

**Министерство высшего образования, науки и
инноваций**

Университет Адам

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению способа диагностики диастолической
дисфункции левого желудочка сердца методом
спектрального анализа ЭКГ

(Метод Молдоташева И.К. и Богданова Ю.А.)

Рекомендовано к применению
Кыргызской медицинской ассоциацией
(Заключение №01-11-1/2314 от "15" октября 2025 г.)

Разработано:

д.м.н., проф. Молдоташев И.К.,
к.т.н., академик инженерной
академии Украины Богданов Ю.А.

Для врачей-кардиологов, функционалистов, семейных
врачей, ординаторов и студентов медицинских вузов

*Методические рекомендации изданы по решению учебно-
методического совета Университета Адам
(протокол №3 от 22.11.2025 г).*

Бишкек – 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
2. Актуальность проблемы.....	4
3. Теоретическое обоснование метода.....	4
4. Материал и методы исследования.....	5
5. Результаты и обсуждение обследованных пациентов.....	10
6. Показания к применению способа диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца методом спектрального анализа ЭКГ.....	28
7. Противопоказания.....	28
8. Необходимое оборудование.....	28
9. Методика проведения.....	28
10. Интерпретация результатов.....	29
11. Примеры клинических случаев.....	29
12. Ограничения метода.....	31
13. Преимущества и перспективы.....	32
14. Публикации и выступления на конференциях.....	32

Приложения

1. Патент	36
2. Акт независимого клинического испытания	37
3. Заключение Кыргызской медицинской ассоциации.....	38

Введение. Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) является исходом практически всех сердечно-сосудистых заболеваний. Распространенность ее увеличивается с возрастом: примерно с 1% для лиц моложе 55 лет до более 10% для лиц в возрасте 70 лет и старше. Причинами ее в большинстве случаев являются коронарная болезнь сердца и артериальная гипертензия [1]. Исследования, объединяющие Framingham Heart Study и когорты исследования сердечно-сосудистых заболеваний приводят данные о 67% смертности в течение 5 лет после постановки диагноза ХСН [2]. С точки зрения современных представлений о сердечно-сосудистом континууме, сердечно-сосудистые заболевания возникают под воздействием факторов риска и затем неуклонно прогрессируют, осложняясь в конечном счете ХСН. При этом вначале выявляется диастолическая дисфункция левого желудочка (ДДЛЖ) сердца как компенсаторная реакция на повышение давления в левом желудочке и/или развития атеросклеротического кардиосклероза, переходящая в дальнейшем в диастолическую сердечную недостаточность, когда уже появляются клинические признаки ХСН. Эта стадия именуется ХСН с сохраненной фракцией выброса левого желудочка, которая может длиться достаточно долгое время в последствии осложняясь систолической сердечной недостаточностью, приводящей к трагическому финалу [3]. Для предупреждения прогрессирования ХСН очень важно диагностировать ее на стадии ДДЛЖ, когда лечебно-профилактические вмешательства наиболее эффективны. В настоящее время с этой целью широко используется в клинической практике метод доплерэхокардиографии (ДЭХОКГ) в различных модификациях. Однако этот метод не может применяться для массовых популяционных скринирующих

исследований из-за того, что требуется дорогостоящее оборудование, подготовленные специалисты и длительное время для обследования. В связи с этим в работе предлагается использовать новый способ диагностики ДДЛЖ, который верифицирован с методом ДЭХОКГ в качестве эталона.

2. Актуальность проблемы. Частота ДДЛЖ сердца увеличивается, особенно у пациентов пожилого возраста, с артериальной гипертензией, диабетом и хронической болезнью почек. Появление ДДЛЖ сердца свидетельствует о значимом повышении риска смерти и госпитализации. В настоящее время растет распространенность, заболеваемость, смертность от диастолической сердечной недостаточности. По классификации ХСН она называется сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса левого желудочка сердца (СНсФВ). Неспецифические симптомы, высокая вариабельность, коморбидность и ограниченный доступ к современным методам диагностики приводят к поздней диагностике ХСН, что является причиной несвоевременной терапии и роста сердечно-сосудистой смертности. Разработка доступного и точного экспресс метода диагностики ДДЛЖ на основе ЭКГ-анализа с использованием искусственного интеллекта может привести к решению данной проблемы.

3. Теоретическое обоснование метода Метод основан на спектральном анализе сигналов одноканальной ЭКГ с последующей интерпретацией характеристик низкочастотных и высокочастотных составляющих. Теоретически доказано, что определённые спектральные признаки отражают механические свойства расслабления миокарда, коррелируя с диастолической функцией сердца. Используются математические модели и эмпирически

верифицированные формулы, полученные на основе клинических наблюдений.

4. Материал и методы. Обследовано пять категорий пациентов (всего 979 человек). Первая - 60 человек (35 пациентов, находящихся на программном гемодиализе с артериальной гипертензией и 25 практически здоровых лиц) в возрасте от 20 до 65 лет. Вторая - 511 работников (493 мужчин и 18 женщин, в возрасте от 32 до 60 лет) высокогорного промышленного предприятия, рабочие площадки которого расположены на высоте от 2800 до 3800 метров над уровнем моря. Третья - 60 пациентов ревматологического отделения городской клинической больницы №1 г. Бишкека в возрасте от 31 до 83 лет (48 женщин, 12 мужчин). Четвертая - 65 пациентов (35 мужчин и 30 женщин, в возрасте от 30 до 75 лет) в кардиохирургической клинике «Бикард». Пятая - жители сельской местности, 283 человек в возрасте от 40 до 81 лет (70 мужчин и 213 женщин).

ДЭХОКГ проводилась на аппарате SonoSite Micro Maxx Belse X2. ДФЛЖ определялась по общепринятой методике [4]. Одноканальную электрокардиограмму (ОЭКГ) снимали с помощью портативного регистратора DuoЕК 118 компании Lery Medical (рис.1).



Рис. 1. Одноканальный мобильный кардиограф используется для снятия ОЭКГ с пальцев рук с последующей передачей сигнала через смартфон в центр для спектрального анализа.

Диастолическую функцию левого желудочка (ДФЛЖ) сердца методом спектрального анализа ОЭКГ определяли как отношение суммы мощности гармоник в период раннего диастолического наполнения к сумме мощности гармоник в период сокращения предсердий. Анализ ОЭКГ проводился с помощью периодограммы, отражающей зависимость распределение мощности сигнала в зависимости от частоты, то есть мощность, приходящуюся на единичный интервал частоты в заданном интервале времени. Для временного усреднения использовался усовершенствованный метод Бартлетта и Уэлча [5]. В нем временной ряд записи кардиограммы разбивается на перекрывающиеся сегменты. Потом вычисляется модифицированная периодограмма для каждого сегмента, а затем усредняются эти оценки, чтобы получить оценку спектральной плотности мощности сигнала.

Наиболее распространенным представлением спектрограммы является двумерная диаграмма: на горизонтальной оси представлено время t , по вертикальной оси — частота F ; третье измерение - мощность на определенной частоте в конкретный момент времени отображается яркостью или цветом каждой точки изображения (рис.2).

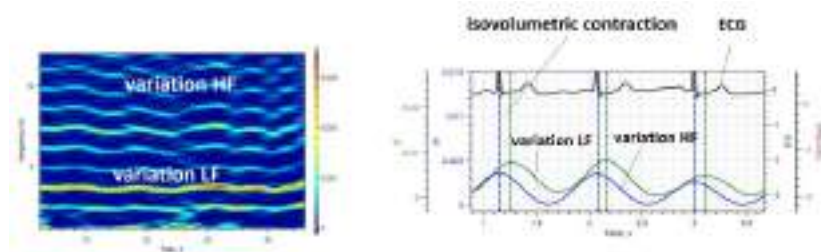


Рис.2 . Типичный вид спектрограммы ОЭКГ (справа) и диаграмма временной задержки спектральной мощности сигналов вариальности низкой частоты (LF) относительно высокой частоты (HF).

Таким образом, алгоритм обработки кардиосигналов основан на принципе выделения в широкополосных сигналах кардиограммы вариаций LF компонентов временного ряда, вариационных циклов HF и определения их задержки относительно друг друга (задержка реакции сигнала). Среднее время $t_{\text{за}}^{\text{HF}}$ задержки между первым максимумом вариальности спектральной мощности сигналов (HF), совпадающим по времени с R-зубцом и соседним максимумом вариальности (LF) сосудистой системы организма определяет интервал изоволюметрического сокращения сердца (рис.2). Характерно, что время $t_{\text{за}}^{\text{HF}}$ формируется самой сердечно сосудистой системой и является ее основным свойством.

В виду инерционности стенок сосудов достижение наивысшего значения давления происходит с задержкой по времени. В то же время, растяжение стенок сопровождается их напряжением и сопутствующим увеличением интенсивности кардиосигнала. Сигнал интенсивности при этом, изменяет свою форму, что находит своё отражение и в спектральном составе излучения и, соответственно, в вариабельности спектральной мощности сигналов (**LF**) и (**HF**) сосудистой системы организма. Таким образом в спектре сигнала ОЭКГ присутствуют, как сигналы фазы диастолы, так и систолы. На графиках спектральной мощности это проявляется в виде двухуровневых вершин (рис.3).

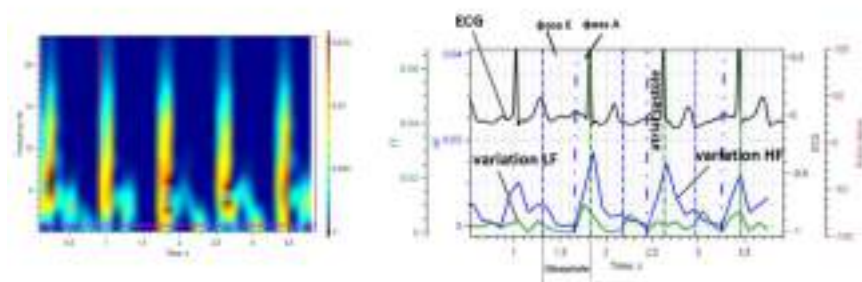


Рис. 3. Типичный вид спектрограммы ОЭКГ (справа) при коротких сегментах анализа и диаграмма задержки спектральной мощности сигналов вариабельности LF и HF.

На рис.3 показано как определяются интервалы диастолы левого желудочка и систолы предсердий. На этих интервалах получаем для фрагментов фазы Е и фазы А электрокардиографические сигналы мощности спектров, что иллюстрируется на рис 4.

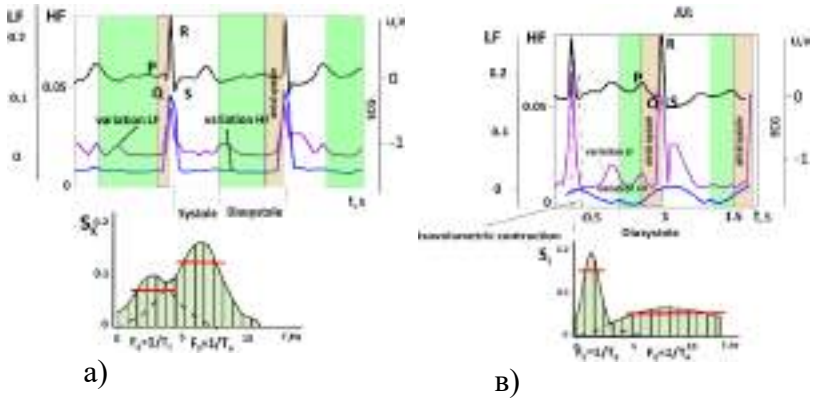


Рис. 4. Диаграмма сумм мощностей гармоник в период раннего диастолического наполнения и суммы мощностей гармоник в период сокращения предсердий: а) -для здорового организма, в) с признаками диастолической дисфункции, где T_E , T_A – период основной гармоники колебаний сигнала фазы E и A соответственно, F_E и F_A - частоты основных гармоник

ДФЛЖ методом спектрального анализа ЭКГ определяли как отношение суммы мощностей гармоник в период раннего диастолического наполнения (E) к сумме мощностей гармоник в период сокращения предсердий (A). Если отношение E/A было больше 1 диагностировалась нормальная диастолическая функция, если меньше 1 то определялась ДДЛЖ. Частотные интервалы определялись по ширине мощности кардиосигнала по уровню 0.7 от максимального значения спектра мощности компонент E и A в окрестности их частот основных гармоник $F_0=1/T_E$ и $F_0=1/T_A$.

5. Результаты исследования первой группы (пациенты гемодиализного центра)

<p>Таблица 1. Перекрестно-корреляционная таблица сравнения результатов использования доплерэхокардиографии (ДЭХОКГ) и метода спектрального анализа одноканальной электрокардиограммы (ОЭКГ) для диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца (ДДЛЖ).</p>				
		ДЭХОКГ		
		ДДЛЖ есть	ДДЛЖ нет	Всего
ОЭКГ	ДДЛЖ есть	26	4	30
	ДДЛЖ нет	9	21	30
	Всего	35	25	60

Согласно представленным в таблице результатам: Чувствительность: 0.74, Специфичность: 0.84, Позитивная предсказательная значимость: 0.87, Отрицательная предсказательная значимость: 0.70

Таблица 2. ROC анализ-оценка площади под кривой (AUC)				
Площадь	Ст.ошибка	Ас.значение	Асимптоматическое 95% Доверительный интервал	
			Нижняя граница	Верхняя граница
0.791	0.061	p<0.0001	0.672	0.911

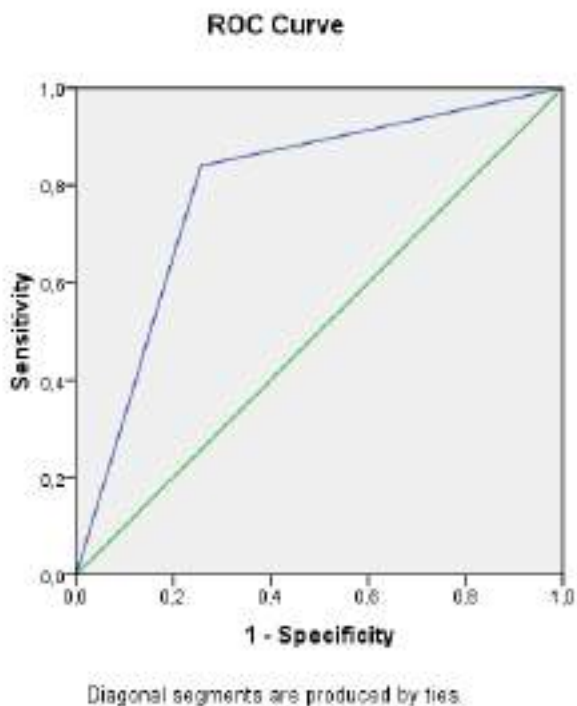


Рис. 1 Кривая ROC точности одноканальной ЭКГ при диагностике ДДЛЖ

AUC (Area Under the Curve) - площадь под кривой представляет собой сводную статистику кривой ROC с значениями в диапазоне от 0.5 (указывает на случайное распознавание) до 1.0 (указывает на идеальное распознавание). Чем выше значение AUC, тем лучше диагностическая эффективность теста. Чувствительность разработанного нами метода составила 0.74, а специфичность 0.84. Хи-квадрат: 15.043, $P=0.000$ - наличие связи статистически высоко значимо. $\Phi=0.514$, $P=0.000$ - наличие связи высоко значимо. Площадь под кривой (Area

Under the Curve) равна $0.791+0.067$ с доверительным интервалом от 0.672 до 0.911. Полученные значения свидетельствуют о том, что оценки ОЭКГ являются достаточно хорошими предикторами ДДЛЖ. Рис. 5. Кривая ROC - это широко используемый метод оценки диагностической эффективности теста путем построения графика истинно положительных результатов (чувствительность) против значения ложноположительных результатов (1- специфичность). Кривая обеспечивает оценку общей точности теста при различении положительных и отрицательных случаев.

Обсуждение.

Диастолическая дисфункция (ДД) - это патофизиологическое состояние связанное с нарушением миокардиального расслабления и/или снижением податливости левого желудочка, которые приводят к повышению давления наполнения в левом желудочке [6]. В начале она носит компенсаторный характер, но рано или поздно происходит истощение компенсаторных механизмов, появляются клинические симптомы ХСН и наступает этап диастолической сердечной недостаточности, которую сейчас еще называют сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса левого желудочка [7, 8]. Однако важно понимать, что, хотя ДД является основным фактором приводящим к развитию сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка, эти термины в свете современных представлений не являются взаимозаменяемыми [9]. Учитывая неизбежный процесс прогрессирования ДД до диастолической, а затем и до систолической сердечной недостаточности, становится понятной необходимость доклинической диагностики ХСН на этапе ДД [10,11].

Актуальность такой задачи возрастает также в связи с высокой ее распространенностью, от 20 до 36% в популяции [3,12]. Доказана ценность диагностики ДДЛЖ и для прогнозирования исходов кардиохирургических операций [13,14,15]. Наиболее точно установить диагноз ДД можно инвазивным путем, но этот метод не может использоваться для широкой клинической практики [3,7]. Для неинвазивной оценки ДДЛЖ в настоящее время наиболее часто используется ДЭХОКГ [3,4,6]. Выявление ДДЛЖ основывается на комплексной оценке большого количества ДЭХОКГ параметров: размера и объема левого предсердия, доплеровских показателей трансмитрального потока и потока легочных вен, данных тканевой доплерографии, компьютерной томографии и двумерного отслеживания пятен серой шкалы (speckle tracking imaging или 2D-strain) [6,16,17,18]. В общеклинической практике чаще всего используется метод ДЭХОКГ [19]. При этом определяется отношение скорости раннего диастолического наполнения (Е) к скорости кровотока в фазу сокращения предсердий (А). По отношению Е/А оценивают степень диастолического расслабления, что может характеризовать жесткость миокарда. По результатам ДЭХОКГ ДДЛЖ подразделяется на 3 стадии: 1) легкая (степень I или Ia), определяемая как нарушение релаксации без или с легкими признаками повышения давления наполнения соответственно; 2) умеренная (степень II), определяемая как нарушение релаксации, связанное с умеренным повышением давления наполнения или псевдонормальным наполнением; и 3) тяжелая, определяемая как выраженное снижение податливости или обратимое (степень III) или фиксированное (степень IV) рестриктивное наполнение [3]. Магнитно-резонансная томография сердца с тегами может применяться в качестве неинвазивного метода для получения информации о

деформации миокарда и оценки ДФЛЖ [20]. Однако, ограниченное временное разрешение МРТ наряду с высокими затратами, ограничивает ее широкое использование. ДЭХОКГ методы также не могут использоваться для массовых скринирующих исследований из-за необходимости дорогостоящего оборудования и необходимости подготовленных специалистов. В этом отношении заслуживает внимание оценка ДФЛЖ с помощью ЭКГ [21,22]. Holmqvist и соавт. [22] предложили использовать новый ЭКГ индекс $Tend-P / (PQ \times Age)$ для ДДЛЖ, точность которого повышается при добавлении индекса объема левого предсердия. Недостатком этого метода является необходимость совместного использования ЭКГ и ДЭХОКГ. Исследования Н.О.Кузнецовой и соавт. [23] выявили параметры ОЭКГ, имеющие высокую корреляцию с наличием значимой диастолической и систолической дисфункции ЛЖ. Авторы рекомендуют использование указанных параметров для дистанционной оценки функции миокарда. К недостаткам предлагаемого метода можно отнести, как указывают сами авторы, ограничения по применению, например в случае исследования пациентов, имевших нарушения ритма и проводимости сердца. Кроме того, существуют определенные методические трудности в определении таких параметров как максимальная крутизна зубцов, сложности в определении маркеров начала или конца волны (P, QRS), смещение максимумов значений. В отличие от этого, предлагаемый нами метод имеет следующие преимущества: автоматическое определение моментов наступления и окончания фазы E и фазы A, установление вклада каждой гармонике в совокупный кардиосигнал, что позволяет осуществить математическое моделирование различных патологических состояний организма [24].

Таким образом, предлагаемый нами метод спектрального анализа ОЭКГ обладает высокой чувствительностью и достаточной специфичностью для диагностики ДДЛЖ сердца. Данный метод может быть использован для дистанционных массовых скринирующих исследований с целью доклинической диагностики ХСН

1. McDonagh T.A., Metra M., Adamo M et al. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: developed by the task force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *European Heart Journal*, volume 42, Issue 36, 21 September 2021, Pages 3599-3726, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab368>.

2. Tsao CW, Lyass A, Enserro D et al. Temporal trends in the incidence of and mortality associated with heart failure with preserved and reduced ejection fraction. *JACC Heart Fail* 2018; 6:678-685.

3. Siu-Hin Wan, Mark W Vogel, Horng H Chen. Pre-clinical diastolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2014 Feb 11; 63(5): 407-16. doi: 10.1016.

4. Carol Mitchell, Peter S. Ranko, Lori A. Blauncet et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography. *Guidelines and standards 2019*, v.32, issue1, p.1-64.

5. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. — М.: МИР, 1990. — С. 584

6. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic

function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009; 22: 107-33.

7. Oktay AA, Shah SJ. Diagnosis and management of heart failure with preserved ejection fraction: 10 key lessons. *Curr Cardiol Rev.* 2015;11(1):42-52. doi: 10.2174/1573403x09666131117131217.

8. Del Buono MG, Buckley L, Abbate A. Primary and Secondary Diastolic Dysfunction in Heart Failure With Preserved Ejection Fraction. *Am J Cardiol.* 2018 Nov 1;122(9):1578-1587. doi: 10.1016/j.amjcard.2018.07.012. Epub 2018 Aug 3.

9. Gilman D. Plitt, Jordan T. Spring, Michael J. Moulton, Denendra K. Agrawal. Mechanisms, diagnosis, and treatment of heart failure with preserved ejection fraction and diastolic dysfunction. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2018 August ; 16(8): 579–589. doi:10.1080/14779072.2018.1497485.

10. Овчинников А.Г., Потехина А.В., Ожерельева М.В., Агеев Ф.Т. Дисфункция левого желудочка при гипертоническом сердце: современный взгляд на патогенез и лечение. *Кардиология.* 2017; 57(S2), с. 367-382.

11. Димов А.С., Лещинский Л.А. Диагностика доклинических стадий хронической сердечной недостаточности. *Российский кардиологический журнал.* 2005, №5(55), с. 71-76.

12. van Riet EE, Hoes AW, Wagenaar KP, Limburg A, Landman MA, Rutten FH. Epidemiology of heart failure: the prevalence of heart failure and ventricular dysfunction in older adults over time. A systematic review. *Eur J Heart Fail.* 2016 Mar;18(3):242-52. doi: 10.1002/ejhf.483. Epub 2016 Jan 4. PMID: 26727047.

13. Kaw R, Hernandez AV, Pasupuleti V, Deshpande A, Nagarajan V, Bueno H, Coleman CI, Ioannidis JP, Bhatt DL, Blackstone EH; Cardiovascular Meta-analyses Research Group. Effect of diastolic dysfunction on postoperative outcomes after cardiovascular surgery: A systematic review and metaanalysis. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Oct;152(4):1142-53. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.05.057. Epub 2016 Jun 7.

14. Moldotashev I.K., Kudaibergenova N.T., Osmonov D.A. et al. Echocardiographic predictors of early postoperative periods in patients after coronary artery bypass graft surgery. “*Wiadomosci Lekarskie*”, volume LXXIY, Issue 3, Part 1, March 2021, 395-398.

15. Osmonov D.A., M. Unal., Moldotashev I.K. et al. Evaluation of complications predictors in the performance of coronary artery bypass graftin surgery in the cardiac surgery clinic “BICARD”. *Cor et Vasa*; 65: 45-49.

16. Sharifov OF, Schiros CG, Aban I, Denney TS, Gupta H.Diagnostic Accuracy of Tissue Doppler Index E/e' for Evaluating Left Ventricular Filling Pressure and Diastolic Dysfunction/Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc.* 2016 Jan 25;5(1):e002530. doi: 10.1161/JAHA.115.002530.

17. DeVore AD, McNulty S, Alenezi F, et al. Impaired left ventricular global longitudinal strain in patients with heart failure with preserved ejection fraction:insights from RELAX trial. *Eur J Heart Fail.* 2017 Jul; 19(7):893-900.doi: 10.1002/ejhf.754.Epub 2017 Feb 14. PMID: 28194841 *Eur J Heart Fail.*

18. Taiki Chono, Keishi Ogura, Akiyoshi Hashimoto. Assessment of left ventricular systolic and diastolic function with retrospective electrocardiogram triggered 320-row area detector computed tomography: a comparison with ultrasound

echocardiography. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2015. Aug;71(8):685-90. doi: 10.6009/jjrt.2015_JSRT_71.8.685.

19. Smiseth OA. Evaluation of left ventricular diastolic function: state of the heart after 35 years with Doppler assessment. *J Echocardiogr*. 2018. Jun;16(2):55-64. doi: 10.1007/s12574-017-0364-2. Epub 2017 Dec 13. PMID: 29236226; PMCID: PMC5966482.

20. Azarisman SM, Teo KS, Worthley MI, Worthley SG. Cardiac magnetic resonance assessment of diastolic dysfunction in acute coronary syndrome. *J Int Med Res*. 2017 Dec;45(6):1680-1692. doi: 10.1177/0300060517698265. Epub 2017 Mar 16.

21. Mirjana M Platasa, Nicola N Radovanovic, Aleksandar Kalauzi et al. Differentiation of heart failure patients by the ratio of the scaling exponents of cardiac interbeat intervals. *Front Physiol*. 2019 May 14; 10:570. doi: 10.3389/fphys.2019.00570. eCollection 2019.

22. Holmqvist F, Platonov PG, Solomon SD, Petersson R, McNitt S, Carlson J, Zareba W, Moss AJ; MADIT-CRT Investigators. P-wave morphology is associated with echocardiographic response to cardiac resynchronization therapy in MADIT-CRT patients. *Ann Noninvasive Electrocardiol*. 2013 Nov;18(6):510-8. doi: 10.1111/anec.12121.

23. Кузнецова Н.О., Сагирова Ж.Н., Губина А.Ю. и др. Оценка функции миокарда у пациентов с хронической сердечной недостаточностью при помощи регистратора одноканальной электрокардиограммы. *Вестник новых медицинских технологий*. 2022, том 29, №1, с.46-52.

24. Трубачева Е.А., Богданов Ю.А. Выявление признаков инфицирования COVID-19 в ЭКГ по изменениям частотного спектра в базисе многочленов Лагерра. Вестник неотложной и восстановительной медицины. 2022. Том 2, №1. с. 61-78 ISSN: 2306-4110.

Результаты исследования второй группы (работники золоторудного комбината)

Среди обследованных 511 работников золоторудного комбината методом ДЭХОКГ было выявлено 65 человек (12.7%) с ДДЛЖ сердца, при этом у 62 из них был установлен диагноз гипертонической болезни 1 стадии, 1-11 степени. Результаты клинических и ЭХОКГ исследований показали, что лица с ДДЛЖ сердца по сравнению с контрольной группой (75 человек) без ДДЛЖ были существенно старше по возрасту ($P<0.000$), у них было достоверно повышено диастолическое артериальное давление ($P<0.032$), ЭХОКГ размеры левого желудочка ($P<0.000$) и левого предсердия ($P<0.000$). По данным лабораторных исследований у исследуемой группы были значимо выше показатели сахара крови ($P<0.013$), липопротеидов низкой плотности ($P<0.040$), триглицеридов ($P<0.000$) и снижено количество липопротеидов высокой плотности ($P<0.036$). Показатели стандартной ЭКГ в анализируемых группах существенно не отличались. ДДЛЖ сердца, определенная методом спектрального анализа по нашему способу у 86 человек в сравнении с ДЭХОКГ методом показала высокую чувствительность (0.81) и специфичность (0.97). Прогностическая значимость положительного результата (0.87) и прогностическая значимость отрицательного результата (0.96) оказалась также очень высокой.

Обсуждение.

Известно, что организм человека во время пребывания в условиях высокогорья (ВГ) испытывает нагрузку прежде всего на сердечно-сосудистую систему, которая приводит в первые дни адаптации к усилению сократительной функции миокарда и ухудшению его диастолического расслабления [8-10]. Выявлена высокая распространенность и значительная положительная связь между числом кластеров метаболических факторов риска и ДДЛЖ среди населения, проживающего на большой высоте, особенно у взрослых среднего возраста [11,12].

Среди обследованных 511 работников промышленного предприятия было выявлено 65 человек (12.7%) с ДДЛЖ сердца, при этом у 62 из них был установлен диагноз гипертонической болезни I стадии, I-II степени. Относительно меньшая частота ДДЛЖ у работников промышленного предприятия, расположенного на высотах от 2800 до 3800 метров над уровнем моря, по нашему мнению, связана с тем, что при приеме на работу они проходят комплексное медицинское обследование и лица с явными сердечно-сосудистыми заболеваниями не допускаются к работе в условиях ВГ. Кроме того, возраст обследованных нами контингента не превышал 60 лет. Высокая распространенность артериальной гипертензии (АГ) и предгипертонии выявлена и среди работающего населения на больших высотах в Китае, с очень низким уровнем осведомленности, лечения и контроля [13]. Установлено, что у пациентов с легкой и умеренной АГ систолическое АД в высокогорье повышается более чем на 20 мм рт. ст. [14]. Показано также, что у лиц с АГ при подъеме на большие высоты (5400 метров) происходит дальнейшее повышение АД, которое сохраняется во время пребывания на высоте (12 дней), причем более значительно

у пожилых людей [15]. Такие же данные были получены в исследовании HIGHCARE-Andes Lowlanders Study [16] на высоте 3259 метров при суточном мониторинге АД у шахтеров на высоте 4500 метров в Китае [17]. Важно, что восстановление диастолической функции сердца после кратковременного пребывания (50 дней) на большой высоте (3700 метров) не происходит в течение 15 дней [18]. Две-три недели пребывания в гипобарических и гипоксических условиях сменяющиеся нормоксией, подвергают сердечно-сосудистую, респираторные и эндокринные компенсаторные механизмы хроническому стрессу [19]. Высокую восприимчивость людей с АГ к ВГ объясняют повышением чувствительности периферических и центральных хеморецепторов, а также изменениями в кальциевом обмене [20]. Показано, что пациенты с гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ) имели значительно чаще большие размеры левого предсердия и ДДЛЖ сердца, чем пациенты без ГЛЖ [21]. Установлено, что масса миокарда ЛЖ и выраженная ДДЛЖ сердца независимо друг от друга имеют неблагоприятное прогностическое значение для развития ХСН у больных с АГ, а выраженная ДДЛЖ сердца более значима для ее развития, чем наличие ГЛЖ сердца [22].

Результаты наших клинических и ДЭХОКГ исследований показали, что лица с ДДЛЖ по сравнению с контрольной группой (75 человек) без ДДЛЖ были существенно старше по возрасту, у них было статистически значимо повышено диастолическое артериальное давление, размеры левого желудочка и левого предсердия. Показатели стандартной ЭКГ в анализируемых группах существенно не отличались. Следует подчеркнуть, что вышеуказанные ДЭХОКГ параметры в исследуемой группе не превышали общепринятых нормальных значений, но они были значимо выше, чем в контрольной группе. Это свидетельствует о

том, что выявленные изменения носят компенсаторный характер, что подтверждается отсутствием гипертрофии миокарда как по данным ЭКГ, так и по данным ДЭХОКГ и отсутствием клинических симптомов ХСН. В тоже время мы предполагаем, что у части наших работников можно обнаружить «скрытые» признаки диастолической сердечной недостаточности с помощью теста с физической нагрузкой и определением уровня предсердного натрийуретического гормона. Следует разобраться и в том, имеется ли ДДЛЖ у выявленных работников в низкогорье, где они постоянно проживают, или же она появляется в высокогорье, где они работают? Для ответа на эти вопросы необходимы дальнейшие исследования. Важно отметить, что ДДЛЖ сердца возникает задолго до появления ГЛЖ сердца, что подтвердили и наши результаты.

По данным лабораторных исследований у исследуемой группы были значимо выше показатели сахара крови ($P=0.013$), ЛНП ($P=0.040$), триглицеридов ($P=0.000$) и снижено количество ЛВП ($P=0.036$). Эти показатели в исследуемой группе не выходили за пределы общепринятых нормальных значений, но они были существенно выше, чем в нашей контрольной группе. Мы полагаем, что это можно объяснить возрастной разницей исследуемой и контрольной групп.

Учитывая неизбежность перехода ДДЛЖ сердца в стадию клинической диастолической, а затем и систолической ХСН, необходимо мониторировать это состояние с помощью метода, который не требует больших затрат времени и материальных ресурсов и проводить профилактические мероприятия у работников высокогорных предприятий. Полученные нами результаты о высокой чувствительности и специфичности метода спектрального анализа ОЭКГ с использованием искусственного интеллекта, позволяют рекомендовать для

этих целей предложенный нами способ диагностики ДДЛЖ сердца.

Заключение. Условия высокогорья могут быть одним из провоцирующих факторов развития ДДЛЖ сердца у лиц с начальной стадией гипертонической болезни сердца в возрасте старше 40 лет, имеющих риск факторы развития сердечно-сосудистых заболеваний. Предложенный нами способ диагностики ДДЛЖ сердца может использоваться для экспресс выявления, мониторинга и лечения ДДЛЖ в условиях высокогорья. Необходимы дальнейшие исследования основных и дополнительных факторов риска развития ДДЛЖ сердца в условиях ВГ (артериальная гипертензия, высотная гипоксия, легочная артериальная гипертензия, физические нагрузки, холод, нарушения жирового обмена, курение, синдром ночного апноэ и др.).

Литература

1. C.Mitchell, P.S.Ranko, L.A.Blauwet, B.Canaday et.al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the american society of echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. Jan; 32(1):1-64. Doi: 10.1016/j.echo.2018.06.004. Epub 2018 Oct 1. (2019)
2. I.K.Moldotashev, Y.A.Bogdanov, A.A.Sorokin. Evaluation of the possibility of using spectral analysis of a single-channel ECG for the diagnosis of diastolic dysfunction of the left ventricle of the heart. Heart, Vessels and Transplantation 7: 329-37. Doi: 10.24969/hvt.2023.424. (2023)
3. S.H.Wan, M.W.Vogel, H.H.Chen. Pre-clinical diastolic dysfunction. J Am Coll Cardiol 63:407-16. (2014)
4. E.E.van Riet, A.W.Hoes, K.P.Wagenaar, A.Limburg et.al. Epidemiology of heart failure: the prevalence of heart failure and ventricular dysfunction in older adults over time. A

systemic review. *Eur J Heart Fail.* 18:242-52. Doi: 10.1002/ejhf.483 (2016)

5. C.Zheng, X.Wang, H.Tang, Z.Chen et.al. Habitation altitude and left ventricular diastolic function: a population-based study. *J Am Heart Assoc.* Feb 2; 10(3): e018079. doi: 10.1161/JAHA.120.018079. (2021)

6. C.Maufrais, T.Rupp, P.Bouzat, G.Doucende et.al. Heart mechanics at high altitude: 6 days on the top of Europe. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.*18:1369-1377.[PubMed] [Google Scholar].(2017)

7. X.Qi, S.Xu, R.Ma, L. Jiang et.al. Comparison of echocardiographic parameters in healthy Chinese children born and living at high altitude or at sea-level. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 43:774-781.[PubMed] [Google Scholar].(2015)

8. S.Mehata S, N.Shrestha, S.Ghimire, E.Atkins et. al. Association of altitude and urbanization with hypertension and obesity: analysis of the Nepal Demographic and Health Survey 2016. *Int Health.* Feb 24;13(2):151-160. doi: 10.1093/inthealth/ihaa034.(2021)

9. R.T.Mallet, J.Burtscher, J-P.Richalet, G.P.Millet et. al. Impact of High Altitude on Cardiovascular Health: Current Perspectives. *Vasc Health Risk Manag.* 17:317-355.(2021)

10. A.Bernabe-Ortiz, R.M.Carrillo-Larco. Urbanization, Altitude and Cardiovascular Risk. *Glob Heart.* Jun 21;17(1):42. doi: 10.5334/gh.1130. eCollection 2022. PMID: 35837362 (2022)

11. X.Huang, Y.Hu, L.Du, X.Lin. Et. al. Metabolic syndrome in native populations living at high altitude: a cross-sectional survey in Derong, China. *BMJ Open.* Jan 6;10(1):e032840. doi: 10.1136/bmjopen-2019-032840.(2020)

12. C.Zheng, Z.Chen, L.Zhang, X.Wang et.al. Metabolic risk factors and left ventricular diastolic function in middle-aged Chinese living in the Tibetan plateau. *J Am Heart Assoc.*

8:e010454. Doi: 10.1161/JAHA.118.010454. [PubMed] [Google Scholar].(2019)

13. Y.Shang, C.Chang, J.Zhang, Y.Jiang et.al. Prevalence and risk factors associated with hypertention and prehypertension in a working population at high altitude in China: a cross sectional study. *Environment Health Prev Med.* 22:19. Doi: 10.1186/s 12199-017-0634-7.(2017)

14. L.Hofstetter, U.Scherrer, S.F. Rimoldi. Going to high altitude with heart disease. *Cardiovascular medicine.* 20 (4):87-95.(2017)

15. G.Parati, G.Bilo, A.Faini, B.Bilo et.al. Changes in 24 h ambulatory blood pressure and effects of angiotensin 11 receptor blockage during acute and prolonged high-altitude exposure: randomized clinical trial. *Eur Heart J.* 35:3113-3122.(2014)

16. G.Bilo, F.C.Villafuerte, A.Faini, C.Anza-Ramirez et.al. Ambulatory blood pressure in untreated and treated hypertensive patients at high altitude: the High Altitude Cardiovascular Research-Andes study. *Hypertention* 65:1266-1272.(2015)

17. S.Yang, C.Tian, F.Yang, Qi.Chen et.al. Cardiorespiratory function, resting metabolic rate and heart rate variability in coal miners exposed to hypobaric hypoxia in highland workplace. *Peer J.* 10:e13899. Doi: 10.7717/peerj.13899.(2022)

18. Q.Zhou, S.Yang, Y. Luo, Y.Qi. A randomly-controlled study on the cardiac function at the early stage of return to the plains after short-term exposure to high altitude. *PloS ONE.* v.7, issue 2, e31097. Doi:10.1371/journal.pone.00311097.(2012)

19. D.Vinnikov, V.Krasotski. Healthy worker survival effect at a high altitude mine: prospective cohort observation. *Sci Rep,* 12:13903. Doi: 10.1038/s41598-022-18331-4. (2022)

20. G.Parati, P.Agostoni, B.Basnyat, G.Bilo et.al. Clinical recommendations for high altitude exposure of individuals with

pre-existing cardiovascular conditions. European Heart Journal. 0, 1-11. Doi: 10.1093/eurheart/ehx720.(2018)

21. A.Diaz-Lazo, C.Barrientos-Huamani,C.cordova-Rosales. Factors associated with left ventricular hypertrophy in adults living at high altitude city in Peru. Rev. Fac. Med. Hum. Enero 21(1): 82-89. Doi: 10.25176/RFMH. V21il.3270.(2021)

22. V.R.Veber, M.P.Rubanova, S.V.Zhmaylova, P.M.Gubskaya. Heart failure development in patients with arterial hypertension and various variants of heart remodeling. Cardiovascular therapy and profilactic, 7 (7).(2007)

Результаты исследования третьей группы (пациенты ревматологического отделения)

Среди обследованных 60 пациентов ревматологического отделения городской больницы №1 было выявлено 17 человек (28.3%) с ДДЛЖ сердца. Среди них было 11 женщин и 6 мужчин. 12 больных страдали остеоартрозом и 5 больных ревматоидным артритом. У всех пациентов с ДДЛЖ, выявленных методом ДЭХОКГ, имелись сопутствующие заболевания (коронарная болезнь сердца, гипертоническая болезнь, сахарный диабет и др.). Показатели ЭКГ и ДЭХОКГ у пациентов с ДДЛЖ сердца и без него существенно не отличались. ДДЛЖ сердца, определенная методом спектрального анализа в сравнении с ДЭХОКГ методом показала высокую чувствительность (0.91) и специфичность (0.71). Прогностическая значимость положительного результата (0.86) и прогностическая значимость отрицательного результата (0.81) оказалась также очень высокой.

Заключение. Выявлена высокая частота встречаемости ДДЛЖ сердца у ревматологических больных (27%). В ревматологии основное внимание уделяется лечению суставных и системных проявлений заболеваний,

а диагностика и лечение доклинической и начальной стадии сердечной недостаточности не проводится. Экспресс метод диагностики ДДЛЖ сердца с помощью спектрального анализа одноканальной ЭКГ не требуют больших финансовых затрат и времени, а своевременная ее диагностика и лечение у ревматологических больных может предотвратить прогрессирование ХСН, что улучшит их качество жизни и выживаемость.

Результаты исследования четвертой группы (пациенты кардиологического отделения)

Среди обследованных 65 пациентов кардиохирургической клиники «Бикард» было выявлено 43 человека (66.1%) с ДДЛЖ сердца. ДДЛЖ сердца, определенная методом спектрального анализа в сравнении с ДЭХОКГ методом, показала высокую чувствительность (0.81) и специфичность (0.71). Прогностическая значимость положительного результата (0.79) и прогностическая значимость отрицательного результата (0.81) оказалась также очень высокой.

Результаты исследования пятой группы (сельские жители)

Среди 283 (70 мужчин и 213 женщин) обследованных жителей сел ДДЛЖ методом ДЭХОКГ была выявлена у 119 человек (42%), а с помощью спектрального анализа одноканальной ЭКГ у 94 (33%). ДДЛЖ сердца, определенная методом спектрального анализа в сравнении с ЭХОДКГ методом, показала высокую чувствительность (0.80) и специфичность (0.75). Прогностическая значимость положительного результата (0.83) и прогностическая значимость отрицательного результата (0.79) оказалась также очень высокой.

6. Показания к применению способа диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца методом спектрального анализа ЭКГ

- Скрининг у лиц старше 40 лет с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний (АГ, ХБП, СД, ожирение);
- Мониторинг больных с подозрением на хроническую сердечную недостаточность с сохранённой ФВ левого желудочка
- Контроль за состоянием пациентов в отдаленных районах страны.
- Наблюдение за тренировочным процессом спортсменов.
- Индивидуальный самоконтроль за функциональным состоянием сердца

7. Противопоказания

- Острые неотложные состояния (острый инфаркт миокарда, инсульт головного мозга, травмы и др.)

8. Необходимое оборудование

- Одноканальный ЭКГ-регистратор с возможностью цифровой обработки сигнала (частота дискретизации не менее 500 Гц);

9. Методика проведения

1. Подготовка пациента (покой не менее 5 мин);
2. Регистрация ЭКГ в положении сидя или лёжа в течение 60 секунд;

3. Запись выполняется в формате ECGpdf, jpeg, png, gif, dat, dtm, hea, edf, rec, csv, txt ;vector ECG PDF file (Samsung, Kardia, new ViHealth), Viaton ER2 binary file (dat).
4. Запись сохраняется в формате ECGpdf
5. Проводится спектральный анализ (БПФ);
6. Рассчитываются ключевые параметры (энергия в диапазонах до 0.15-до 40 Гц);

10. Интерпретация результатов

- Анализ проводится в совокупности с клиническими данными и анамнезом.

11. Примеры клинических случаев (из практики проф. Молдоташева И.К.)

Пример 1. Доброволец С, 32 года. Проходит ежегодное обследование как сотрудник университета. Жалоб на момент обследования у пациента не было. По данным лабораторных и инструментальных методов исследований у обследованного пациента патологии не выявлено. Обследование проведено в условиях физического и эмоционального покоя пациента. Определение индекса D диастолической функции проводят в положении сидя, или в зависимости от задачи обследования – лежа, сидя или стоя при ортостатической нагрузке. Регистрацию в других положениях проводят после 5-10 минутного отдыха, непрерывно в течение не менее 10с в зависимости от задачи обследования. Реакцию ответа сосудистой системы организма определяют новым методом, а именно – путём регистрации и спектральной оценки диагностических параметров. Одноканальный кардиограф

регистрирует I отведение. Сигналы непрерывно регистрируются и визуализируются графически на экране мобильного телефона или персонального компьютера (ПК). Значения диагностических параметров представляются в телефоне или на ПК в графическом виде. Результаты оценки и анализа следующих диагностических параметров. Максимум основной гармоники А спектра систолы приходится на 6.7Гц, максимум основной гармоники фазы Е на 1.5 Гц, что характеризует высокий тонус сосудов сердца, отношение Е/А меньше 1. Это свидетельствует о том, что у данного пациента эластичность сосудов находится в ресурсном состоянии, организм хорошо адаптируется к изменению нагрузки и механизм, обеспечивающий регуляцию сосудистого тонуса, нормально функционирует.

Пример 2. Пациент В., 60 лет. Жалобы на одышку и сердцебиение при умеренной физической нагрузке, сухость во рту, жажду, онемение и похолодание нижних конечностей; головные боли, головокружение, снижение памяти, шаткость походки, плохой сон, эмоциональную лабильность.

Анамнез болезни: Сахарный диабет впервые верифицирован 28 лет назад, состоит на диспансерном учете у эндокринолога. Повышение артериального давления (АД) отмечает в течение последних 7 лет. Максимально АД доходит до 220/120 мм рт.ст. Гипотензивные препараты принимает регулярно. Коронарная болезнь сердца. Атеросклероз аорты, коронарных, мозговых и периферических артерий.

Хроническая сердечная недостаточность, функциональный класс

Лабораторные данные. Общий анализ крови без изменений. Общий анализ мочи: белок 2000 мг/л. Креатинин 329 мкмоль/л. Глюкоза в крови: 11,3 ммоль/л.

Функциональные исследования. ЭКГ - ритм синусовый, число сердечных сокращений 60 ударов в минуту. Нормальное положение электрической оси сердца. Гипертрофия ЛЖ и левого предсердия. ЭХОКГ - Атеросклероз аорты. Дилатация левого предсердия. Нарушение локальной сократимости ЛЖ.

Результаты оценки и анализа следующих диагностических параметров. Максимум основной гармоники фазы А мощности спектра систолы приходится на 7.5 Гц, Максимум основной гармоники фазы Е на 2.5 Гц, что характеризует высокий тонус сосудов сердца, отношение Е/А больше 1. Это свидетельствует о том, что у данного пациента эластичность сосудов находится не в ресурсном состоянии, организм плохо адаптируется к изменению нагрузки и механизм, обеспечивающий регуляцию сосудистого тонуса, функционирует аномально, то есть присутствуют признаки ДДЛЖ.

12. Ограничения метода

- Ограниченное использование при высоком уровне шумов;
- Требуется достаточная квалификация интерпретатора.

13. Преимущества и перспективы

- Высокая доступность (одноканальный ЭКГ);
- Быстрота и неинвазивность;
- Возможность интеграции в телемедицину и мобильные приложения;
- Перспективы для ИИ-анализа и автоматизации.

Результаты применения способа диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца опубликованы в следующих изданиях:

1) Молдоташев И.К., Богданов Ю.А., Осмонов Д.А., Сорокин А.А., Имран М.

Новый способ диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца методом спектрального анализа одноканальной электрокардиограммы. Вестник ЦАММУ, 2023, №3(7), 1 часть, с. 134-141. **РИНЦ**

2) Молдоташев И.К., Богданов Ю.А., Осмонов Д.А., Сорокин А.А., Имран М.

Бир каналдуу электрокардиограмманын спектралдык анализин колдонуу менен журуктун сол карынчасынын диастоликалык дисфункциясын аныктоонун жаны ыкмасы.

Кыргызпатенттин кабарлары: интеллектуалдык менчик жана инновациялар маселелери. 2023, 2: 44-53.

3) Moldotashev I.K., Bogdanov Y.A., Sorokin A.A.

Evaluation of the possibility of using spectral analysis of a single-channel ECG for the diagnosis of diastolic dysfunction of the left ventricle of the heart.

(2023) Heart Vessels and Transplantation, October, 7: 329-37.

Тип документа: Article. Стадия публикации: Final.
Источник: **SCOPUS**

4) Молдоташев И.К., Богданов Ю.А., Хлызова И.А., Абжалова А.Ш.

Экспресс диагностика диастолической дисфункции левого желудочка сердца в ревматологической практике. Вестник Международного Университета Кыргызстана. Специальный выпуск, посвященный VII Еразийскому конгрессу ревматологов, 6-7 сентября 2024 года, с. 180.

РИНЦ

5) Аширбаев А.А., Молдоташев И.К., Джузумалиева К.С., Турусбекова А.Т.

Роль медицинских осмотров в выявлении диастолической дисфункции левого желудочка и факторов риска ее развития у рабочих на удаленном промышленном объекте на высокогорье. Вестник КРСУ, 2024, том 24, №9, с.127-131. **РИНЦ**

6) Молдоташев И.К., Богданов Ю.А., Сорокин А.А.

Доклиническая диагностика диастолической дисфункции левого желудочка сердца с использованием цифровой технологии. Экономика. Управление. Образование. №1 (015), с.5-13.

7) M. Dremina , I. Moldotashev , Y.Bogdanov

TRAINING FAMILY PHYSICIANS IN A MOBILE ECOSYSTEM FOR THE PREVENTION OF PROGRESSION OF CARDIOVASCULAR DISEASE. International

Multidisciplinary Conference “ Challenges of Contemporary Higher Education – CCHE 2024

8) Молдоташев И.К.

Диагностика диастолической дисфункции левого желудочка сердца у работников высокогорного промышленного предприятия. International Scientific-practical journal. In the world of science and education. 2024, с. 118-123.

Результаты исследований докладывались на международных форумах и конференциях:

1. Международной научно-практической конференции « Цифровая революция: новая реальность и новые горизонты», 28 апреля 2023 г, Бишкек

2. VI и VII Международных научно-практических конференциях: “ЦАММУ -КЛЮЧ К НАУКЕ” ИННОВАЦИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ, ТЕХНИКЕ И В ЗДРАВООХРАНЕНИИ (15 ноября 2023 г, 14 ноября 2024 г), Джалал Абад

3. Российско-кыргызском образовательном форуме, 14-15 октября 2024, г. Бишкек

4. VI международной конференции евразийской ассоциации кардиологов « Спорные и нерешенные вопросы кардиологов 2024», постер размещен на сайте конференции: <https://cardioeur.asia/conferences/16-17> oct 2024/posted_session/poster

5. Международной конференции « Актуальные аспекты научных исследований горных территорий», посвященной дню Земли. 21 апреля 2024 г, Бишкек

6. VII Евразийском конгрессе ревматологов, 6-7 сентября 2024 года, Бишкек

7. Международном форуме «Цифровая эра: высшее образование и инновации-движущие силы устойчивого развития», 8 октября 2024 года, Бишкек

8. Международной мультидисциплинарной конференции «Вызовы современного высшего образования» Сербия, 2024 г

9. Международной научно-практической конференции « Медицинское образование в XXI веке: современные инициативы России и Кыргызстана » Курск, 11 февраля 2025 г

10. На втором российско-кыргызском образовательном форуме, 23-24 сентября 2025, г. Бишкек

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫ



КЫРГЫЗПАТЕНТ

Ойдоп табууга берилген

ПАТЕНТ

№ 399

Аталыгы: Артериялык гипертензияны бир бөлүнөтүрдөн ажыратуу үчүн
каршычасынын аналитикалык өзгөрүүлөрүнүн диагностикалык
методу

Патент ээси: *Мисадоминес Давидес Курриолан (БГ)*
Босхон Юри Алеханов (УА)

Автору (авторлору): *Мисадоминес Давидес Курриолан (БГ)*
Босхон Юри Алеханов (УА)

KYRGYZPATENT

Огул номери № 20230014.1

Ойдоп табууга берилген күнү: 04.08.2023-ж.

Биринчи Республикадан ойдоп табуулардын
милдеттик регистрине киргизилген күнү: 30.08.2024-ж.

Директор

P. Курумова

КЫРГЫЗСКАЯ РЕСПУБЛИКА



КЫРГЫЗПАТЕНТ

ПАТЕНТ

на изобретение

№ 399

Название: Система диагностики функциональной дисфункции левого желудочка сердца у больных с транскатетальной аортальной стенозом

Изобретатель: Мухоменов Николай Курманович (KG)
Богданов Юрий Александрович (UA)

Автор(ы): Мухоменов Николай Курманович (KG)
Богданов Юрий Александрович (UA)

KYRGYZPATENT

Заявка № 20130054.1

Приоритет изобретения: 04.08.2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Кыргызской Республики: 20.05.2014 г.



(19) KG (11) 399 (13) C2 (46) 30.09.2024

(51) A61B 5/346 (2023.01)

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИННОВАЦИЙ
ПРИ КАБИНЕТЕ МИНИСТРОВ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КМРПА/ИИП)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 20230054.1

(22) 04.08.2023

(46) 30.09.2024, Бюл. № 9

(76) Молдогалиев Исламбай Курманович (КР)
Богданов Юрий Александрович (ЛА)

(56) Кулиева Н. О., Сагирова Ж. Н., Губина А. Ю. и др. Оценка функции миокарда у пациентов с хронической сердечной недостаточностью при помощи регистратора одноканальной электрокардиограммы // Вестник новых медицинских технологий. 2022. № 1, с. 46-52

(54) Способ диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией

(57) Изобретение относится к медицине, а именно к функциональной диагностике и кардиологии.

Задачи данного изобретения являются решением усовершенствованного способа спектральной оценки пиклоэлектрика ионной серогого сердечной системы организма, исключившего ограничение диастолических параметров, таких как задержка сигнала сигнала альфа-ритма относительно референсной формы, которая служит маркером диастолической дисфункции левого желудочка (ДЛЖ) сердца.

Способ диагностики ДЛЖ сердца у больных с артериальной гипертензией, включающий сбор сигнала ЭКГ большого одноканального мобильного устройства, его цифровую регистрацию, выделение предельного, рабочего сигнала ЭКГ на фоне, определение амплитуд и длительностей отдельных элементов зубцов, сегментов и интервалов сигнала, количественную оценку амплитуды ЭКГ для распознавания пациентов с ДЛЖ, характеризуется тем, что распознавание пациентов с ДЛЖ осуществляется путем регистрации и спектральной обработки сигнала ЭКГ. Спектральное представление вычисляется по всему диастолической зоне ЭКГ. После снятия одноканальной зоны ЭКГ инициал и фиксирует начальные участки в пределах диастолической зоны альфа-ритма и ретинальной формы, вычисляется характеристика и определяет фазу (t) индукции равного пиклоэлектрика триангулярного кровотока организма по сравнению с формой (70-100 мс) по амплитудам, частотам и фазой сегментов, характерных для элементов рассматриваемого организма. За время времени зона ЭКГ при артериальной гипертензии, равная 120/70 мм рт. ст., и толщине не более 12 ударов в минуту, и не менее 66 ударов в минуту. Фа-

(10) KG (11) 399 (13) C2 (46) 30.09.2024

зу (0) наступления равного напряжения трансформаторного кривоугольника (по задержке времени последовательных максимумов кривой кривизны частот HF вычисления амплитуды и частот LF ретинальной формулы наведенных сердечников. Среднее значение диаметра не рассчитано от первой кривизны кривизны частот HF в диаметре альфа ритмов до ее кривизны, следующей за ее вторым максимумом, определяет диаметр системы прецессии не рассчитано от первой кривизны кривизны частот HF в диаметре альфа ритмов до ее кривизны, следующей за ее третьим максимумом, определяет спектральную мощность сигнала сигнала ЭКГ

(BIC) и интервалы между началом равного напряжения левого желудочка и началом системы прецессии, а также между началом системы прецессии и началом интервала комплекса QRS, вычисляют соотношения амплитуд спектральных составляющих в частотных диапазонах равного напряжения левого желудочка (фаза E) и системы прецессии (фаза A), рассчитывают индекс E/A, а если соотношение E/A больше 1, а фаза (0) наступления равного напряжения трансформаторного кривоугольника превышает 70-100 мс, то по полученным данным вычисляют ДДПЖ сердца.

1 и 0 ф., 2 стр., 3 фот.

5

Изобретение относится к медицине, а именно к функциональной диагностике в кардиологии.

Изобретение может быть использовано для диагностики дисфункции левого желудочка (ДЛЖ) у больных с органической сердечной недостаточностью (ОСН) без предварительной подготовки и без учета электрофизиологических особенностей, что позволяет избежать его в рутинном исследовании с целью профилактики прогрессирования заболевания.

С той же целью современные представления о сердечно-сосудистой адаптации, сердечно-сосудистой адаптации позволяют для воздействия факторов риска и темп аутономно-регулирующей, в частности, в коронарной системе, ОСН. При этом, оценка показателей ДЛЖ, как комплексных реакций на изменение давления в левом желудочке или развитии гипертензивного кардиосклероза, определяемая в зависимости от функционального состояния миокарда, когда уже происходит клиническая картина ОСН.

Известен способ оценки функционального состояния сердца на основании анализа электрокардиограммы (ЭКГ) (патент UA № 54185, кл. А61В 5/0452, 5/02, G06N 5/00, дата публикации 28.10.2010), заключающийся в том, что принимается амплитудно-временные параметры кардиологических циклов и длительности их интервалов. Оценка функционального состояния сердца осуществляется на основе трехуровневой оценки: низкой, средней и высокой. Выбор уровня осуществляется на основе отклонения амплитуды зубца R и интервала зубца S. В зависимости от значения и модальности тупого дельта-интервала о степени функциональной нагрузки пациента, оценка для выводов осуществляется для регулирования интенсивности нагрузки с целью оптимального тренировочного процесса или для определения достигнутого уровня нагрузки в различных хронологических условиях.

Известный способ имеет некоторые недостатки, такие как недостаточная количественная информативность и отсутствие возмож-

И

ности установить причины возможных функциональных расстройств сердечно-сосудистой системы. Кроме того, это исключает возможность связи с большим количеством регистрируемых параметров, что делает его неприменимо на практике существенно дороже и сложнее. Также его область применения ограничена, поскольку он не может использоваться для самоконтроля пациентами для контроля состояния здоровья пациента в процессе диспансеризации.

Известен способ анализа сигнала электрокардиограммы (ГО 242213/322, кл. А61В 5/346 и др., 23.06.2022), который заключается в получении электрокардиограммы, на котором оценивает сигнал электрокардиограммы через модуль ввода электрокардиограммы, и далее сигнал для формирования спектрального изображения для сигнала электрокардиограммы путем анализа полученного сигнала электрокардиограммы, может дополнительно включать и себя этап построения модуля нейронной сети для определения того, различия на уровне зарегистрированный пользователь, на основе спектрального изображения в левый инфракрасный, представляющей из сигнала данных электрокардиограммы.

Данный метод используется для определения таких параметров В-В на ЭКГ и для коррекции ложек, которые являются основной деятельностью и длительным последующим оценкой, используется для построения нейронной сети с целью сравнения с ритм сигнала ЭКГ.

Такие алгоритмы, известные методы диагностики не могут позволить учитывать состояние внутренней гемодинамики сердца, а также не является информативным для установления характера оттока сигнала дифференциально-регуляторной функции, которая служит маркером ДЛЖ сердца.

Наиболее близким к предложенному является способ оценки функции левого желудочка с ОСН при помощи регистраторов ультразвуковой ЭКГ (Кузнецова Н. С., Ситникова Ж. Н., Губина А. Ю. и др. Оценка функционального состояния и морфологической структуры миокарда левого желудочка при помощи регистраторов ультразвуковой электрокардио-

граммы // Вестник высшей технической школы. № 1, с. 44-52), в котором диагностика ДДЖ у больных гипертонической болезнью ведется автоматической сменой сегмента ЭКГ большим индивидуальным мобильным устройством, его оцифровку и регистрацию, выделение паракорона, разделение сегмента ЭКГ на волны, определение амплитуд и длительностей основных элементов зубца, измерений в интервалах сегмента, количественную оценку показателей ЭКГ для распознавания заболеваний с ДДЖ.

Одним из недостатков качественного качественного решения является то, что существуют ограничения по времени, например, в случае колоноскопии кишечника, анализа поверхности ретина и кровоизлияния склера. Кроме того, существуют определенные методические трудности в определении точных параметров, как например крутизна зубца, сложность в определении маркера начальной волны волны (P, T, QRS), смешанные наложения зубцов. Вместе с тем, обучение искусственного интеллекта является весьма трудным процессом и маркерную функцию от комплексной сложности, что не исключает субъективный фактор.

Целью данного изобретения является указание достоверности информации о спектральной характеристике ЭКГ сигнала и поочередно анализировать о длительности выполнения данного алгоритма и системы процедуры.

Задачей данного изобретения является разработка усовершенствованного способа спектральной оценки математических моделей среднечастотной системы управления, включающего маркерные динамические параметры, типа ее маркера сигнала сигнала афи-ритма относительно ретикулярной формации, которая служит маркером ДДЖ сердца.

Техническое изобретение основано на принципе выделения в паракоронах сигнала ЭКГ маркерной сигнала и динамиче-ского афи-ритма и маркерных данных в динамиче-ском частоте ретикулярной формации методом фазовой модуляции модой из маркерной, в зависимости от выделения

относительно друг друга (маркерная оценка сигнала афи-ритма относительно ретикулярной формации), которые служат маркером ДДЖ сердца.

Способ диагностики ДДЖ сердца у больных с артериальной гипертензией, включающий смену сегмента ЭКГ большого индивидуального мобильного устройства, его оцифровку и регистрацию, выделение паракорона, разделение сигнала ЭКГ на волны, определение амплитуд и длительностей основных элементов зубца, измерений в интервалах сегмента, количественную оценку элементов ЭКГ для распознавания заболеваний с ДДЖ, адаптируется тем, что выделение информации с ДДЖ определяется путем регистрации и спектральной представления показаний ЭКГ. Структурное представление выводится по оценке асимметричной волны ЭКГ. После сдвига оцифрованной волны ЭКГ вправо и фиксации маркера частот в пределах амплитуды частот афи-ритма и ретикулярной формации выделяется паракорона и определяется фазы (а) наступления равного амплитуды трансформированного сигнала сигнала по сравнению с кривой (74-100 мс) по амплитуде, частоте и форме сигнала, характерных для указанного действия сигнала. За точку принимается начало ЭКГ при артериальной гипертензии, равной 120/70 мм рт. ст., и пульсе не более 72 ударов в минуту, и не менее 60 ударов в минуту. Фазы (б) наступления равного амплитуды трансформированного сигнала сигнала по сравнению с кривой времени последовательных максимумов маркера маркерной частоты HF динамиче-ского афи-ритма и частот LF ретикулярной формации выделяются паракоронами. Определяется начало амплитуды по расстоянию от первой маркерной кривой частот HF в амплитуде афи-ритма до ее маркера, исходящий из ее вторым максимумом, определяет начало системы процедуры по расстоянию от первой маркерной кривой частот HF в амплитуде афи-ритма до ее маркера, исходящий из ее третьим максимумом, определяет структурную мощность волны сигнала ЭКГ (В²) в интервале между максимум равного амплитуды волны сигнала сигнала и началом системы

пределах, а также между интервал частоты прецессии и началом интервала координат QRST, вычисляют соотношения амплитуд спектральных максимумов в частотных диапазонах равного наклона (интегралы спектра) (фаза E) и системы прецессии (фаза A), соотношения между E/A, и если соотношение E/A больше 1, в фазе (B) вычисляют разное наклона трансформированного кровотока орбитальное время нормы (70-100 мс), то по полученным данным диагностируют ДДЖ сердца.

Сущность реализации способа реализуется через шаги фиг. 1-5, и примерные частные случаи его реализации.

На фигуре 1 показан типичный вид оцифрованного мобильного электрокардиограммы ДДЖЕК 118, который используется для снятия ЭКГ в пазуховом ритме с последующей переноской сигнала через смартфон в интернет для спектрального анализа.

На фигуре 2 изображен график зависимости сигнала ЭКГ от времени для условия кардиового анализа.

На фигуре 3 показаны значения дисперсионного параметра дисперсионной функции у здорового добровольца.

На фигуре 4 изображен график зависимости сигнала ЭКГ от времени для пациента с аритмией.

На фигуре 5 показаны значения дисперсионного параметра дисперсионной дисперсионной функции у пациента с аритмией.

Реализация заявленного способа продемонстрирована примерами конкретного применения.

Исследования по заявленному способу проводили на базе университета АДАМ (г. Батум, Грузия). Обследовано 60 человек (35 пациентов, находящихся на программном лечении с аритмией гипертонией и 25 практически здоровых лиц) в возрасте от 20 до 65 лет. Средний возраст 36 мужчин и 24 женщины.

Существенные различия, характеризующие заболевание и отличающие заявленное исследование решение от прототипа, проявил в заявленной совокупности новых признаков, явным образом не являющиеся ни уровнем

техникой и не являющиеся очевидными для специалиста. Предметный характерности признака не обнаружено в технической и научно-технической литературе данной и смежных областей исследования.

Предлагаемый способ прост, позволяет выявить достоверное значение ХСН при малом сравнительном исследовании, и тем самым, принятие лечебно-профилактических мероприятий по индивидуализации прогрессирования заболеваний. Способ может быть применен к практическому здравоохранению и не требует особых условий для выполнения.

Для реализации данного способа с достижением заявленного технического результата заявителем используются известные методы и оборудование. Для регистрации сигнала используется кардиальный регистратор ДДЖЕК 118 (фиг. 1), реконструированный ЭДА, в состав которого входит специализированное и бесплатное приложение для iOS и Android, интегрированное приложение в смартфон. Смартфон предоставляет результаты измерения ЭКГ с точностью порядка $\pm 2\%$ или ± 2 мм при ± 2 %. Полученные данные обеспечиваются до 10 каналов ЭКГ при длине ЭКГ от 30 секунд до 5 минут. Работает в приложении для iOS 9.0 или выше, iPhone 4s/Pad 3 или выше, а также в приложении для Android 5.0 или выше с экраном 4.0 ВЛ. Приложение совместимо со специализированной компьютерной программой получать отчеты в формате PDF архивом.

Согласно заявленному способу, отчет приложения (собирает) в виде программного модуля в персональном компьютере врача или пользователя с модулем .NET Framework версии 4.7.2 и выше. Формирует в определенной памяти двумерную матрицу указанных на функции модулей, которые собираются в виде отдельных файлов, с последующей их загрузкой в выделенную программу. Из модуля N выдают ЭКГ по времени выполняется функция K, где K - номер функции в модуле и уникальные переданы функции и операторы (интерпретатор).

Для интерпретации ЭКГ используются интерпретационные алгоритмы данных, записанных во временной области, представляются

15

Формула изобретения

Способ диагностики функциональной дисфункции левого желудочка у больных с артериальной гипертензией, включающий этап снятия ЭКГ бокового происхождения с помощью устройства, что определяет и регистрирует, выдает на экраны, разбивает сигнал ЭКГ на пакеты, определяет амплитуду и длительности зубцов QRS, зубцов T, зубцов ST и интервала QT, осуществляет оценку показателей ЭКГ для распознавания пациентов с функциональной дисфункцией левого желудочка, с T и Q в норме и в I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, где, для диагностики двуконтурной дисфункции левого желудочка определяется путем фиксации сокращенного представления показаний ЭКГ, выведенной на экраны с помощью ЭКГ, где, далее измеряют и фиксируют амплитуду зубца и предельных значений частот альфа-ритма и ретикулярной формации высшего уровня коры, далее определяют фазы (t) наступле-

16

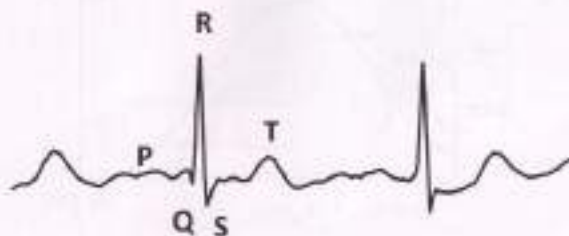
ния равного напряжения транзиторного кровотока организма по заданное времени последовательных измерений вращающейся частоты ИР до появления альфа-ритма и частоты LF ретикулярной формации высшего уровня коры, затем определяют спектральную мощность зубца сигнала ЭКГ в интервале между началом равного напряжения левого желудочка и началом системы артерия, а также между началом системы артерия и началом интервала комплекса QRS, затем определяют соотношение E/A амплитуд спектральных мощностей в частотных диапазонах равного напряжения левого желудочка (E) и системы артерия (A) при этом при наличии индекса E/A больше 1 и фазы (t) наступления равного напряжения транзиторного кровотока определена меньше 70-100 мс, диагностируют двуконтурную дисфункцию левого желудочка сердца.

Способ диагностики аритмогенной дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией.

Одноканальный мобильный кардиограф

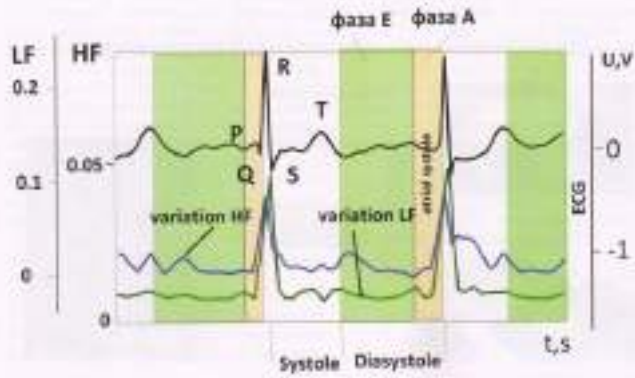


Фигура 1

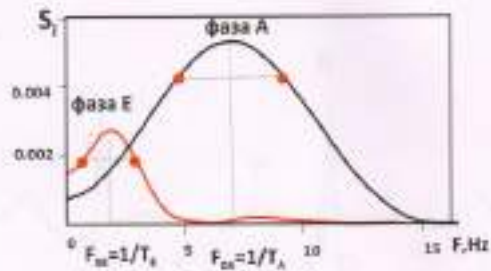


Фигура 2

Способ диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца у больных с органической психиatriей

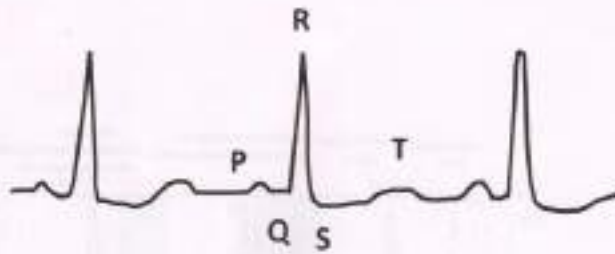


Без ДД

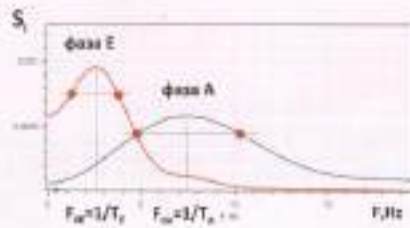
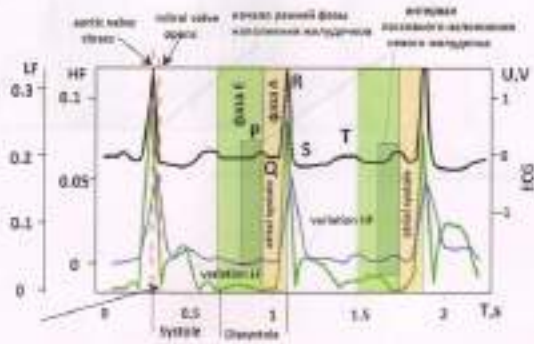


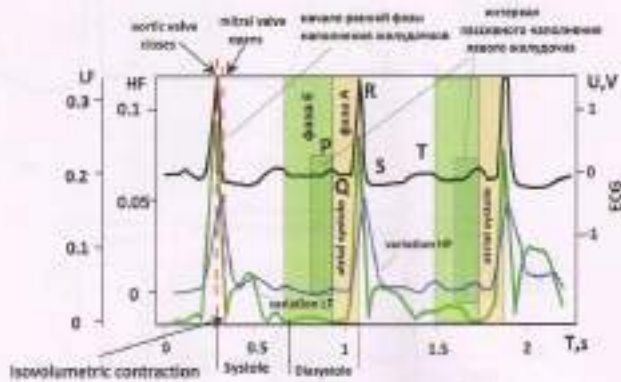
Фигура 7

Способ диагностики функциональной дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией



Фигура 4





Фигура 5

Высшая школа подготовки офицеров запаса

Титулярный лейтенант в отставке
 полковник запаса Владимир Владимирович Роговский (Курганский)
 19881-1, Тюмень-50, Мухоморова, 82, тел. (3452) 68 58 18, 68 58 41, факс (3452) 68 17 61

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН
САЛАМАТТЫК САКТОО МИНИСТРЛИГИ

И.К. АХУУБАЕВА АТЫНДАГЫ КЫРГЫЗ
МАНИПУЛЯТИВ МЕДИЦИНА АКАДЕМИЯСЫНЫН ИК АКАДЕМИЯСЫ
КЛИНИКАСЫ "РЕСПУБЛИКАНЫК
ДИАГНОСТИКА, ТЫК-ДАРЫЛОО
БОТБОРУ"



МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

АКАДЕМИЧЕСКАЯ КЛИНИКА №7
КЫРГЫЗСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
МЕДИЦИНСКОЙ АКАДЕМИИ
ИМ. И.К. АХУУБАЕВА
"РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ДИАГНОСТИЧЕСКО-ЛЕЧЕБНЫЙ
ЦЕНТР"

УКРЕ. 78002, ДОНЕЦКЕ облуста, Улица Ю.Бондаренко 17
ИНН К.0101041000 ОКПО 0210460
Регистр. № ОКФР 000020-01
Телефон: 10000000004107 КБК 030000
«КК КЫРГЫЗСТАН»
«ИЖАКАДЕМИЯ»: АА009 Юрлица
Тел.: 43 84 18
E-mail: rls_12@rambler.ru

УКРЕ. 78002, г. ДОНЕЦК, ул. Бондаренко 17
ИНН К.0101041000 ОКПО 0210460
Регистр. № ОКФР 000020-01
К/сч: 10002000004107 КБК 030000
Банк: ФОНД «СН КЫРГЫЗСТАН»
«МЕДКАСТЕРИОН»
Тел.: 43-84-18
E-mail: rls_12@rambler.ru

28.08.2025 г. № 01-7/03

УТВЕРЖДАЮ

Директор академической клиники №7
КГМА имени И.К. Ахуубаева,
(Р.Д.Ш.) к.м.н., доцент
Байеслов М.К.

« 28 » августа 2025 г.

Акт независимого клинического испытания

метода диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца
по Молдаташеву И.К. и Бодянову Ю.А.

1. Общие сведения

• **Название исследования:** «Способ диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией (метод Молдаташева И.К., Бодянова Ю.А.)»

• Университет АДАМ, Научно-исследовательский центр, в сотрудничестве с компанией Hebei DSF Geos Technology Co., LTD (Китай)

• Место проведения: Кыргызская медицинская академия имени И.К. Ахуубаева, Академическая клиника №7

Ответственный исследователь: Чакоева Д.Ш., врач функциональной диагностики, высшая категория

Резюме. В проспективном сравнительном исследовании на выборке 150 пациентов проведена валидация нового независимого метода диагностики диастолической дисфункции левого желудочка (ДДЛЖ), основанного на спектральном анализе

коротких фрагментах одноканальной ЭКГ. Показано, что метод обладает высокой диагностической точностью ($AUC = 0.86$), чувствительностью 85% и специфичностью 91% по сравнению с золотым стандартом — эхокардиографией. Метод рекомендован для скрининга и дообследования пациентов с артериальной гипертензией в амбулаторной практике.

2. Цель исследования

Оценка эффективности и точности предложенного метода диагностики ДДЖ с использованием спектрального анализа одноканальной ЭКГ (30 сек – 1 мин) в сравнении со стандартной эхокардиографией.

3. Дизайн исследования

- Тип: проспективное когортное сравнительное.
- Объем выборки: 150 пациентов.
- Коортингент: амбулаторные пациенты, направленные на ЭХО-ЭКГ.

4. Методы исследования

Регистрация одноканальной ЭКГ (отведение I, длительность 30–60 сек). ДЭХОЭКГ проводилась на аппарате фирмы **MINDRAY, RESONA I9**. Диастолическая функция левого желудочка (ДФЛЖ) сердца определялась по общепринятой методике (Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging, 2016). Одноканальная электрокардиограмма (ОЭКГ) регистрировалась с помощью портативного устройства **DuoEK 118** компании *Leri Medical* с использованием пакета **VeHealth**. Для передачи и приема данных применялись мобильные устройства. Автоматизированная обработка сигналов осуществлялась с помощью авторской программы **ECGexplorer** (авторские свидетельства UA120751 и UA120841), интегрированной с чат-ботом.

Патентное обеспечение метода. Исследование проводилось с применением способа, защищенного патентом КР на изобретение № 399 от 30.09.2024 (Молотилкин И.К., Босуданов Ю.А. «Способ диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией»). Методика регистрации и анализа ЭКГ-сигнала полностью соответствует формуле изобретения и примеру выполнения, приведенному в патентной документации.

Алгоритм анализа:

- Исходный сигнал ЭКГ фильтровался полосовым фильтром (0.5–40 Гц) для устранения низкочастотного дрейфа и сетевой наводки.
- Выделялись комплексы QRS, строилась спектрограмма RR-интервалов.
- ДФЛЖ методом спектрального анализа ЭКГ определяли как отношение суммы мощностей гармоник в период равного диастолического наполнения к сумме мощностей гармоник в период сокращения предсердий. Анализ ЭКГ проводился с помощью периодограммы, отражающей зависимость распределение мощностей сигнала в зависимости от частоты, то есть мощности, приходящуюся за единичный интервал частоты в заданном интервале времени. Для временного усреднения использовался усовершенствованный метод Барглетта и Уэлча. В нем временной ряд данных кардиограммы разбивается на перекрывающиеся сегменты. Потом вычисляется модифицированная периодограмма для каждого сегмента, а затем усредняются эти

оценки, чтобы получить оценку спектральной плотности мощности сигнала, индекса взаимосвязанного взаимодействия.

- Среднее время задержки между первым максимумом variability спектральной мощности высокочастотного компонента (HF), совпадающим с R-зубцом ЭКГ, и последующим максимумом низкочастотной variability (LF), отражающим активность сосудистой системы, коррелирует с интервалом изовольтметрического сокращения желудочка.

Принципиально, что данный временной интервал не является внешним параметром, а генерируется самой сердечно-сосудистой системой через взаимодействие её иерархических уровней:

- уровень T₁ (биологический): R-зубец как маркер деполаризации желудочков

- уровень T₂ (гемодинамический): LF-компонент variability, связанный с симпатической регуляцией сосудистого тонуса

- уровень T₃ (системный регуляции): интеграция ритмов сердца и сосудов

Это временное соотношение представляет собой эмерджентное свойство сердечно-сосудистой системы, отражающее её способность к самоорганизации и синхронизации внутренних процессов. Именно согласованность между этими временными масштабами обеспечивает оптимальность фаз сердечного цикла и эффективность гемодинамики.

Данный параметр может служить **интегральным маркером** временной когерентности сердечно-сосудистой системы, а его отклонения — указывать на расхождение регуляторных механизмов на ранних, допатологических стадиях развития патологии.

- Контроль и верификация: стандартное ЭХО-КГ оценка диастолической функции ЛЖ в соответствии с рекомендациями ESC 2016 года.

5. Этические аспекты

Все процедуры неинвазивные, применяются зарегистрированные методики.

Пациенты подписали информированное согласие (приложение 1). Дополнительных рисков не выявлено. Имеется заключение этического комитета по научным исследованиям в области медицины Ушнерситета АДАМ от 09.06.2025 г (приложение 2).

6. Результаты исследования

6.1. Обследованные пациенты

- Всего обследовано: 150 пациентов
- Диастолическая дисфункция ЛЖ выявлена у 35 пациентов (23,3%).
- Клинические признаки ХСН — у 25 пациентов (16,7%).

6.2. Распределение типов ДДЛЖ

Тип ДДЛЖ	Кол-во пациентов	% от общей выборки
Постоянная форма	20	13,3 %
Преходящая форма	10	6,7 %
С замедлением кровотока	5	3,3 %

Тип ДДЛЖ	Кол-во пациентов	% от общей выборки
Всего	35	23,3 %

6.3. Статистическая обработка (см. Приложение)

- Чувствительность метода: 85 % (95% Доверительный интервал (ДИ) = 73-92%)
- Специфичность метода: 91 % (95% ДИ: 73% – 87%)
- Диагностическая точность (AUC ROC): 0,86 (95% ДИ: 0,82 – 0,90)
- Достоверность различий по сравнению с ЭХО-КГ: $p < 0,05$
- Корреляционный анализ: рассчитан коэффициент корреляции Спирмена между индексом RF/Alpha и показателем E/e' на ЭхоКГ ($r = 0,62$, $p < 0,001$)

Обсуждение результатов

- **Интерпретация результатов:** Полученные данные свидетельствуют о том, что нарушения диастолической функции тесно связаны с изменением спектральных характеристик ЭКГ-сигнала, что, вероятно, отражает глубокие нарушения нейровегетативной регуляции сердечной деятельности.
- **Сравнение с литературой:** Результаты по диагностической точности (AUC=0,86) сопоставимы с данными исследований по анализу вариабельности сердечного ритма (BCR) для диагностики сердечной недостаточности, но предлагаемый метод требует значительно меньше времени на запись (30 сек против 5-20 мин для BCR)
- **Клиническая значимость:** Метод может быть использован как инструмент скрининга в первичном звене здравоохранения, а также для динамического наблюдения за эффективностью терапии.
- Сравнением исследований является его проведение на относительно однородной группе пациентов с АГ. Требуются дальнейшие исследования для оценки метода у пациентов с фибрилляцией предсердий, наличием искусственного водителя ритма.

7. Заключение

Предложенный метод Молдоташева И.К. и Босдинова Ю.А. обладает высокой чувствительностью и специфичностью, что подтверждается доверительными интервалами, не включающими нулевые значения (для AUC) и значение 50% (для чувствительности/специфичности). Позволяет выявлять как постоянную, так и преходящую форму диастолической дисфункции ЛЖ, включая случаи с замедленным кровотоком.

На основании результатов исследования метод рекомендован для:

1. Скринингового обследования пациентов группы риска по развитию ХСН (с АГ, диабетом) в условиях поликлиник.
2. Доклинической диагностики ДДЛЖ на этапах, предшествующих структурным изменениям, фиксируемым ЭхоКГ.
3. Оценки динамики на фоне проводимой терапии

Таким образом, клиническая апробация подтвердила эффективность патентованного способа (патент РФ № 399), что позволяет рекомендовать его к внедрению в клиническую практику.

Подпись

Исследователь: Прот. высшей категории по функциональной
дипломатике Чухеева Д.Ш. *Чухеева*

Дата: *02.08.2025* г.

Приложение 1

Информированное согласие участника клинического испытания

Я, _____ (нижеподписавшийся(ая)), добровольно даю согласие на участие в клиническом испытании, направленном на оценку диагностической точности, клинической значимости и воспроизводимости нового неинвазивного способа диагностики диастолической дисфункции левого желудочка сердца, у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями, в сравнении со стандартным эхокардиографическим методом.

Мне объяснено:

- Цель испытания, его продолжительность и порядок проведения;
- Возможные риски и преимущества;
- Что я могу в любой момент отказаться от участия без ущерба для дальнейшего лечения.

Я ознакомился(а) с информацией, полностью её содержание и согласен(на) участвовать в исследовании.

ФИО участника: _____

ФИО исследователя: _____

Дата: ____ Подпись: _____

Дата: ____ Подпись: _____

Заключение

этического комитета по научным исследованиям в области
медицины Университета АДАМ

Этический комитет по научным исследованиям в области медицины Университета АДАМ рассмотрел представленный протокол клинического исследования «Способ диагностики дисциркуляторной дисфункции левого желудочка сердца у больных с артериальной гипертензией (метод Молдогалиева И.К., Босдакова Ю.А.)».

Учитывая инвазивный характер исследования, отсутствие дополнительных рисков для пациента, соблюдение требований информированного согласия и безопасности, этический комитет по научным исследованиям в области медицины Университета АДАМ одобряет проведение данного клинического исследования на клинической базе Кыргызской государственной медицинской академии имени И.К.Алибаева.

Председатель этического комитета
по научным исследованиям в области
медицины Университета АДАМ

Дата: 09.06.2025 г.

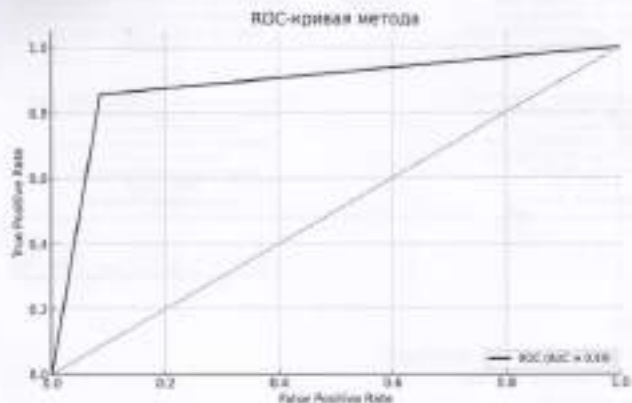


Мейман А.А.

Приложение 3.

ROC-кривая

Ниже представлены ROC-кривая, отражающая баланс чувствительности и специфичности метода:



ROC-кривая показывает, что метод имеет высокий баланс между чувствительностью и специфичностью, что делает его пригодным для скрининга преоблеменных состояний.

Достоверно положительные результаты (PP) присутствуют (~25% среди «положительных»), но это допустимо для скринингового метода, где важно не пропустить болезнь.

AUC = 0.885. Площадь под ROC-кривой (AUC) близка к 0.9, что говорит о высокой диагностической ценности метода. Чем ближе AUC к 1.0, тем надежнее метод различает пациентов с дисфункцией двуполковой (ДДПЖ) и без нее.

Sensitivity (чувствительность) = 85.7%

Метод правильно выявляет 86% пациентов с ДДПЖ.

То есть только у ~14% случаев болезнь остается «незамеченной» (ложноотрицательная).

Specificity (специфичность) = 91.3%

Среди пациентов без ДДПЖ метод правильно классифицирует 91%.

Ложь у ~9% означает ложноположительный результат.

Precision (PPV) = 73%

Если метод показывает «положительный» результат, в 3 из 4 случаев он действительно верный.

В 1 из 4 случаев это «ложная тревога».

Accuracy (общая точность) = 90%

В среднем 9 из 10 пациентов классифицируются правильно