ИБС ишемия миокарда возникает неожиданно, без клинических проявлений. Часть пациентов с атеросклерозом коронарных артерий не имеют никаких симптомов, при этом степень стеноза может достигать 60–70 %. Чаще всего такими пациентами являются пожилые и люди старческого возраста [23, 24].

Электрокардиограмма у пожилых лиц характеризуется нарушениями реполяризации – депрессии сегмента ST и снижения амплитуды зубца T, медленным нарастанием зубца R в отведениях V1-V3. Установлено, что не во всех случаях данный неспецифический характер нарушения процессов реполяризации ассоциируется с наличием заболевания сердца. У 4 % пожилых лиц это атриовентрикулярная блокада I степени, а у 9 % – желудочковая экстрасистолия, которая не является жизнеугрожающей и не требует срочного медикаментозного лечения при малосимптомной форме [25].

Для диагностики ИБС, в том числе у пожилых, рекомендуется выполнять нагрузочную пробу [26]. С помощью стресс-теста оцениваются функциональные возможности сердечно-сосудистой системы (ССС) пациентов, но далеко не всегда пожилые могут выполнить требуемую нагрузку ввиду наличия ряда заболеваний: остеоартроза, хронической обструктивной болезни легких, болезни периферических артерий [27]. Затрудняют оценку теста и неспецифические нарушения реполяризации на электрокардиограмме покоя. В связи с этим существует мнение, что у пациентов старшего возраста физическую нагрузку следует заменять стресс-тестом с применением лекарственных препаратов [28].

2. Клиническое обоснование использования высокочастотной ЭКГ в диагностике ишемии миокарда

Общепринятым диагностическим критерием ишемии миокарда на электрокардиограмме, зарегистрированной в условиях покоя, является снижение ST-сегмента относительно уровня изолинии более 1 мм [29]. Этот критерий имеет высокую специфичность (90 %) и очень низкую чувствительность – не более 20 %. Поэтому во всем мире проводятся исследования, посвященные разработке более чувствительных неинвазивных методов для обнаружения признаков развития ишемии миокарда. Анализ высокочастотных компонентов электрокардиосигнала обладает существенной информативностью для решения этой задачи. Высокочастотные амплитудные и морфологические изменения QRS комплекса в качестве диагностических маркеров ишемии миокарда часто превосходят изменения ST-сегмента [30]. Впервые в 1986 г. группа доктора Abboud при исследовании высокочастотной ЭКГ обнаружила провалы амплитуды ЭКГ-сигнала в области QRS-комплекса. Этот феномен получил название «зона сниженной амплитуды», в английской терминологии “reduced amplitude zone”, или сокращенно RAZ [31]. Чувствительность феномена RAZ к выявлению ИБС составляет, по мнению ряда авторов, 80 %. Вполне вероятно, что высокочастотная ЭКГ в качестве дополнительного метода может улучшить неинвазивную диагностику ИБС [32]. Это особенно важно для пациентов с синдромом старческой астении, при котором высок риск осложнений при инвазивных вмешательствах, в частности при проведении селективной коронарографии [33].

Стандартная электрокардиограмма ограничена частотами 0,05–100 Гц, но более высокие частоты также присутствуют в сигнале ЭКГ [34]. Технология высокого разрешения позволяет записать и проанализировать эти более высокие частоты. Высокочастотные составляющие в диапазоне 150–250 Гц находятся преимущественно в комплексе QRS. Анализ этих высокочастотных компонентов (HF-ECG) способен предоставить информацию, повышающую диагностическую ценность ЭКГ [35].

К настоящему времени описаны различные методики выделения высокочастотных компонентов электрокардиограммы. Исследовались ЭКГ-сигналы в различных частотных диапазонах, выделяемые с помощью фильтров различных типов и различных методик усреднения для подавления шумов. Тем не менее в настоящее время нет стандартного (общепринятого) метода для выделения и количественного описания HF-ECG [36, 37]. Физиологический механизм, находящийся в основе формирования высокочастотных компонентов QRS, исследован не полностью. Согласно одной из теорий, высокочастотные потенциалы возникают из-за того, что волны деполяризации, генерируемые различными участками миокарда, распространяются по миокарду с неодинаковой скоростью. В экспериментах также было показано, что изменения HF-ECG, наблюдаемые у пациентов с ишемией миокарда, обусловлены замедлением скорости распространения волны деполяризации в зоне ишемии миокарда [38]. Этот механизм изучался Watanabe et al. (1998 г.) в условиях инфузии блокатора натриевых каналов в переднюю нисходящую артерию сердца собак [39]. В этом исследовании регистрировали 6-униполярных ЭКГ-отведений от всей поверхности левого желудочка и изучали усредненные ЭКГ-сигналы, отфильтрованные в частотном диапазоне

30–250 Гц. Было показано, что степень уменьшения амплитуды усредненных ЭКГ-сигналов линейно связано с локальным замедлением скорости проведения волны возбуждения. Эти результаты позволяют предположить, что высокочастотные компоненты комплекса QRS (HF-QRS) являются мощным индикатором нарушений локальной проводимости миокарда [39].

Альтернативная теория состоит в том, что HF-QRS отражают форму исходного электрокардиографического сигнала (потенциала действия миокарда). Корень квадратный из среднеквадратического напряжения (RMS) плохо коррелирует с амплитудой сигнала, но хорошо коррелирует с первой и второй производной сигнала, т.е. с величиной скорости и ускорения распространения волны возбуждения. Также было сделано предположение, что автономная нервная система оказывает влияние на HF-QRS. Например, переход в положение сидя (из положения лежа на спине) вызывает существенные изменения HF-QRS в некоторых ЭКГ-отведениях. Некоторые исследователи показывают, что у пациентов с семейной дисавтономией (дегенерация обеих ветвей автономной нервной системы) обнаруживаются зоны сниженной амплитуды очень маленькой величины (Reduced Amplitude Zones (RAZ)). У атлетов с изменениями ЭКГ вагусной природы (синдром ранней реполяризации, брадикардия) обнаруживается увеличенное образование RAZ [40]. Следует признать, что для лучшего понимания механизма формирования HF-QRS необходимы дальнейшие электрофизиологические исследования.

В исследованиях на людях HF-QRS регистрировалась во время пережатия коронарных артерий во время коронарной ангиопластики. Результаты этих исследований показали, что «баллон-индуцированная ишемия миокарда» вызывает изменения HF-QRS у большинства пациентов [41].

Изменяется величина RMS (квадратный корень из среднеквадратического значения высокочастотных потенциалов QRS-комплекса напряжения). Эти изменения наблюдаются даже в тех случаях, когда нет изменений ST-сегмента. Эти результаты показывают, что острая ишемия миокарда может быть обнаружена с более высокой чувствительностью на основе анализа HF-QRS (в сравнении с общепринятыми методами анализа ЭКГ). Анализ HF-QRS может использоваться для выявления ишемии миокарда как дополнение к стандартному ЭКГ-обследованию [42].

Анализ HF-QRS в условиях тестирования физическими нагрузками рассматривается в качестве дополнительного метода оценки изменений ST-сегмента с целью выявления ишемии миокарда индуцированной физической нагрузкой. Одной из проблем анализа HF-QRS во время нагрузки является высокий уровень миографических шумов, которые возникают в результате сокращений скелетной мускулатуры. Эта проблема частично решается, если анализ HF-QRS выполняется непосредственно после нагрузки. В одном из исследований изучалась как амплитуда, так и морфология HF-QRS в условиях аденозинового стресс-теста с использованием визуализации миокардиальной перфузии. Было показано, что HF-QRS (использовалась комбинация признаков: счетчик RAZ и вольтаж RMS) обладает очень высокой чувствительностью (94 %) и специфичностью (83 %) по отношению к выявлению обратимых дефектов миокардиальной перфузии. Чувствительность этого метода намного превышает чувствительность изменений ST-сегмента (18 %) [43].

У других исследователей чувствительность и специфичность анализа HF-QRS составила 68,8 и 74,8 % соответственно [44].

Данные, полученные при анализе морфологии HF-QRS (150–250 Гц), менее противоречивы.

Было показано, что счетчик RAZ существенно увеличен у пациентов с ИБС (относительно пациентов без ИБС). Различие сохраняется даже при условии того, что RMS-напряжение не обнаруживает различий у этих пациентов [45]. Кроме этого, наличие перенесенного инфаркта миокарда приводит к увеличению счетчика RAZ в дальнейшем вследствие развития миокардиопатии [46].

Таким образом, при исследовании ЭКГ в покое изменения морфологии HF-QRS обладают более высокой чувствительностью к обнаружению ИБС, чем изменения амплитуды (RMS). Эти данные частично объясняют наличие больших интериндивидуальных различий HF-QRS RMS-напряжения [47].

При исследовании серийных изменений HF-QRS на протяжении первого дня после перенесенного острого инфаркта миокарда было обнаружено статистически достоверное увеличение HF-QRS. RMS-напряжение увеличилось спустя несколько дней после инфаркта [46].

Это увеличение, однако, было небольшим и не зависело от локализации инфаркта. Не обнаружено никаких различий HF-QRS RMS-напряжения в зависимости от наличия или отсутствия реперфузионной терапии [48].

В другом исследовании не было обнаружено никаких различий амплитуды HF-QRS ни в одном из отведений у пациентов с передним и задним инфарктом миокарда [49].

Заключение

Таким образом, в настоящее время остается актуальным изучение феномена RAZ высокочастотной ЭКГ в диагностике ишемической болезни сердца. Данный метод способен выявлять ишемию миокарда с высокой специфичностью.

Анализ высокочастотной ЭКГ как вспомогательная технология может улучшить диагностическую ценность ЭКГ и уменьшить количество инвазивных процедур и ненужных осложнений. Это особенно актуально у коморбидных пациентов пожилого и старческого возраста и пациентов с синдромом старческой астении, так как эта категория лиц наиболее чувствительна к инвазивным методам и дает более высокую частоту осложнений в сравнении с лицами более молодых возрастов.

Библиографический список

1. **Steven, R.** A review of the Diagnosis, pharmacologic treatment, and economic aspects of anxiety disorders. Primarycarecompanion / R. Steven, M. D. Arikian, M. Jack, M. D. Gorman // J. Clin. Psychiatry. – 2001. – Vol. 3. – P. 110–117.
2. **Сабиров, И. С.** Распространенность факторов риска среди больных хронической ишемической болезнью сердца пожилого и старческого возраста / И. С. Сабиров, Н. Ахмад, С. А. Искендерова // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 143–146.
3. Демографический ежегодник России. 2017. – Москва : Росстат. 2017. – С. 265.
4. **Чазова, И. Е.** Борьба с сердечно-сосудистыми заболеваниями: проблемы и пути их решения на современном этапе / И. Е. Чазова, Е. В. Ощепкова // Вестник Росздравнадзора. – 2015. – № 5. – С. 7–11.
5. URL: <https://gilsocmin.ru/ru/content/статистика-заболеваний-по-россии> (дата обращения: 14.12.2018).

6. Клинические рекомендации. Стабильная ишемическая болезнь сердца. 2016. – Москва : МИНЗДРАВ РФ, 2016. – С. 4.
7. **Малыхин, Ф. Т.** Качество жизни, обусловленное состоянием здоровья лиц пожилого и старческого возраста (обзор литературы) / Ф. Т. Малыхин // Качественная клиническая практика. – 2011. – № 1. – С. 11–18.
8. **Мелехин, А. И.** Предикторы субъективного возраста в пожилом и старческом возрасте / А. И. Мелехин, Е. А. Сергиенко // *Experimental Psychology*. – 2015. – Т. 8, № 3. – С. 185–201.
9. **Верткин, А. Л.** Коморбидность при хронической обструктивной болезни легких: роль хронического системного воспаления и клинико-фармакологические ниши рофлумиласта / А. Л. Верткин, А. С. Скотников, О. М. Губжокова // *Лечащий врач*. – 2013. – Т. 11. – С. 85–88.
10. **Дворецкий, Л. И.** Ведение пожилого больного ХОБЛ / Л. И. Дворецкий. – Москва : Литтерра, 2005.
11. **Саприна, Т. В.** Сахарный диабет 2 типа у лиц пожилого возраста – решенные и нерешенные вопросы / Т. В. Саприна, Н. М. Файзулина // *Сахарный диабет*. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 322–330.
12. Коморбидность при ХОБЛ: роль хронического системного воспаления / А. Л. Верткин, А. С. Скотников, Е. Ю. Тихоновская, Ж. М. Оралбекова, О. М. Губжокова // *Русский медицинский журнал*. – 2014. – Т. 22, № 11. – С. 811–816.
13. **Провоторов, В. М.** Провоспалительные цитокины при сочетании ишемической болезни сердца и хронической обструктивной болезни легких / В. М. Провоторов, А. В. Будневский, Г. Г. Семенкова, Е. С. Шишкина // *Клиническая медицина*. – 2015. – Т. 93, № 2. – С. 5–9.
14. **Хмельницкий, А. В.** Влияние синдрома старческой астении на исходы в зависимости от выбранной тактики лечения у пациентов с острым коронарным синдромом / А. В. Хмельницкий, Е. В. Седова, О. Н. Белоусова, К. Л. Козлов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2017. – № 3. – С. 4–5.
15. Invasive versus conservative strategy in patients aged 80 years or older with non-ST-elevation myocardial infarction or unstable angina pectoris (After Eighty study): an open-label randomised controlled trial / N. Tegn, L. Aaberge, K. Endresen, S. Aakhus, L. Gullestad, B. Bendz, M. Abdelnoor, P. Smith, E. Gjertsen, O. Dahl-Hofseth, A. H. Ranhoff // *The Lancet*. – 2016. – Т. 387, № 10023. – С. 1057–1065.
16. **Yao, X.** Inflammation and immune system alterations in frailty / X. Yao, H. Li, S. X. Leng // *Clin. Geriatr. Med.* – 2011. – № 27 (1). – P. 79–87.
17. **Rockwood, K.** Frailty defined by deficit accumulation and geriatric medicine defined by frailty / K. Rockwood, A. Mitnitski // *Clin. Geriatr. Med.* – 2011. – № 27 (1). – P. 7–26.
18. **Gurina, N. A.** A roadmap of aging in Russia: the prevalence of frailty in community-dwelling older adults in the St. Petersburg district-the “Crystal” study / N. A. Gurina, E. V. Frolova, J. M. Degryse // *J. Am. Geriatr. Soc.* – 2011. – № 59 (6). – P. 980–988.
19. **Afilalo, J.** Frailty in Patients with Cardiovascular Disease: Why, When, and How to Measure / J. Afilalo // *Curr Cardiovasc Risk Rep.* – 2011. – № 5. – P. 467–472.
20. **Чукаева, И. И.** Возраст-ассоциированные состояния (гериатрические синдромы) в практике врача-терапевта поликлиники / И. И. Чукаева, В. Н. Ларина // *Лечебное дело*. – 2017. – № 1. – С. 6–15.
21. **Padilla, I. M.** Management of acute coronary syndromes in geriatric patients / I. M. Padilla, R. M. Asenjo, H. B. Zamora // *Heart Lung Circul.* – 2017. – № 26 (2). – P. 107–113.
22. Prevalence and predictors of nonobstructive coronary artery disease identified with coronary angiography in contemporary clinical practice / Manesh Patel, David Dai, Adrian

- Hernandez, Pamela Douglas, John Messenger, Kirk Garratt, Thomas Maddox, Eric Peterson; Matthew Roe // *American Heart Journal*. – 2014. – № 167. – P. 846–852.
23. **Бенедиктова, С. В.** Метод высокочастотной QRS электрокардиографии для улучшенной диагностики ишемической болезни сердца / С. В. Бенедиктова, К. Н. Жуков // *Аллея Науки*. – 2017. – № 9. – URL: <https://www.alley-science.ru> (дата обращения: 12.12.18).
24. **Faustino, A.** T-elevation acute coronary syndromes in octogenarians: Applicability of the GRACE and CRUS: 1–112 / A. Faustino, P. Mota // *ADE scores. Rev Port Cardiol*. – 2014. – № 33 (10). – P. 617–627.
25. Electrocardiographic and electrophysiological characteristics of premature ventricular complexes associated with left ventricular dysfunction in patients without structural heart disease / Ji-Eun Ban, Hwan-Cheol Park, Jae-Seok Park, Yasutsugu Nagamoto, Jong-Il Choi, Hong-Euy Lim, Sang-Weon Park, Young-Hoon Kim // *Europace*. – 2012. – Т. 15, № 5. – С. 735–741.
26. European Society of Cardiology. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease // *Eur. Heart J*. – 2013. – № 34. – С. 2949–3003.
27. Outcome instruments to measure frailty: a systematic review / N. M. De Vries, J. B. Staal, C. D. Van Ravensberg, J. S. M. Hobbelen, M. O. Rikkert, M. W. G. Nijhuis-Van der Sanden // *Ageing research reviews*. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 104–114.
28. **Shreibati, J. B.** Association of Coronary CT Angiography or Stress Testing With Subsequent Utilization and Spending Among Medicare Beneficiaries / J. B. Shreibati, L. C. Baker, M. A. Hlatky // *JAMA*. – 2011. – № 306 (19). – С. 2128–2136.
29. **Абдрахманова, А. И.** Безболевая ишемия миокарда (обзор литературы) / А. И. Абдрахманова, Н. Б. Амиров, Г. Б. Сайфуллина // *Вестник современной клинической медицины*. – 2015. – Т. 8, № 6. – С. 103–115.
30. Quantifying QRS changes during myocardial ischemia: Insights from high frequency electrocardiography / Guy Amit, Yair Granot, Shimon Abboud // *Journal of Electrocardiology*. – 2014. – □ Vol. 47, iss. 4. – P. 505–511.
31. High frequency electrocardiography using an advanced method of signal averaging for non-invasive detection of coronary artery disease in patients with normal conventional electrocardiogram / S. Abboud, B. Belhassen, H. I. Miller, D. Sadeh, S. Laniado // *J Electrocardiol*. – 1986. – Vol. 19 (3). – P. 71–73.
32. High-frequency QRS analysis improves the specificity of exercise ECG testing in women referred for angiography / D. Rosenmann, Y. Mogilevski, G. Amit, L. R. Davrath, D. Tzivoni // *Journal of electrocardiology*. – 2013. – Т. 46, № 1. – С. 19–26.
33. Клинические рекомендации; Старческая астения; МКБ-10: R-54; Возрастная группа: 60 лет и старше; Профессиональные ассоциации: Российская ассоциация геронтологов и гериатров 2018 год. – URL: <http://cr.rosminzdrav.ru/#!/schema/942> (дата обращения 10.06.2019).
34. **Golden, D. P. Jr.** A spectral analysis of the normal resting electrocardiogram / D. P. Jr. Golden, R. A. Wolthuis, G. W. Hoffer // *IEEE Trans Biomed Eng*. – 1973. – № 20. – P. 366–372.
35. **Коробейников, А. В.** Алгоритмы и комплексы программ мониторинго-компьютерных систем для анализа морфологии и ритма электрокардиограмм : дис. ... канд. техн. наук: 05.11. 16 / Коробейников А. В. – Ижевск, 2004. – 170 с.
36. Пат. 8538510 США. Apparatus and method for identifying myocardial ischemia using analysis of high frequency QRS potentials / Toledo E., Beker A., Bregman-Amitai O. – 2013.
37. Пат. 8706201 США. Apparatus and method for analysis of high frequency QRS complexes / Beker A., Bregman-Amitai O., Zeltser A. – 2014.
38. **Abboud, S.** Simulation of high-resolution QRS complex using a ventricular model with a fractal conduction system. Effects of ischemia on high-frequency QRS potentials /

- S. Abboud, O. Berenfeld, D. Sadeh // *Circulation research*. – 1991. – Т. 68, № 6. – С. 1751–1760.
39. **Watanabe, T.** Decrease in the high frequency QRS components depending on the local conduction delay / T. Watanabe // *Japanese circulation journal*. – 1998. – Т. 62, № 11. – С. 844–848.
40. Real-time 12-lead high-frequency QRS electrocardiography for enhanced detection of myocardial ischemia and coronary artery disease / T. T. Schlegel, W. B. Kulecz, J. L. DePalma, A. H. Feiveson, J. S. Wilson, M. A. Rahman, M. W. Bungo // *Mayo Clinic Proceedings*. – Elsevier, 2004. – Т. 79, № 3. – P. 339–350.
41. **Magrans, R.** Effect of acute myocardial ischemia on different high-frequency bandwidths and temporal regions of the QRS / R. Magrans, P. Gomis, A. Voss, P. Caminal // *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC : Annual International Conference of the IEEE*. – IEEE, 2011. – С. 7083–7086.
42. **Galante, O.** High-frequency QRS analysis in the evaluation of chest pain in the emergency department / O. Galante, G. Amit, Y. Granot, L. R. Davrath, S. Abboud, D. Zahger // *Journal of electrocardiology*. – 2017. – Т. 50, № 4. – С. 457–465.
43. **Abad Baroja, D.** Detección precoz de la cardiopatía isquémica / D. Abad Baroja, A. Torrubia, J. Octavio // *Universidad de Zaragoza, Facultad de Medicina, 2015 Farmacología y Fisiología department, Graduado en Medicina*. – URL: <https://zaguan.unizar.es/record/47850> (дата обращения: 16.12.2018).
44. Improved detection of ischemic heart disease by combining high-frequency electrocardiogram analysis with exercise stress echo-cardiography / J. O. Choi, S. A. Chang, S. J. Park, S. C. Lee, S. W. Park // *Korean circulation journal*. – 2013. – Т. 43, № 10. – С. 674–680.
45. **Leinveber, P.** Higher frequencies in QRS complex for the detection of myocardial ischemia / P. Leinveber, J. Halamek, P. Jurak, F. Plesinger, J. Lipoldova, J. Jurco, M. Novak // *Computing in Cardiology Conference (CinC)*, 2016. – IEEE, 2016. – С. 297–300.
46. **Tsutsumi, T.** Time-frequency analysis of the QRS complex: Historical review and future direction / T. Tsutsumi, T. Nakajima // *Ann Cardiol Cardiovasc Dis*. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 1007.
47. **Heidarnejad, A.** Detection of myocardial infarction using high-frequency QRS components / A. Heidarnejad, S. K. Setarehdan, V. R. Nafisi // *Electrical Engineering (ICEE) : 19th Iranian Conference on*. – IEEE, 2011. – С. 1–5.
48. **Song, J.** Myocardial ischemia analysis based on electrocardiogram QRS complex / J. Song, H. Yan, X. D. Zhang, J. Jiang // *Australasian physical & engineering sciences in medicine*. – 2011. – Т. 34, № 4. – С. 515–521.
49. **Novak, P.** Time-frequency mapping of the QRS complex in normal subjects and in postmyocardial infarction patients / P. Novak, Z. Li, V. Novak, R. Hatala // *Journal of electrocardiology*. – 1994. – Т. 27, № 1. – С. 49–60.

References

1. Steven R., Arikian M. D., Jack M., Gorman M. D. *J. Clin. Psychiatry*. 2001, vol. 3, pp. 110–117.
2. Sabirov I. S., Akhmad N., Iskenderova S. A. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo slavyanskogo universiteta* [Bulletin of Kyrgyz-Russian Slavic University]. 2014, vol. 14, no. 4, pp. 143–146. [In Russian]
3. *Demograficheskiy ezhegodnik Rossii. 2017* [Demographic yearbook of Russia. 2017]. Moscow: Rosstat. 2017, p. 265. [In Russian]
4. Chazova I. E., Oshchepkova E. V. *Vestnik Roszdravnadzora* [Bulletin of the Russian Agency for Healthcare Supervision]. 2015, no. 5, pp. 7–11. [In Russian]
5. Available at: <https://gilsocmin.ru/ru/content/statistika-zabolevaniy-po-rossii> (accessed Dec. 14, 2018). [In Russian]

6. *Klinicheskie rekomendatsii. Stabil'naya ishemicheskaya bolezni' serdtsa. 2016* [Clinical guidelines. Stable ischemic heart disease. 2016]. Moscow: MINZDRAV RF, 2016, p. 4. [In Russian]
7. Malykhin F. T. *Kachestvennaya klinicheskaya praktika* [Qualitative clinical practice]. 2011, no. 1, pp. 11–18. [In Russian]
8. Melekhin A. I., Sergienko E. A. *Experimental Psychology*. 2015, vol. 8, no. 3, pp. 185–201.
9. Vertkin A. L., Skotnikov A. S., Gubzhokova O. M. *Lechashchiy vrach* [Attending physician]. 2013, vol. 11, pp. 85–88. [In Russian]
10. Dvoretzkiy L. I. *Vedenie pozhilogo bol'nogo KhOBL* [Chronic obstructive pulmonary disease management]. Moscow: Litterra, 2005. [In Russian]
11. Saprina T. V., Fayzulina N. M. *Sakharnyy diabet* [Diabetes mellitus]. 2016, vol. 19, no. 4, pp. 322–330. [In Russian]
12. Vertkin A. L., Skotnikov A. S., Tikhonovskaya E. Yu., Oralbekova Zh. M., Gubzhokova O. M. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* [Russian medical journal]. 2014, vol. 22, no. 11, pp. 811–816. [In Russian]
13. Provotorov V. M., Budnevskiy A. V., Semenkov G. G., Shishkina E. S. *Klinicheskaya meditsina* [Clinical medicine]. 2015, vol. 93, no. 2, pp. 5–9. [In Russian]
14. Khmel'nitskiy A. V., Sedova E. V., Belousova O. N., Kozlov K. L. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017, no. 3, pp. 4–5. [In Russian]
15. Tegn N., Aaberge L., Endresen K., Aakhus S., Gullestad L., Bendz B., Abdelnoor M., Smith P., Gjertsen E., Dahl-Hofseth O., Ranhoff A. H. *The Lancet*. 2016, vol. 387, no. 10023, pp. 1057–1065.
16. Yao X., Li H., Leng S. X. *Clin. Geriatr. Med.* 2011, no. 27 (1), pp. 79–87.
17. Rockwood K., Mitnitski A. *Clin. Geriatr. Med.* 2011, no. 27 (1), pp. 7–26.
18. Gurina N. A., Frolova E. V., Degryse J. M. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2011, no. 59 (6), pp. 980–988.
19. Afilalo J. *Curr Cardiovasc Risk Rep.* 2011, no. 5, pp. 467–472.
20. Chukaeva I. I., Larina V. N. *Lechebnoe delo* [General medicine]. 2017, no. 1, pp. 6–15. [In Russian]
21. Padilla I. M., Asenjo R. M., Zamora H. B. *Heart Lung Circul.* 2017, no. 26 (2), pp. 107–113.
22. Patel Manesh, Dai David, Hernandez Adrian, Douglas Pamela, Messenger John, Garratt Kirk, Maddox Thomas, Peterson Eric; Roe Matthew *American Heart Journal*. 2014, no. 167, pp. 846–852.
23. Benediktova S. V., Zhukov K. N. *Alleya Nauki* [Alley of science]. 2017, no. 9. Available at: <https://www.alley-science.ru> (accessed Dec. 12, 18). [In Russian]
24. Faustino A., Mota P. *ADE scores. Rev Port Cardiol.* 2014, no. 33 (10), pp. 617–627.
25. Ban Ji-Eun, Park Hwan-Cheol, Park Jae-Seok, Nagamoto Yasutsugu, Choi Jong-II, Lim Hong-Euy, Park Sang-Weon, Kim Young-Hoon *Europace*. 2012, vol. 15, no. 5, pp. 735–741.
26. *Eur. Heart. J.* 2013, no. 34, pp. 2949–3003.
27. De Vries N. M., Staal J. B., Van Ravensberg C. D., Hobbelen J. S. M., Rikkert M. O., M. W. G. Nijhuis-Van der Sanden *Ageing research reviews*. 2011, vol. 10, no. 1, pp. 104–114.
28. Shreibati J. B., Baker L. C., Hlatky M. A. *JAMA*. 2011, no. 306 (19), pp. 2128–2136.
29. Abdrakhmanova A. I., Amirov N. B., Sayfullina G. B. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny* [Bulletin of modern clinical medicine]. 2015, vol. 8, no. 6, pp. 103–115. [In Russian]
30. Amit Guy, Granot Yair, Abboud Shimon *Journal of Electrocardiology*. 2014, vol. 47, iss. 4, pp. 505–511.

31. Abboud S., Belhassen B., Miller H. I., Sadeh D., Laniado S. *J Electrocardiol.* 1986, vol. 19 (3), pp. 71–73.
32. Rosenmann D., Mogilevski Y., Amit G., Davrath L. R., Tzivoni D. *Journal of electrocardiology.* 2013, vol. 46, no. 1, pp. 19–26.
33. *Klinicheskie rekomendatsii; Starcheskaya asteniya; MKB-10: R-54; Vozrastnaya grupa: 60 let i starshe; Professional'nye assotsiatsii: Rossiyskaya assotsiatsiya gerontologov i geriatrov 2018 god* [Clinical guidance; senile asthenia; MKB-10: R-54; Age group: 60 years and older; Professional associations: Russian Association of Gerontologists and Geriatricians 2018]. Available at: <http://cr.rosminzdrav.ru/#1/schema/942> (accessed Jun. 10, 2019). [In Russian]
34. Golden D. P. Jr., Wolthuis R. A., Hoffler G. W. *IEEE Trans Biomed Eng.* 1973, no. 20, pp. 366–372.
35. Korobeynikov A. V. *Algoritmy i komplekсы programm monitorno-komp'yuternykh sistem dlya analiza morfologii i ritma elektrokardiogramm: dis. kand. tekhn. nauk: 05.11.16* [Monitoring computer program algorithms and complexes for analyzing morphology and rhythm of electrocardiograms: dissertation to apply for the degree of the candidate of engineering sciences]. Izhevsk, 2004, 170 p. [In Russian]
36. Pat. 8538510 SShA. *Apparatus and method for identifying myocardial ischemia using analysis of high frequency QRS potentials.* Toledo E., Beker A., Bregman-Amitai O. 2013.
37. Pat. 8706201 SShA. *Apparatus and method for analysis of high frequency QRS complexes.* Beker A., Bregman-Amitai O., Zeltser A. 2014.
38. Abboud S., Berenfeld O., Sadeh D. *Circulation research.* 1991, vol. 68, no. 6, pp. 1751–1760.
39. Watanabe T. *Japanese circulation journal.* 1998, vol. 62, no. 11, pp. 844–848.
40. Schlegel T. T., Kulecz W. B., DePalma J. L., Feiveson A. H., Wilson J. S., Rahman M. A., Bungo M. W. *Mayo Clinic Proceedings.* Elsevier, 2004, vol. 79, no. 3, pp. 339–350.
41. Magrans R., Gomis P., Voss A., Caminal P. *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC: Annual International Conference of the IEEE.* IEEE, 2011, pp. 7083–7086.
42. Galante O., Amit G., Granot Y., Davrath L. R., Abboud S., Zahger D. *Journal of electrocardiology.* 2017, vol. 50, no. 4, pp. 457–465.
43. Abad Baroja D., Torrubia A., Octavio J. *Universidad de Zaragoza, Facultad de Medicina, 2015 Farmacología y Fisiología department, Graduado en Medicina* [University of Zaragoza, Faculty of Medicine, 2015 Pharmacology and Physiology department, Graduate in Medicine]. Available at: <https://zaguan.unizar.es/record/47850> (accessed Dec. 16, 2018).
44. Choi J. O., Chang S. A., Park S. J., Lee S. C., Park S. W. *Korean circulation journal.* 2013, vol. 43, no. 10, pp. 674–680.
45. Leinveber P., Halamek J., Jurak P., Plesinger F., Lipoldova J., Jurco J., Novak M. *Computing in Cardiology Conference (CinC), 2016.* IEEE, 2016, pp. 297–300.
46. Tsutsumi T., Nakajima T. *Ann Cardiol Cardiovasc Dis.* 2016, vol. 1, no. 1, p. 1007.
47. Heidarnjad A., Setarehdan S. K., Nafisi V. R. *Electrical Engineering (ICEE): 19th Iranian Conference on.* IEEE, 2011, pp. 1–5.
48. Song J., Yan H., Zhang X. D., Jiang J. *Australasian physical & engineering sciences in medicine.* 2011, vol. 34, no. 4, pp. 515–521.
49. Novak P., Li Z., Novak V., Hatala R. *Journal of electrocardiology.* 1994, vol. 27, no. 1, pp. 49–60.

Колосова Ксения Сергеевна

аспирант, Приволжский
исследовательский медицинский
университет (Россия, г. Нижний
Новгород, пл. Минина
и Пожарского, 10/1)

E-mail: ksunay@yandex.ru

Kolosova Kseniya Sergeevna

Postgraduate student, Volga Research
Medical University (10/1 Minina
i Pozharskogo square, Nizhny
Novgorod, Russia)

Григорьева Наталья Юрьевна

доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой факультетской
и поликлинической терапии,
Приволжский исследовательский
медицинский университет (Россия,
г. Нижний Новгород, пл. Минина
и Пожарского, 10/1)

E-mail: grigoreva28@mail.ru

Grigor'eva Natal'ya Yur'evna

Doctor of medical science, professor,
head of sub-department of faculty
and polyclinic therapy, Volga Research
Medical University (10/1 Minina
i Pozharskogo square, Nizhny
Novgorod, Russia)

Образец цитирования:

Колосова, К. С. Феномен RAZ высокочастотной ЭКГ как критерий ишемии миокарда у коморбидных пациентов пожилого и старческого возраста (обзор литературы) / К. С. Колосова, Н. Ю. Григорьева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2019. – № 2 (50). – С. 28–39. – DOI 10.21685/2072-3032-2019-2-3.