

РОЛЬ НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Сороковикова Т.В.¹, Морозов А.М.¹, Жуков С.В.¹, Рыжова Т.С.¹, Морозова А.Д.², Хорак К.И.³, Беляк М.А.¹

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет Минздрава России», Тверь, e-mail: ammorozovv@gmail.com;

²ГБУЗ ГКБ № 7, Тверь;

³ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, Санкт-Петербург

На протяжении всей истории медицины и в современной клинической практике немаловажная роль отводится диагностическим мероприятиям. Рациональная комбинация физикальных, лабораторных и инструментальных методов исследований позволяет своевременно установить диагноз и начать эффективное лечение в кратчайшие сроки. Наибольший интерес в связи с атравматичностью и удобством проведения представляют неинвазивные методы, применение которых не сопровождается нарушением целостности кожных покровов, слизистых оболочек и отдельных органов и не связано с внедрением в полости исследуемых органов. Целями данного исследования являются обзор современных неинвазивных методов исследования и оценка их роли в клинической практике. Неинвазивные методы диагностики представлены, главным образом, инструментальными методами исследования, которые условно можно разделить на методы анатомической визуализации и функциональные методы. В современной клинической практике существует широкий спектр методов и средств неинвазивных исследований, которые вносят незаменимый вклад в диагностику и скрининг многих патологических состояний и заболеваний различных органов и систем. При этом выбор того или иного метода неинвазивного исследования зависит от конкретной клинической ситуации и базируется на соотношении ожидаемых результатов, преимуществ и недостатков каждого метода, специфичности, чувствительности, безопасности для пациента, доступности и экономической эффективности. Некоторые из методов являются рутинными и активно применяются в клинической практике, другие современные и перспективные методы находятся еще на стадии разработки и требуют дополнительных исследований.

Ключевые слова: диагностика, неинвазивные исследования, лучевая диагностика, УЗИ, КТ, МРТ.

THE ROLE OF NON-INVASIVE RESEARCH METHODS IN MODERN CLINICAL PRACTICE

Sorokovikova T.V.¹, Morozov A.M.¹, Zhukov S.V.¹, Ryzhova T.S.¹, Morozova A.D.², Khorak K.I.³, Belyak M.A.¹

¹Tver State Medical University Ministry of Health of Russia, Tver, e-mail: ammorozovv@gmail.com;

²City Clinical Hospital No. 7, Tver;

³R.R. Vreden National Medical Research Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint Petersburg

Throughout the history of medicine and in modern clinical practice, diagnostic measures have played an important role. A rational combination of physical, laboratory and instrumental research methods allows you to establish a diagnosis in a timely manner and start effective treatment in the shortest possible time. Of greatest interest due to atraumaticity and ease of implementation are non-invasive methods, the use of which is not accompanied by a violation of the integrity of the skin, mucous membranes and individual organs and is not associated with the introduction of the studied organs into the cavity. The purpose of this study is to review modern non-invasive research methods and assess their role in clinical practice. Non-invasive diagnostic methods are mainly represented by instrumental research methods, which can be conditionally divided into anatomical imaging methods and functional methods. In modern clinical practice, there is a wide range of methods and tools for non-invasive research that make an indispensable contribution to the diagnosis and screening of many pathological conditions and diseases of various organs and systems. At the same time, the choice of one or another method of non-invasive research depends on the specific clinical situation and is based on a correlation of the expected results, advantages and disadvantages of each method, specificity, sensitivity, safety for the patient, accessibility and cost-effectiveness. Some of the methods are routine and are actively used in clinical practice, while other modern and promising methods are still under development and require additional research.

Keywords: diagnostics, non-invasive research, radiation diagnostics, ultrasound, CT, MRI.

На протяжении всей истории медицины и в современной клинической практике немаловажная роль отводится диагностическим мероприятиям. Рациональная комбинация физикальных, лабораторных и инструментальных методов исследований позволяет своевременно установить диагноз и начать эффективное лечение в кратчайшие сроки. При этом в последнее десятилетие в связи со значительным прогрессом в развитии медицины и смежных с ней дисциплин наибольшее распространение получили современные высокоинформативные методы диагностики, которые не требуют длительной дополнительной подготовки пациента и значительных временных затрат, а также не вызывают изменений в функционировании отдельных органов и систем. К таким методам можно отнести малоинвазивные и неинвазивные методы исследования. Наибольший интерес в связи с атравматичностью и удобством проведения представляют неинвазивные методы, применение которых не сопровождается нарушением целостности кожных покровов, слизистых оболочек и отдельных органов и не связано с внедрением в полости исследуемых органов [1, 2].

Неинвазивные методы диагностики представлены, главным образом, инструментальными методами исследования, которые условно можно разделить на методы анатомической визуализации и функциональные методы.

К методам первой группы, которые позволяют визуализировать отдельные органы и ткани и отразить патологические изменения в них, в настоящее время относят преимущественно технологии лучевой диагностики, такие как рентгенодиагностика (рентгеноскопия, рентгенография, линейная томография, флюорография, ангиография, компьютерная томография), методы радионуклидной диагностики (радиометрия, радиография, сканирование, сцинтиграфия, позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), радиоиммунные исследования), ультразвуковое исследование (исследования в М-режиме, В-режиме, исследования в 3D-режиме, доплерография), магнитно-резонансную томографию (МРТ) и методы с использованием инфракрасного излучения – медицинскую термографию. Помимо этого, к данной группе можно отнести оптические методы, например дерматоскопию, позволяющую визуализировать кожные покровы [3, 4].

Методы функциональной диагностики направлены на оценку функционирования организма в целом, его отдельных органов и систем с учетом различных физиологических и патологических проявлений. К таким неинвазивным исследованиям относят электрические, звуковые, механические и физические методы. Электрические методы включают электрокардиографию (ЭКГ), электроэнцефалографию (ЭЭГ), электромиографию (ЭМГ), реографию (РГ) и другие методы, регистрирующие биоэлектрическую активность. Звуковые методы регистрируют звуковые феномены, связанные с функционированием организма. К таким методам относят фонокардиографию (ФКГ). Механические методы представлены

сфигмографией, плетизмографией, измерением артериального давления, скорости кровотока, исследованием функций внешнего дыхания и др. Кроме того, выделяют современные физические методы, основанные на различных физических явлениях, например явлениях спектроскопии, которые лежат в основе пульсоксиметрии, оптических методов определения содержания глюкозы в крови и ряда других современных методов неинвазивного исследования. Особый интерес представляют комбинированные методы [5, 6, 7].

Кроме того, неинвазивные методы исследования можно разделить в зависимости от условий проведения на исследования *in vivo* и *in vitro*. К первой группе относят главным образом описанные выше исследования, которые проводят в живом организме. К исследованиям *in vitro* относят методы, изучающие естественные биологические материалы и жидкости, такие как слюна, пот, моча, слеза и мокрота, получаемые без нарушения целостности кожных покровов, слизистых оболочек и отдельных органов [8, 9, 10].

Цель исследования: провести обзор современных неинвазивных методов исследования и оценку их роли в современной клинической практике.

Материал и методы: в ходе настоящего исследования были проанализированы российские и иностранные литературные источники, а также актуальные научные работы, содержащие информацию о неинвазивных методах исследованиях и их роли в современной клинической практике.

Результаты исследования и их обсуждение. В настоящее время без неинвазивных методов исследования не обходится ни одна отрасль медицины. Так, данные технологии являются ключевыми в диагностике и скрининге различных заболеваний сердечно-сосудистой системы. Артериосклероз представляется генерализованным заболеванием и проявляется в различных отделах сосудистого русла. Наиболее важными проявлениями атеросклероза служат ишемическая болезнь сердца (ИБС), заболевание периферических артерий и цереброваскулярный артериосклероз [1]. ИБС является ведущей причиной сердечно-сосудистых заболеваний и наиболее распространенным неинфекционным заболеванием в мире, которое характеризуется высокой заболеваемостью, смертностью и высокими затратами в системе здравоохранения [2]. В связи с этим растет острая потребность в неинвазивных методах, позволяющих оценить как функциональную, так и морфологическую тяжесть ИБС и определить дальнейшую тактику лечения. В настоящее время существуют два подхода к неинвазивной диагностике ИБС, а именно с помощью функциональных неинвазивных стресс-тестов для выявления ишемии (электрокардиограмма с физической нагрузкой (стресс-ЭКГ), стресс-эхокардиографии (стресс-ЭхоКГ), стресс сердечно-сосудистой магнитно-резонансной томографии (стресс-МРТ), однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ-КТ), позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ)) или с помощью неинвазивных методов

визуализации для выявления стеноза, его морфологии и степени (коронарная компьютерная томографическая ангиография (КТ-ангиография), магнитно-резонансная томография сердца) [11].

Электрокардиография, в том числе с физической нагрузкой, является давним методом оценки ИБС и остается методом первой линии. Депрессия сегмента ST, вызванная нагрузкой, считается самым сильным предиктором будущих сердечных событий наряду с продолжительностью нагрузки и ее переносимостью. Добавление методов визуализации сердца к нагрузочному тесту обеспечивает дополнительные преимущества в диагностике ИБС и наиболее значимо в случаях, когда существуют ограничения для выполнения пациентом адекватной физической нагрузки или имеют место неинтерпретируемые электрокардиограммы. Стресс-эхокардиография является широко используемым неинвазивным методом диагностики пациентов с подозрением на ИБС. Наряду с обнаружением ишемии по аномалиям движения стенок сердца можно произвести оценку систолической функции желудочков сердца, диастолической дисфункции левого желудочка, порока сердца и кардиомиопатии. Также в последнее время увеличивается потенциальная роль КТ-ангиографии в диагностике пациентов с низким и средним риском ИБС. Чувствительность и специфичность данного метода составляют 82–99% и 89–98% соответственно. Неинвазивная визуализация с помощью МРТ в настоящее время является наиболее точным методом, который обеспечивает всестороннюю оценку структуры и функции сердца и высокую диагностическую точность при обнаружении ИБС. Однако данный метод является самым дорогостоящим и в ряде случаев экономически не обоснованным [2, 12].

Наряду с ИБС неинвазивные методы исследования играют важную роль в диагностике других заболеваний сердца. Так, эхокардиография, в том числе с доплерографией и цветным картированием, а также КТ и МРТ являются незаменимыми методами визуализации и оценки локального и общего кровотока при коарктации аорты [13].

Для диагностики сердечного амилоидоза в настоящее время доступны специфические сывороточные биомаркеры и современные неинвазивные методы визуализации, такие как МРТ сердечно-сосудистой системы и сцинтиграфические методы. Данные методы визуализации не только дополняют обычную эхокардиографию, но и позволяют точно оценить степень поражения сердца в дополнение к диагностике сердечного амилоидоза [14]. Помимо этого, высока диагностическая ценность неинвазивных методов исследования в оценке сердечного выброса, диагностике внезапной остановки сердца, воспалительных заболеваний миокарда, топической диагностики нарушений ритма сердца и многих других патологических состояний и заболеваний сердечно-сосудистой системы [3, 15-17]. Незаменимым и рутинным методом кардиологии, который играет важную роль в диагностике

гипертонической болезни и ряда других патологических состояний, является неинвазивный функциональный метод измерения артериального давления. Основными методами являются измерения по тонам Короткова (ТК) и по осцилляциям в плечевой манжете. Также различают механические, полуавтоматические и автоматические методы, методы однократного измерения и длительного мониторинга [5].

Неинвазивные методы диагностики также широко применяются для оценки заболеваний периферических сосудов нижних конечностей. Во всем мире не менее 200 млн человек страдают данной патологией, включая заболевание периферических артерий, хроническую венозную недостаточность и тромбоз глубоких вен. Высокая распространенность и серьезные последствия данных заболеваний обусловили разработку нескольких диагностических инструментов и клинических руководств, помогающих своевременно диагностировать и вести пациентов. К таким методам относят плетизмографические методы, регистрирующие изменения объема крови в нижних конечностях (это тензометрическая плетизмография, фотоплетизмография, импедансная плетизмография, воздушная плетизмография), а также ультразвуковые доплеровские методы: в В-режиме, с непрерывной волной, импульсно-волновую ультразвуковую доплерографию и дуплексное УЗИ. Кроме того, к данным методам относят такие методы измерения артериального давления, как изменение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ), который является простым неинвазивным методом оценки артериальной перфузии, сегментарное измерение артериального давления (в отличие от измерения ЛПИ, может быть использовано для локализации места стеноза или окклюзии), а также метод пальцевого плечевого индекса – измерение артериального давления на пальцах ног. К новым методам относят измерения скорости пульсовой волны, сосудистую оптическую томографию и некоторые другие методы, позволяющие своевременно диагностировать заболевания периферических сосудов без инвазивных вмешательств [1, 18].

Незаменимый вклад оказывают неинвазивные методы исследования в диагностику заболеваний желудочно-кишечного тракта, дыхательной, мочевыделительной и гепатобилиарной систем. Наряду со ставшими уже рутинными методами, такими как ультразвуковое исследование органов брюшной полости (УЗИ ОБП), грудной клетки (УЗИ ОГК), почек и мочевыделительных путей, применяются более современные методы неинвазивной диагностики. Неинвазивная оценка фиброза печени является одной из наиболее быстро развивающихся областей гепатологии в последнее десятилетие. Прогрессирующий фиброз печени приводит к циррозу, гепатоцеллюлярной карциноме (ГЦК) и различным осложнениям, связанным с печенью, практически при всех хронических заболеваниях печени. Золотым стандартом в диагностике заболеваний печени и наиболее часто используемым

диагностическим методом в клинических испытаниях служит биопсия печени. Тем не менее, рутинное применение данного метода у всех пациентов невозможно и нецелесообразно. Следовательно, на передний план выходят различные неинвазивные методы. Хотя ультразвуковое исследование по-прежнему используется в качестве начального скрининга для диагностики жировой дистрофии печени, недавно были разработаны новые методы для выявления стеатоза. Методы магнитно-резонансной спектроскопии и магнитно-резонансной томографии обладают высокой точностью и воспроизводимостью, а их чувствительность и специфичность для выявления гистологического стеатоза выше, чем у ультразвука. Однако низкая доступность и высокая стоимость ограничивают использование методов магнитного резонанса в рутинной клинической практике. Одним из наиболее перспективных методов данной области является транзистентная эластография (Transient Elastography, TE) – метод неинвазивного измерения жесткости печени путем передачи поперечной волны, а затем ультразвуковой волны через датчик, накладываемый на кожу, покрывающую паренхиму печени. Скорость прохождения поперечной волны через паренхиму печени рассчитывается с помощью доплеровского метода. Различают точечную и многомерную сдвиговолновую и магнитно-резонансную эластографию. Роль всех этих неинвазивных оценок переходит от диагностической к прогностической. Методы эффективны в прогнозировании различных осложнений, связанных с печенью, таких как портальная гипертензия, варикозное расширение вен пищевода и гепатоцеллюлярная карцинома [19, 20].

К неинвазивным методам, широко применяемым в гастроэнтерологии, относят дыхательный тест с мочевиной (UBT), тест на антиген стула (SAT), серологические методы, включающие использование сыворотки, слюны или мочи, и другие подходы, используемые в диагностике широко распространенной инфекции *Helicobacter pylori*. Данные методы являются быстрой диагностической процедурой с точностью, сравнимой с точностью при методах, основанных на биопсии, и служат методами выбора в условиях тестирования и лечения.

Относительно новым методом является полимеразная цепная реакция (ПЦР), при неинвазивном варианте которой исследуют слюну и кал. Данный метод обладает высокой чувствительностью и специфичностью (>95%) [8, 21].

В диагностике заболеваний легочной системы среди неинвазивных методов диагностики, помимо широко распространенных методов лучевой диагностики, таких как флюорография, КТ и МРТ органов грудной клетки, также применяются микробиологическая диагностика мокроты и эндотрахеального аспирата, исследования легочной микроциркуляции и другие современные неинвазивные методы [9, 22].

В последние годы было введено несколько неинвазивных методов визуализации для облегчения диагностики и мониторинга терапии в дерматологии. К таким методам относят методы микроскопической визуализации, которые, однако, ограничены по глубине проникновения, а также мезоскопические методы, которые обеспечивают проникновение в более глубокие слои кожи, но предоставляют только морфологическую, а не функциональную информацию. Новый метод визуализации – оптоакустическая мезоскопия с растровым сканированием – позволяет сочетать глубокое проникновение с контрастом на основе поглощения света и предоставляет морфологическую, молекулярную и функциональную информацию [23].

Немаловажную роль на современном этапе развития медицины неинвазивные методы исследований играют в диагностике онкологических заболеваний. Меланома кожи является одним из наиболее распространенных злокачественных новообразований, заболеваемость которой за последние несколько десятилетий увеличилась, что делает ее серьезной проблемой общественного здравоохранения. Ранняя диагностика меланомы является важным фактором в улучшении выживаемости пациентов. В последнее время для повышения точности неинвазивной диагностики меланомы были разработаны многочисленные инновационные методы, основанные на оптических технологиях, включая дерматоскопию, отражательную конфокальную микроскопию, оптическую когерентную томографию, многофотонно-возбуждаемую флуоресценцию и ступенчатую двухфотонно-возбуждаемую флуоресценцию (дерматофлюороскопию) [4].

Современные методы неинвазивной диагностики злокачественных новообразований часто являются ключом к эффективному лечению пациентов. Различные биологические образцы, такие как слюна, пот, моча, слеза и мокрота, содержат биомаркеры, сигнализирующие об онкологическом процессе. Эти среды обладают большим потенциалом в диагностике рака на ранней стадии благодаря экономичному и простому сбору, хранению, транспортировке и обработке. Разрабатываются и активно применяются различные биосенсоры с повышенной специфичностью и чувствительностью к целым клеткам, микроорганизмам, ферментам, антителам и генетическим материалам. Различают иммуносенсоры (электрохимические, оптические, пьезоэлектрические), сенсоры на основе ДНК, аптасенсоры и биотесты на основе пептидов. При этом в последнее время потребность в неинвазивных, экспресс- и экономичных методах анализа обострилась в связи с модернизацией внедрения средств самодиагностики и миниатюрных форм приборов [10, 24].

В настоящее время остается актуальной проблема неинвазивного измерения концентрации глюкозы в крови людей, больных сахарным диабетом. К одним из таких методов относится окклюзионный спектрофотометрический глюкометр, действие которого

основано на явлениях спектроскопии и измерении интенсивности поглощенного света при его прохождении через кровосодержащий орган. Метод отличается простотой и экономичностью конструкций по сравнению с остальными, не требует дополнительных расходных материалов и длительных процедур измерения [6, 25]. Еще одним методом определения концентрации глюкозы в крови может являться неинвазивный способ, отражающий корреляционную связь между уровнем глюкозы крови и колебаниями параметров артериального давления [26].

В последние годы в связи с распространением коронавирусной инфекции COVID-19 массовое распространение получил такой метод неинвазивной диагностики, как пульсоксиметрия. Действие пульсоксиметров также основано на явлениях спектроскопии и направлено на определение относительного насыщения гемоглобина крови кислородом в естественных условиях жизнедеятельности человека и при выполнении им различных функциональных проб. Данные приборы удобны в использовании и предназначены для функциональной диагностики состояния сердечно-сосудистой, дыхательной систем и функциональных особенностей системы крови [7].

При этом, помимо описанных выше методов, в современной клинической практике представлен большой арсенал методов и средств неинвазивной диагностики, которые применяются с различной целью и в других существующих направлениях медицины, таких как перинатальная диагностика, акушерство и гинекология, офтальмология и др.

Заключение. В современной клинической практике существует широкий спектр методов и средств неинвазивных исследований, которые вносят незаменимый вклад в диагностику и скрининг многих патологических состояний и заболеваний различных органов и систем, таких как сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, патологии желудочно-кишечного тракта и дыхательной системы и т.д. При этом выбор того или иного метода неинвазивного исследования зависит от конкретной клинической ситуации и базируется на соотношении ожидаемых результатов, преимуществ и недостатков каждого метода, специфичности, чувствительности, безопасности для пациента, доступности и экономической эффективности. Методы в соответствии с целью своего применения дают всестороннюю оценку строению или функции органов, при этом имеют высокую диагностическую точность и атравматичность, что, несомненно, является ключевым моментом в клинической практике для специалистов разных областей. Некоторые из методов являются рутинными и активно применяются в клинической практике, другие – современные и перспективные методы – находятся еще на стадии разработки и требуют дополнительных исследований.

Список литературы

1. Thalhammer C., Baumgartner I. Nicht invasive Diagnostik bei Manifestationen der Arteriosklerose. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2019. P. 308-314. DOI: 10.1055/a-0657-1628.
2. Iyngkaran P., Noaman S., Chan W., Mahadavan G., Thomas M.C., Rajendran S. Non-invasive Risk Stratification for Coronary Artery Disease: Is It Time for Subclassifications? *Current Cardiology Reports*. 2019. P. 87. DOI: 10.1007/s11886-019-1174-0.
3. Титов В.А., Игнатъева Е.С., Митрофанова Л.Б., Рыжкова Д.В., Зверев Д.А., Лебедев Д.С., Моисеева О.М. Сравнительное исследование информативности неинвазивных методов диагностики воспалительных заболеваний сосудов // *Российский кардиологический журнал*. 2018. № 2. С. 53-59.
4. Meng X., Chen J., Zhang Z., Li K., Li J., Yu Z. Non-invasive optical methods for melanoma diagnosis. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021. P. 102266.
5. Иванов С.Ю., Бондаренко Б.Б. Неинвазивные методы исследования динамики артериального давления // *Артериальная гипертензия*. 2018. № 6. С. 637-645.
6. Шаповалов В.В., Дудников С.Ю., Загорский И.Г., Гуревич Б.С. Разработка метода спектроскопического неинвазивного мониторинга концентрации глюкозы в крови человека // *Современные технологии в медицине*. 2019. № 2. С. 110-114.
7. Исупов И.Б., Затрудина Р.Ш. Электронный модуль для фотоплетизмографии и пульсоксиметрии // *Природные системы и ресурсы*. 2018. № 3. С. 15-21.
8. Sabbagh P., Mohammadnia-Afrouzi M., Javanian M., Babazadeh A., Koppolu V., Vasigala V.R., Nouri H.R., Ebrahimpour S. Diagnostic methods for Helicobacter pylori infection: ideals, options, and limitations. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. 2019. P. 55-66. DOI: 10.1007/s10096-018-3414-4.
9. Ranzani O.T., Senussi T., Idone F., Ceccato A., Li Bassi G., Ferrer M., Torres A. Invasive and non-invasive diagnostic approaches for microbiological diagnosis of hospital-acquired pneumonia. *Critical Care Medicine*. 2019. P. 51. DOI: 10.1186/s13054-019-2348-2.
10. Takke A., Shende P. Non-invasive Biodiversified Sensors: A Modernized Screening Technology for Cancer. *Current Pharmaceutical Design*. 2019. P. 4108-4120.
11. Rakisheva A., Marwan M., Achenbach S. The Ischemia trial: Implications for non-invasive imaging. *Anatolian Journal of Cardiology*. 2020. P. 2-6.
12. Siontis G.C., Mavridis D., Greenwood J.P., Coles B., Nikolakopoulou A., Jüni P., Salanti G., Windecker S. Outcomes of non-invasive diagnostic modalities for the detection of coronary artery disease: network meta-analysis of diagnostic randomised controlled trials. *British Medical Journal*. 2018. P. k504. DOI: 10.1136/bmj.k504.

13. Sadeghi R., Khodaei S., Ganame J. Towards non-invasive computational-mechanics and imaging-based diagnostic framework for personalized cardiology for coarctation. *Scientific Reports*. 2020. P. 9048. DOI: 10.1038/s41598-020-65576-y.
14. Yilmaz A., Bauersachs J., Bengel F., Büchel R., Kindermann I. Diagnosis and treatment of cardiac amyloidosis: position statement of the German Cardiac Society (DGK). *Clinical Research in Cardiology*. 2021. P. 479-506. DOI: 10.1007/s00392-020-01799-3.
15. Petek B.J., Erley C.L., Kudenchuk P.J., Carlbom D., Strote J., Gatewood M.O. Diagnostic yield of non-invasive imaging in patients following non-traumatic out-of-hospital sudden cardiac arrest: A systematic review. *Resuscitation*. 2019. P. 183-190. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2018.09.004.
16. McGregor D., Sharma S., Gupta S., Ahmed S. Emergency department non-invasive cardiac output study (EDNICO): an accuracy study *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2020. P. 8. DOI: 10.1186/s13049-020-0704-5.
17. Хлынин М.С., Баталов Р.Е., Киселев Н.В., Нам И.Ф., Силиванов В.В. Развитие неинвазивной топоческой диагностики заболевания ритмом сердца // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2019. № 2. С. 9-20.
18. Shabani Varaki E., Gargiulo G.D., Penkala S., Peripheral vascular disease assessment in the lower limb: a review of current and emerging non-invasive diagnostic methods. *BioMedical Engineering OnLine*. 2018. P. 61. DOI: 10.1186/s12938-018-0494-4.
19. Moreno C., Mueller S., Szabo G. Non-invasive diagnosis and biomarkers in alcohol-related liver disease. *Journal of Hepatology*. 2019. P. 273-283.
20. Wong G.L. Non-invasive assessments for liver fibrosis: The crystal ball we long for. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*. 2018. P. 1009-1015.
21. Huh C.W., Kim B.W. Diagnosis of *Helicobacter pylori* Infection. *Korean Journal of Gastroenterology*. 2018. P. 229-236. DOI: 10.4166/kjg.2018.72.5.229.
22. Бабарсков Е.В., Шулагин Ю.А., Черняк А.В., Айсанов З.Р., Чучалин А.Г. Неинвазивный метод исследования легочной микроциркуляции // *Вестник новых медицинских технологий*. 2010. № 2. С. 271-273.
23. Hindelang B., Aguirre J., Schwarz M., Berezhnoi A., Eyerich K., Ntziachristos V., Biedermann T., Darsow U. Non-invasive imaging in dermatology and the unique potential of raster-scan optoacoustic mesoscopy. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 2019. P. 1051-1061. DOI: 10.1111/jdv.15342.
24. Eftekhari A., Hasanzadeh M., Sharifi S., Dizaj S.M., Khalilov R., Ahmadian E. Bioassay of saliva proteins: The best alternative for conventional methods in non-invasive diagnosis of cancer. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. P. 1246-1255.

25. Фролов С.С. Метод понижения погрешности измерения концентрации глюкозы неинвазивным спектрофотометром // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2019. № 2. С. 225-235.
26. Эльбаев А.Д., Курданов Х.А., Эльбаева А.Д. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови // Патент RU 2 368 303 С2. Патентообладател. ФГБОУ ВО "Кабардино-Балкарский государственный университет им Х.М. Бербекова". Опубликовано: 2009.09.27.