

Оценка значения показателей мультисенсорных датчиков для определения ухудшения течения хронической сердечной недостаточности у пациентов с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором

Кулешова М. В.¹, Ускач Т. М.^{2,3}, Аманатова В. А.², Ардус Д. Ф.², Верещагина А. В.², Сапельников О. В.²

¹ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь им. А. А. Вишневого" Минобороны России. Красногорск, Московская область, Россия; ²ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России. Москва, Россия; ³ФГБОУ ДПО "Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования" Минздрава России. Москва, Россия

Цель. Оценить возможности мультисенсорного мониторинга имплантируемого кардиовертера-дефибриллятора (ИКД) для выявления клинического ухудшения хронической сердечной недостаточности (ХСН) на основании сопоставления данных датчиков с лабораторными, функциональными и клиническими показателями.

Материал и методы. В проспективное исследование включены 56 пациентов с ХСН II-III функционального класса по NYHA (New York Heart Association) и фракция выброса левого желудочка $\leq 35\%$, которым были установлены ИКД с мультисенсорным набором датчиков. Через 6 и 12 мес. проводились визиты с определением дистанции теста 6-минутной ходьбы (ТШХ), оценкой параметров эхокардиографии, исследованием уровня N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP), интерпретированием устройств с анализом данных датчиков. По результатам 6-мес. визита пациенты были разделены на группы с клиническим ухудшением течения ХСН и без ухудшения течения. Критериями ухудшения считали наличие хотя бы одного из следующих признаков: уменьшение дистанции ТШХ, нарастание отёчного синдрома, повышение уровня NT-proBNP более чем на 30% от исходного значения в сочетании с превышением порогового значения индекса HeartLogic >16. С помощью корреляционного анализа оценивались ассоциации между выбранными параметрами мультисенсорного мониторинга и клинико-лабораторными показателями во всей когорте пациентов. Дополнительно у пациентов с клиническим ухудшением течения ХСН выполнялся подгрупповой поисковый анализ.

Результаты. Клиническое ухудшение ХСН через 6 мес. выявлено у 22 (39,3%) пациентов и сопровождалось неблагоприятной динамикой мультисенсорных показателей по сравнению с пациентами без ухудшения течения ХСН, повышением NT-proBNP (2182 vs 847 пг/мл; $p < 0,001$), снижением фракции выброса левого желудочка (29 vs 31%; $p < 0,001$) и уменьшением дистанции ТШХ (277 vs 355 м; $p = 0,003$). У этих пациентов регистрировались более высокие зна-

чения амплитуды третьего тона сердца (S3), измеренные ИКД, частоты дыхания и ночной частоты сердечных сокращений, сниженные трансторакальный импеданс и вариабельность сердечного ритма (все $p < 0,01$). Во всей когорте пациентов выявлены статистически значимые обратные корреляционные связи между частотой дыхания и дистанцией ТШХ ($r = -0,66$; $p < 0,001$), между трансторакальным импедансом и уровнем NT-proBNP ($r = -0,58$; $p < 0,001$). В группе пациентов с клиническим ухудшением течения ХСН аналогичные ассоциации были более выраженными. После коррекции терапии уровень NT-proBNP снизился ($p < 0,01$).

Заключение. Мультисенсорный мониторинг ИКД ассоциирован с клиническими, лабораторными и функциональными признаками ухудшения течения ХСН. Неблагоприятная динамика отдельных параметров, регистрируемых устройством, сопровождалась более высоким уровнем NT-proBNP, снижением дистанции ТШХ и менее благоприятными эхокардиографическими показателями, что подтверждает потенциал мультисенсорного мониторинга для проактивного и персонализированного ведения пациентов и требует дальнейшего изучения в более крупных проспективных исследованиях.

Ключевые слова: хроническая сердечная недостаточность, мультисенсорный мониторинг, имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 19/02-2026

Рецензия получена 14/04-2026

Принята к публикации 04/05-2026



*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: dr.kuleshova.mv@gmail.com

[Кулешова М. В. — врач-кардиолог, ORCID: 0009-0002-9590-4004, Ускач Т. М. — д.м.н., профессор, в.н.с. отдела заболеваний миокарда и сердечной недостаточности, ORCID: 0000-0003-4318-0315, Аманатова В. А. — к.м.н., н.с. отдела заболеваний миокарда и сердечной недостаточности, ORCID: 0000-0002-0678-9538, Ардус Д. Ф. — к.м.н., н.с. лаборатории хирургических и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0001-8305-1855, Верещагина А. В. — к.м.н., врач-кардиолог, ORCID: 0000-0001-8158-3794, Сапельников О. В. — д.м.н., г.н.с. лаборатории хирургических и рентгенохирургических методов лечения нарушений ритма сердца отдела сердечно-сосудистой хирургии, ORCID: 0000-0002-5186-2474].

Адреса организаций авторов: ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий — Центральный военный клинический госпиталь им. А. А. Вишневого" Минобороны России, п. Новый, д. 1, городской округ Красногорск, Московская область, 143420, Россия; ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России, ул. Академика Чазова, д. 15а, Москва, 121552, Россия; ФГБОУ ДПО "Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования" Минздрава России, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1, Москва, 125993, Россия.

Addresses of the authors' institutions: National Medical Research Center of Cardiology, Akademika Chazova str., 15a, Moscow, 121552, Russia; Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation, Barrikadnaya str., 2/1, bid. 1, Moscow, 125993, Russia.

Для цитирования: Кулешова М. В., Ускач Т. М., Аманатова В. А., Ардус Д. Ф., Верещagina А. В., Сапельников О. В. Оценка значення показателей мультисенсорных датчиков для определения ухудшения течения хронической сердечной недостаточности у па-

циентов с имплантируемым кардиовертером-дефибриллятором. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2026;25(8):4800. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4800. EDN: WAZEAK

Evaluation of multisensor data for diagnosing clinical deterioration in patients with heart failure and implantable cardioverter-defibrillators

Kuleshova M. V.¹, Uskach T. M.^{2,3}, Amanatova V. A.², Ardus D. F.², Vereshchagina A. V.², Sapelnikov O. V.²

¹Vishnevsky Central Military Clinical Hospital. Krasnogorsk, Moscow Region, Russia; ²Chazov National Medical Research Center of Cardiology. Moscow, Russia; ³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education. Moscow, Russia

Aim. To evaluate the potential of multisensor monitoring by an implantable cardioverter-defibrillator (ICD) for detecting clinical deterioration of heart failure (HF) by comparing sensor data with laboratory, functional, and clinical parameters.

Material and methods. This prospective study included 56 patients with NYHA class II-III HF and a left ventricular ejection fraction $\leq 35\%$ who were implanted with multisensor ICDs. Follow-up visits were conducted at 6 and 12 months, including the 6-minute walk test (6MWT), echocardiography, N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) level assessment, and device interrogation with sensor data analysis. Based on the 6-month visit results, patients were divided into groups with and without clinical HF deterioration. Deterioration criteria included at least one of the following: a decrease in 6MWT distance, edema worsening, or an increase in NT-proBNP levels by $>30\%$ from baseline, combined with a HeartLogic index exceeding the threshold >16 . Correlation analysis was used to assess associations between selected multisensor monitoring parameters and clinical/laboratory indicators in the entire cohort. Additionally, an exploratory subgroup analysis was performed for patients with clinical HF deterioration.

Results. Heart failure (HF) clinical worsening after 6 months was observed in 22 (39,3%) patients and was associated with unfavorable changes of multisensor parameters compared to patients without HF progression, an increase in NT-proBNP levels (2182 vs 847 pg/mL; $p<0,001$), a decrease in left ventricular ejection fraction (29 vs 31%; $p<0,001$), and a reduction in the 6-minute walk test (6MWT) distance (277 vs 355 m; $p=0,003$). These patients exhibited higher amplitudes of the third heart sound (S3) measured by the ICD, higher respiratory rates, and higher nocturnal heart rates, as well as decreased transthoracic impedance and heart rate variability (p for all $<0,01$). In the entire cohort, significant inverse correlations were found between respiratory rate and 6MWT distance ($r=-0,66$; $p<0,001$), and between transthoracic impedance and NT-proBNP levels ($r=-0,58$; $p<0,001$). In the group of patients with clinical HF worsening, these associations

were more pronounced. Following therapy adjustment, NT-proBNP levels decreased ($p<0,01$).

Conclusion. Multisensor ICD monitoring is associated with clinical, laboratory, and functional signs of HF worsening. Unfavorable dynamics of individual device-detected parameters were accompanied by higher NT-proBNP levels, reduced 6MWT distance, and less favorable echocardiographic indices, which confirms the potential of multisensor monitoring for proactive and personalized patient management and warrants further investigation in larger prospective studies.

Keywords: heart failure, multisensor monitoring, implantable cardioverter-defibrillator.

Relationships and Activities: none.

Kuleshova M. V.* ORCID: 0009-0002-9590-4004, Uskach T. M. ORCID: 0000-0003-4318-0315, Amanatova V. A. ORCID: 0000-0002-0678-9538, Ardus D. F. ORCID: 0000-0001-8305-1855, Vereshchagina A. V. ORCID: 0000-0001-8158-3794, Sapelnikov O. V. ORCID: 0000-0002-5186-2474.

*Corresponding author:
dr.kuleshova.mv@gmail.com

Received: 19/02-2026

Revision Received: 14/04-2026

Accepted: 04/05-2026

For citation: Kuleshova M. V., Uskach T. M., Amanatova V. A., Ardus D. F., Vereshchagina A. V., Sapelnikov O. V. Evaluation of multisensor data for diagnosing clinical deterioration in patients with heart failure and implantable cardioverter-defibrillators. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2026;25(8):4800. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4800. EDN: WAZEAK

ИКД — имплантируемый кардиовертер-дефибриллятор, ОМТ — оптимальная медикаментозная терапия, ТТИ — трансторакальный импеданс, ТШХ — тест 6-минутной ходьбы, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЭхоКГ — эхокардиография, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, S1 — первый тон сердца, S3 — третий тон сердца.

Введение

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) остаётся одной из причин высокой заболеваемости и смертности во всём мире, несмотря на значительный прогресс в медикаментозной и интервенционной терапии [1]. Даже в эпоху современной квадротерапии ХСН у пациентов со сниженной фракцией выброса (ФВ ЛЖ) сохраняется высокий риск декомпенсации заболевания и внезапной сердечной смер-

ти, что обуславливает широкое применение имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов (ИКД) в качестве первичной профилактики неблагоприятных исходов [2].

Традиционное ведение пациентов с ХСН в значительной степени остаётся реактивным и основано на клинической оценке симптомов и признаков декомпенсации, которые часто появляются на поздних стадиях заболевания. Известно, что патофизиологи-

Ключевые моменты**Что известно о предмете исследования?**

- Мультисенсорный мониторинг имплантируемых кардиовертеров-дефибрилляторов позволяет выявлять ранние признаки ухудшения течения хронической сердечной недостаточности до развития выраженных клинических проявлений.
- Комбинированная оценка сигналов датчиков, включая сердечные тоны, параметры дыхания, трансторакальный импеданс, физическую активность и угол наклона изголовья кровати формирует интегральный индекс риска ухудшения состояния пациента.

Что добавляют результаты исследования?

- Изменения физиологических параметров, регистрируемых датчиками устройств, тесно связаны с лабораторными маркерами заболевания и функциональным состоянием пациентов.
- Полученные данные подтверждают перспективность мультисенсорных алгоритмов имплантируемых устройств для раннего выявления декомпенсации и оптимизации лечения.

Key messages**What is already known about the subject?**

- Multisensor monitoring by implantable cardioverter-defibrillators (ICDs) allows for the detection of early signs of worsening heart failure before the onset of overt clinical manifestations.
- The combined assessment of sensor signals, including heart sounds, respiratory parameters, transthoracic impedance, physical activity, and bed head elevation, forms an integrated risk index for patient deterioration.

What might this study add?

- Changes in physiological parameters recorded by device sensors are closely correlated with laboratory markers of the disease and the patients' functional status.
- The findings confirm the potential of multisensor algorithms in implantable devices for the early decompensation detection and the optimization of clinical management.

ческие изменения, предшествующие клиническому ухудшению, развиваются постепенно и могут быть выявлены задолго до первых симптомов. Это послужило основой для развития технологий дистанционного мониторинга, направленных на раннее выявление неблагоприятных изменений и проактивную коррекцию терапии [3].

Современные ИКД представляют собой уникальную платформу для непрерывного физиологического мониторинга. В последние годы в них были интегрированы мультисенсорные датчики, позволяющие количественно отслеживать нарушения ключевых патофизиологических механизмов ХСН.

К таким датчикам относятся показатели 1-го и 3-го тонов сердца, регистрируемые имплантируемым устройством (ICD-measured S1 and S3), отражающие сократительную функцию и давление наполнения; трансторакальный импеданс (ТТИ), характеризующий степень задержки жидкости; параметры дыхания, включая частоту дыхания; ночную частоту сердечных сокращений и вариабельность сердечного ритма (как маркеры вегетативной дисфункции; уровень физической активности пациента; а также угол наклона изголовья кровати во сне, ассоциированный с симптомами ортопноэ [4].

Одним из предложенных интегральных алгоритмов оценки риска декомпенсации ХСН у пациентов с ИКД является индекс HeartLogic, разработанный для платформ устройств Boston Scientific.

Следует учитывать, что различные производители имплантируемых устройств используют собственные сенсоры и алгоритмы оценки риска, поэтому HeartLogic не является универсальным инструментом, а представляет собой один из валидированных подходов к мультисенсорной стратификации риска.

В ряде клинических исследований показано, что превышение порогового значения HeartLogic ассоциировано с повышенным риском госпитализации и клинического ухудшения течения заболевания [4-6]. Однако данных о том, как динамика показателей мультисенсорных датчиков соотносится с клиническими и лабораторными маркерами ХСН в условиях реальной клинической практики, а также о потенциальной обратимости выявленных изменений после коррекции терапии, в настоящее время недостаточно.

Цель исследования — оценить возможности мультисенсорного мониторинга ИКД для выявления клинического ухудшения ХСН на основании сопоставления данных датчиков с лабораторными, функциональными и клиническими показателями.

Материал и методы

В проспективное исследование были включены 56 пациентов с ХСН и показаниями к имплантации ИКД для первичной профилактики внезапной сердечной смерти.

Исследование было выполнено в соответствии со стандартами надлежащей клинической практики (Good Clinical Practice) и принципами Хельсинкской Декларации. Протокол исследования был одобрен Этическими комитетами всех участвующих клинических центров. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Критерии включения: подписанное информированное согласие на участие в исследовании; верифицированный диагноз ХСН II-III функциональный класс по классификации NYHA (New-York Heart Association) с ФВ ЛЖ $\leq 35\%$, оптимальная медикаментозная терапия (ОМТ) ХСН >3 мес.

Критерии невключения: инфаркт миокарда, катетерная абляция, хирургическое вмешательство на коронарных артериях, перенесенные менее, чем за 3 мес. до включения пациента в исследование; необходимость в реваскуляризации миокарда или операции на клапанах на момент включения в исследование; механический протез трикуспидального клапана; медицинские состояния, ограничивающие прогнозируемую продолжительность жизни <1 года. Для более качественной оценки данных с имплантируемых устройств в исследование не включались пациенты с постоянной формой фибрилляции предсердий.

При включении в исследование пациентам выполнялись общий и биохимический анализы крови с определением уровня N-концевого промозгового натрийуретического пептида (NT-proBNP), эхокардиографии (ЭхоКГ), тест 6-минутной ходьбы (ТШХ). Все пациенты находились на ОМТ ХСН >3 мес. в максимально переносимых дозах.

Имплантация трансвенозных кардиовертеров-дефибрилляторов CHARISMA TM EL ICD Boston Scientific с мультисенсорным набором датчиков выполнялась по стандартной методике с применением флюороскопии, все устройства были имплантированы впервые. Настройка параметров стимуляции проводилась интраоперационно, в течение последующих нескольких дней выполнялся контроль параметров работы устройства и их коррекция, активация сенсоров ХСН в исследуемой группе.

Продолжительность исследования составила 12 мес. Пациенты включались в исследование в момент имплантации ИКД после выполнения исходного обследования. Через 6 мес. всем пациентам был проведен визит с определением дистанции ТШХ, оценкой отеочного синдрома, параметров ЭхоКГ, исследованием уровня NT-proBNP, интеррогированием устройств с анализом данных датчиков. По результатам визита была выделена группа пациентов, состояние которых определено как клиническое ухудшение течения ХСН, вторую группу составили пациенты без ухудшения течения заболевания. Критериями ухудшения считали наличие хотя бы одного из следующих параметров: уменьшение дистанции ТШХ с изменением функционального класса сердечной недостаточности, нарастание отеочного синдрома, повышение уровня NT-proBNP $>30\%$ от исходного значения в сочетании с превышением порогового значения составного индекса HeartLogic >16 . События, произошедшие до контрольного визита 6 мес., учитывались в ходе наблюдения, однако не использовались для распределения пациентов по группам.

Через 12 мес. на контрольном визите у пациентов обеих групп также оценивалась динамика дистанции

ТШХ, показателей ЭхоКГ, уровня NT-proBNP, проводилось интеррогирование ИКД с анализом показателей датчиков и количеством адекватных срабатываний, учитывалось число случаев госпитализации по поводу декомпенсации ХСН.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.0 (разработчик — ООО "Статтех", Россия). Использовались методы непараметрической статистики ввиду распределения большинства количественных переменных, отличного от нормального. Количественные показатели представлены в виде медианы и интерквартильного интервала (Me [Q25; Q75]). Для межгруппового сравнения независимых выборок применялся критерий Манна-Уитни, для анализа динамики показателей в связанных выборках — критерий Вилкоксона. Корреляционный анализ выполнялся с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена. В качестве основного анализа оценивались ассоциации между выбранными параметрами мультисенсорного мониторинга и клинико-лабораторными показателями во всей когорте пациентов. Дополнительно у пациентов с клиническим ухудшением течения ХСН выполнялся подгрупповой поисковый анализ для оценки выраженности этих ассоциаций в наиболее клинически неблагоприятной подгруппе. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$, уровень p от 0,05 до 0,10 интерпретировали как тенденцию.

Результаты

Медиана возраста включенных пациентов составила 57 [50; 63] года, преобладали пациенты мужского пола с ишемической болезнью сердца в качестве причины ХСН — 29 (51,8%) пациентов. Клинико-демографическая характеристика пациентов представлена в таблице 1.

Исходный уровень NTpro-BNP составил 875,0 пг/мл [529,8; 1179,0], исходная дистанция ТШХ была равна 335 м [195; 386,5].

Все пациенты находились на ОМТ >3 мес. В исследование не включались пациенты с непереносимостью или противопоказаниями к приему хотя бы одного препарата квадротерапии ХСН. Также в течение предшествующего месяца не проводилось изменение доз принимаемых препаратов, включая диуретики.

Исходные показатели ЭхоКГ и исходная медикаментозная терапия отражены в таблице 2 и таблице 3, соответственно.

Всего выполнено 56 операций, интраоперационных и последующих инфекционных осложнений отмечено не было. На визите через 6 мес. по результатам обследования, включая интеррогирование ИКД, критериям ухудшения течения ХСН соответствовало 22 (39,3%) пациента, они составили группу 1. Среди них клиническое ухудшение в виде уменьшения дистанции ТШХ наблюдалось у 16 пациентов, отеочный синдром у 19 пациентов, повышение уровня NT-proBNP определялось у 22 пациентов. У всех пациентов данной группы реги-

стрировалось превышение порогового значения составного индекса Heart Logic >16. Пациенты без клинического ухудшения течения ХСН были отнесены в группу 2, их количество составило 34 (60,7%) человека.

По истечении 12 мес. в обеих группах пациентов были проанализированы данные датчиков ИКД и их связь с клиническими событиями. Также проведена оценка уровня NT-proBNP, ФВ ЛЖ по данным ЭхоКГ и дистанции ТШХ. Результаты лабораторных и инструментальных исследований, клинического статуса пациентов, интеррогирования ИКД в обеих группах через 6 и 12 мес. отражены в таблице 4 и таблице 5.

Таблица 1

Клинико-демографическая характеристика пациентов

Показатель	Исследуемая группа (n=56)
Мужской пол, n (%)	49 (87,5)
Возраст, лет, Ме [Q25; Q75]	57 [50; 63]
ИМТ, кг/м ² , Ме [Q25; Q75]	27,5 [23,6; 32,3]
Курение, n (%)	35 (62,5)
Сахарный диабет, n (%)	10 (17,8)
Ожирение (ИМТ ≥30 кг/м ²), n (%)	13 (23,2)
Хроническая болезнь почек (СКФ ≤60 мл/мин/1,73 м ²), n (%)	19 (33,9)
Фибрилляция предсердий, n (%), из них РЧА в анамнезе, n (%)	17 (30,3) 5 (8,9)
Причина ХСН	ИБС, n (%) 29 (51,8) ДКМП, n (%) 16 (28,6) ГБ, n (%) 11 (19,6)
ХСН ФК	ХСН ФК 2, n (%) 30 (53,6) ХСН ФК 3, n (%) 26 (46,4)
ЧКВ, n (%)	21 (37,5)
АКШ/МКШ, n (%)	9 (16,1)
Давность ХСН, мес., Ме [Q25; Q75]	36 [15,7; 81]

Примечание: АКШ/МКШ — аортокоронарное шунтирование/малоинвазивное коронарное шунтирование, ГБ — гипертоническая болезнь, ДКМП — дилатационная кардиомиопатия, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМТ — индекс массы тела, РЧА — радиочастотная абляция, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ФК — функциональный класс, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах].

Группы пациентов статистически значимо различались по всем анализируемым клиническим параметрам. В группе клинического ухудшения был значимо выше уровень NT-proBNP, ниже ФВ

Таблица 2

Исходные показатели ЭхоКГ

Показатель, Ме [Q25; Q75]	Исследуемая группа (n=56)
ФВ, %	30 [26,5; 31,5]
КДР, см	7,0 [6,6; 7,5]
КСР, см	5,9 [5,5; 6,5]
иКДО, мл/м ²	114,9 [98,5; 139,1]
иКСО, мл/м ²	79,4 [67; 98]
СДЛА, мм рт.ст.	34,0 [25,8; 46,2]

Примечание: иКДО — индекс конечно-диастолического объема, иКСО — индекс конечно-систолического объема, КДР — конечно-диастолический размер, КСР — конечно-систолический размер, СДЛА — среднее давление в легочной артерии, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах].

Таблица 3

Исходная медикаментозная терапия

Препарат, n (%)	Исследуемая группа (n=56)
иАПФ/АРНИ	иАПФ 5 (8,9) АРНИ 51 (91,1)
β-адреноблокаторы	бисопролол 34 (60,8) метопролол сукцинат 11 (19,6) карведилол 11 (19,6)
АМКР	эплеренон 21 (38) спиронолактон 35 (62)
иНГЛТ-2	дапаглифлозин 50 (89) эмпаглифлозин 6 (11)
Петлевые диуретики	фуросемид 15 (26,8) торасемид 41 (73,2)
Статины	40 (71,4)
Дезагреганты	32 (57)
Прямые оральные антикоагулянты	17 (30,4)

Примечание: АРНИ — ангиотензиновых рецепторов и неприлизина ингибиторы, АМКР — антагонисты минералокортикоидных рецепторов, иАПФ — ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, иНГЛТ-2 — ингибиторы натрий-глюкозного котранспортера 2.

Таблица 4

Результаты определения уровня NT-proBNP, ФВ ЛЖ, дистанции ТШХ у пациентов обеих групп через 6 и 12 мес.

Показатель, Ме [Q25; Q75]	6 мес. (n=56)		p	12 мес. (n=56)		p
	Группа 1 (n=22)	Группа 2 (n=34)		Группа 1 (n=22)	Группа 2 (n=34)	
NT-proBNP, пг/мл	2182 [1068; 6578]	847 [402; 1779]	<0,01	1199,5 [1093; 2373]	784,5 [484; 1102]	0,006
ФВ ЛЖ, %	29 [22; 31]	31 [29; 35]	<0,001	30 [26; 31]	34 [30; 35]	0,005
ТШХ, м	277 [173; 365]	355 [275; 406]	0,003	300 [197; 374]	376 [252; 405]	0,051

Примечание: ТШХ — тест шестиминутной ходьбы, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, NT-proBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид, Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах].

Таблица 5

Результаты интеррогирования ИКД у пациентов обеих групп через 6 и 12 мес.

Показатель, Ме [Q25; Q75]	6 мес. (n=56)		p	12 мес. (n=56)		p
	Группа 1 (n=22)	Группа 2 (n=34)		Группа 1 (n=22)	Группа 2 (n=34)	
3-й тон сердца (S3), мГ	1,24 [1,13; 1,37]	0,91 [0,78; 1,05]	<0,001	1,22 [1,05; 1,34]	1,13 [0,78; 1,19]	0,073
1-й тон сердца (S1), мГ	2,21 [2,01; 2,34]	2,62 [2,42; 2,75]	<0,001	2,18 [2,12; 2,24]	2,31 [2,19; 2,47]	0,011
Частота дыхания	18 [17; 19]	15 [13; 16]	<0,001	18 [17; 19,5]	14 [13; 15]	<0,001
ТТИ, Ом	37 [34; 39]	50 [46; 54]	0,006	44 [41; 52]	49 [45; 54]	<0,001
Ночная ЧСС, уд./мин	69 [65; 73]	60 [56; 62]	<0,001	79 [71; 85]	57 [55; 63]	<0,001
BCP, мс	72 [68; 76]	89 [84; 96]	<0,001	75 [70; 78]	81 [75; 93]	0,003
Уровень активности, ч	1,5 [1; 2]	2 [1,5; 3]	0,044	1,5 [1; 2]	2 [1,5; 2,5]	0,043
Угол наклона изголовья кровати, °	22 [19; 26]	11 [9; 12]	<0,001	21 [17; 24]	14 [12; 17]	<0,001
Индекс HeartLogic	25 [23; 31]	6 [4; 8]	<0,001	20 [18; 27]	9 [8; 11]	<0,001

Примечание: BCP — вариабельность сердечного ритма, ТТИ — трансторакальный импеданс, ЧСС — частота сердечных сокращений, Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах].

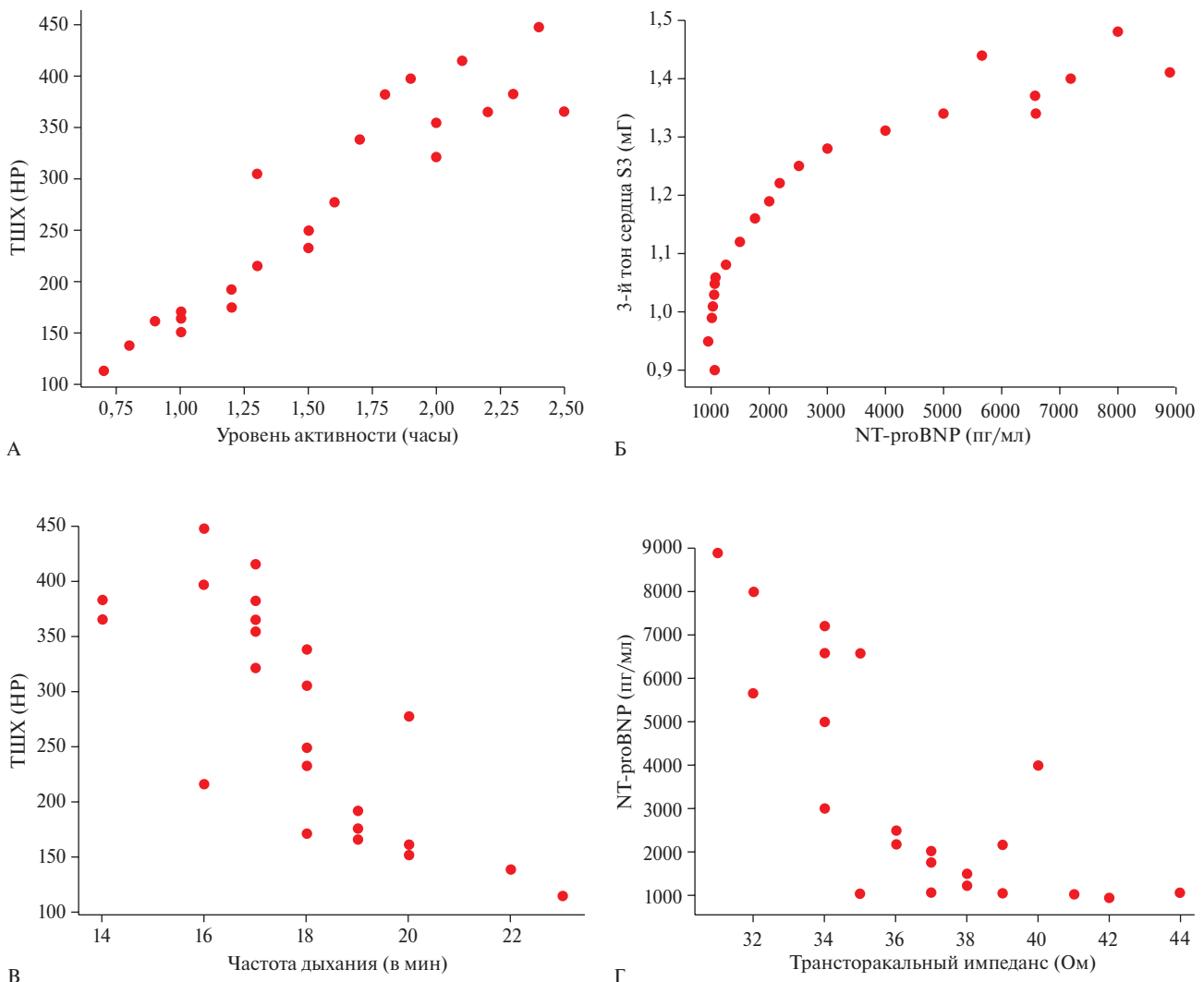


Рис. 1 А — график корреляции времени активности пациента с ТШХ; Б — график корреляции NT-проBNP с амплитудой 3-го тона сердца; В — график корреляции частоты дыхания с ТШХ; Г — график корреляции ТТИ с NT-проBNP.

Примечание: ТТИ — трансторакальный импеданс, ТШХ — тест 6-минутной ходьбы, NT-проBNP — N-концевой промозговой натрийуретический пептид.

ЛЖ и толерантность к физической нагрузке. Через 12 мес. различия между группами сохранялись, однако их выраженность уменьшилась. Уровень NT-proBNP оставался достоверно выше в группе 1, а ФВ ЛЖ достоверно ниже. При этом различия по дистанции ТШХ носили пограничный характер, что может свидетельствовать о частичном улучшении функционального статуса на фоне коррекции терапии.

У пациентов группы клинического ухудшения уровень NT-proBNP на визите через 6 мес. после имплантации устройств составил 2182 [1068; 6578] пг/мл. После коррекции терапии, на визите через 12 мес., было зарегистрировано статистически значимое снижение уровня NT-proBNP до 1199,5 [1093; 2373] пг/мл (критерий Вилкоксона, $p < 0,01$).

Пациенты с клиническим ухудшением течения ХСН через 6 мес. после имплантации ИКД характеризовались достоверно неблагоприятным профилем показателей мультисенсорных датчиков по сравнению с пациентами без ухудшения. У них отмечались более высокие значения амплитуды S3 и более низкая амплитуда S1, более высокая частота дыхания, ночная частота сердечных сокращений и угол изголовья кровати во время сна, сниженные ТТИ и вариабельность сердечного ритма. Через 12 мес. наблюдения большинство различий между группами сохранялись, при этом различия по амплитуде S3 уменьшились и не достигли статистической значимости, что указывает на динамический характер данного показателя на фоне коррекции терапии. Индекс HeartLogic также превышал пороговое значение у всех пациентов первой группы, как и на 6-мес. визите.

Во всей когорте пациентов выявлены статистически значимые обратные корреляционные связи между частотой дыхания и дистанцией ТШХ ($r = -0,66$; $p < 0,001$), а также между ТТИ и уровнем NT-proBNP ($r = -0,58$; $p < 0,001$). В группе пациентов с ухудшением течения ХСН аналогичные ассоциации между данными мультисенсорных датчиков и клиническими показателями были более выраженными. Уровень повседневной активности пациента показал очень сильную положительную корреляцию с результатами ТШХ ($r = 0,93$; $p < 0,001$) (рисунок 1 А); амплитуда S3 продемонстрировала очень сильную положительную корреляцию с уровнем NT-proBNP ($r = 0,97$; $p < 0,001$) (рисунок 1 Б); частота дыхания была тесно и обратно связана с дистанцией ТШХ ($r = -0,83$; $p < 0,001$) (рисунок 1 В); а ТТИ имел выраженную обратную корреляцию с уровнем NT-proBNP ($r = -0,77$; $p < 0,001$), отражая связь застоя жидкости с нейрогуморальной активацией при декомпенсации ХСН (рисунок 1 Г).

Важно отметить, что корреляционный анализ у пациентов с клиническим ухудшением течения ХСН выполнялся как поисковый дополнительный (exploratory) анализ, поскольку именно в этой под-

группе ожидалась наибольшая выраженность отклонений мультисенсорных показателей.

За время исследования отмечено 5 случаев госпитализации по поводу декомпенсации ХСН у 4 пациентов, две в течение первых 6 мес. и три в течение последующего полугодия, все они были зарегистрированы у пациентов из группы клинического ухудшения течения.

Обсуждение

В настоящем исследовании мы показали, что мультисенсорный мониторинг ИКД позволяет выявлять клиническое ухудшение течения и объективно отражает патофизиологические изменения при ХСН. Пациенты с клиническим ухудшением течения в виде уменьшения дистанции ТШХ, нарастанием отеочного синдрома характеризовались неблагоприятным профилем показателей датчиков, а также более высоким уровнем NT-proBNP. Это подтверждает соответствие данных мультисенсорного мониторинга клиническим и лабораторным маркерам тяжести ХСН.

При анализе всей когорты пациентов были выявлены статистически значимые обратные ассоциации между частотой дыхания и дистанцией ТШХ ($r = -0,66$; $p < 0,001$), между ТТИ и уровнем NT-proBNP ($r = -0,58$; $p < 0,001$). Таким образом, увеличение частоты дыхания ассоциировалось со снижением толерантности к физической нагрузке, а снижение ТТИ с более высоким уровнем нейрогуморальной активации. Однако сила ассоциаций во всей когорте оказалась ниже, чем в группе пациентов с клиническим ухудшением течения ХСН, что подтверждает необходимость осторожной интерпретации, поскольку даже выраженные корреляции не позволяют судить о прямой причинной связи между параметрами и могут в определённой степени отражать влияние общего фактора — тяжести декомпенсации.

Тесная прямая связь амплитуды S3 и обратная связь ТТИ с уровнем NT-proBNP отражает роль датчиков в оценке давления наполнения и застоя жидкости, при этом параметры дыхания и активности тесно ассоциированы с результатами ТШХ. Такой асинхронный вклад каждого из датчиков согласуется с концепцией мультисенсорного алгоритма HeartLogic и результатами исследования MultiSENSE (Multisensor Chronic Evaluation in Ambulatory Heart Failure Patients), где было показано преимущество интегральной оценки над использованием одиночных параметров [4].

Следует отметить, что сила некоторых выявленных в настоящем исследовании ассоциаций, в частности между амплитудой S3 и уровнем NT-proBNP, частотой дыхания и дистанцией ТШХ оказалась выше, чем в ряде ранее опубликованных работ. Так, в исследовании Lüthje L, et al., связь ТТИ с изменениями NT-proBNP была менее выраженной, что

подчёркивает возможное влияние различий в используемых устройствах, методах регистрации параметров и характеристиках исследуемых популяций [7]. Более высокие коэффициенты корреляции, полученные в настоящей работе, частично обусловлены небольшим объёмом выборки, анализом внутри более однородной подгруппы пациентов, а также особенностями критериев определения ухудшения, включавших повышение уровня NT-proBNP и превышение порогового значения HeartLogic >16. Поэтому выявленные ассоциации следует интерпретировать, прежде всего, как гипотезо-генерирующие и требующие дальнейшего подтверждения в более крупных исследованиях.

Учитывая данные Compagnucci P, et al., продемонстрировавших асинхронную временную динамику отдельных компонентов составного индекса HeartLogic, в нашем исследовании был выполнен анализ каждого сенсора в отдельности с оценкой их корреляции с клиническими и лабораторными показателями. Особого внимания заслуживает динамика амплитуды S3, измеренного ИКД: выраженные различия между группами при оценке ухудшения и их уменьшение к 12 мес. согласуются с данными Compagnucci P, et al., подчёркивающими динамический и временно-зависимый характер отдельных компонентов составного индекса [8].

С точки зрения интерпретации полученных данных также стоит учитывать, что даже валидированные мультисенсорные алгоритмы, такие как HeartLogic, не выявляют все события декомпенсации ХСН и сопровождаются определённой частотой ложноположительных сигналов, что подтверждают результаты исследований, например, PREEMPT-HF (Precision Event Monitoring for Patients with Heart Failure using HeartLogic) [9]. В настоящее время продолжаются проспективные рандомизированные исследования, включая DANLOGIC-HF (Danish Pragmatic Randomized Trial to Evaluate the Effect of HeartLogic-Guided Management on Heart Failure Outcomes), которые должны более точно определить влияние подобного мониторинга на клинические исходы, прежде всего связанные с декомпенсацией ХСН¹.

Повышение уровня NT-proBNP в группе клинического ухудшения отмечалось у большинства пациентов, что соответствует данным ранее опубликованных исследований, где рост натрийуретических пептидов регистрировался у ~70-80% пациентов в период активного индекса HeartLogic [4-6]. Однако важным наблюдением является снижение уровня NT-proBNP и частичное уменьшение межгрупповых различий через 12 мес. после коррекции терапии. Это указывает на потенциальную обратим

мость выявленных изменений и практическую ценность мониторинга для оптимизации лечения.

Отдельного внимания в настоящем исследовании заслуживает анализ показателя угла наклона изголовья кровати, отражающего положение тела пациента во время сна. Повышение данного параметра рассматривается как косвенный маркер ночного ортопноэ, что соответствует клиническим проявлениям декомпенсации ХСН. В нашей работе пациенты с клиническим ухудшением течения ХСН характеризовались достоверно более высокими значениями угла наклона изголовья кровати по сравнению с пациентами без ухудшения, при этом различия сохранялись и в динамике наблюдения. Полученные данные дополняют существующие представления о роли данного сенсора, как показателя застойных явлений, и согласуются с концепцией мультисенсорного мониторинга, где оценка положения тела во сне рассматривается в сочетании с другими физиологическими параметрами, а не изолированно. Однако, несмотря на включение датчика угла наклона изголовья кровати в состав мультисенсорного алгоритма HeartLogic и его описания в международных исследованиях, клинические работы, посвящённые анализу данного показателя в российской литературе, до настоящего времени отсутствовали. В этом контексте результаты нашего исследования представляют один из первых отечественных опытов оценки данного сенсора в реальной клинической практике и подчёркивают его потенциальную ценность для комплексной интерпретации данных дистанционного мониторинга у пациентов с ХСН.

Важно отметить, что клиническая эффективность дистанционного мониторинга имплантируемых устройств при ХСН остаётся предметом дискуссии. В ряде рандомизированных исследований, таких как REM-HF (Remote Management of Heart Failure Using Implantable Electronic Devices), MORE-CARE (Monitoring Resynchronization devices and cardiac patients) и OptiLink HF (Optimization of Heart Failure Management using OptiVol Fluid Status Monitoring and CareLink), не было продемонстрировано значимого улучшения основных клинических исходов, несмотря на диагностическую ценность ряда мониторируемых параметров [10-12]. В современных рекомендациях по ХСН и дистанционному мониторингованию [2] такие технологии рассматриваются как перспективные, однако их роль в рутинной клинической практике требует дальнейшего уточнения.

Ограничения исследования. Исследование имеет ряд ограничений: одноцентровое, наблюдательное, с малым размером выборки, что повышает риск нестабильности оценок, особенно при анализе под

¹ Danish Pragmatic Randomized Trial to Evaluate the Effect of HeartLogic-Guided Management on Heart Failure Outcomes (DANLOGIC-HF). ClinicalTrials.gov. ID: NCT06099158. <https://clinicaltrials.gov/study/NCT06099158>.

групп и корреляционных связей. Также в работе анализировалось большое число клинических, лабораторных и параметров, полученных при интеррогировании ИКД (device-derived параметры), что при множественных сравнениях увеличивает вероятность случайных ассоциаций. В исследовании не включались пациенты с постоянной формой фибрилляции предсердий, поэтому полученные результаты не могут быть напрямую распространены на эту категорию больных. Следует также учитывать, что одним из критериев отнесения пациента к группе клинического ухудшения было превышение порогового значения составного индекса HeartLogic >16 в сочетании с повышением уровня NT-proBNP на >30% от исходного значения. Это могло частично усиливать межгрупповые различия по самому индексу HeartLogic и связанных с ним сенсорных параметров, а также влиять на выраженность некоторых выявленных ассоциаций, особенно между параметрами мультисенсорного мониторинга и уровнем NT-proBNP.

Литература/References

1. Kobalava ZhD, Nazarov IS. Updating of Russian clinical guidelines for chronic heart failure 2024: review of key changes. *Terapiya*. 2025;11(7):147-63. (In Russ.) Кобалава Ж. Д., Назаров И. С. Обновление российских клинических рекомендаций по хронической сердечной недостаточности 2024г: разбор ключевых изменений. *Терапия*. 2025;11(7):147-63. doi:10.18565/therapy.2025.7147-163.
2. Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, de Riva M, et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death. *Eur Heart J*. 2022; 43(40):3997-4126. doi:10.1093/eurheartj/ehac262.
3. Koehler F, Koehler K, Deckwart O, et al. Telemedical Interventional Management in Heart Failure II (TIM-HF2), a randomized, controlled trial investigating the impact of telemedicine on unplanned cardiovascular hospitalisations and mortality in heart failure patients: study design and description of the intervention. *Eur J Heart Fail*. 2018;20(10):1485-93. doi:10.1002/ehj.1300.
4. Boehmer JP, Hariharan R, Devecchi FG, et al. A multisensor algorithm predicts heart failure events in patients with implanted devices: results from the MultiSENSE study. *JACC Heart Fail*. 2017;5(3):216-25. doi:10.1016/j.jchf.2016.12.011.
5. Hernandez AF, Albert NM, Allen LA, et al. Multiple cArdisenseNsors for mAnaGEment of Heart Failure (MANAGE-HF) — Phase I evaluation of the integration and safety of the HeartLogic multisensor algorithm in patients with heart failure. *J Card Fail*. 2022;28(8):1245-54. doi:10.1016/j.cardfail.2022.03.349.
6. Calò L, Bianchi V, Ferraioli D, et al. A multiparametric implantable cardioverter-defibrillator algorithm for heart failure risk stratification and management: analysis in clinical practice. *Europace*. 2021;23(Suppl 3):euab116.468. doi:10.1093/europace/ueab116.468.
7. Lütjhe L, Vollmann D, Drescher T, et al. Intrathoracic impedance monitoring to detect chronic heart failure deterioration: relationship to changes in NT-proBNP. *Eur J Heart Fail*. 2007;9(6-7):716-22. doi:10.1016/j.ejheart.2007.03.005.
8. Compagnucci P, Santobuono VE, D'Onofrio A, et al. Differentiating sensor changes in a composite heart failure ICD monitoring index: clinical correlates and implications. *Heart Rhythm*. 2025;22(9):2314-21. doi:10.1016/j.hrthm.2024.10.021.
9. Sauer AJ, Stolen CM, Shute JB, et al. Results of the Precision Event Monitoring for Patients With Heart Failure Using HeartLogic study (PREEMPT-HF). *JACC Heart Fail*. 2025;13(6):973-83. doi:10.1016/j.jchf.2025.01.028.
10. Morgan JM, Kitt S, Gill J, et al. Remote management of heart failure using implantable electronic devices. *Eur Heart J*. 2017; 38(30):2352-60. doi:10.1093/eurheartj/ehx227.
11. Boriani G, Da Costa A, Quesada A, et al. Effects of remote monitoring on clinical outcomes and use of healthcare resources in heart failure patients with biventricular defibrillators: results of the MORE-CARE multicentre randomized controlled trial. *Eur J Heart Fail*. 2017;19(3):416-25. doi:10.1002/ehj.626.
12. Böhm M, Drexler H, Oswald H, et al. Fluid status telemedicine alerts for heart failure: a randomized controlled trial. *Eur Heart J*. 2016;37(41):3154-63. doi:10.1093/eurheartj/ehw099.

Заключение

Мультисенсорный мониторинг ИКД ассоциирован с клиническими, лабораторными и функциональными признаками ухудшения течения ХСН. Неблагоприятная динамика отдельных параметров, регистрируемых устройством, сопровождалась более высоким уровнем NT-proBNP и ухудшением функционального статуса пациентов. Во всей когорте пациентов выявлены статистически значимые обратные ассоциации между частотой дыхания и дистанцией ТШХ, а также между ТТИ и уровнем NT-proBNP. Полученные данные подтверждают потенциальную ценность мультисенсорного мониторинга ИКД как инструмента клинической оценки состояния пациентов с ХСН в реальной практике и требуют дальнейшего изучения в более крупных проспективных исследованиях.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.