Клиническая эффективность применения фотоплетизмографии и телемедицинских технологий для наблюдения за пациентами с неинфекционными заболеваниями: систематический обзор и метаанализ

Гаранин А. А., Рубаненко О. А., Трусов Ю. А., Сенюшкин Д. В., Колсанов А. В.

Цель. Анализ литературных данных о возможности применения фотоплетизмографии (ФПГ) на амбулаторном этапе с целью дистанционного наблюдения и контроля частоты сердечных сокращений, в т.ч. нарушений ритма, артериального давления (АД), температуры, частоты дыхательных движений.

Методология исследования. Поиск осуществлялся с помощью баз данных PubMed/Medline, Web of Science, Scopus и Google Scholar с 2015 по 2025гг.

Результаты. В метаанализ было включено небольшое число исследований. Средние значения систолического и диастолического АД в зависимости от применяемого метода измерения (ФПГ или иной метод – ручной метод с применением манжеты или инвазивно) были представлены в двух исследованиях, что подразумевает высокую несогласованность по представленным исследованиям и определяет необходимость взвешенной интерпретации объединенной оценки разности средних значений для этих исследований.

Абсолютные значения, определяющие частоту развития ФП, указаны в рамках четырех исследований.

Заключение. Проведенный нами систематический обзор и метаанализ показали эффективность применения ФПГ для мониторинга нарушений ритма и контроля систолического и диастолического АД на амбулаторном этапе.

Ключевые слова: клинические аспекты фотоплетизмографии, дистанционная фотоплетизмография, визуализирующая, бесконтактная, телемедицина, телемониторинг.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия.

Гаранин А. А.* – к.м.н., директор, ORCID: 0000-0001-6665-1533, Рубаненко О. А. – д.м.н., доцент кафедры госпитальной терапии с курсами гематологии и трансфузиологии, ORCID: 0000-0001-9351-6177, Трусов Ю. А. – ассистент кафедры пропедевтической терапии с курсом кардиологии, ORCID: 0000-0001-6407-3880, Сенюшкин Д. В. – старший лаборант кафедры амбулаторно-поликлинической помощи с курсом телемедицины, ORCID: 0009-0004-5138-382X, Колсанов А. В. – д.м.н., профессор, профессор РАН, ректор, ORCID: 0000-0002-4144-7090.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): sameagle@yandex.ru

АГ – артериальная гипертензия, АД – артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ДИ – доверительный интервал, ДНМ – дистанционный и непрерывный мониторинг, САД – систолическое артериальное давление, ФП – фибрилляция предсердий, ФПГ – фотоплетизмография, ЧСС – частота сердечных сокращений, ЭКГ – электрокардиограмма.

Рукопись получена 29.03.2025

Рецензия получена 03.06.2025

Принята к публикации 19.06.2025

Для цитирования: Гаранин А. А., Рубаненко О. А., Трусов Ю. А., Сенюшкин Д. В., Колсанов А. В. Клиническая эффективность применения фотоплетизмографии и телемедицинских технологий для наблюдения за пациентами с неинфекционными заболеваниями: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2025;30(9S):6327. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6327. EDN: JJPYGC

Clinical efficacy of photoplethysmography and telemedicine technologies for monitoring patients with non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis

Garanin A. A., Rubanenko O. A., Trusov Yu. A., Senyushkin D. V., Kolsanov A. V.

Aim. To analyze literature data on use of photoplethysmography (PPG) at the outpatient stage for remote monitoring of heart rat, arrhythmias, blood pressure (BP), temperature, respiratory rate.

Research design. The search was carried out using the PubMed/Medline, Web of Science, Scopus and Google Scholar databases from 2015 to 2025.

Results. A small number of studies were included in the meta-analysis. Mean values of systolic and diastolic BP depending on the measurement method used were presented in two studies, which implies high inconsistency in the presented studies and determines the need for a balanced interpretation of the pooled estimate of the difference in mean values for these studies.

Absolute values determining the incidence of AF are indicated in four studies.

Conclusion. Our systematic review and meta-analysis showed PPG effectiveness for arrhythmia and controlling systolic and diastolic BP at the outpatient stage.

Keywords: clinical aspects of photoplethysmography, remote photoplethysmography, imaging, telemedicine, telemonitoring.

Relationships and Activities: none.

Samara State Medical University, Samara, Russia.

Garanin A. A.* ORCID: 0000-0001-6665-1533, Rubanenko O. A. ORCID: 0000-0001-9351-6177, Trusov Yu. A. ORCID: 0000-0001-6407-3880, Senyushkin D. V. ORCID: 0009-0004-5138-382X, Kolsanov A. V. ORCID: 0000-0002-4144-7090.

*Corresponding author: sameagle@yandex.ru

Received: 29.03.2025 **Revision Received:** 03.06.2025 **Accepted:** 19.06.2025

For citation: Garanin A. A., Rubanenko O. A., Trusov Yu. A., Senyushkin D. V., Kolsanov A. V. Clinical efficacy of photoplethysmography and telemedicine technologies for monitoring patients with non-communicable diseases: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(9S):6327. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6327. EDN: JJPYGC

Ключевые моменты

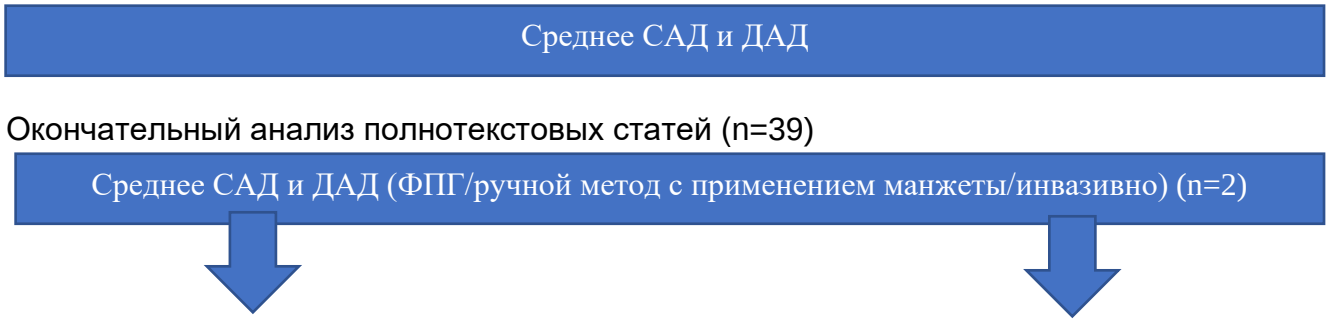
• Применение фотоплетизмографии (ФПГ) на амбулаторном этапе с целью дистанционного наблюдения и контроля частоты сердечных сокращений не уступает традиционным методам контроля показателей.

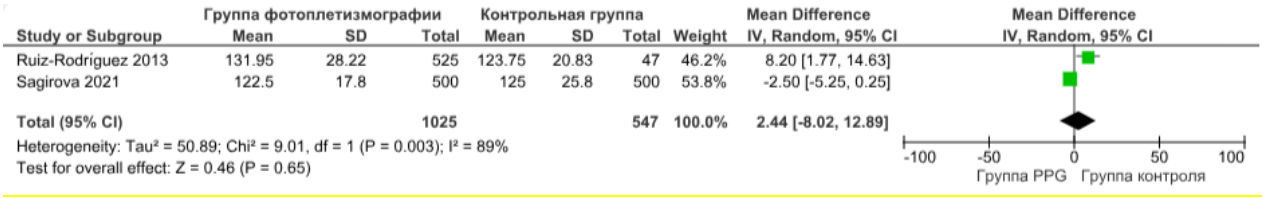
• Подчеркивается диагностическая ценность ФПГ с целью ранней диагностики фибрилляции предсердий, а также точность систем дистанционного мониторинга артериального давления.

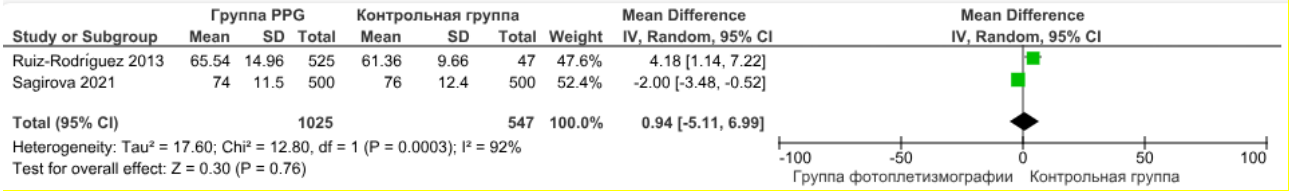
Key messages

• The use of photoplethysmography (PPG) at the outpatient stage for remote heart rate monitoring is not inferior to traditional methods of monitoring indicators.

• The diagnostic value of PPG for the early diagnosis of atrial fibrillation, as well as the accuracy of remote blood pressure monitoring systems, are emphasized.



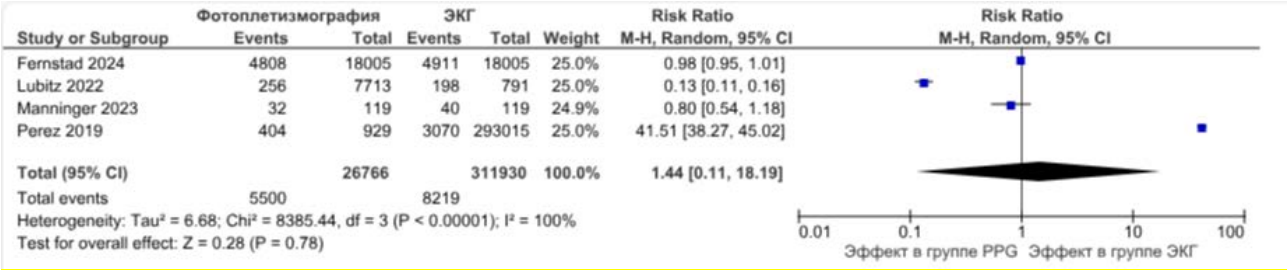




Средневзвешенная разница значений САД 2,44 мм рт.ст. (95% ДИ: -8,02; 12,89) (p=0,65)

Средневзвешенная разница значений ДАД 0,94 мм рт.ст. (95% ДИ: -5,11; 6,99) (p=0,76)

Регистрация ФП: 5500/26766 (20,5%) пациентов в группе ФПГ
8219/311930 (2,9%) в группе стандартной регистрации ЭКГ (n=4)



Относительный риск развития ФП 1,44 (95% ДИ: 0,11; 18,19) (p=0,78)

Вывод: подтверждена диагностическая ценность ФПГ для диагностики ФП и дистанционного мониторинга артериального давления

Графический абстракт

Сокращения: ДАД – диастолическое артериальное давление, ДИ – доверительный интервал, САД – систолическое артериальное давление, ФП – фибрилляция предсердий, ФПГ – фотоплетизмография, ЭКГ – электрокардиография.

Дистанционный и непрерывный мониторинг (ДНМ) зарекомендовал себя как перспективный метод профилактики, позволяющий снизить уровень смертности и нагрузку на систему здравоохранения [1]. Отслеживание любого процесса имеет решающее значение, поскольку требует обеспечение строгого соблюдения стандартных протоколов и процедур, следовательно, мониторинг клинических испытаний не является исключением. Возможность удаленного наблюдения за пациентами на предмет обострения различных заболеваний может обеспечить возможность проведения терапевтических вмешательств для предотвращения декомпенсации, госпитализации и риска летального исхода [2]. Однако дистанционный мониторинг гемодинамики требует инвазивной процедуры и может быть экономически неэффективным [3].

Одним из основных методов ДНМ, часто используемых для мониторинга состояния здоровья населения, является фотоплетизмография (ФПГ). В основе ФПГ положен метод облучения (обычно пальца, запястья, предплечья или уха) видимым светом и сбор

проходящего или отраженного света с помощью детектора [3, 4]. ФПГ как простой и недорогой оптический метод может быть использован для выявления изменений объема крови в микрососудистом русле. Часто используется неинвазивно для проведения измерений на поверхности кожи и включает базовую частоту с различными низкочастотными компонентами, связанными с дыханием, активностью симпатической нервной системы и терморегуляцией. Внимание практикующих врачей и исследователей к данной методике обусловлено доступной и портативной технологией при оказании первичной медицинской помощи.

Научная новизна проводимого исследования включает объединение нескольких работ, посвященных мониторингу показателей состояния здоровья пациентов с неинфекционными заболеваниями при активном образе жизни. Применение средств дистанционного наблюдения, в частности ФПГ, является более комфортным для пациента, менее трудозатратным с позиции возможности передачи информации с приборов удаленного мониторинга в телемедицинский центр с оценкой результатов специалистом узкого профиля или врачом-исследователем. Часть технологий демонстрирует более точные результаты при измерении в покое, без движения, что диктует необходимость дальнейшего поиска технологий и усовершенствование устройств для использования в повседневной деятельности. Детальный анализ возможности применения ФПГ в практической деятельности наряду с общепринятым физикальным исследованием определяет нишу использования данного метода.

Целью настоящего обзора является анализ литературных данных о возможности применения ФПГ на амбулаторном этапе с целью дистанционного наблюдения и контроля частоты сердечных сокращений (ЧСС), в т.ч. нарушений ритма, артериального давления (АД), температуры, частоты дыхательных движений.

Методология исследования

Авторами был произведен электронный поиск публикаций в базах данных PubMed/Medline, Web of Science, Scopus и Google Scholar. Поиск осуществлялся по следующим ключевым словам: «clinical aspects of photoplethysmography», «remote photoplethysmography», «imaging», «non-contact medicine», «telemedicine», «telemonitoring». Авторы независимо друг от друга осуществляли отбор релевантных исследований. В обзор включались исследования, опубликованные на русском и английском языке с 2015г по 16.02.2025. В обзор было включено 39 исследований (рис. 1). Авторы независимо друг от друга провели анализ заголовков и аннотаций статей, после чего извлекался полный текст релевантных исследований. Разногласия между авторами разрешались путем консенсуса.

Статистическая обработка данных осуществлялась в программах Review Manager (RevMan), версия 5.4.1 (The Cochrane Collaboration, 2020) и Comprehensive Meta-Analysis 3.0 (Biostat, США). Метаанализ выполнялся по модели случайных эффектов, с включением метода обратной дисперсии. Визуализация основных результатов представлена в виде древовидной диаграммы (forest plot). Проверка статистической неоднородности исследований осуществлялась с помощью Q-теста на основе χ^2 и индекса гетерогенности I^2. Обсуждение анализа статистической гетерогенности согласно индексу I^2 проводилась по рекомендациям Кокрановского сообщества, где I^2>75% соответствует высокой гетерогенности. Модель случайных эффектов учитывалась при P=40%. Метаанализ различий средних значений систолического АД (САД) и диастолического АД (ДАД) в исследуемой и контрольной группах включал данные о средних значениях со стандартными отклонениями с приведением числа пациентов в указанных группах. Метаанализ различий встречаемости фибрилляции предсердий (ФП) как категориальный показатель учитывал абсолютное значение n в каждой выборке к числу объема выборки. Эффект считался статистически значимым при p<0,05. Оценка публикационного смещения сопровождалась визуальным осмотром воронкообразных диаграмм (Funnel plot).

Качество исследований выполнялось по шкале оценки качества когортных исследований Ньюкасл-Оттава [5]. Анализ включенных исследований проводился путем определения указанных критериев: отбор исследовательских групп; сопоставимость групп; и установка интересующего исхода. Все несоответствия снимались в ходе обсуждения авторами работы. Оценку риска систематической ошибки индивидуальных исследований, включенных в систематический обзор, проводили с помощью опросника кокрановского сотрудничества для оценки риска систематических ошибок (смещений) (The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias). Общий риск систематической ошибки оценивали по 6 доменам: является ли экспонированная когорта репрезентативной, каким образом была сформирована неэкспонированная когорта, каким образом был установлен факт воздействия изучаемого фактора, было ли подтверждено отсутствие интересующего исхода в начале исследования, являются ли сравниваемые когорты сопоставимыми, какой источник информации об исходах использовался, была ли продолжительность наблюдения достаточной для возникновения интересующих исходов, каково было выбывание пациентов.

Результаты

Содержание 14 проанализированных работ изложено в таблице 1.

Оценка САД и ДАД применением ФПГ или иного метода измерения

Средние значения САД и ДАД в зависимости от применяемого метода измерения (ФПГ или иной метод – ручной метод с применением манжеты или инвазивно) были представлены в двух исследованиях [8, 18]. Нами произведен метаанализ разности средних значений САД и ДАД у пациентов в 2 изучаемых группах (рис. 2, 3). Как видно из рисунка, применение ФПГ демонстрирует результат не хуже по сравнению с другими методами. Так, средневзвешенная разница значений САД составила 2,44 мм рт.ст. (95% доверительный интервал (ДИ): -8,02; 12,89), данные различия были статистически незначимыми (p=0,65), средневзвешенная разница значений ДАД составила -0,94 мм рт.ст. (95% ДИ: -5,11; 6,99), данные различия были статистически незначимыми (p=0,76). Следует подчеркнуть, что при оценке однородности исследований с использованием критерия хи-квадрат Пирсона был получен статистически значимый результат (хи-квадрат Пирсона =9,01 при степени свободы 1, p=0,003 для САД и хи-квадрат Пирсона =12,80 при степени свободы 1, p=0,0003 для ДАД); а также индекс гетерогенности I^2=89% для САД и I^2=92% для ДАД, что подразумевает высокую несогласованность по представленным исследованиям и определяет необходимость взвешенной интерпретации объединенной оценки разности средних значений для этих исследований.

Для качественной оценки наличия систематической ошибки метаанализа необходимо включение ≥5 исследований для построения воронкообразной диаграммы (Funnel plot) (рис. 4, 5). Учитывая небольшое количество представленных исследований, говорить о значимой асимметрии воронкообразной диаграммы по САД и ДАД нет возможности.

Оценка возникновения ФП применением ФПГ или регистрацией электрокардиограммы

Абсолютные значения, определяющие частоту развития ФП, указаны в рамках четырех исследований (рис. 6). Общая частота развития ФП в данных исследованиях составила 5500/26766 (20,5%) пациентов в группе ФПГ и 8219/311930 (2,9%) в группе стандартной регистрации электрокардиограммы (ЭКГ). Так, относительный риск развития ФП составил 1,44 (95% ДИ: 0,11; 18,19), данные различия были статистически незначимыми (p=0,78). При оценке однородности исследований с помощью критерия хи-квадрат Пирсона был получен статистически значимый результат (хи-квадрат Пирсона =8385,44 при степени свободы 3, p<0,00001); а также индекс гетерогенности I^2=100%, что обуславливает выраженную разноречивость исследований и демонстрирует значимость аккуратной интерпретации оценки регистрации ФП для всех исследований.

Для выявления систематической ошибки при регистрации ФП с помощью ФПГ или ЭКГ учитывались 4 исследования с формированием воронкообразной диаграммы (Funnel plot) (рис. 7). Мы видим асимметричность распределения данных, что требует проведения дальнейших работ с целью определения риска ошибки.

Оценка рисков систематической ошибки. Оценка рисков систематической ошибки в рандомизированных клинических исследованиях проведена в соответствии с опросником, предложенным кокрановским сотрудничеством (табл. 2-4). Необходимо отметить, что все исследования были наблюдательными. Это могло повлиять на систематическую ошибку исполнения (performance bias) и систематическую ошибку выявления исходов (detection bias). Оценка включенных исследований показала, что одна работа демонстрирует высокий риск систематических ошибок, но ввиду небольшого числа исследований по данной тематике, принято решение использовать для метаанализа. Для оставшихся исследований дизайн, методология их проведения и характеристики пациентов соответствовали цели настоящего исследования.

Обсуждение полученных результатов. Опыт НМИЦ ТПМ в рамках государственного задания Минздрава России № 121021100129-2 «Дистанционный мониторинг микроциркуляторного кровотока в стационарных и амбулаторных условиях у лиц с артериальной гипертензией» демонстрирует, что применение ФПГ позволяет подробно описать клинический статус мужчин с артериальной гипертензией (АГ) низкого и умеренного сердечно-сосудистого риска по сравнению с мужчинами с нормальным уровнем АД [20].

Наблюдение за пациентами с АГ по результатам работы сотрудников Сеченовского университета показывает, что метод измерения АД на основе анализа ЭКГ и ФПГ с помощью прибора CardioQVARK® продемонстрировал достоверные результаты измерения АД по сравнению с методом Короткова: выявлена статистически значимая корреляция для САД (r=0,976) и ДАД (r=0,817), по данным анализа Блэнда-Алтмана смещение составило -0,5 и -0,3 мм рт.ст. для САД и ДАД, соответственно. Чувствительность нового метода в выявлении АГ составила 77% (95% ДИ: 46; 95), специфичность 100% (95% ДИ: 91; 100), точность 94% (95% ДИ: 83; 99) [21].

Ограничения вышеуказанных отечественных исследований связаны с отсутствием анализа применения ФПГ для дистанционного мониторинга за базовыми клиническими показателями пациентов с неинфекционными заболеваниями, что послужило основанием для проведения данной научной работы.

Результаты проведенного нами систематического обзора и метаанализа продемонстрировали возможность проведения дистанционного наблюдения с применением ФПГ с оценкой не только физиологических параметров (АД, ЧСС, температура, частота дыхательных движений), но и нарушений ритма, в частности ФП. Наши данные согласуются с другими источниками [22-24].

Существует разнообразие методов регистрации показателей с помощью ФПГ. Смарт-часы и фитнес-браслеты представляют собой портативные устройства, способные отслеживать частоту пульса с использованием ФПГ. Выявление нарушений ритма на основании этих данных может способствовать обнаружению ФП или трепетания предсердий. Оценка эффективности ФПГ с помощью смартфона и одновременным анализом ЭКГ показала высокую чувствительность и специфичность такого подхода, следовательно, такой метод может быть использован пациентами для самостоятельного наблюдения за сердечным ритмом [7, 25]. Показана эффективность различных портативных устройств, таких как Apple Watch, в выявлении аритмий, что открывает возможность их широкого применения в клинической практике. Все эти направления подтверждают, что новые технологии в сфере мониторинга здоровья способны значительно улучшить качество диагностики и лечения, а также повысить уровень приверженности пациентов к лечению [11]. В рамках проекта «Индивидуальный биомониторинг сердечной недостаточности (Biomon-HF)» были созданы и успешно испытаны инновационные датчики и алгоритмы для мониторинга жизненно важных показателей сердечно-сосудистой системы, в т.ч. во время сна [13].

Mukherjee R, et al. разработали систему неинвазивного дистанционного мониторинга АД с применением ФПГ. В ходе исследования был предложен новый отражающий датчик, который устраняет погрешности при измерении АД и артефакты, связанные с движением пациента. Для повышения надежности измерений разработан алгоритм, учитывающий вариации оттенков кожи. Система демонстрирует высокий уровень эффективности и может быть использована для мониторинга АД у младенцев, пожилых людей и пациентов в отделениях реанимации и интенсивной терапии [15].

Garvin L, et al. (2024) предложил оценку системы «Vitals» на платформе VA Video Connect [12]. «Vitals» использует бесконтактную дистанционную ФПГ на основе видеозаписи с помощью инфракрасной камеры на смартфонах (и других устройствах) для автоматического сканирования лиц и предоставления в режиме реального времени результатов в базу данных, а также пациенту. Специалисты отметили гибкость системы в отношении различных клинических условий, что облегчает её интеграцию в рабочий процесс и позволяет экономить время, улучшая точность данных и снижая вероятность клинических ошибок.

Allado E, et al. (2021) провели исследование, в котором использовали стандартную компьютерную веб-камеру и камеру смартфона для проведения телеконсультаций с целью оценки текущего состояния пациента с сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями с целью коррекции текущего лечения [12]. Данное исследование имеет информацию о точности измерений физиологических параметров, таких как ЧСС, частота дыхательных движений и уровень насыщения кислородом с помощью системы дистанционной ФПГ в реальных клинических условиях. Однако для оценки их применимости в домашних условиях необходимы дальнейшие исследования.

Согласно данным Ляпиной И. Н. и др. (2021), дистанционный мониторинг позволяет увеличить количество пациентов, участвующих в программах кардиореабилитации, обеспечивает более эффективный контроль статуса больных, тем самым повышая их приверженность физической активности в домашних условиях [25].

В рамках российского исследования под руководством Исаевой А. В. и др. (2024) наблюдение за состоянием пациентов с хронической сердечной недостаточностью продемонстрировало отсутствие статистически значимых различий по уровню САД, ДАД, ЧСС между 3 группами: группой телефонного диспансерного наблюдения (n=58), группой диспансерного наблюдения на российской медицинской платформе Medsenger (n=52), группой стандартного очного наблюдения у кардиолога поликлиники, что позволяет активно применять телемедицинские технологии в клинической практике [26].

Аналогичные результаты представлены в рамках пилотного дистанционного мониторинга пациентов с хронической сердечной недостаточностью, где наряду с качеством жизни проводилась оценка клинического профиля пациентов [27]. Разработанная авторами модель ведения пациентов с применением телемедицинских технологий, по сравнению с общепринятой терапевтической практикой, привела к повышению качества жизни, приверженности к лечению и способности к самопомощи больных.

Заключение

Комплексный систематический обзор, дополненный метаанализом, показал ценность инновационных технологий и систем мониторинга в управлении базовыми физиологическими параметрами, диагностике и профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. Исследования демонстрируют диагностическую ценность ФПГ с целью ранней диагностики ФП, а также точность систем дистанционного мониторинга АД.

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

Литература/References

1. Burri H, Jastrzebski M, Cano Ó, et al. EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation: endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), and Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS). Europace. 2023;25(4):1208-36. doi:10.1093/europace/euad043.

2. de Bell S, Zhelev Z, Shaw N, et al. Remote monitoring for long-term physical health conditions: an evidence and gap map. Health Soc Care Deliv Res. 2023;11(22):1-74. doi:10.3310/BVCF6192.

3. Emani S. Remote Monitoring to Reduce Heart Failure Readmissions. Curr Heart Fail Rep. 2017;14(1):40-7. doi:10.1007/s11897-017-0315-2.

4. Marx N, Rydén L, Federici M, et al. Great debate: pre-diabetes is not an evidence-based treatment target for cardiovascular risk reduction. European Heart Journal. 2024;45(48):5117-26. doi:10.1093/eurheartj/ehae533.

5. Rebrova OYu, Fedyaeva VK. Questionnaire for assessing the risk of systematic errors in non-randomized comparative studies: the Russian-language version of the Newcastle-Ottawa scale. Medical technologies. Assessment and selection. 2016;3:14-9. (In Russ.) Реброва О.Ю., Федяева В.К. Вопросник для оценки риска систематических ошибок в нерандомизированных сравнительных исследованиях: русскоязычная версия шкалы Ньюкасл-Оттава. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2016;3:14-9.

6. Manninger M, Hermans ANL, Caracioni A-A, et al. Photoplethysmography-documented atrial fibrillation in the first week after catheter ablation is associated with lower success rates. Front Cardiovasc Med. 2023;10:1199630. doi:10.3389/fcvm.2023.1199630.

7. Turakhia MP, Desai M, Hedlin H, et al. Rationale and design of a large-scale, app-based study to identify cardiac arrhythmias using a smartwatch: The Apple Heart Study. Am Heart J. 2019; 207:66-75. doi:10.1016/j.ahj.2018.09.002.

8. Sagirova Z, Kuznetsova N, Gogiberidze N, et al. Cuffless blood pressure measurement using a smartphone-case based ECG monitor with photoplethysmography in hypertensive patients. Sensors. 2021;21(10):3525.

9. Cho YS, Park S, Kim GY, et al. Effects of Transcutaneous Trigeminal Electrical Stimulation and Sound Therapy in Patients with Tinnitus. Yonsei Med J. 2023;64(10):618-24. doi:10.3349/ymj.2022.0611.

10. Fernstad J, Svennberg E, Åberg P, et al. Validation of a novel smartphone-based photoplethysmographic method for ambulatory heart rhythm diagnostics: the SMARTBEATS study. EP Europace. 2024;26(4):euae079. doi:10.1093/europace/euae079.

11. van Melzen R, Haveman ME, Schuurmann RCL, et al. Validity and Reliability of Wearable Sensors for Continuous Postoperative Vital Signs Monitoring in Patients Recovering from Trauma Surgery. Sensors (Basel). 2024;24(19):6379. doi:10.3390/s24196379.

12. Garvin L, Richardson E, Heyworth L, et al. Exploring Contactless Vital Signs Collection in Video Telehealth Visits Among Veterans Affairs Providers and Patients: Pilot Usability Study. JMIR Form Res. 2024;8:e60491. doi:10.2196/60491.

13. Vollmer T, Schauerte P, Zink M, et al. Individualized biomonitoring in heart failure – Biomon-HF "Keep an eye on heart failure – especially at night". Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik. 2014;59(2):103-11. doi:10.1515/bmt-2013-0024.

14. Lubitz SA, Faranesh AZ, Atlas SJ, et al. Rationale and design of a large population study to validate software for the assessment of atrial fibrillation from data acquired by a consumer tracker or smartwatch: The Fitbit heart study. American Heart Journal. 2021;238:16-26. doi:10.1016/j.ahj.2021.04.003.

15. Mukherjee R, Ghosh S, Gupta B, Chakravarty T. A Universal Noninvasive Continuous Blood Pressure Measurement System for Remote Healthcare Monitoring. Telemed J E Health. 2018;24(10):803-10. doi:10.1089/tmj.2017.0257.

16. Allado E, Poussel M, Moussu A, et al. Innovative measurement of routine physiological variables (heart rate, respiratory rate and oxygen saturation) using a remote photoplethysmography imaging system: a prospective comparative trial protocol. BMJ Open. 2021;11(8):e047896. doi:10.1136/bmjopen-2020-047896.

17. Perez MV, Mahaffey KW, Hedlin H, et al.; Apple Heart Study Investigators. Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. N Engl J Med. 2019;381(20):1909-17. doi:10.1056/NEJMoa1901183.

18. Ruiz-Rodríguez JC, Ruiz-Sanmartín A, Ribas V, et al. Innovative continuous non-invasive cuffless blood pressure monitoring based on photoplethysmography technology. Intensive Care Med. 2013;39(9):1618-25. doi:10.1007/s00134-013-2964-2.

19. Alam S, Gupta R, Bera J. Quality Controlled Compression Technique for Photoplethysmogram Monitoring Applications. Measurement. 2018;130:236-45. doi:10.1016/j.measurement.2018.07.091.

20. Korolev AI, Fedorovich AA, Gorshkov AYu, et al. Photoplethysmography factors associated with undiagnosed hypertension in men with low and moderate cardiovascular risk. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2023;22(7):3649. (In Russ.) Королев А.И., Федорович А.А., Горшков А.Ю. и др. Факторы фотоплетизмографии, ассоциированные с наличием невыявленной артериальной гипертонии у мужчин с низким и умеренным

сердечно-сосудистым риском. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023;22(7):3649. doi:10.15829/1728-8800-2023-3649.

21.Gogiberidze NA, Sagirova ZhN, Kuznetsova NO, et al. Comparison of cuffless blood pressure measurement using an electrocardiogram monitor with photoplethysmography function with measurement by the Korotkov method: a pilot study. Sechenov Medical Journal. 2021;12(1):39-49. (In Russ.) Гогиберидзе Н.А., Сагирова Ж.Н., Кузнецова Н.О. и др. Сравнение безманжетного измерения артериального давления с помощью монитора электрокардиограммы с функцией фотоплетизмографии с измерением по методу Короткова: пилотное исследование. Сеченовский вестник. 2021;12(1):39-49. doi:10.47093/2218-7332.2021.12.1.39-49.

22.Ivashinnikov AV. Telemedicine today: trends in the use of telemedicine consultations based on regional experience. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2024;10(3):7-20. (In Russ.) Ивашинников А.В. Телемедицина сегодня: тенденции использования телемедицинских консультаций на опыте регионов. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2024;10(3):7-20. doi:10.29188/2712-9217-2024-10-3-7-20.

23.Gerzhik AA, Raznitsyna IA. Experimental substantiation of a number of requirements for hardware methodological means of non-contact photoplethysmography based on video image analysis. Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Instrument Engineering series. 2021;(4):122-38. (In Russ.) Гержик А.А., Разницына И.А. Экспериментальное обоснование ряда требований к аппаратным методическим средствам неконтактной фотоплетизмографии на основе анализа видеоизображений. Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2021;(4):122-38. doi:10.18698/0236-3933-2021-4-122-138.

24.Pakhuridze MD, Lyamina NP, Bezymyanniy AS. Telemedicine technologies in practical healthcare – the experience of the Moscow telemedicine center. Russian Journal of Telemedicine and E-Health. 2022;8(3)15-20. (In Russ.) Пахуридзе М.Д., Лямина Н.П., Безымянный А.С. Телемедицинские технологии в практическом здравоохранении – опыт телемедицинского центра города Москвы. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2022;8(3):15-20. doi:10.29188/2712-9217-2022-8-3-15-20.

25.Lyapina IN, Zvereva TN, Pomeshkina SA. Modern methods of remote monitoring and rehabilitation of patients with cardiovascular diseases. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2022;11(1):112-23. (In Russ.) Ляпина И.Н., Зверева Т.Н., Помешкина С.А. Современные способы дистанционного наблюдения и реабилитации пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2022;11(1):112-23. doi:10.17802/2306-1278-2022-11-1-112-123.

26.Isaeva AV, Demkina AE, Vladzymyrskyy AV, et al. Remote monitoring of patients with chronic heart failure: A prospective randomized study. Digital Diagnostics. 2024;5(2):203-18. (In Russ.) Исаева А.В., Демкина А.Е., Владзимирский А.В. и др. Телемедицинский мониторинг пациентов с хронической сердечной недостаточностью: проспективное рандомизированное исследование. DigitalDiagnostics. 2024;5(2):203-18. doi:10.17816/DD568897.

27.Pyrikova NV, Mozgunov NA, Osipova IV. Results of pilot remote monitoring of heart failure patients. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2022;21(6):3151. (In Russ.) Пырикова Н.В., Мозгунов Н.А., Осипова И.В. Результаты пилотного дистанционного мониторинга пациентов с хронической сердечной недостаточностью. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2022;21(6):3151. doi:10.15829/1728-8800- 2022-3151.

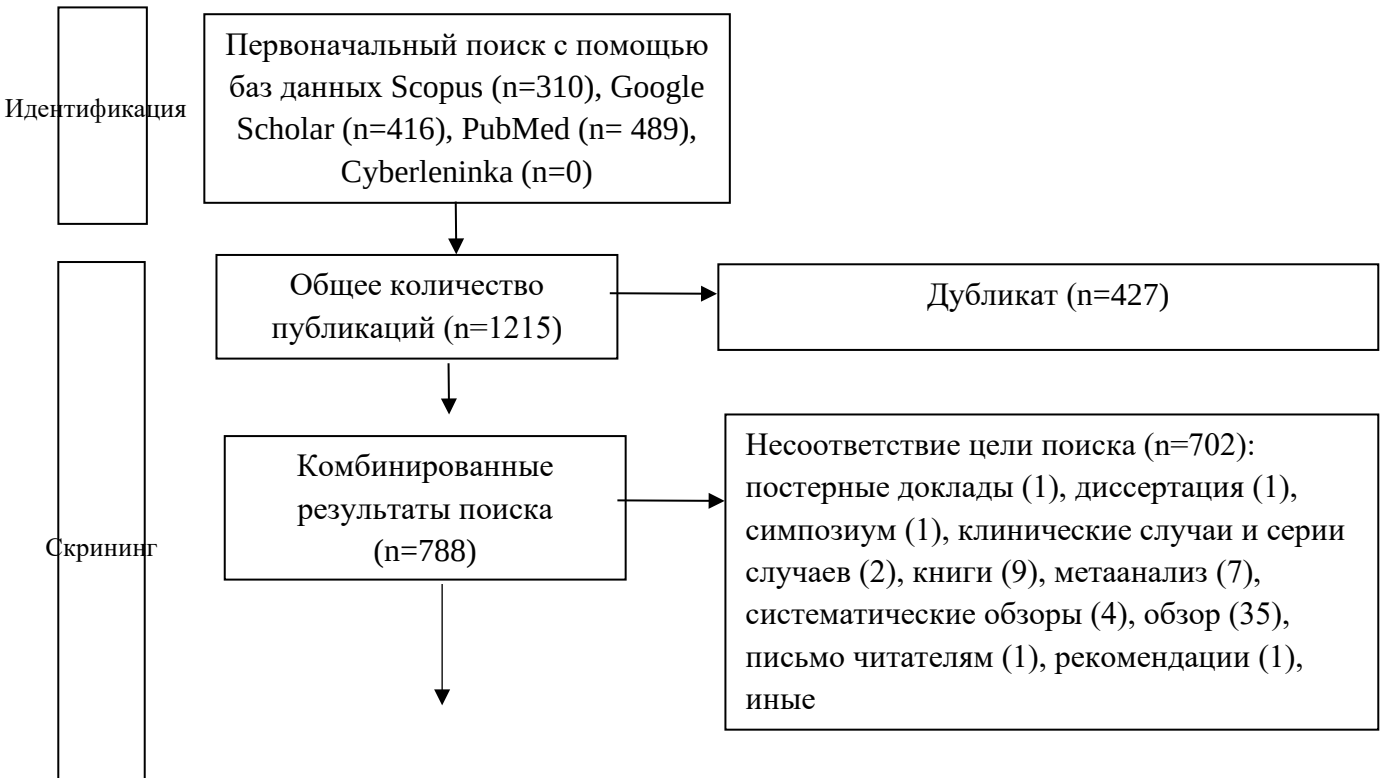


Рис. 1. Алгоритм отбора публикаций для написания систематического обзора.

Рис. 2. Результаты метаанализа разности средних значений САД в группе с ФПГ (PPG) и без метода.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для определенного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки – 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений САД.

Сокращения: ДИ (CI) – доверительный интервал, САД – систолическое артериальное давление, ФПГ (PPG) – фотоплетизмография.

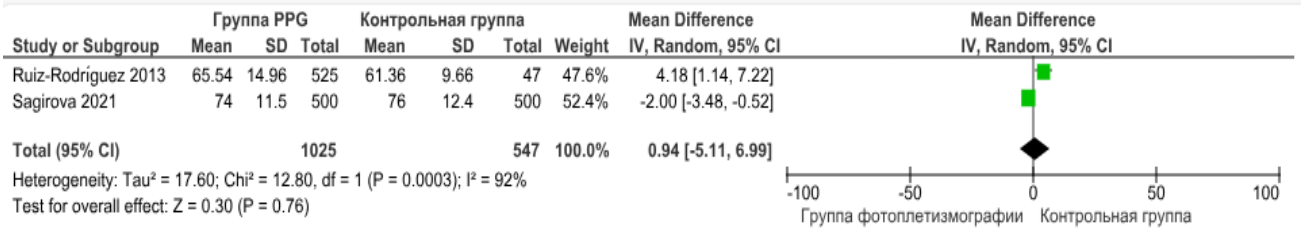


Рис. 3. Результаты метаанализа разности средних значений ДАД в группе с ФПГ (PPG) и без метода.

Примечание: зеленые квадраты показывают взвешенный размер эффекта для определенного исследования (размер зеленых квадратов соответствует весу исследований), черные отрезки – 95% ДИ, черный ромб отражает средневзвешенное значение разности средних значений ДАД.

Сокращения: ДАД – диастолическое артериальное давление, ДИ (CI) – доверительный интервал, ФПГ (PPG) – фотоплетизмография.

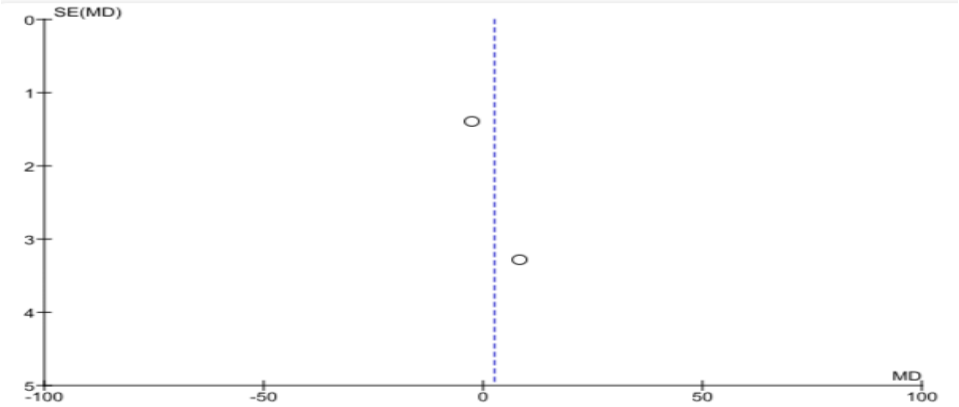


Рис. 4. Воронкообразная диаграмма (funnel plot) САД.

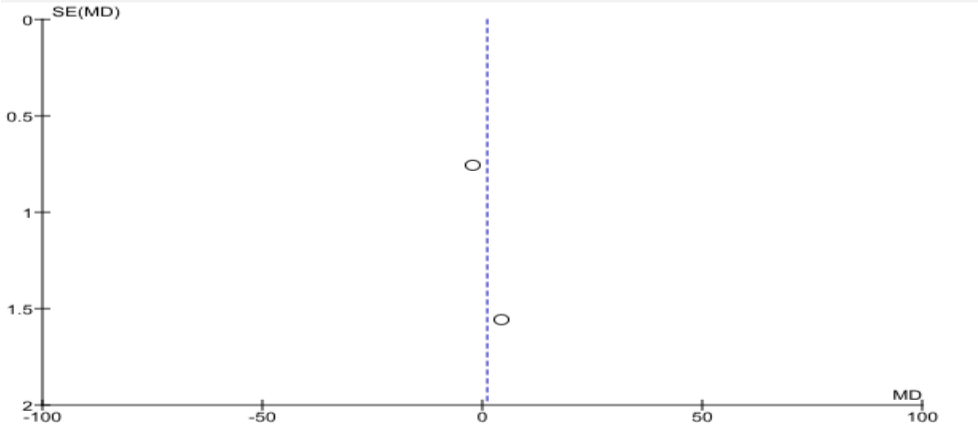
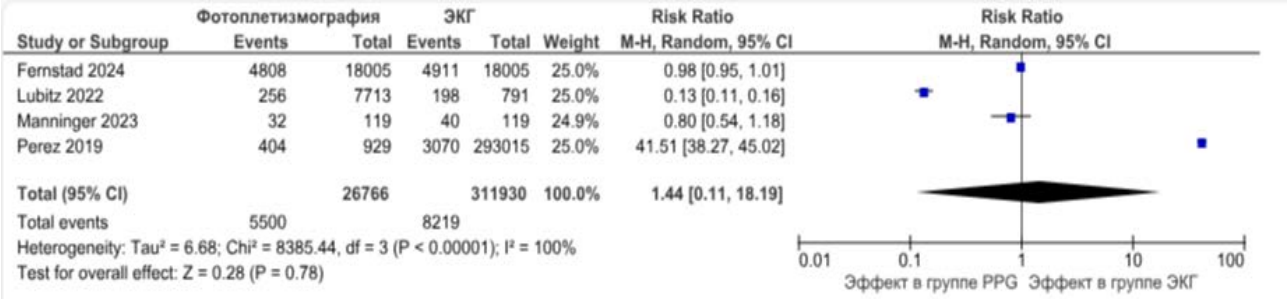


Рис. 5. Воронкообразная диаграмма (funnel plot) ДАД.



Study or Subgroup	Фотоплетизмография Events	Total	ЭКГ Events	Total	Weight	Risk Ratio M-H, Random, 95% CI
Fernstad 2024	4808	18005	4911	18005	25.0%	0.98 [0.95, 1.01]
Lubitz 2022	256	7713	198	791	25.0%	0.13 [0.11, 0.16]
Manninger 2023	32	119	40	119	24.9%	0.80 [0.54, 1.18]
Perez 2019	404	929	3070	293015	25.0%	41.51 [38.27, 45.02]
Total (95% CI)		**26766**		**311930**	**100.0%**	**1.44 [0.11, 18.19]**
Total events	5500		8219			

Heterogeneity: Tau² = 6.68; Chi² = 8385.44, df = 3 (P < 0.00001); I² = 100%
Test for overall effect: Z = 0.28 (P = 0.78)

Рис. 6. Результаты метаанализа значений частоты ФП в группе с ФПГ (PPG) и без нее.

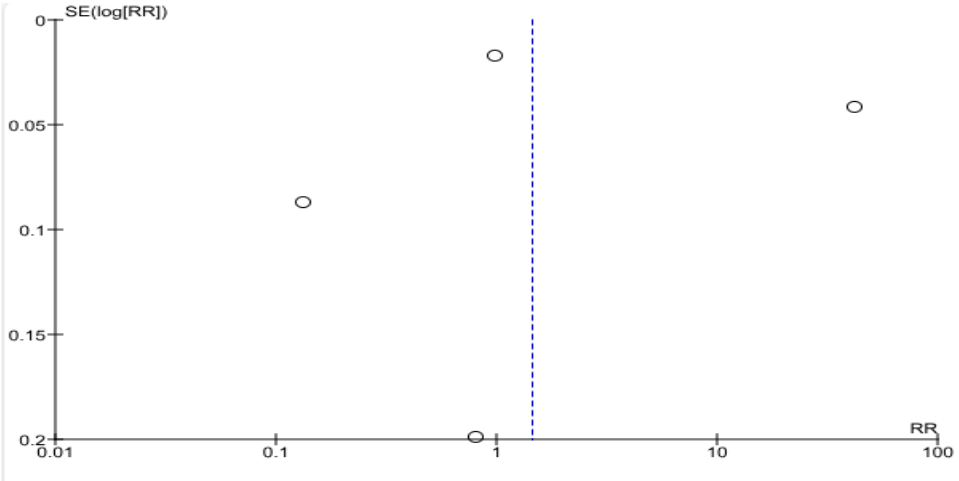


Рис. 7. Воронкообразная диаграмма (funnel plot) ФП.

Таблица 1

Изложение результатов систематического обзора

Исследование	Размер выборки (n)	Группы сравнения (n)	Возраст	Пол	Заболевание (ХОБЛ и т.д.)	Сопутствующее заболевание	Длительность мониторинга, дни	Длительность наблюдения, дни
Martin Manninger, et al., 2023 [6]	n=382	n=119 (телемониторинг) n=263 (отказались от телемониторинга)	1 группа – 58±10 лет 2 группа – 62±10 лет	34% – женщины 66% – мужчины	ФП	Нет данных	6 дней	544 (53-883) дня
Mintu P Turakhia, et al., 2021 [7]	n=419093	n=419093	65+ лет	50% – женщины 50% – мужчины	ФП	Нет данных	7 дней	90 дней
Zhanna Sagirova, et al., 2021 [8]	n=500	n=500	64±7,9 года	56% – женщины 44% – мужчины	АГ	Нет данных	1 день	1 день
Young Sang Cho, et al., 2023 [9]	n=23	n=14 (+) n=9 (-)	51,7 года	35,7% – женщины 64,3% – мужчины	Шум в ушах	Нет данных	28 дней	90 дней
Jonatan Fernstad, et al., 2024 [10]	n=280	n=214 (прошли плановую процедуру DCCV) n=66 (процедуру в течение 48 ч после начала ФП/ТП)	69,0 лет	30,7% – женщины 69,3% – мужчины	ФП, ТП	Нет данных	30 дней	30 дней
Rianne van Melzen, et al., 2024 [11]	n=58	1 группа – 31 человек 2 группа – 27 человек	55,5 лет	43% – женщины 57% – мужчины	Операционные пациенты	Нет данных	2 дня	Более 2 дней
Lynn Garvin, et al., 2024 [12]	n=20	1 группа – 10 врачей 2 группа – 10 пациентов	47 лет	100% – мужчины	Ветераны боевых действий	СД, ХОБЛ, БА, ХБП, ХСН	1 день	1 день
Thomas Vollmer, et al., 2023 [13]	n=115	115 пациентов – 5 исследований	–	–	ФП	Нет данных	8 дней	365 дней
Steven A, et al.,2021 [14]	n=455669	455669 пациентов	18+	–	ФП	Нет данных	6 мая – 1 октября 2020г ФП – 7 дней	6 мая – 1 октября 2020г
Ramtanu Mukherjee, et al., 2018 [15]	n=288	1 группа – 186 человек 2 группа – 102 человека	10-92 года	52% – женщины 48% – мужчины	Без патологии	Без патологии	1 день	1 год
Edem Allado, et al., 2021 [16]	n=1045	1045 пациентов	18+	Нет данных	Без патологии	Без патологии	1 день	Январь 2021 – июль 2022
Perez MV, et al., 2019 [17]	n=419297	1 группа – 419297 человек	18+	Нет данных	Без ФП	Нет данных	7 дней	117 дней
Juan C Ruiz-Rodríguez, et al., 2013 [18]	n=707	135 человек исключены 525 человек – обучающая группа 47 человек – группа валидации	1 группа – 59 лет 2 группа – 63,2 года	53% – мужчины 47% – женщины	Здоровые	Нет данные	4 дня	Январь 2010 – март 2012
Alam S, et al., [19]	n=70	35 человек – здоровых 35 человек – ССЗ	21-65 лет	Нет данных	Здоровые ССЗ	Нет данных	13 дней	Нет данных, длительно

Сокращения: АГ – артериальная гипертензия, БА – бронхиальная астма, СД – сахарный диабет, ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания, ТП – трепетание предсердий, ФП – фибрилляция предсердий, ХБП – хроническая болезнь почек, ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких, ХСН – хроническая сердечная недостаточность.

Таблица 2

Сводная оценка риска систематической ошибки. Представлен обзор суждений авторов о каждом элементе риска систематической ошибки для каждого включенного клинического исследования

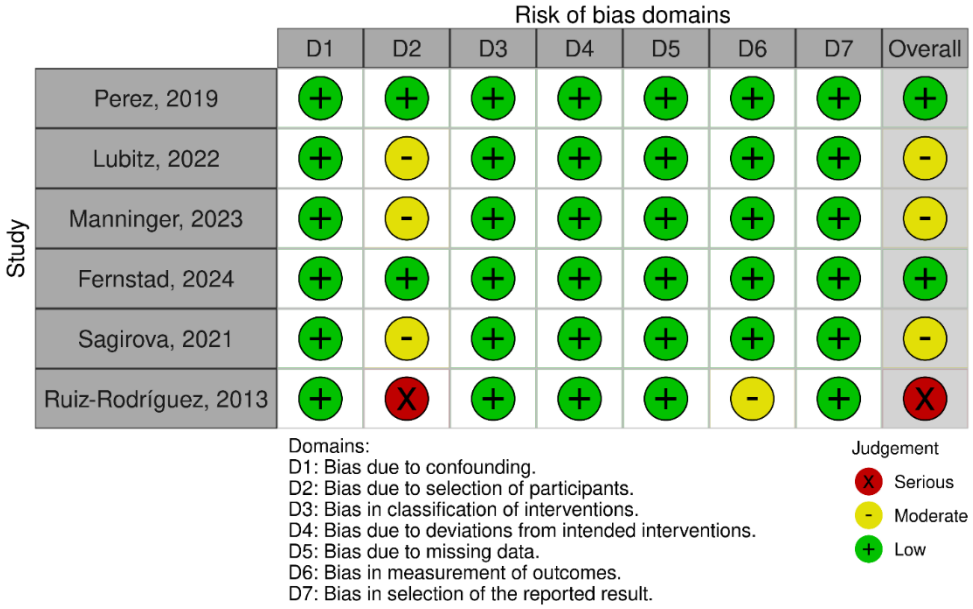
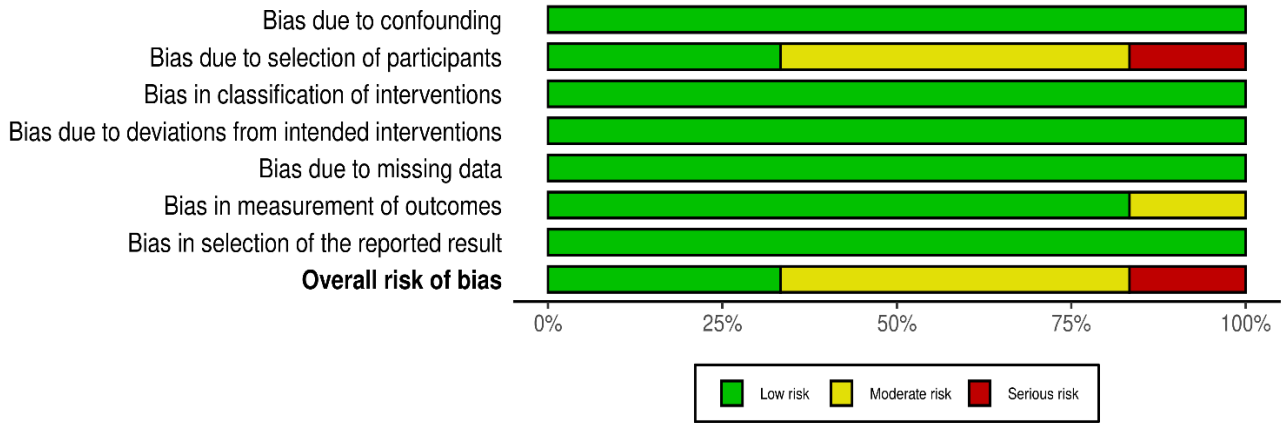


Таблица 3

Оценка рисков систематической ошибки включенных клинических исследований. Представлены суждения авторов о каждом элементе риска систематической ошибки в процентах по всем включенным клиническим исследованиям



ВНИМАНИЕ! У ГАРАНИНА ЭТО НЕ ПЕРВАЯ СТАТЬЯ С ТАКИМИ ГРАФИКАМИ. ОНИ УЖЕ БЫЛИ ПОХОЖИЕ, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, НАРИСОВАННЫЕ

Таблица 4

Шкала для оценки риска систематических ошибок в когортных исследованиях

D1	Ошибка конфаундинга/Bias due to confounding
D2	Ошибка отбора участников исследования/Bias due to selection of participants
D3	Ошибка классификации воздействий/Bias classification of interventions
D4	Ошибка, связанная с отклонением от намеченного вмешательства/Bias due to deviations from intended interventions
D5	Ошибка пропуска данных/Bias due to missing data
D6	Ошибка измерения результатов/Bias in measurement of outcomes
D7	Ошибка представления результатов/Bias in selection of the reported result
D8	Общая оценка/Overall risk of bias