

## Сравнение воспроизводимости традиционной и усредненной электрокардиографии

**А. А. Семенкин, О. И. Чиндарева, Н. В. Махрова,  
И. Е. Сивков, Л. А. Живилова, Г. И. Нечаева**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», Омск, Россия

**Контактная информация:**

Семенкин Александр Анатольевич,  
ОмГУ, ул. Красный Путь, д. 127, Омск,  
Россия, 644033.  
E-mail: asemyonkin@mail.ru

*Статья поступила в редакцию  
21.04.16 и принята к печати 20.06.16.*

### Резюме

**Цель исследования** заключалась в сравнении воспроизводимости усредненной и традиционной электрокардиограммы (ЭКГ). **Материалы и методы.** 20 практически здоровых добровольцев (10 мужчин и 10 женщин в возрасте 18–25 лет) обследованы дважды с интервалом в 1 неделю. Регистрация ЭКГ осуществлялась с помощью компьютеризированного электрокардиографа в 12 общепринятых отведениях и системе ортогональных отведений по Франку в течение 5 минут. Для математического усреднения ЭКГ использовалась разработанная нами программа «HR ECG». При определении воспроизводимости методов оценивались сумма продолжительностей зубца P, интервала PQ, комплекса QRS и амплитуд зубцов P, Q, R, S и T в оператор-независимых отведениях — I стандартном при регистрации в 12 отведениях и Y при регистрации в системе ортогональных отведений по Франку традиционной и усредненной ЭКГ, а также наиболее широко используемые индексы гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ): Sokolow-Lyon, Cornell voltage, Cornell product. **Результаты.** Коэффициент вариабельности для временных показателей при повторных исследованиях для традиционной и усредненной ЭКГ составил 13,1 % против 4,8 % ( $p < 0,01$ ) для I стандартного отведения и 16 % против 4,8 % ( $p < 0,01$ ) для отведения Y соответственно. Коэффициент вариабельности для амплитудных показателей при повторных исследованиях для традиционной и усредненной ЭКГ составил 12,2 % против 7,2 % ( $p < 0,01$ ) для I стандартного отведения и 10,3 % против 6,7 % ( $p < 0,05$ ) для отведения Y соответственно. Для индексов ГЛЖ Sokolow-Lyon, Cornell voltage, Cornell product по данным неусредненной и усредненной ЭКГ вариабельность составила 12,3; 16,9 и 12,8 % против 8,0; 14,2 и 10,1 % соответственно ( $p < 0,05$  для всех показателей). **Выводы.** Воспроизводимость усредненной ЭКГ значительно превышает традиционный метод, как в отношении амплитудных, так и временных характеристик, а также индексов ГЛЖ сердца. Использование метода в клинической практике повысит надежность индивидуализированной оценки изменений миокарда при одномоментном исследовании и в динамике, а в исследованиях с ЭКГ контролем позволит сократить время или объем групп для достижения статистически значимого результата.

**Ключевые слова:** усредненная электрокардиография, воспроизводимость

*Для цитирования:* Семенкин А. А., Чиндарева О. И., Махрова Н. В., Сивков И. Е., Живилова Л. А., Нечаева Г. И. Сравнение воспроизводимости традиционной и усредненной электрокардиографии. Артериальная гипертензия. 2016;22(3):316–323. doi:10.18705/1607-419X-2016-22-3-316-323.

---

---

## Comparison of reproducibility of conventional and signal-averaged electrocardiography

A. A. Semenkin, O. I. Chindareva, N. V. Makhrova,  
I. E. Sivkov, L. A. Zhivilova, G. I. Nechaeva

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

**Corresponding author:**

Aleksandr A. Semenkin,  
Dostoevsky Omsk State University,  
127 Krasniy Put' street, Omsk,  
644033 Russia.  
E-mail: asemyonkin@mail.ru

Received 21 April 2016;  
accepted 20 June 2016.

---

---

### Abstract

**Objective.** The aim of our study was to compare the reproducibility of signal-averaged and conventional electrocardiogram (ECG). **Design and methods.** The study group included 20 young healthy volunteers (10 men and 10 women, aged 18–25 years) examined twice with one-week interval. Twelve-lead and Frank's orthogonal system ECG recordings were acquired during 5 minutes using computerized ECG device at each examination; conventional and averaged ECG analyses were performed. Mathematical processing to get averaged ECG in each lead was performed using original program «HR ECG». The sum of P wave, PQ interval, and QRS durations and the sum of P, Q, R, S, T waves amplitudes (amplitudes) in lead I of 12-lead ECG and in lead Y in Frank's lead system and left ventricular hypertrophy (LVH) indices (Sokolow-Lyon, Cornell voltage, Cornell product) were used for the evaluation of reproducibility. **Results.** Variation coefficients of durations between two evaluations of conventional and signal-averaged ECG were 13,1% versus 4,8% ( $p < 0,01$ ) for lead I and 16% versus 4,8% ( $p < 0,01$ ) for lead Y, respectively. Variation coefficients of amplitudes between two examinations of conventional and signal-averaged ECG were 12,2% versus 7,2% ( $p < 0,01$ ) for lead I and 10,3% versus 6,7% for lead Y ( $p < 0,05$ ), respectively. Variation coefficients of Sokolow-Lyon index, Cornell voltage and Cornell product were 12,3; 16,9 и 12,8% versus 8,0; 14,2 и 10,1%, respectively ( $p < 0,05$  for all variables). **Conclusions.** The reproducibility of the signal-averaged ECG is significantly higher than the conventional one for interval duration, wave amplitude, as well as for LVH indices. The use of this method in clinical practice will increase the reliability of individual evaluation of myocardial changes at single examination and during follow-up. In studies with ECG control it may contribute to the decrease in study duration or group size required to reach statistically significant differences.

**Key words:** signal-averaged electrocardiography, reproducibility

*For citation: Semenkin AA, Chindareva OI, Makhrova NV, Sivkov IE, Zhivilova LA, Nechaeva GI. Comparison of reproducibility of conventional and signal-averaged electrocardiography. Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension. 2016;22(3):316–323. doi:10.18705/1607-419X-2016-22-3-316-323.*

### Введение

Распространенность заболеваний системы кровообращения сохраняется на стабильно высоком уровне [1]. Несмотря на появившуюся в последние годы отчетливую тенденцию к снижению кардиоваскулярной смертности, она по-прежнему занимает лидирующее место в структуре причин смерти населения Российской Федерации [2]. В связи с этим

наряду с профилактикой и своевременным лечением сердечно-сосудистой патологии не теряет актуальности совершенствование методов диагностики.

Среди многочисленных диагностических методик, применяемых в кардиологии, важное место занимает метод электрокардиографии (ЭКГ), который за многолетнюю историю своего существования зарекомендовал себя как надежный и весьма

информативный способ диагностики различных сердечно-сосудистых заболеваний [3]. Несомненными достоинствами метода являются доступность, невысокая стоимость исследования, а также простота регистрации электрокардиосигнала.

Роль ЭКГ определяется не только возможностью выявления ряда патологических состояний при одномоментном исследовании. Важной задачей является также динамическая оценка изменений в миокарде, что может использоваться для контроля эффективности или безопасности терапевтических вмешательств, как, например, в отношении гипертрофии левого желудочка (ГЛЖ) сердца при лечении артериальной гипертензии или продолжительности интервала QT при назначении антиаритмических препаратов. В этих ситуациях особое значение приобретает надежность информации, получаемой при использовании данного метода исследования, так как эта информация может служить основой для изменения тактики лечения больного.

Однако метод ЭКГ обладает рядом недостатков. Среди них наиболее существенными являются низкая величина регистрируемого сигнала, значительное влияние внешних помех, зашумление сигнала в связи с активностью скелетной мускулатуры, появление артефактов взаимодействия электродов с кожей, вариабельность амплитуды сигнала, обусловленная дыхательными движениями и изменениями положения сердца в грудной клетке, а также субъективизм в выборе кардиоцикла для анализа. Вариабельность электрокардиосигнала может быть также связана с ошибками при наложении электродов. Даже небольшое смещение электродов может приводить к существенным изменениям морфологии элементов ЭКГ [4].

Указанные недостатки обуславливают низкую воспроизводимость амплитудных и временных показателей традиционной ЭКГ [5–7]. Изменчивость показателей ЭКГ под влиянием биологических и технических факторов может стать источником ошибочного заключения о наличии или отсутствии изучаемого признака. Так, в исследованиях показана высокая вариабельность традиционно используемых ЭКГ критериев ГЛЖ (13,7–19,0% для индекса Sokolow-Lyon, 11–24,8% для вольтажного критерия Cornell, 13,7–22,3% для индекса Gubner-Ungerleider), которая по данным исследователей в 5–17% случаев может приводить к реклассификации ГЛЖ, когда ЭКГ расценивается как нормальная при первом исследовании, а при повторном — как характерная для ГЛЖ и наоборот [6–9].

Таким образом, несовершенство традиционной ЭКГ может существенно снижать надежность метода при динамической оценке ряда патологических

состояний. Учитывая высокую вариабельность кардиосигнала традиционной ЭКГ, представляется сомнительным, что повторные исследования у конкретного пациента будут отражать реальные изменения в миокарде, особенно при небольшой величине этих изменений. Динамика показателей будет заметна лишь при значительной величине этих изменений, что неизбежно приведет к необходимости более длительного наблюдения.

В связи с этим не прекращаются попытки улучшения диагностических возможностей метода ЭКГ, чему во многом способствует активное внедрение электронно-вычислительной техники в клиническую практику. Известен метод ЭКГ высокого разрешения, или усредненная ЭКГ, который позволяет осуществлять длительную непрерывную регистрацию электрокардиосигнала с помощью электронно-вычислительных машин и математическое усреднение множества зарегистрированных сердечных циклов [10, 11]. Потенциально ЭКГ высокого разрешения может устранить часть недостатков традиционного метода и тем самым повысить воспроизводимость электрокардиографических показателей и, следовательно, надежность данных при динамической оценке вольтажных и временных параметров ЭКГ.

В настоящее время область применения усредненной ЭКГ в клинической практике ограничена. Метод используется, в основном, для выявления поздних потенциалов желудочков. При этом для регистрации ЭКГ обычно используется система ортогональных отведений [12–14].

**Целью исследования** было определение вариабельности показателей усредненной в сравнении с традиционной ЭКГ при использовании разработанной нами программы, позволяющей осуществлять усреднение ЭКГ комплексов по каждому отведению в течение продолжительного времени независимо от используемой системы отведений.

#### Материалы и методы

Исследование проводилось в группе 20 практически здоровых добровольцев (10 мужчин и 10 женщин) в возрасте от 18 до 25 лет, студентов ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф. М. Достоевского». Повторные исследования проводились с интервалом в 1 неделю. Протокол исследования включал измерение артериального давления и регистрацию ЭКГ в 12 общепринятых отведениях и по системе ортогональных отведений по Франку. У женщин первичное и повторное исследование проводились в одной фазе менструального цикла. Повторные исследования проводились в одно и то же время

с соблюдением стандартных условий (обстановка, температура в помещении, положение).

Регистрацию ЭКГ в 12 отведениях и ортогональной ЭКГ по методу Франка проводили на компьютеризированном электрокардиографе ЭК9Ц-01-КАРД фирмы «МКС» (Россия, Зеленоград) в течение 5 минут в положении лежа. Electroды накладывались на конечности и грудную клетку по стандартной схеме, описанной в руководствах по ЭКГ. Места наложения электродов при первом исследовании не отмечались, и при повторном исследовании электроды накладывались с учетом анатомических ориентиров. Электрокардиографические комплексы PQRS (по одному для каждого отведения) для традиционного анализа выбирались случайным образом из 5-минутного фрагмента записи, на котором в последующем осуществлялось усреднение ЭКГ. Для обработки и усреднения ЭКГ использовалась разработанная совместно с институтом математики и информационных технологий ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского» компьютерная программа «HR ECG», позволяющая осуществлять длительную регистрацию ЭКГ в 12 общепринятых отведениях и ортогональной системе отведений по Франку, выбирать отдельные кардиоциклы для традиционного анализа, производить математическое усреднение последовательных QRS-комплексов по каждому отведению, разметку зубцов и интервалов усредненной и неусредненной ЭКГ. Для исключения помех использовался минимальный набор фильтров: фильтр 50 Гц для устранения сетевой наводки и низкочастотный фильтр для устранения дрейфа изоэлектрической линии.

Для сравнения воспроизводимости стандартной и усредненной ЭКГ оценивались сумма продолжительностей зубца P, интервала PQ, комплекса QRS и амплитуд зубцов P, Q, R, S и T в отведениях, в ко-

торых погрешность позиционирования электродов в виду их расположения может быть практически исключена (оператор-независимые отведения): I стандартное отведение (правая рука — левая рука) ЭКГ в 12 отведениях и Y отведение (левая нога — шея) в ортогональной системе отведений по Франку. Также оценивалась воспроизводимость традиционно используемых критериев ГЛЖ (индекс Sokolow-Lyon, Cornell voltage, Cornell product).

Обработка результатов исследования осуществлялась с помощью компьютерной программы SPSS 13.00. Для оценки воспроизводимости результатов повторных исследований использовался метод Блэнда-Алтмана с расчетом систематического расхождения, его стандартного отклонения и коэффициента вариабельности [15]. Результат считался значимым при  $p$  менее 0,05.

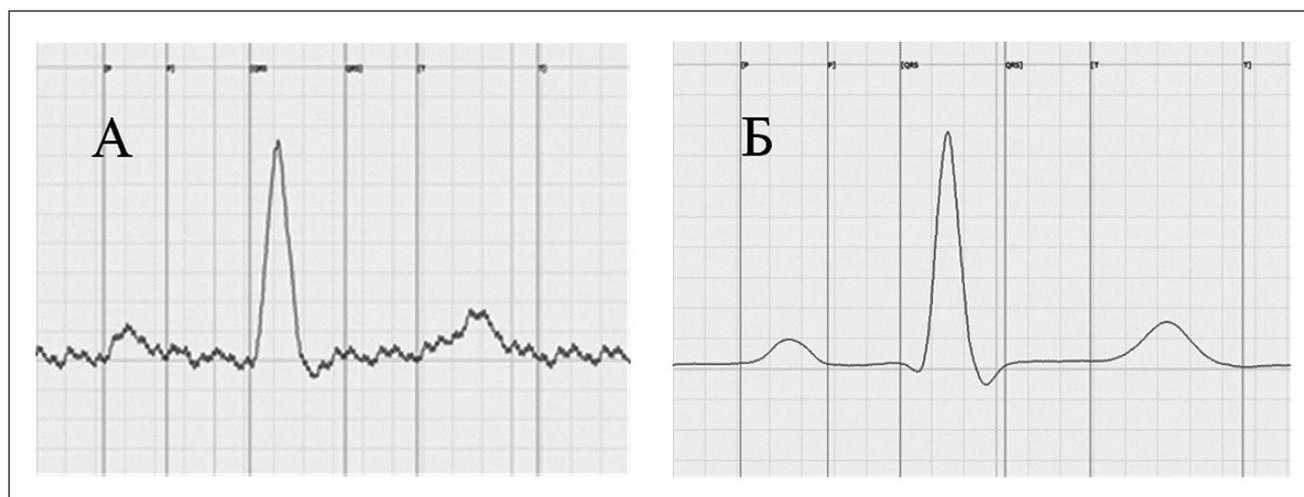
### Результаты

Характеристики группы при первичном и повторном обследовании представлены в таблице 1. Значимой динамики антропометрических показателей, систолического, диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений через 1 неделю отмечено не было.

Рисунок демонстрирует разницу в качестве ЭКГ, зарегистрированной при помощи разработанной программы до (А) и после (Б) усреднения сигнала. Отмечается довольно выраженная зашумленность исходного сигнала, что существенно затрудняет идентификацию отдельных элементов сердечного цикла на кардиограмме.

Данные по воспроизводимости показателей в отведениях I стандартном при регистрации в 12 отведениях и Y при регистрации в системе ортогональных отведений по Франку стандартной и усредненной ЭКГ отражены в таблице 2.

**Рисунок. Различия между традиционной (А) и усредненной (Б) электрокардиограммами**



Коэффициент вариабельности временных показателей стандартной ЭКГ составил 13,1% для I стандартного отведения и 16,1% для отведения Y ортогональной ЭКГ по Франку. Для усредненной ЭКГ в оцениваемых отведениях эти показатели были одинаковы и составили 4,8%. По амплитудным характеристикам вариабельность данных усредненной ЭКГ также была ниже и составила около 7% против 10–12% для традиционной ЭКГ. Различия по всем показателям были статистически значимыми.

В таблице 3 представлены результаты воспроизводимости традиционных индексов ГЛЖ сердца.

Коэффициенты вариабельности для Sokolow-Lyon, Cornell voltage, Cornell product по данным

неусредненной и усредненной ЭКГ составили 12,3; 16,9 и 12,8% против 8,0; 14,2 и 10,1% соответственно. Как и в случае отдельных параметров, различия между усредненной и традиционной ЭКГ были статистически значимыми.

### Обсуждение

Проблема надежности данных, получаемых при обследовании больного, является важной составляющей диагностического процесса, так как во многом определяет точность диагностики и в дальнейшем выбор тактики лечения. Ошибки в определении тех или иных физиологических или патологических характеристик свойственны не только физикальным, но и лабораторным, и ин-

Таблица 1

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУППЫ ПРИ ПЕРВИЧНОМ И ПОВТОРНОМ ОБСЛЕДОВАНИИ

Показатель	Первичное обследование	Повторное обследование	p*
Мужчины, n (%)	10 (50%)	10 (50%)	1,00
Возраст, годы	20,4 ± 1,8	20,4 ± 1,8	1,00
Рост, см	171,7 ± 14,7	171,7 ± 14,7	1,00
Вес, кг	62,3 ± 12,9	62,6 ± 13,0	0,99
САД, мм рт. ст.	125,7 ± 19,5	124,4 ± 17,8	0,74
ДАД, мм рт. ст.	71,0 ± 16,9	71,9 ± 17,2	0,81
ЧСС, уд/мин	70,4 ± 9,6	70,1 ± 8,3	0,92

**Примечание:** САД — систолическое артериальное давление; ДАД — диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; \* — t-тест Стьюдента для парных сравнений.

Таблица 2

### ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАДИЦИОННОЙ И УСРЕДНЕННОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ В ОТВЕДЕНИЯХ I СТАНДАРТНОМ И ОРТОГОНАЛЬНОМ ОТВЕДЕНИИ Y

Показатель	ЭКГ 1–2	σ	Коэффициент вариабельности (%)
I стандартное отведение, неусредненная ЭКГ			
Продолжительность, с	0,406	0,053	13,1
Амплитуда, mV	0,712	0,087	12,2
I стандартное отведение, усредненная ЭКГ			
Продолжительность, с	0,417	0,020	4,8**
Амплитуда, mV	0,696	0,050	7,2**
Y отведение, ортогональная неусредненная ЭКГ			
Продолжительность, с	0,410	0,066	16,1
Амплитуда, mV	1,277	0,132	10,3
Y отведение, ортогональная усредненная ЭКГ			
Продолжительность, с	0,434	0,021	4,8**
Амплитуда, mV	1,273	0,085	6,7*

**Примечание:** ЭКГ 1–2 — среднее значение показателя при первом и повторном исследовании; σ — стандартное отклонение систематического расхождения между первым и повторным исследованиями; ЭКГ — электрокардиограмма; продолжительность — сумма продолжительностей P, PQ, QRS; амплитуда — сумма амплитуд P, Q, R, S, T; \* — p < 0,05; \*\* — p < 0,01 при сравнении вариабельности показателей традиционной и усредненной электрокардиограммы.

Таблица 3

**ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ ИНДЕКСОВ ГИПЕРТРОФИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА  
ПО ДАННЫМ ТРАДИЦИОННОЙ И УСРЕДНЕННОЙ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ**

Показатель	ЭКГ 1–2	$\sigma$	Коэффициент варибельности (%)
Неусредненная ЭКГ			
Sokolov-Lyon, mV	1,961	0,24	12,3
Cornell voltage, mV	0,830	0,14	16,9
Cornell product, mV $\times$ мс	128,6	16,5	12,8
Усредненная ЭКГ			
Sokolov-Lyon, mV	1,897	0,16	8,0**
Cornell voltage, mV	0,815	0,12	14,2*
Cornell product, mV $\times$ мс	122,0	12,3	10,1**

**Примечание:** ЭКГ 1–2 — среднее значение показателя при первом и повторном исследовании;  $\sigma$  — стандартное отклонение систематического расхождения между первым и повторным исследованиями; ЭКГ — электрокардиограмма; \* —  $p < 0,05$ ; \*\* —  $p < 0,01$  при сравнении варибельности показателей традиционной и усредненной электрокардиограммы.

струментальным методам обследования. В частности, погрешности при измерении артериального давления могут привести к ложному диагнозу «артериальная гипертензия» или, наоборот, к исключению этого диагноза при наличии заболевания. Выявление признаков гипертрофии миокарда при артериальной гипертензии является основанием для определения стадии заболевания и влияет на выбор антигипертензивной терапии. В связи с этим любая информация о больном должна оцениваться клиницистом критически с точки зрения надежности используемых методов диагностики.

ЭКГ считается относительно надежным методом при условии соблюдения технических рекомендации по регистрации ЭКГ. Тем не менее наше исследование, как и ряд других, подтверждает высокую изменчивость показателей ЭКГ при повторных исследованиях. Воспроизводимость традиционной ЭКГ по нашим данным сравнима с результатами проведенных ранее исследований. В исследовании Farb A. и соавторов (1990) при повторной регистрации ЭКГ с интервалом 8 дней у 78 пациентов (39 мужчин и 39 женщин) варибельность амплитуд по отдельным отведениям составила 18–39%, варибельность продолжительности комплекса QRS — 5,6% [7]. Высокая изменчивость традиционной ЭКГ (от 9,2% для I стандартного отведения до 81% для V5) была показана и в других исследованиях [6, 8, 9].

В связи с тем, что часть причин, влияющих на кардиосигнал, может быть устранена при соблюдении правил регистрации, высокая варибельность объясняется рядом авторов смещением электродов относительно исходного расположения при повторной регистрации ЭКГ [7]. Однако данный фактор является не единственным источником погрешности традиционной ЭКГ, так как, в соответствии с полученными нами результата-

ми по воспроизводимости неусредненной ЭКГ, а также по данным проанализированных нами исследований [6, 8, 9], имеется высокая варибельность зубцов в I стандартном отведении, которое является оператор-независимым, и смещение формирующих его электродов не должно отражаться на варибельности комплексов. Angeli F. и соавторы (2006) при исследовании воспроизводимости с нанесением демографических меток расположения электродов и без них наблюдали некоторое снижение варибельности амплитудных показателей (26% против 30% для амплитуды R в I стандартном отведении соответственно), однако этот показатель оставался довольно высоким [9]. При отсутствии смещения электродов, когда повторная регистрация проводилась с коротким интервалом в пределах нескольких минут, также наблюдалась выраженная варибельность амплитудных и временных показателей (4–34% и 4,7–49% соответственно) [7, 8].

Таким образом, воспроизводимость ЭКГ зависит от влияния многих факторов, устранить которые с помощью традиционной ЭКГ невозможно. Даже при четком соблюдении всех технических требований при регистрации ЭКГ миографические и внешние помехи, дрейф изолинии, связанный с дыхательными движениями, проблема выбора представительного цикла для анализа будут отражаться на качестве и точности получаемой информации. В повседневной практике следует ожидать еще большую варибельность показателей ЭКГ, так как при регистрации не всегда соблюдаются все условия, позволяющие минимизировать влияние помех на результаты исследования. Проблема «зашумленности» ЭКГ во многих аппаратах решается за счет использования частотных фильтров, однако их применение может приводить к потере полезного сигнала и не исключает изменчивости результи-



способом обработки первичного ЭКГ-сигнала и может повысить надежность получаемой информации, особенно при динамическом наблюдении даже при небольшой величине изменений.

### Выводы

Метод усредненной ЭКГ значительно превосходит традиционный по воспроизводимости. Использование метода в клинической практике позволит повысить надежность получаемых данных и точность индивидуализированной оценки изменений миокарда при одномоментном исследовании и в динамике. Применение предлагаемого метода в проспективных исследованиях с ЭКГ контролем даст возможность сократить объем групп или времени для получения статистически значимого результата.

### Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

### Список литературы / References

1. Оганов Р. Г., Масленникова Г. Я. Демографические тенденции в Российской Федерации: вклад болезней системы кровообращения. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2012;1:5–10. [Oganov RG, Maslennikova GYa. Demographic trends in the Russian Federation: the impact of cardiovascular disease. *Kardiovaskulyarnaya Terapiya i Profilaktika = Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2012;1:5–10. In Russian].
2. Демографический ежегодник России, 2015. [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/demo15.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/demo15.pdf) [Demographic Yearbook of Russia, 2015. [http://www.gks.ru/free\\_doc/doc\\_2015/demo15.pdf](http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/demo15.pdf). In Russian].
3. Fye W. A history of the origin, evolution, and impact of electrocardiography. *Am J Cardiol*. 1994;73(13):937–949.
4. Bupp J, Dinger M, Lawrence C, Wingate S. Placement of cardiac electrodes: written, simulated, and actual accuracy. *Am J Crit Care*. 1997;6(6):457–462.
5. De Bruyne M, Kars J, Visentin S, van Herpen G, Hoes AW, Grobbee DE et al. Reproducibility of computerized ECG measurements and coding in a nonhospitalized elderly population. *J Electrocardiol*. 1998;31(3):189–195.
6. Van Den Hoogen, Mol W, Kowsoleea A, Van Ree JW, Thien T, Van Weel C. Reproducibility of electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy in hypertensive patients in general practice. *Eur Heart J*. 1992;13(12):1606–1610.
7. Farb A, Devereux R, Kligfield P. Day-to-day variability of voltage measurements used in electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy. *JACC*. 1990;15(3):618–623.
8. McLaughlin S, Aitchison T, Macfarlane P. The value of the coefficient of variation in assessing repeat variation in ECG measurements. *Eur Heart J*. 1998;19(2):342–351.
9. Angeli F, Verdecchia P, Angeli E et al. Day-to-day variability of electrocardiographic diagnosis of left ventricular hypertrophy in hypertensive patients. Influence of electrode placement. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2006;7(11):812–816.
10. Бойцов С. А., Гришаев С. Л., Тищенко О. Л., Солнцев В. Н., Пинегин А. Н. Новый метод описания результатов спектрально-временного картирования ЭКГ-ВР и оценка его диагностической эффективности. *Вестн. аритмологии*. 1999;14(14):25–29. [Boytsov SA, Grishaev SL, Tishchenko OL, Solntsev VN, Pinegin AN. The new technique of spectral-temporal analysis of ECG-HR and evaluation of its diagnostic efficacy. *Vestnik Aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 1999;14(14):25–29. In Russian].

1999;14(14):25–29. [Boytsov SA, Grishaev SL, Tishchenko OL, Solntsev VN, Pinegin AN. The new technique of spectral-temporal analysis of ECG-HR and evaluation of its diagnostic efficacy. *Vestnik Aritmologii = Bulletin of Arrhythmology*. 1999;14(14):25–29. In Russian].

11. Breithardt G, Borggreffe M, Karbenn U. Clinical significance and limitations of ventricular late potentials. In: *Lethal arrhythmias resulting from myocardial ischemia and infarction*. Ed. by MR Rosen, I Palti. Boston, 1989. P. 254–256.

12. Breithardt G, Cain M, El-Sherif N, Flowers N, Hombach V, Janse M et al. Standards for analysis of ventricular late potentials using high resolution or signal-averaged electrocardiography. A statement by a Task Force Committee between the European Society of Cardiology, the American Heart Association and the American College of Cardiology. *Eur Heart J*. 1991;12(4):473–480.

13. Oeff M, von Leitner E, Sthapit R, Breithardt G, Borggreffe M, Karbenn U et al. Methods for non-invasive detection of ventricular late potentials — a comparative multicenter study. *Eur Heart J*. 1986;7(1):25–33.

14. Lander P, Berbari E, Rajagopalan C, Vatterott P, Lazzara R. Critical analysis of the signal-averaged electrocardiogram. Improved identification of late potentials. *Circulation*. 1993;87(1):105–117.

15. Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two measures of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307–310.

### Информация об авторах

Семенкин Александр Анатольевич — доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней и семейной медицины ОмГУ;

Чиндарева Олеся Игоревна — ассистент кафедры внутренних болезней и семейной медицины ОмГУ;

Махрова Наталья Валерьевна — аспирант кафедры внутренних болезней и семейной медицины ОмГУ;

Сивков Илья Евгеньевич — программист ОмГУ;

Живилова Лилия Анатольевна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней ОмГУ;

Нечаева Галина Ивановна — доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и семейной медицины ОмГУ;

### Author information

Alexander A. Semenkin, MD, PhD, DSc, Professor, Department of Internal Diseases and Family Medicine, Dostoevsky Omsk State University;

Olesya I. Chindareva, MD, Assistant, Department of Internal Diseases and Family Medicine, Dostoevsky Omsk State University;

Natalia V. Makhrova, MD, PhD student, Department of Internal Diseases and Family Medicine, Dostoevsky Omsk State University;

Ilya E. Sivkov, IT specialist, Dostoevsky Omsk State University;

Lilia A. Zhivilova, MD, PhD, Associate Professor, Department of Propedeutics of Internal Diseases, Dostoevsky Omsk State University;

Galina I. Nechaeva, MD, PhD, DSc, Professor, Head, Department of Internal Diseases and Family Medicine, Dostoevsky Omsk State University.