

## Сердце и сосуды | Heart and vessels

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)  
<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1109>

## Роль радионуклидной диагностики в комплексном обследовании ВИЧ-инфицированных пациентов с ишемической болезнью сердца

© Гладких П.Г.<sup>2\*</sup>, Мосин Д.Ю.<sup>1,2</sup>, Кудрявцев А.Д.<sup>1</sup>, Знаменский И.А.<sup>1,2</sup>,  
Харина Д.С.<sup>1</sup>, Солодкий В.А.<sup>3</sup>, Нуднов Н.В.<sup>3</sup>, Гладких А.А.<sup>2</sup>,  
Созыкин А.В.<sup>1</sup>, Юдин А.Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НКЦ №2 ФГБНУ “Российский научный центр хирургии им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России; 119991 Москва, ГСП-1, Абрикосовский пер., д. 2, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Островитянова, д. 1, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБУ “Российский научный центр рентгенорадиологии” Минздрава России; 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д. 86, Российская Федерация

Наиболее частой причиной смертности во всем мире являются сердечно-сосудистые заболевания, среди которых ведущее место занимает ишемическая болезнь сердца (ИБС). В группу с наиболее высоким риском развития ИБС входят пациенты с ВИЧ-инфекцией.

**Цель исследования:** оценка возможности применения методов молекулярной визуализации в комплексном обследовании пациентов с ВИЧ-инфекцией и ИБС.

**Материал и методы.** В группу обследования включено 32 пациента с ВИЧ-инфекцией, группу сравнения составили 25 сопоставимых по возрасту пациентов без ВИЧ-инфекции с ИБС. Всем пациентам проведена перфузионная сцинтиграфия миокарда (с помощью ОФЭКТ), ПЭТ/КТ сердца с ФДГ проводилась при необходимости оценки жизнеспособности миокарда в комплексе с диагностической коронароангиографией и стандартным набором лабораторно-инструментальных методов диагностики.

**Результаты.** Полученные результаты подтверждают высокую эффективность методов радионуклидной диагностики для выявления нарушений перфузии, сократимости и жизнеспособности миокарда у пациентов с ВИЧ-инфекцией даже на ранней стадии и могут быть рекомендованы к использованию в комплексном обследовании пациентов с ВИЧ-инфекцией.

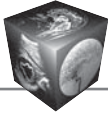
**Ключевые слова:** молекулярная визуализация, ИБС, ВИЧ, ОФЭКТ/КТ, ПЭТ/КТ

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Гладких П.Г., Мосин Д.Ю., Кудрявцев А.Д., Знаменский И.А., Харина Д.С., Солодкий В.А., Нуднов Н.В., Гладких А.А., Созыкин А.В., Юдин А.Л. Роль радионуклидной диагностики в комплексном обследовании ВИЧ-инфицированных пациентов с ишемической болезнью сердца. *Медицинская визуализация*. 2023; 27 (3): 41–52. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1109>

**Поступила в редакцию:** 06.12.2021. **Принята к печати:** 17.04.2023. **Опубликована online:** 26.06.2023.



# The role of molecular imaging in the comprehensive examination of HIV-patients with ischemic heart disease

© Pavel G. Gladkikh<sup>2\*</sup>, Dmitry Yu. Mosin<sup>1, 2</sup>, Anton D. Kudryavtsev<sup>1</sup>, Igor A. Znamenskiy<sup>1, 2</sup>, Dina S. Kharina<sup>1</sup>, Vladimir A. Solodkiy<sup>3</sup>, Nikolai V. Nudnov<sup>3</sup>, Anastasia A. Gladkikh<sup>2</sup>, Aleksey V. Sozykin<sup>1</sup>, Andrei L. Yudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 2, Abrikosovskiy lane, Moscow 119991, Russian Federation

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; house 1, Ostrivyanova str., Moscow 117997, Russian Federation

<sup>3</sup> Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 86, Profsoyusnaya str., Moscow 117997, Russian Federation

Cardiovascular disease is one of the most frequent cause of death globally. The greatest part is occupied by ischemic heart disease. HIV patients are composed to a higher risk of coronary heart disease.

**The purpose** of this work is to evaluate the possibility of using molecular imaging methods in a comprehensive examination of patients with HIV infection and ischemic heart disease.

**Materials and methods.** The survey group includes 32 patients with HIV infection. The comparison group consists of 25 age-matched patients with coronary heart disease and without HIV infection. All patients were underwent myocardial perfusion scintigraphy using single photon emission computed tomography. Positron emission tomography with FDG were performed if necessary to assess the viability of the myocardium. The patients of the main group undergo diagnostic coronary angiography and standard set of laboratory and institutional diagnostic methods.

**Results.** The results of which confirm the high efficiency of radionuclide diagnostic methods for detecting perfusion disorders, contractility and myocardial viability in patients with HIV infection even at an early stage. They can be recommended for using in a comprehensive examination of patients with HIV infection.

**Keywords:** radiology, coronary heart disease, HIV, SPECT/CT, PET/CT

**Conflict of interests.** The authors declare no conflicts of interest.

**Financing.** The study was not sponsored.

**For citation:** Gladkikh P.G., Mosin D.Yu., Kudryavtsev A.D., Znamenskiy I.A., Kharina D.S., Solodkiy V.A., Nudnov N.V., Gladkikh A.A., Sozykin A.V., Yudin A.L. The role of molecular imaging in the comprehensive examination of HIV-patients with ischemic heart disease. *Medical Visualization*. 2023; 27 (3): 41–52.

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1109>

**Received:** 06.12.2021.

**Accepted for publication:** 17.04.2023.

**Published online:** 26.06.2023.

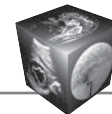
## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) представляют собой группу состояний, которые характеризуются повреждением сердечной мышцы и ее сосудистой сети. Наиболее часто встречающимся в популяции ССЗ является ишемическая болезнь сердца (ИБС). По данным эпидемиологического исследования в 2017 г. 9 млн смертей были вызваны ИБС, что делает ее ведущей причиной смертности во всем мире [1].

В патогенезе развития ИБС принимают участие различные факторы как врожденного, так и приобретенного характера. К врожденным (немодифицируемым) факторам развития ИБС относятся: мужской пол, возраст, отягощенный семейный

анамнез. К приобретенным (модифицируемым) факторам, которые приводят к развитию ИБС, относятся: дислиппротеинемия, артериальная гипертензия, курение, нарушение углеводного обмена, воздействие вирусных инфекций и др. [2–6].

Одним из этих факторов является вирус иммунодефицита человека (ВИЧ). ВИЧ-инфекция является хроническим заболеванием с контактным путем передачи, которое приводит к развитию синдрома приобретенного иммунодефицита (СПИД) в результате необратимого поражения иммунной системы организма. Пик заболеваемости ВИЧ-инфекцией во всем мире пришелся на конец XX века. Несмотря на то что к 2017 г. заболеваемость ВИЧ во всем мире снизилась



с 3,16 млн человек до 1,94 млн человек в год, ВИЧ-инфекция по характеру своего распространения все еще близка к эпидемии [7].

Известно, что риск возникновения ИБС у пациентов с ВИЧ-инфекцией возрастает в 1,5–2 раза по сравнению с общей популяцией и имеет обратную зависимость по отношению к количеству CD4-лимфоцитов [8]. Причиной высокого риска ИБС у пациентов с ВИЧ-инфекцией является ряд факторов:

- более высокая распространенность “общих” факторов риска ИБС среди ВИЧ-инфицированных (курение, дислипидемия, сахарный диабет и др.) [9];
- повреждающее воздействие белка gp120 ВИЧ на сосудистую стенку [10];
- повышение уровня интерлейкина-6, фактора некроза опухоли- $\alpha$  и D-димера в крови [1];
- раннее атеросклеротическое поражение сосудов на фоне длительной антиретровирусной терапии (АРВТ) [11, 12].

Современная диагностика ИБС, в том числе у пациентов с ВИЧ-инфекцией, направлена как на раннее выявление факторов риска, так и на визуализацию проявлений нарушения миокардиального кровотока. Для этих целей может быть использован целый ряд диагностических методов, включающих в себя: физикальный осмотр, лабораторную диагностику, УЗИ, ЭКГ, ЭхоКГ, стресс-ЭхоКГ, методы лучевой и инвазивной диагностики [2, 5].

“Принятым стандартом” диагностики ИБС является инвазивная коронароангиография (КАГ), которая позволяет произвести оценку степени выраженности стенозирования коронарных сосудов, а также рассчитать риск возникновения сосудистых событий (инфаркт миокарда, ишемический инсульт) [13]. Во время КАГ также возможно планирование реваскуляризации и ее проведение [14]. Однако КАГ, как инвазивный метод диагностики, характеризуется риском развития осложнений, в том числе жизнеугрожающих, таких как инфаркт миокарда, кровотечение, нарушения ритма, инфекционные осложнения области сосудистого доступа [15, 16]. По этой причине инвазивная диагностика должна проводиться в строгом соответствии с показаниями и следовать за методами неинвазивной диагностики, к которым, в том числе, относится лучевая диагностика.

К методам лучевой диагностики, которые могут быть использованы в комплексном обследовании пациентов с ВИЧ-инфекцией и подозрением на наличие ИБС, относятся:

- мультиспиральная компьютерная томография с определением кальциевого индекса [17];
- магнитно-резонансная томография сердца [18];
- радионуклидные исследования.

Особое значение среди лучевых методов диагностики имеют радионуклидные исследования. Методы радионуклидной (молекулярной) визуализации обладают высокой эффективностью при выявлении различных заболеваний сердечно-сосудистой системы. Радионуклидные исследования позволяют определить структурно-функциональное состояние органов и систем организма, количественно оценить развитие различных процессов как в норме, так и при патологии [19].

На протяжении нескольких десятилетий основным методом молекулярной диагностики для объективной оценки наличия и степени тяжести ишемии миокарда является перфузионная ОФЭКТ миокарда, которая в настоящий момент чаще всего проводится с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI, это позволяет выявить поражение миокарда на уровне как макро-, так и микроциркуляторного русла [20].

Еще одним методом молекулярной визуализации, который используется при диагностике ИБС и планировании КАГ, является позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) миокарда с  $^{18}\text{F}$ -фтордезоксиглюкозой (ФДГ). Этот метод позволяет с высокой эффективностью оценивать жизнеспособность миокарда, проводя дифференциальную диагностику между рубцово-очаговыми изменениями и состоянием гибернации миокарда, это дает возможность определить необходимость реваскуляризации [21].

Комплексное применение этих радионуклидных исследований позволяет получить необходимую диагностическую информацию у различных категорий пациентов с подозрением на наличие ИБС или с уже выявленным нарушением функционирования сердечно-сосудистой системы.

### Цель исследования

Оценка возможностей применения методов молекулярной визуализации в комплексном обследовании пациентов с ВИЧ-инфекцией и ИБС.

### Материал и методы

Настоящее исследование было выполнено на базе Центральной клинической больницы РАН. В исследовании приняло участие 32 человека средним возрастом  $49 \pm 8,6$  года, соотношение мужчины/женщины 1/0,28, с подтвержденной ВИЧ-инфекцией, которым было проведено комплексное обследование, по результатам которого поставлен диагноз ИБС. Среди пациентов исследуемой группы 3 (9,4%) пациента имели перенесенный острый инфаркт миокарда в анамнезе, клиничко-лабораторных данных о наличии инфекционного миокардита у пациентов данной группы



выявлено не было. Все пациенты исследуемой группы получают АРВТ, средняя длительность терапии составляет 8,7 года ( $SD \pm 6,04$ ).

В контрольную группу вошло 25 пациентов средним возрастом  $56,7 \pm 12,3$  года, соотношение мужчины/женщины 1/1,1, без ВИЧ-инфекции, с жалобами на боли стенокардического характера, нарушение толерантности к физической нагрузке и появление одышки, у которых диагноз ИБС был подтвержден результатами лабораторной диагностики, УЗИ, ЭКГ, ЭхоКГ, стресс-ЭхоКГ.

Комплексное обследование включало в себя: физикальный осмотр, общий и биохимический анализы крови, электрокардиографию, перфузионную ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и с нагрузочной пробой, ПЭТ/КТ миокарда с ФДГ, КАГ.

Перфузионная ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и с нагрузочной пробой проводилась по двухдневному протоколу. В 1-й день пациент проходил исследование в нагрузке с использованием велоэргометрии с предварительной отменой антиангинальной терапии за 72 ч, в процессе которой под контролем персонала при ступенчато-возрастающей нагрузке (протокол Bruce) достигалась частота сердечных сокращений (ЧСС) не ниже 85% от возрастного максимума, на фоне которой производилась внутривенная инъекция 700–750 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI. В случае если остановка нагрузочного теста происходила в связи с возникновением симптомов ИБС, стенокардии, то радиофармпрепарат (РФП) вводился без учета ЧСС.

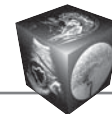
Через 40–60 мин после внутривенной инъекции РФП выполнялась ОФЭКТ миокарда с использованием ОФЭКТ/КТ томографа GE Infinia 4 Hawkeye в режиме синхронизации с ЭКГ с получением 120 проекций миокарда для реконструкции в матрицу  $128 \times 128$ , по 20 с на проекцию, фотопик 140 кэВ, ширина окна сбора данных 20 кэВ с корегистрацией рассеянного излучения. ОФЭКТ-исследование дополнялось низкодозовой КТ для коррекции ослабления.

Реконструкция изображений производилась на рабочей станции GE Xeleris 2.1 с использованием приложения QGS/QPS и итеративного алгоритма реконструкции, коррекциями движений, поглощенного и рассеянного излучения. Полученные изображения представлялись в виде полярной 17-сегментной карты и анатомических срезов с расчетом Stress Severity Score (SSS) и указанием локализации и глубины поражения. Для расчета SSS при анализе перфузионной полярной карты для каждого из сегментов определялся балл от 0 до 4 (0 – сохранная перфузия, 1 – возможное нарушение перфузии, 2 – умеренное нарушение перфузии, 3 – выраженное нарушение перфузии,

4 – отсутствие перфузии), после чего все полученные баллы суммировались.

Исследование в покое производилось на 2-й день. Через 40–60 мин после внутривенной инъекции 700–750 МБк  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI выполнялась ОФЭКТ миокарда, полностью идентичная исследованию в нагрузке. Данные нагрузочного исследования и исследования в покое комбинировались с использованием приложения QGS/QPS. Определялись показатели кровотока и сократимости миокарда, локализация и глубина поражения в покое и при нагрузке, сосудистый бассейн. Выявлялись нарушения сократимости миокарда, их локализация, а также показатели конечных систолического (КСО) и диастолического (КДО) объемов левого желудочка (ЛЖ). Результаты интерпретировались как нормальные (сохранная перфузия), минимальные нарушения, ИБС (с указанием значимости поражения и риска коронарных событий, обратимости дефекта), и рубцовые изменения. Дополнительно проводилась оценка начальных нарушений и неоднородности перфузии миокарда по данным ОФЭКТ с использованием индекса тяжести нарушений перфузии  $\sigma_t$  и индекса неоднородности перфузии  $\sigma_n$  миокарда ЛЖ с последующим определением характера перфузии миокарда согласно следующим категориям: нормальная перфузия, неравномерность перфузии с единичным участком снижения перфузии, неравномерность перфузии с множественными участками снижения перфузии, достоверный дефект перфузии [20].

ПЭТ/КТ миокарда с ФДГ проводилась по стандартной методике: все пациенты были проинформированы о необходимости голодания в течение, по крайней мере, 6 ч до исследования. При поступлении в отделение у них проверялся исходный уровень сахара в крови. Через 45 мин после приема 50 г глюкозы *per os* проверялся уровень сахара в крови и внутривенно вводилось 444 МБк (12 мКи) ФДГ. У пациентов с уровнем глюкозы крови выше, чем 140 мг/дл, время ожидания увеличивалось до 60–90 мин. Через 45 мин после инъекции ФДГ проводилось исследование миокарда на ПЭТ-сканере Siemens Biograph 40 True Point в 3D-режиме с поднятыми над головой руками. Параметры получения ПЭТ были следующие: съемка миокарда проводилась в одном положении кровати в течение 10 мин с помощью ЭКГ-стробирования (8 кадров / цикл RR). Реконструкция полученных результатов проводилась на рабочей станции syngo.via. При анализе данных исследования использовался полуколичественный анализ на основе 17-сегментной модели.



Для статистической обработки полученных данных использовалась специализированная статистическая программа SPSS Statistics 26. Осуществлялись получение статистики для исследуемых переменных, расчет среднего арифметического и стандартного отклонения. Проведена проверка выборок на нормальность и равенство генеральных дисперсий. Сравнение средних величин в исследуемых выборках проводилось с использованием t-критерия Стьюдента, сравнение вероятностей исходов – с использованием непараметрического критерия  $\chi^2$  Пирсона.

### Результаты

По данным общего анализа крови у 14 (43,8%) пациентов с ВИЧ-инфекцией отмечалось значительное повышение скорости оседания эритроцитов (СОЭ) в сравнении с контрольной группой, среднее значение 20 (1–73), однако эти различия не имеют достаточной статистической достоверности ( $p = 0,6$ ). В контрольной группе значимых отклонений от нормы не выявлено (табл. 1).

По данным биохимического анализа крови у пациентов с ВИЧ-инфекцией патологический уровень общего холестерина крови выявлен у 7 (21,9%) пациентов, пограничный уровень – у 10 (31,3%), нормальный уровень холестерина –

у 15 (46,8%). Средний уровень общего холестерина в исследуемой группе составил 6,24 ммоль/л ( $SD \pm 0,9$ ), это статистически значимо отличается от среднего уровня общего холестерина в контрольной группе, где этот показатель равен 3,4 ммоль/л ( $SD \pm 0,4$ ), ( $p = 0,05$ ). Также при сопоставлении результатов биохимического анализа крови выявлено статистически значимое повышение уровня глюкозы крови у пациентов с ВИЧ-инфекцией, среднее значение которого составляет 5,9 ммоль/л ( $SD \pm 0,98$ ) ( $p = 0,03$ ).

Сопоставление результатов исследования биохимических показателей крови в исследуемой и контрольной группах представлено в табл. 2.

При полуколичественном анализе данных проведенной перфузионной ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и с нагрузочной пробой проводилась оценка объемных показателей: КСО, КДО и фракции выброса (ФВ), результаты приведены в табл. 3.

По результатам оценки объемных показателей снижение ФВ было выявлено у 4 (12,5%) пациентов с ВИЧ-инфекцией. Максимальный уровень КДО в исследуемой группе составил 143 мл. Минимальное значение КДО отмечалось в контрольной группе и составило 80 мл. По данным перфузионной ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI

**Таблица 1.** Показатели общего анализа крови  
**Table 1.** General bloodtest

Показатель Parameters	Пациенты с ВИЧ-инфекцией Patients with HIV infection	Контрольная группа Control group
Эритроциты, $\cdot 10^{12}$ /л RBC, $\cdot 10^{12}$ /l	4.4 $\pm$ 0.5	4.4 $\pm$ 0.6
Лейкоциты, $\cdot 10^9$ /л WBC, $\cdot 10^9$ /l	6.9 $\pm$ 1.5	8.9 $\pm$ 1
Тромбоциты, $\cdot 10^9$ /л Platelet counts, $\cdot 10^9$ /l	224 $\pm$ 48.1	213 $\pm$ 19.5
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	145 $\pm$ 15	129 $\pm$ 13
СОЭ / ESR	20 $\pm$ 19	10 $\pm$ 0.1

**Таблица 2.** Показатели биохимического анализа крови  
**Table 2.** Biochemical bloodtest

Показатель Parameters	Пациенты с ВИЧ-инфекцией Patients with HIV infection	Контрольная группа Control group
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/l	5.9 $\pm$ 0.98	3.7 $\pm$ 0.1
СКФ, мл/мин GFR, ml/min	76 $\pm$ 14.4	71.9 $\pm$ 25.7
Холестерин общий, ммоль/л Total cholesterol, mmol/l	6.24 $\pm$ 0.9	3.4 $\pm$ 0.4





**Таблица 3.** Объемные показатели при исследовании миокарда левого желудочка  
**Table 3.** Volumetric parameters of the left ventricular

Показатель Parameters	Пациенты с ВИЧ-инфекцией Patients with HIV infection	Контрольная группа Control group
КСО, мл End-systolic volume, ml	32.1 ± 13.3	25 ± 8.6
КДО, мл End-diastolic volume, ml	87.5 ± 24.8	80 ± 11.2
ФВ, % Ejection fraction, %	64.8 ± 9.5	64.2 ± 10.6

объемные показатели (КСО и КДО) у пациентов с ВИЧ-инфекцией имели более высокие значения, чем у пациентов контрольной группы, однако эти значения не оказались статистически значимыми ( $p = 0,66$  и  $0,78$  соответственно). При этом ФВ в обеих группах является сопоставимой.

При оценке сократимости миокарда ЛЖ в покое снижение сократимости было выявлено у 7 (21,9%) пациентов с ВИЧ-инфекцией, у пациентов контрольной группы зон гипокинезии выявлено не было. Оценка наличия рубцовых изменений миокарда ЛЖ позволила выявить необратимые изменения у 2 (6,3%) пациентов исследуемой группы, в контрольной группе рубцовые изменения не визуализировались. Пример перфузионной ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  в покое и с нагрузочной пробой у пациента с очагово-рубцовыми изменениями миокарда представлен на рис. 1. У 5 (15,6%) пациентов исследуемой группы снижение сократимости вызвано блокадой левой ножки пучка Гиса, что подтверждено историей болезни, в контрольной группе сведений о наличии блокад ножек пучка Гиса выявлено не было. Сцинтиграфические признаки расширения полости ЛЖ были выявлены у 2 (6,3%) пациентов с ВИЧ-инфекцией. Преходящая ишемия была обнаружена у 14 (43,8%) пациентов с ВИЧ-инфекцией. Сводные данные представлены в табл. 4.

Несмотря на выявление у 2 (6,3%) пациентов исследуемой группы признаков расширения полости ЛЖ, а также тот факт, что пациенты с ВИЧ-инфекцией, по данным литературы, имеют большую вероятность развития дилатационной кардиомиопатии, полученные в нашем исследовании результаты не позволяют статистически подтвердить это утверждение ( $p = 0,2$ ).

Однако в ходе исследования было выявлено статистически значимое различие частоты встречаемости нарушений сократимости у пациентов с ВИЧ-положительным статусом ( $p = 0,013$ ). Также у пациентов исследуемой группы достоверно чаще выявляется наличие преходящей ишемии ( $p < 0,001$ ). Пример перфузионной ОФЭКТ мио-

карда с  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  у пациента с признаками преходящей ишемии представлен на рис. 2. С учетом клинично-anamnestических данных, согласно которым пациенты во время исследования не сообщали о приступах стенокардитических болей, полученные результаты позволяют сделать вывод о наличии у пациентов безболевого ишемии миокарда.

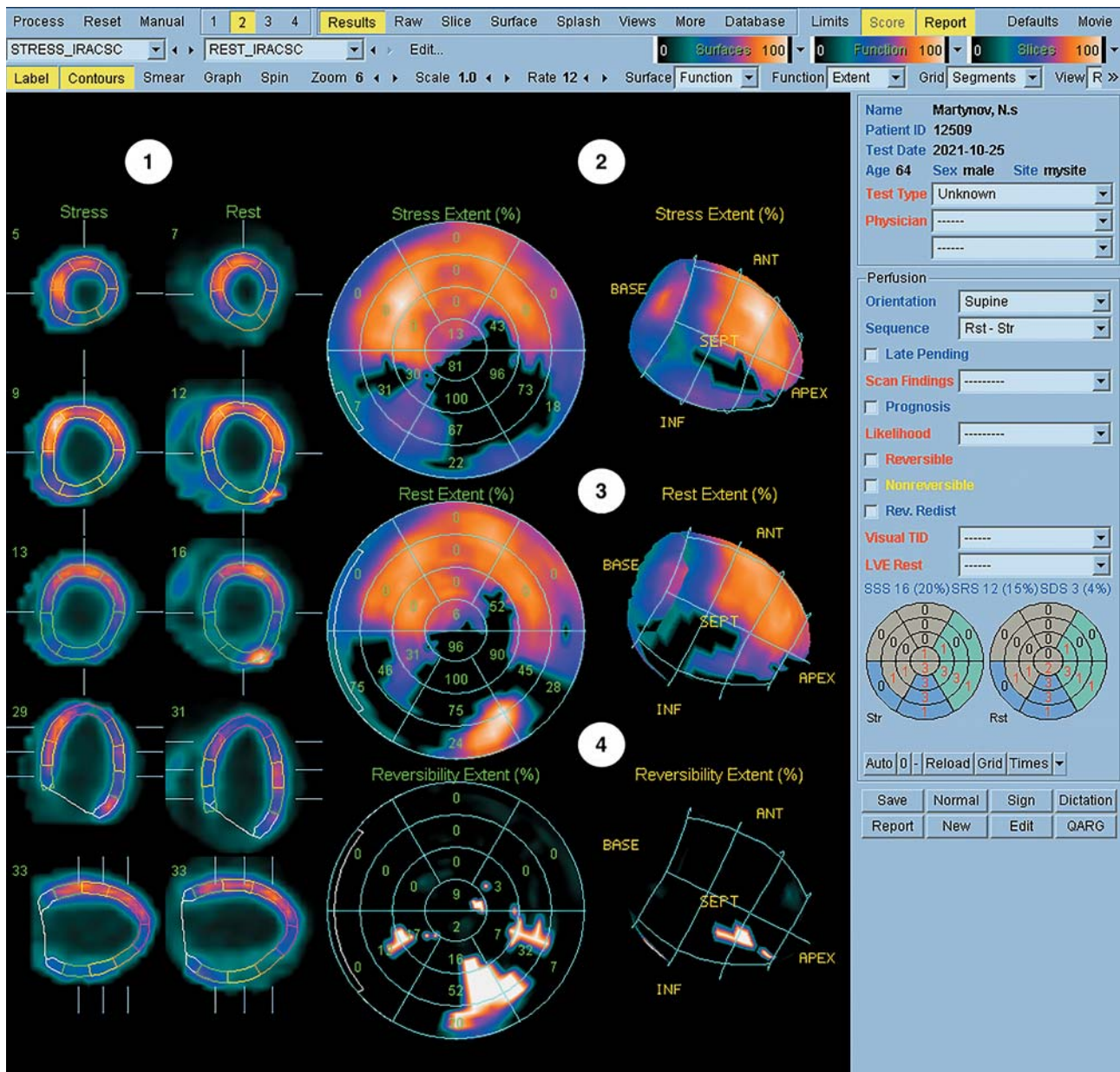
Количественная оценка начальных нарушений и неоднородности перфузии миокарда с использованием индекса тяжести нарушений перфузии  $\sigma_t$  и индекса неоднородности перфузии  $\sigma_n$  позволила выявить ряд изменений, представленных в табл. 5.

Полученные данные свидетельствуют о достоверной связи наличия начальных нарушений перфузии с ВИЧ-инфекцией, что позволяет сделать вывод о поражении преимущественно микроциркуляторного русла у пациентов исследуемой группы ( $p < 0,01$ ).

Пациентам, у которых по данным перфузионной ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  в покое и с нагрузочной пробой были выявлены признаки рубцовых изменений, проводилась ПЭТ/КТ миокарда с ФДГ для оценки жизнеспособности и планирования дальнейшего лечения.

По данным ПЭТ/КТ миокарда с ФДГ при сопоставлении результатов с данными перфузионной ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc-MIBI}$  у 2 пациентов (100% группы с рубцовыми повреждениями) выявлено частичное сохранение метаболизма ФДГ в зонах сниженной перфузии, что позволяет сделать вывод о наличии гибернированного миокарда в указанной области.

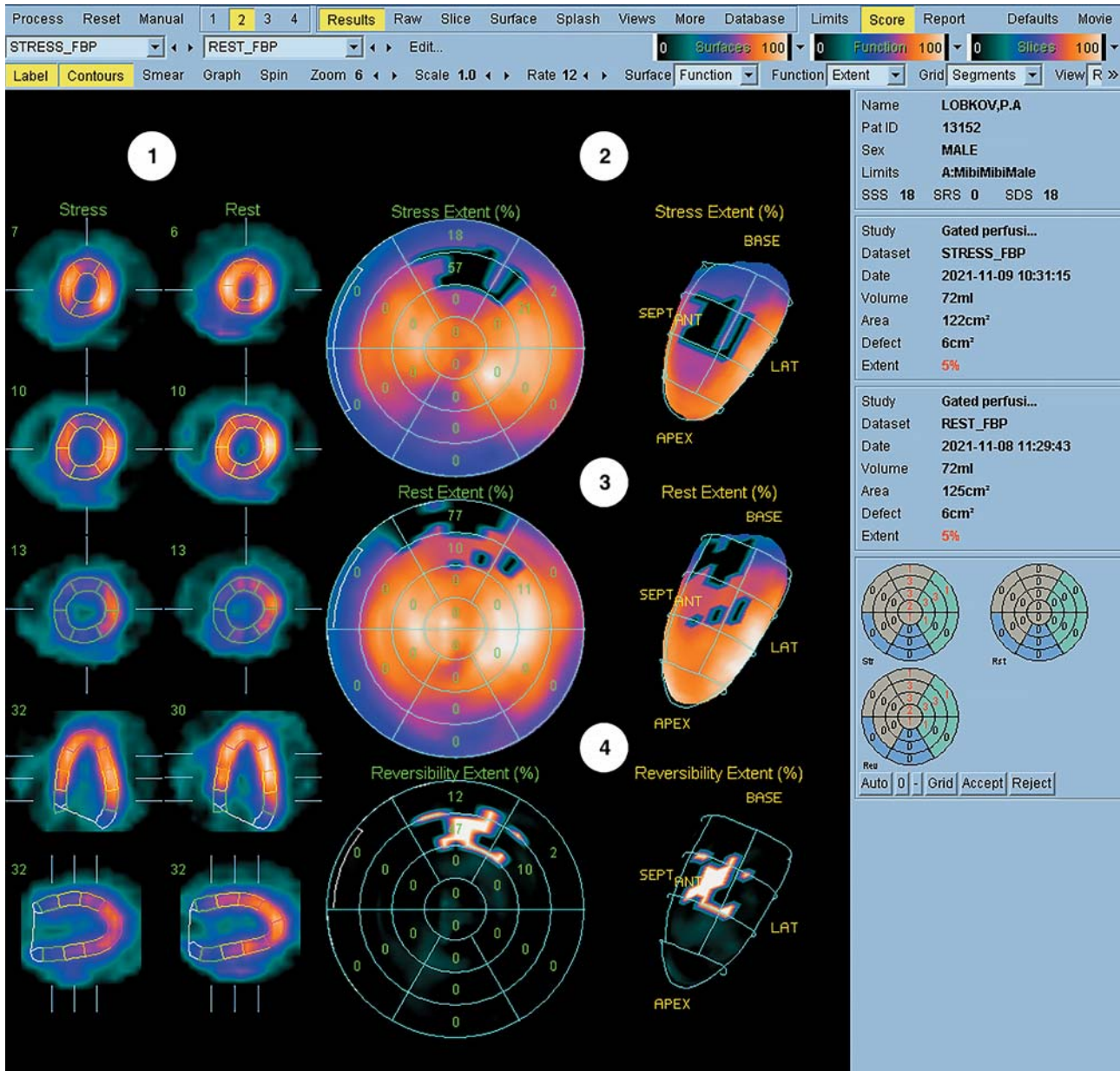
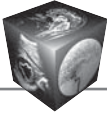
Всем пациентам исследуемой группы была проведена КАГ. По данным КАГ выявлено наличие стенозов сосудов коронарного русла различной локализации у 10 (31,3%) пациентов, среди них у 4 (12,5%) пациентов выявлено многососудистое поражение. Гемодинамически значимые стенозы (сужение просвета коронарных артерий более 50%) выявлены у 3 (9,3%) пациентов, которым в последующем было проведено коронарное стентирование, у 1 (3,1%) выявлен гемодинамически незначимый стеноз, не требующий стентирования



**Рис. 1.** Перфузионная ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и с нагрузочной пробой. 1 – изображения срезов миокарда ЛЖ по короткой, длинной вертикальной и горизонтальной осям; 2 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ при исследовании в нагрузке; 3 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ при исследовании в покое; 4 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ, показывающие разницу накопления  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и в нагрузке. Определяются признаки рубцово-очагового повреждения верхушки, всех сегментов заднебоковой стенки, средних и базальных сегментов перегородки ЛЖ, соответствующие бассейнам ОА и ПКА. SSS = 16. SDS 3.

**Fig. 1.** Myocardial perfusion SPECT with  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI at rest and with a stress test. 1 – images of slices of the left ventricular myocardium along the short, long vertical and horizontal axes; 2 – polar map and volumetric image of the left ventricle when researching under load; 3 – polar map and volumetric image of the left ventricle when examined at rest; 4 – polar map and volumetric image of the left ventricle showing the difference in accumulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI at rest and under exercise. We observe signs of focal scar damage to the apex of the heart and all segments of the posteriolateral wall of the heart, middle and basal segments of the septum of the left ventricle which corresponding to the circumflex artery and right coronary artery basins, are determined. SSS = 16. SDS 3.

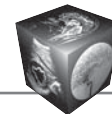




**Рис. 2.** Перфузионная ОФЭКТ миокарда с  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и с нагрузочной пробой у пациента с признаками приходящей ишемии. 1 – изображения срезов миокарда ЛЖ по короткой, длинной вертикальной и горизонтальной осям; 2 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ при исследовании в нагрузке; 3 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ при исследовании в покое; 4 – полярная карта и объемное изображение ЛЖ, показывающие разницу накопления  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI в покое и в нагрузке. Определяются признаки приходящей ишемии переднебоковой стенки миокарда ЛЖ. SSS = 18. SDS = 18.

**Fig. 2.** Myocardial perfusion SPECT with  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI at rest and with a stress test in a patient with signs of incoming ischemia. 1 – images of slices of the left ventricular myocardium along the short, long vertical and horizontal axes; 2 – polar map and volumetric image of the left ventricle when researching under load; 3 – polar map and volumetric image of the left ventricle when examined at rest; 4 – polar map and volumetric image of the left ventricle showing the difference in accumulation of  $^{99m}\text{Tc}$ -MIBI at rest and under exercise. Signs of incoming ischemia of the anterolateral wall of the myocardium of the left ventricle are determined. SSS = 18. SDS = 18.



**Таблица 4.** Данные оценки ОФЭКТ/КТ миокарда левого желудочка**Table 4.** Myocardial SPECT/CT data

Показатель Parameters	Пациенты с ВИЧ-инфекцией Patients with HIV infection	Контрольная группа Control group
Блокада ножек пучка Гиса / BVB	15.6%	0
Расширение полости левого желудочка, % LVH, %	6.3%	0
Частота встречаемости рубцовых повреждений, % The frequency of occurrence of cicatricial lesions, %	6.3%	0
Наличие зон гипокинеза, % The presence of zones of hypokinesis, %	21.9%	0
Преходящая ишемия, % TIA, %	43.8%	0

**Таблица 5.** Количественная оценка начальных нарушений и неоднородности перфузии миокарда**Table 5.** Quantitative analysis of initial disturbances and heterogeneity of myocardial perfusion

Показатель Parameters	Пациенты с ВИЧ-инфекцией Patients with HIV infection	Контрольная группа Control group
Нормальная перфузия Normal perfusion	12 (37.5%)	23 (71.9%)
Неравномерность перфузии с единичным участком снижения перфузии Irregular perfusion with a single area of reduced perfusion	13 (40.6%)	2 (6.3%)
Неравномерность перфузии с множественными участками снижения перфузии Irregular perfusion with multiple areas of reduced perfusion	5 (15.6%)	0
Достоверный дефект перфузии Myocardial perfusion scintigraphy	1 (3.1%)	0

**Таблица 6.** Локализация стенозов у пациентов с ВИЧ-инфекцией**Table 6.** Localization of stenoses in patients with HIV infection

Показатель Parameters	Количество пациентов, n (%) Number of patients, n (%)
Стеноз ЛКА / LMCA stenosis	2 (6.3%)
Стеноз ПМЖВ / Arteria interventricularis anterior stenosis	7 (21.9%)
Стеноз ОА / Coronary artery stenosis	3 (9.4%)
Стеноз ПКА / RCA stenosis	6 (18.8%)

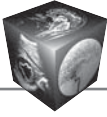
[22]. Пациентов с эпикардиальными стенозами выявлено не было. Распределение пациентов исследуемой группы в зависимости от локализации стеноза представлено в табл. 6. В связи с отсутствием показаний к проведению коронарного вмешательства пациентам контрольной группы КАГ не проводилась.

### Обсуждение

Таким образом в ходе проведенного исследования получен ряд статистически значимых результатов.

Повышение уровня глюкозы и общего холестерина крови у пациентов с ВИЧ-инфекцией, выявленное в настоящем исследовании, является подтверждением гипотезы о влиянии АРВТ на липидный и углеводный обмен [23, 24].

Наиболее важное значение имеют полученные результаты о достоверно чаще встречающихся нарушениях сократимости миокарда и безболевого ишемии миокарда у пациентов с ВИЧ-инфекцией. Полученные данные дополняют результаты зарубежных исследований, посвященных



проблеме бессимптомной ишемии миокарда у ВИЧ-положительных пациентов [25, 26].

Результаты оценки начальных нарушений перфузии в совокупности со статистически значимо повышенной частотой безболевого ишемии у пациентов исследуемой группы позволяют сделать вывод о преобладании поражения сосудов микроциркуляторного русла у пациентов с ВИЧ-инфекцией.

### Выводы

1. У пациентов с ВИЧ-положительным статусом, получающих АРВТ, чаще выявляются нарушения липидного и углеводного обмена. Так как эти изменения являются факторами риска развития ИБС, то контроль уровня глюкозы крови и мониторинг изменений показателей липидного обмена у пациентов с ВИЧ являются необходимыми.

2. Пациенты с ВИЧ-инфекцией, находящиеся на АРВТ, уже в сравнительно молодом возрасте имеют поражение на уровне микроциркуляторного русла. Это требует раннего и комплексного обследования состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов с диагностированным ВИЧ.

3. Методы молекулярной визуализации позволяют с высокой эффективностью выявлять нарушения перфузии, сократимости и жизнеспособности миокарда у пациентов с ВИЧ-инфекцией даже на ранней стадии. Они позволяют выявлять в том числе бессимптомные проявления ИБС и могут быть рекомендованы к использованию в комплексном обследовании пациентов с ВИЧ-инфекцией.

### Участие авторов

Гладких П.Г. – концепция и дизайн исследования; участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы; утверждение окончательного варианта статьи.

Мосин Д.Ю. – концепция и дизайн исследования; участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы; утверждение окончательного варианта статьи.

Кудрявцев А.Д. – концепция и дизайн исследования; участие в научном дизайне; подготовка, создание опубликованной работы; утверждение окончательного варианта статьи.

Знаменский И.А. – концепция и дизайн исследования; сбор и обработка данных; подготовка и редактирование текста; ответственность за целостность всех частей статьи; утверждение окончательного варианта статьи.

Харина Д.С. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы.

Солодкий В.А. – концепция и дизайн исследования; редактирование текста; утверждение окончательного варианта статьи.

Нуднов Н.В. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы; утверждение окончательного варианта статьи.

Гладких А.А. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы.

Созыкин А.В. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы.

Юдин А.Л. – подготовка и редактирование текста; подготовка, создание опубликованной работы.

### Authors' participation

Gladkikh P.G. – concept and design of the study; participation in scientific design; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article; Research concept and design; editing text; approval of the final version of the article.

Mosin D.Yu. – concept and design of the study; participation in scientific design; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article; Research concept and design; editing text; approval of the final version of the article.

Kudryavtsev A.D. – concept and design of the study; participation in scientific design; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article; Research concept and design; editing text; approval of the final version of the article.

Znamenskiy I.A. – concept and design of the study; conducting research; text preparation and editing; responsibility for the integrity of all parts of the article; approval of the final version of the article.

Kharina D.S. – text preparation and editing; preparation and creation of the published work.

Solodkiy V.A. – research concept and design; editing text; approval of the final version of the article.

Nudnov N.V. – text preparation and editing; preparation and creation of the published work; approval of the final version of the article.

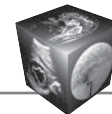
Gladkikh A.A. – text preparation and editing; preparation and creation of the published work.

Sozykin A.V. – text preparation and editing; preparation and creation of the published work.

Yudin A.L. – text preparation and editing; preparation and creation of the published work.

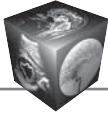
### Список литературы [References]

1. Khan M.A., Hashim M.J., Mustafa H., et al. Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global Burden of Disease Study. *Cureus*. 2020; 12 (7): e9349. <https://doi.org/10.7759/cureus.9349>
2. Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Кашталап В.В., и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2020. *Российский кардиологи-*



- ческий журнал. 2020; 25 (11): 201–250. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4076>
- Barbarash O.L., Karpov Yu.A., Kashtalov V.V., et al. 2020 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*. 2020; 25 (11): 201–250. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2020-4076> (In Russian)
3. Руководство по кардиологии. В 4-х томах / Под ред. акад. Е.И. Чазова. М.: Практика, 2014. Guide to cardiology. In 4 vol. / Ed. E.I. Chazov. Moscow: Practice, 2014. (In Russian)
  4. Карпов Ю.А., Сорокин Е.В. Стабильная ишемическая болезнь сердца: стратегия и тактика лечения. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Медицинское информационное агентство, 2012. 271 с. Karpov Yu.A., Sorokin E.V. Stable coronary heart disease: strategy and tactics of treatment. Ed. 2nd, revised. and add.; Moscow: Medical Information Agency, 2012. 271 p. (In Russian)
  5. Карпов Ю.А., Кухарчук В.В., Лякишев А.А. и др. Диагностика и лечение хронической ишемической болезни сердца. Практические рекомендации. *Кардиологический вестник*. 2015; 10 (3): 3–33. Karpov Yu.A., Kukharchuk V.V., Lupanov V.P. et al. Diagnosis and treatment of chronic ischemic heart disease. Clinical guidelines. *Russian Cardiology Bulletin*. 2015; 10 (3): 3–33. (In Russian)
  6. Кардиология: Национальное руководство / Под ред. акад. Е.В. Шляхто. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. 800 с. Cardiology: a national guide / Ed. E.V. Shlyakhto. Ed. 2nd, revised. and add. M.: GEOTAR-Media. 2015. 800 p. (In Russian)
  7. Global, regional, and national incidence, prevalence, and mortality of HIV, 1980–2017, and forecasts to 2030, for 195 countries and territories: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study 2017. *Lancet HIV*. 2019; 6 (12): e831–e859. [https://doi.org/10.1016/S2352-3018\(19\)30196-1](https://doi.org/10.1016/S2352-3018(19)30196-1)
  8. Triant V.A., Grinspoon S.K. Epidemiology of Ischemic Heart Disease in HIV. *Curr. Opin. HIV AIDS*. 2017; 12 (6): 540–547. <https://doi.org/10.1097/COH.0000000000000410>
  9. Seecheran V.K., Giddings S.L., Seecheran N.A. Acute coronary syndromes in patients with HIV. *Coron. Artery Dis*. 2017; 28 (2): 166–172. <https://doi.org/10.1097/MCA.0000000000000450>
  10. Anand A.R., Rachel G., Parthasarathy D. HIV Proteins and Endothelial Dysfunction: Implications in Cardiovascular Disease. *Front. Cardiovasc. Med*. 2018; 5: 185. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00185>
  11. Ma G.S., Cotter B.R. HIV and cardiovascular disease: Much ado about nothing? *Eur. Heart J*. 2018; 39 (23): 2155–2157. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy248>
  12. Nelson M.D., Szczepaniak L.S., LaBounty T.M. et al. Cardiac steatosis and left ventricular dysfunction in HIV-infected patients treated with highly active antiretroviral therapy. *JACC: Cardiovasc. Imaging*. 2014; 7 (11): 1175–1177. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.04.024>
  13. Neumann F.-J., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur. Heart J*. 2019; 40 (2): 87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>
  14. Fihn S.D., Blankenship J.C., Alexander K.P. et al. 2014 ACC/AHA/AATS/PCNA/SCAI/STS focused update of the guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines, and the American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2014; 64 (18): 1929–1949. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.07.017>
  15. Räber L., Mintz G.S., Koskinas K.C. et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur. Heart J*. 2018; 39 (35): 3281–3300. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy285>
  16. Johnson T.W., Räber L., di Mario C. et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: acute coronary syndromes, ambiguous coronary angiography findings, and guiding interventional decision-making: an expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur. Heart J*. 2019; 40 (31): 2566–2584. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz332>
  17. Rosen B.D., Fernandes V., McClelland R.L. et al. Relationship between baseline coronary calcium score and demonstration of coronary artery stenoses during follow-up MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis). *JACC Cardiovasc. Imaging*. 2009; 2 (10): 1175–1183. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2009.06.014>
  18. Yan A.T., Shayne A.J., Brown K.A. et al. Characterization of the peri-infarct zone by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging is a powerful predictor of post-myocardial infarction mortality. *Circulation*. 2006; 114 (1): 32–39. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.613414>
  19. Аншелес А.А., Сергиенко В.Б. Ядерная кардиология. М.: НМИЦ кардиологии, 2021. 516 с. Ansheles A.A., Sergienko V.B. Nuclear Cardiology. Moscow: NMIC Cardiology, 2021. 516 p. (In Russian)
  20. Аншелес А.А., Халикова Э.И., Рыжикова О.А. Способ количественной оценки нарушений перфузии миокарда по данным однофотонной эмиссионной компьютерной томографии. *Медицинская физика*. 2016; 1 (69): 46–53. Ansheles A.A., Khalikova E.I., Ryzhikova O.A. New method of quantifying myocardial perfusion impairments assessed with single-photon emission computed tomography. *Medical Physics*. 2016; 1 (69): 46–53. (In Russian)
  21. Caobelli F., Kamani C.H., Nkoulou R., Buechel R. The importance of 18F-FDG cardiac PET/CT for the assessment of myocardial viability in ischaemic heart disease. *Swiss Med. Wkly*. 2021; 151 (21–22): w20511. <https://doi.org/10.4414/smw.2021.20511>
  22. Гаврилова Н.Е., Метельская В.А., Перова Н.В., Яровая Е.Б., Бойцов С.А., Мазаев В.П. Выбор метода количественной оценки поражения коронарных артерий на основе сравнительного анализа ангиографических шкал. *Российский кардиологический журнал*. 2014; 110 (6): 24–29. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2014-4-108-112>
  23. Gavrillova N.E., Metelskaya V.A., Perova N.V., Yarovaya E.B., Boytsov S.A., Mazaev V.P. Selection for the quantitative evaluation method of coronary arteries based upon comparative analysis of angiographic scales. *Russian Journal of Cardiology*. 2014; 110 (6): 24–29. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2014-4-108-112> (In Russian)
- Duncan A.D., Goff L.M., Peters B.S. Type 2 diabetes prevalence and its risk factors in HIV: A cross-sectional





- study. *PLoS One*. 2018; 13 (3): e0194199. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194199>
24. Sarkar S., Brown T.T. Diabetes in People with HIV. *Curr. Diab. Rep.* 2021; 21 (5): 13. <https://doi.org/10.1007/s11892-021-01382-8>
25. Mariano-Goulart D., Jacquet J.M., Molinari N. et al. Should HIV-infected patients be screened for silent myocardial ischaemia using gated myocardial perfusion SPECT? *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2013; 40 (2): 271–279. <https://doi.org/10.1007/s00259-012-2262-1>
26. Kristoffersen U.S., Lebech A.M., Wiinberg N. et al. Silent Ischemic Heart Disease and Pericardial Fat Volume in HIV-Infected Patients: A Case-Control Myocardial Perfusion Scintigraphy Study. *PLoS One*. 2013; 8 (8): e72066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072066>

**Для корреспонденции\***: Гладких Павел Геннадиевич – e-mail: PAVEL-170@mail.ru

**Гладких Павел Геннадиевич** – врач-рентгенолог, ассистент кафедры лучевой диагностики и терапии МБФ ФГАОУ ВО “Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-8196-6661>

**Мосин Дмитрий Юрьевич** – научный сотрудник, врач-радиолог НКЦ №2 ФГБНУ “РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России; ассистент кафедры рентгенодиагностики ФДПО ФГАОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8317-4097>

**Кудрявцев Антон Денисович** – научный сотрудник НКЦ №2 ФГБНУ “РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-4277-1957>

**Знаменский Игорь Альбертович** – доктор мед. наук, врач-радиолог, заведующий отделением радионуклидных методов диагностики НКЦ №2 ФГБНУ “РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики и терапии МБФ ФГАОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0305-6723>

**Харина Дина Сергеевна** – канд. мед. наук, научный сотрудник, врач-радиолог НКЦ №2 ФГБНУ “РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России, Москва.

**Солодкий Владимир Алексеевич** – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, директор ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>

**Нуднов Николай Васильевич** – доктор мед. наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующий НИО комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ “Российский научный центр рентгенодиагностики” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. E-mail: nudnov@rncrr.ru

**Гладких Анастасия Александровна** – студент ФГАОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0006-5056-8042>

**Созыккин Алексей Викторович** – доктор мед. наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения НКЦ №2 ФГБНУ “РНЦХ им. акад. Б.В. Петровского” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-2570-5758>

**Юдин Андрей Леонидович** – доктор мед. наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии МБФ ФГАОУ ВО “РНИМУ им. Н.И. Пирогова” Минздрава России, Москва. <http://orcid.org/0000-0001-7284-4737>

**Contact\***: Pavel G. Gladkikh – e-mail: PAVEL-170@mail.ru

**Pavel G. Gladkikh** – Radiologist, assistant of the Radiology Department, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8196-6661>

**Dmitry Yu. Mosin** – Radiologist, researcher at the Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; assistant of the Rentgenoradiologi Department, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8317-4097>

**Anton D. Kudryavtsev** – Researcher at the Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-4277-1957>

**Igor A. Znamenskiy** – Doct. of Sci. (Med.), Radiologist, Head of the Department of Radionuclide Diagnostic Methods of the Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor of the Department of Radiation Diagnostics and Therapy of the Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0305-6723>

**Dina S. Kharina** – Cand. of Sci. (Med.), Researcher, Radiologist at the Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow.

**Vladimir A. Solodkiy** – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-1641-6452>

**Nikolai V. Nudnov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for scientific work of FSBI, Head of the Research Institute of Complex Diagnostics of Diseases and Radiotherapy of the Russian Scientific Center of Roentgenoradiology of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5994-0468>. E-mail: nudnov@rncrr.ru

**Anastasia A. Gladkikh** – student, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0006-5056-8042>

**Aleksey V. Sozykin** – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of endovascular surgery of the Petrovsky Russian Research Center of Surgery of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-2570-5758>

**Andrei L. Yudin** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Radiology Department, Pirogov Russian National Research Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-7284-4737>