

УДК 616-006.6-07-08:539.1.06

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-S-142-154>

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

The authors stated that there is no potential conflict of interest.

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА MOLECULAR IMAGING

РОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПИКАРДИАЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ И СИМПАТИЧЕСКОЙ ИННЕРВАЦИИ МИОКАРДА В ПРОГНОЗЕ РИСКА РАЗВИТИЯ ПОЗДНИХ РЕЦИДИВОВ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ ПОСЛЕ РАДИОЧАСТОТНОЙ АБЛАЦИИ

Ю. В. Варламова, С. И. Сазонова, Р. Е. Баталов, Е. В. Попов,
С. В. Попов, С. М. Минин, А. Б. Романов

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский
национальный исследовательский медицинский центр Российской
академии наук, Томск, Россия

Национальный медицинский исследовательский центр имени
академика Е. Н. Мешалкина, Новосибирск, Россия

Радиочастотная абляция устьев легочных вен считается методом выбора лечения фибрилляции предсердий (ФП), рефрактерной к медикаментозной терапии. Однако эффективность данной процедуры не абсолютна [1]. Одну из доминирующих ролей в патогенезе и прогрессировании ФП занимает дисбаланс вегетативной иннервации сердца [2, 3]. Кроме того, в недавних исследованиях было показано, что существует прямая взаимосвязь между объемом эпикардиальной жировой ткани (ЭЖТ) и риском развития ФП [4].

THE ROLE OF CHARACTERISTICS OF EPICARDIAL ADIPOSE TISSUE AND CARDIAC SYMPATHETIC INNERVATION IN PREDICTING THE RISK OF LATE RECURRENCE OF ATRIAL FIBRILLATION AFTER RADIOFREQUENCY ABLATION

Yuliya V. Varlamova, Svetlana I. Sazonova, Roman E. Batalov,
Evgeny V. Popov, Sergey V. Popov, Stanislav M. Minin,
Alexander B. Romanov

Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of
Sciences, Tomsk, Russia

E. N. Meshalkin National Medical Research Center Ministry of Health
of the Russia

Radiofrequency ablation of pulmonary vein ostia is considered the method of choice for the treatment of drug resistance atrial fibrillation (AF). However, the effectiveness of this procedure is not absolute [1]. It is well known that imbalance of cardiac autonomic innervation plays an important role in pathogenesis and progression of AF [2, 3]. In addition, recent studies have shown that there is a direct relationship between the volume of epicardial adipose tissue (EAT) and the risk of AF [4].

Цель исследования. Исследовать взаимосвязь между рентгенологическими характеристиками эпикардиальной жировой ткани и симпатической активности (СА) миокарда, а также изучить их ассоциацию с развитием поздних рецидивов фибрилляции предсердий после радиочастотной абляции (РЧА).

Материалы и методы. В исследование проспективно было включено 26 человек с персистирующей и длительно персистирующей ФП, планирующих на РЧА. Перед процедурой РЧА всем пациентам проводили сцинтиграфию миокарда с ^{123}I -МИБГ для оценки СА и мультиспиральную компьютерную томографию (МСКТ) сердца с внутривенным болюсным контрастированием для оценки анатомии легочных вен, объема левого предсердия, объема ЭЖТ. Клиническое наблюдение, включая мониторинг ритма с использованием электрокардиографии (ЭКГ) в 12 отведениях и суточное мониторирование ЭКГ осуществлялось через 3, 6 и 12 месяцев после РЧА.

Результаты. После окончания наблюдения пациенты были разделены на две группы: с рецидивом ФП (группа 1, $n=8$) и без рецидива ФП (группа 2, $n=18$). По данным многофакторного логистического анализа установлено, что только скорость вымывания ^{123}I -МИБГ

проявила себя как независимый предиктор развития поздних рецидивов ФП после РЧА (ОШ 1,1168; 95% ДИ 1,0131–1,2311). На основании ROC-анализа было установлено, что значение скорости вымывания ^{123}I -МИБГ более 21% с чувствительностью 75% и специфичностью 83,3% ($\text{AUC}=0,844$; $p<0,001$) позволяет прогнозировать развитие рецидивов ФП после РЧА.

Заключение. Параметры глобальной симпатической активности сердца, оцененные посредством сцинтиграфии миокарда с ^{123}I -МИБГ, связаны с развитием поздних рецидивов ФП после РЧА у пациентов с персистирующей и длительно персистирующей ФП. Достоверных данных, доказывающих наличие ассоциаций между параметрами симпатической иннервации миокарда и рентгенологическими показателями ЭЖТ, а также влияние последних на риск развития рецидивов ФП после процедуры РЧА, получено не было.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) // *Eur. Heart J.* 2020; Aug 29; ehaa612.
2. Fabritz L., Guasch E., Antoniades C. et al. Expert consensus document: Defining the major health modifiers causing atrial fibrillation: a roadmap to underpin personalized prevention and treatment. *Nat Rev Cardiol.* 2016; 13 (4): 230-7.
3. Лишманов Ю.Б., Саушкина Ю.В., Минин С.М. и др. Сцинтиграфическая оценка состояния симпатической иннервации сердца и миокардиальной перфузии у пациентов с фибрилляцией предсердий // *Российский кардиологический журнал.* 2014. Т. 12, № 116. С. 13–18.
4. Kawasaki M., Yamada T., Furukawa Y. et al. Are cardiac sympathetic nerve activity and epicardial adipose tissue associated with atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients without heart failure? // *Int. J. Cardiol.* 2020. Vol. 303. P. 41–48.

REFERENCES

1. Hindricks G., Potpara T., Dagres N. et al. 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) // *Eur. Heart J.* 2020; Aug. 29. ehaa612.
2. Fabritz L., Guasch E., Antoniades C. et al. Expert consensus document: Defining the major health modifiers causing atrial fibrillation: a roadmap to underpin personalized prevention and treatment // *Nat. Rev. Cardiol.* 2016. Vol. 13, No. 4. P. 230–237.
3. Lishmanov Yu.B., Saushkina Yu.V., Minin S.M. et al. Scintigraphic estimation of the sympathetic innervation of the heart and myocardial perfusion in patients with atrial fibrillation // *Russ. J. Cardiol.* 2014. Vol. 12, No. 116. P. 13–18.
4. Kawasaki M., Yamada T., Furukawa Y. et al. Are cardiac sympathetic nerve activity and epicardial adipose tissue associated with atrial fibrillation recurrence after catheter ablation in patients without heart failure? // *Int. J. Cardiol.* 2020. Vol. 303. P. 41–48.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.

Контакт/Contact: Саушкина Юлия Вячеславовна, jul13@bk.ru

Сведения об авторах:

Варламова Юлия Вячеславовна — кандидат медицинских наук, врач-радиолог, лаборатория радионуклидных методов исследования, федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Сазонова Светлана Ивановна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский

национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Баталов Роман Ефимович — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Попов Евгений Викторович — аспирант лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Попов Сергей Валентинович — доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, заслуженный деятель науки РФ, руководитель отделения хирургического лечения сложных нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции, директор федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Минин Станислав Михайлович — кандидат медицинских наук, врач-радиолог, заведующий отделением радионуклидной диагностики отдела лучевой и функциональной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 630055, Новосибирск, ул. Речуновская, д. 15;

Романов Александр Борисович — доктор медицинских наук, врач-сердечно-сосудистый хирург, зам. директора по научной работе федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е. Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 630055, Новосибирск, ул. Речуновская, д. 15.

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЯДЕРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Е. Д. Котина, В. А. Плоских, Е. Б. Леонова, М. С. Кузьмин
Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Цифровая обработка двумерных и трехмерных томографических радионуклидных изображений позволяет вычислять количественные параметры исследований. Растущие требования к точности и информативности результатов исследований порождают новые задачи обработки данных. Внедрение современных технологий и методов, таких как нейронные сети, глубокое обучение, искусственный интеллект и другие, позволяет получать важные результаты исследований.

IMAGE PROCESSING AND ANALYSIS IN NUCLEAR MEDICINE

Elena D. Kotina, Viktor A. Ploskikh, Ekaterina B. Leonova, Mikhail S. Kuzmin
St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Digital processing of 2D and 3D tomographic radionuclide images makes it possible to calculate quantitative parameters of studies. The growing demands on the accuracy and informativity of research results give rise to new data processing tasks. The introduction of modern technologies and methods, such as neural networks, deep learning, artificial intelligence and others, allows us to obtain important research results.

Цель исследования. Разработка алгоритмов и методов цифровой обработки радионуклидных изображений.

Материалы и методы. Для создания алгоритмов обработки гибридных исследований ОФЭКТ/КТ используются методы машинного обучения, разрабатываются алгоритмы коррекции движения для динамических исследований на основе метода оптического потока,

проводится анализ параметров перфузионной томосцинтиграфии миокарда синхронизированной с ЭКГ.

Результаты. Разработаны алгоритмы обработки гибридных исследований ОФЭКТ/КТ, методы коррекции движения для томографических исследований, рассмотрены некоторые аспекты обработки ЭКГ синхронизированного исследования перфузионной томосцинтиграфии миокарда.

Заключение. Предложенные алгоритмы и методы можно использовать для обработки исследований в ядерной медицине. Рассмотрены примеры обработки и анализа данных радионуклидных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котина Е.Д., Леонова Е.Б., Плоских В.А. Обработка радионуклидных изображений с использованием дискретных систем // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления*. 2019. Т. 15. Вып. 4. С. 544–554.
2. Бажанов П.В., Котина Е.Д. Об оптимизационном подходе при построении поля скоростей в задачах обработки изображений // *Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика*. 2018. Т. 24. С. 3–11.
3. Kotina E.D., Leonova E.B., Ploskikh V.A. Radionuclide images processing with the use of discrete systems // *Vestnik of St. Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*. 2019. Vol. 15, iss. 4. P. 544–554.
4. Bazhanov P.V., Kotina E.D. On Optimisation Approach to Velocity Field Determination in Image Processing Problems // *Bulletin of Irkutsk State University-series Mathematics*. 2018. Vol. 24. P. 3–11.
5. Bazhanov P.V., Kotina E. D., Ovsyannikov D. A., Ploskikh V. A. Optimization algorithm of the velocity field determining in image processing // *Cybernetics and Physics*. 2018. Vol. 7, No. 4. P. 174–181.
6. Ploskikh V.A., Kotina E.D. Challenges of gated myocardial perfusion SPECT processing // *Cybernetics and Physics*. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 171–177.

REFERENCES

1. Kotina E.D., Leonova E.B., Ploskikh V.A. Processing of radionuclide images using discrete systems. Bulletin of St. Petersburg University. *Applied Mathematics. Informatics. Management processes*, 2019, Vol. 15, Iss. 4, pp. 544–554.
2. Bazhanov P.V., Kotina E.D. On an optimization approach to constructing a velocity field in image processing problems. *J. News of the Irkutsk State University. Series Mathematics*, 2018, Vol. 24, pp. 3–11.
3. Kotina E.D., Leonova E.B., Ploskikh V.A. Radionuclide images processing with the use of discrete systems // *Vestnik of St. Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control Processes*. 2019. Vol. 15, iss. 4. P. 544–554.
4. Bazhanov P.V., Kotina E.D. On Optimisation Approach to Velocity Field Determination in Image Processing Problems // *Bulletin of Irkutsk State University-series Mathematics*. 2018. Vol. 24. P. 3–11.
5. Bazhanov P.V., Kotina E. D., Ovsyannikov D. A., Ploskikh V. A. Optimization algorithm of the velocity field determining in image processing // *Cybernetics and Physics*. 2018. Vol. 7, No. 4. P. 174–181.
6. Ploskikh V.A., Kotina E.D. Challenges of gated myocardial perfusion SPECT processing // *Cybernetics and Physics*. 2021. Vol. 10, No. 3. P. 171–177.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.
Контакт/Contact: Котина Елена Дмитриевна, e.kotina@spbu.ru

Сведения об авторах:

Котина Елена Дмитриевна — доктор физико-математических наук, профессор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: e.kotina@spbu.ru;

Плоских Виктор Александрович — кандидат физико-математических наук, доцент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru;

Леонова Екатерина Борисовна — аспирант федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru;

Кузьмин Михаил Сергеевич — магистрант федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»; 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9; e-mail: spbu@spbu.ru.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОФЭКТ МИОКАРДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИОКАРДИАЛЬНОГО КРОВОТОКА И РЕЗЕРВА У ПАЦИЕНТОВ С ДИСЛИПИДЕМИЕЙ И НЕОБСТРУКТИВНЫМ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКИМ ПОРАЖЕНИЕМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

А. Н. Мальцева, К. В. Копьева, А. В. Мочула, Е. В. Гракова, К. В. Завадовский

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Наличие сердечной боли и одышки на фоне дислипидемии и необструктивного поражения коронарных артерий может быть связано с наличием микроваскулярной дисфункции. Неинвазивные методики не позволяют оценить морфологические изменения на этом уровне, однако с помощью скинтиграфических методов можно получить информацию о миокардиальном кровотоке и резерве. На сегодняшний день имеющиеся данные о микроваскулярной дисфункции на фоне дислипидемии весьма разнообразны и противоречивы [1].

THE USAGE OF DYNAMIC SPECT IN DETERMINING MYOCARDIAL BLOOD FLOW AND RESERVE IN PATIENTS WITH DYSLIPIDEMIA AND NON-OBSTRUCTIVE CORONARY ARTERY DISEASE

Alina N. Maltseva, Kristina V. Kopeva, Andrey V. Mochula, Elena V. Grakova, Konstantin V. Zavadovsky

Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

The presence of cardiac pain and exertional dyspnea may be connected with microvascular dysfunction in patients with dyslipidemia and non-obstructive coronary artery disease. Noninvasive methods cannot assess morphological changes in the microcirculatory bed. However, radionuclide methods allow getting information about myocardial blood flow and reserve. Currently, the available data about microvascular dysfunction are different and controversial in patients with dyslipidemia [1].

Цель исследования. По данным динамической однофотонной эмиссионной компьютерной томографии миокарда (ДОФЭКТ) оценить состояние микроциркуляции и наличие микроваскулярной дисфункции у пациентов с дислипидемией и необструктивным атеросклеротическим поражением коронарных артерий.

Материалы и методы. На основании данных мультиспиральной компьютерной томографии в исследование включались пациенты с необструктивным атеросклеротическим поражением коронарных артерий (<50%). Всем пациентам была проведена ДОФЭКТ миокарда по двухдневному протоколу покой-нагрузка. Подготовка пациентов, протокол исследования, запись и обработка скинтиграфических данных были подробно нами изложены в предыдущих работах [2, 3]. При обработке исследований проводился анализ количественных скинтиграфических показателей: миокардиальный кровоток при нагрузке (стресс-МК), миокардиальный кровоток в покое (покой-МК), коронарный резерв (КР), а также полуколичественных индексов нарушения миокардиальной перфузии: SSS, SRS, SDS. Дополнительно определяли липидный профиль в сыворотке крови: общий холестерин (ОХС), триглицериды (ТГ), липопротеины низкой (ЛПНП) и высокой плотности.

Результаты. В исследование были включены 26 пациентов. На основании данных липидного профиля были сформированы две группы пациентов: 1. С дислипидемией (ОХС $\geq 4,5$ ммоль/л, ЛПНП $\geq 3,0$ ммоль/л), $n=13$ (8 мужчин, средний возраст $57,7 \pm 9,5$ лет); 2. С нормальным уровнем липидов (ОХС $< 4,5$ ммоль/л, ЛПНП $< 3,0$ ммоль/л), $n=13$ (8 мужчин, средний возраст $58,1 \pm 12,1$ года). Полуколичественные индексы нарушения миокардиальной перфузии и показатели миокардиального

кровотока статистически значимо не различались между группами: SSS $2,0 (0,0; 3,0)$ vs $2,0 (0,0; 3,0)$, SRS $0,0 (0,0; 0,0)$ vs $0,0 (0,0; 0,0)$, SDS $2,0 (0,0; 3,0)$ vs $2,0 (0,0; 3,0)$, стресс-МК $1,2 (0,6; 1,4)$ vs $1,4 (1,1; 1,8)$ мл/мин/г и покой-МК $0,6 (0,5; 0,8)$ vs $0,5 (0,4; 0,7)$ мл/мин/г, соответственно. Однако показатель КР был достоверно ниже в группе пациентов с дислипидемией: $1,9 (0,9; 2,5)$ vs $2,6 (2,5; 2,8)$, соответственно. При корреляционном анализе выявлены значимые отрицательные взаимосвязи между показателями стресс-МК с ОХС ($\rho = -0,46$), ТГ ($\rho = -0,42$) и КР с ОХС ($\rho = -0,59$), ЛПНП ($\rho = -0,53$). По результатам ROC-анализа cut-off value (пороговое значение) КР составило 2,08 (AUC=0,84, 95% CI 0,64–0,95, $p=0,0001$); чувствительность показателя коронарного резерва в определении дислипидемии — 61,5%, специфичность — 100%, диагностическая точность — 80,8%.

Заключение. Метод ДОФЭКТ миокарда позволяет выявить микроваскулярную дисфункцию посредством количественной оценки значения коронарного резерва на фоне дислипидемии у пациентов с необструктивным атеросклеротическим поражением коронарных артерий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцева А.Н., Мочула А.В., Копьева К.В. и др. Радионуклидные методы исследования в диагностике микроваскулярной дисфункции при необструктивном атеросклеротическом поражении коронарных артерий // *Российский кардиологический журнал*. 2021. Т. 26, № 12. С. 4746. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4746.
2. Завадовский К.В., Мочула А.В., Врублевский А.В. и др. Роль нагрузочной динамической однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с определением резерва миокардиального кровотока в оценке значимости стенозов коронарных артерий // *Российский кардиологический журнал*. 2019. Т. 24, № 12. С. 40–46. doi: 10.15829/1560-4071-2019-12-40-46.
3. Zavadovsky K.V., Mochula A.V., Maltseva A.N. et al. The diagnostic value of SPECT CZT quantitative myocardial blood flow in high-risk patients // *J. Nucl. Cardiol.* 2020. doi: 10.1007/s12350-020-02395-8.

REFERENCES

1. Maltseva A.N., Mochula A.V., Kopyeva K.V. et al. Radionuclide imaging methods in the diagnosis of microvascular dysfunction in non-obstructive coronary artery disease. *Russian Journal of Cardiology*, 2021, Vol. 26, No. 12, pp. 4746. doi: 10.15829/1560-4071-2021-4746.
2. Zavadovsky K.V., Mochula A.V., Vrublevsky A.V. et al. Role of stress in dynamic single-photon emission computed tomography with myocardial perfusion reserve determination in assessing the severity of coronary artery stenosis. *Russian Journal of Cardiology*, 2019, Vol. 24, No. 12, pp. 40–46. doi: 10.15829/1560-4071-2019-12-40-46.
3. Zavadovsky K.V., Mochula A.V., Maltseva A.N. et al. The diagnostic value of SPECT CZT quantitative myocardial blood flow in high-risk patients // *J. Nucl. Cardiol.* 2020. doi: 10.1007/s12350-020-02395-8.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 24.01.2022 г.

Контакт/Contact: Мальцева Алина Николаевна, maltseva.alina.93@gmail.com

Сведения об авторах:

Мальцева Алина Николаевна — аспирант и лаборант-исследователь лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: maltseva.alina.93@gmail.com;

Копьева Кристина Васильевна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения патологии миокарда федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Мочула Андрей Викторович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Гракова Елена Викторовна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения патологии миокарда федерального государственного

бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Завадовский Константин Валерьевич — доктор медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru.

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДИССИНХРОНИИ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ: СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИИ МИОКАРДА И РАДИОНУКЛИДНОЙ ТОМОВЕНТРИКУЛОГРАФИИ

А. И. Мишкина, В. В. Шипулин, В. В. Саушкин, Т. А. Атабеков, К. В. Завадовский

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Оценка механической диссинхронии левого желудочка (МДЛЖ) может играть важную роль в оценке прогноза ответа на сердечную ресинхронизирующую терапию [1]. Наиболее доступными радионуклидными методами оценки МДЛЖ являются перфузионная сцинтиграфия миокарда (ПСМ) [2] и радионуклидная томовентрикулография (РТВГ) [3]. Однако в литературе представлено ограниченное количество работ, посвященных сопоставлению и оценке прогностической значимости показателей МДЛЖ, оцененных с помощью ПСМ и РТВГ.

LEFT VENTRICLE MECHANICAL DYSSYNCHRONY ASSESSMENT IN PATIENTS WITH HEART FAILURE: THE COMPARISON OF MYOCARDIAL PERFUSION SCINTIGRAPHY AND GATED BLOOD POOL SPECT

Anna I. Mishkina, Vladimir V. Shipulin, Viktor V. Saushkin, Konstantin V. Zavadovsky

Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

The assessment of left ventricular mechanical dyssynchrony (LVMD) is essential in identifying patients who may benefit from cardiac resynchronization therapy [1]. Both gated myocardial perfusion imaging (MPI) [2] and gated blood pool SPECT (GBPS) are widely used to LVMD assessment [3]. Lack of data is available regarding the comparison of LVMD parameters obtained by MPI and GBPS, and their prognostic value.

Цель исследования. Сравнить показатели механической диссинхронии левого желудочка (МДЛЖ), полученные по данным сцинтиграфических методов — перфузионной сцинтиграфии миокарда (ПСМ) и радионуклидной томовентрикулографии (РТВГ), и оценить прогностическую способность этих двух методов в определении эффективности сердечной ресинхронизирующей терапии (СРТ).

Материалы и методы. В исследование вошли 41 пациент с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) и показаниями для проведения СРТ (41 мужчина; средний возраст 59 ± 11 лет). Перед СРТ всем пациентам выполняли ЭКГ-синхронизированную ПСМ с ^{99m}Tc -Технетрилом и РТВГ, на гамма-камере с CZT-детекторами. По результатам фазового анализа рассчитывали показатели МДЛЖ: пик фазовой гистограммы (Peak Phase), фазовое стандартное отклонение (PSD) и ширину фазовой гистограммы (HBW). Через год после СРТ пациентам проводили эхокардиографию для оценки эффективности интервенционного лечения. Критериями положительного ответа были: снижение конечно систолического объема ЛЖ $\geq 15\%$ и увеличение фракции выброса ЛЖ $\geq 5\%$.

Результаты. Между показателями МДЛЖ, оцененными методами ПСМ и РТВГ, выявлена умеренная корреляционная взаимосвязь: Peak phase $r=0,51$, $p<0,001$; PSD $r=0,42$, $p<0,001$; HBW $r=0,23$,

$p=0,03$. Выявлены статистически значимые различия между показателями МДЛЖ, оцененными методами ПСМ и РТВГ: Peak phase $136 (115-162)^\circ$ против $154 (135-173)^\circ$, $p<0,001$; PSD $61,4 (59-71)^\circ$ против $48 (36-61)^\circ$, $p<0,001$, соответственно. Статистически значимых различий показателя HBW выявлено не было. Согласно анализу Бланда–Альмана методы ПСМ и РТВГ были сопоставимы только в оценке показателя HBW со средней разницей между значениями — $12,5 (96\% \text{ ДИ } -31,5-6,3)$, $p=0,18$. Через год после СРТ пациенты были подразделены на 2 группы: ответивших на СРТ (респондеров — 26 (56%) пациентов) и не ответивших (нереспондеры). Показатели МДЛЖ, оцененные с помощью ПСМ, статистически значимо различались между группами респондеров и нереспондеров: PSD $53,56 (47-63,4)^\circ$ против $62,4 (56-71)^\circ$, $p<0,05$; HBW $182,1 (166-211)^\circ$ против $204,3 (179-225)^\circ$, $p<0,05$. Показатели МДЛЖ, оцененные по данным РТВГ, статистически значимо не различались между группами респондеров и нереспондеров: PSD $51,2 (37-62)^\circ$ против $49,4 (40-58)^\circ$, $p=0,92$ and HBW $203,4 (186-237)^\circ$ против $198,5 (174-240)^\circ$, $p=0,73$. По данным логистического регрессионного анализа статистически значимыми предикторами положительного ответа на СРТ являлись PSD (ОШ=0,91; 95% ДИ 0,85–0,97; $p<0,05$) и HBW (ОШ=0,98; 95% ДИ 0,96–0,99; $p=0,03$), оцененные по данным ПСМ. Показатели МДЛЖ, оцененные по данным РТВГ, не показали статистической значимости в прогнозе СРТ.

Заключение. ПСМ и РТВГ не являются сопоставимыми в оценке МДЛЖ. Показатели PSD и HBW, оцененные по данным ПСМ, могут быть использованы для оценки прогноза СРТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саушкин В.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Завадовский К.В. Значение радионуклидной оценки механической диссинхронии сердца в обследовании пациентов кардиологического профиля. *РЕЖР*. 2019. Т. 9. № 1. Р. 186–202. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202
2. Завадовский К.В., Саушкин В.В., Варламова Ю.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Лебедев Д.И. и др. Механическая диссинхрония в прогнозе ответа на ресинхронизирующую терапию у пациентов с дилатационной кардиомиопатией // *Кардиология*. 2021. Т. 61, № 7. С. 14–21. doi: 10.18087/cardio.2021.7n1420
3. Завадовский К.В., Саушкин В.В., Панькова А.Н., Лешманов Ю.Б. Методические особенности выполнения, обработки результатов и интерпретации данных радионуклидной равновесной томовентрикулографии // *Радиология-практика*. 2011. № 6. С. 75–83.

REFERENCES

1. Saushkin V.V., Mishkina A.I., Shipulin V.V., Zavadovsky K.V. The value of radionuclide assessment of mechanical dyssynchrony in patients with cardiac diseases. *REJR*, 2019, Vol. 9, No. 1, pp. 186–202. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202.
2. Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Varlamova Yu.V., Mishkina A.I., Shipulin V.V., Lebedev D.I. et al. Mechanical Dyssynchrony for Prediction of the Cardiac Resynchronization Therapy Response in Patients with Dilated Cardiomyopathy. *Kardiologia*, 2021, Vol. 61, No. 7, pp. 14–21 (In Russ.). doi: 10.18087/cardio.2021.7n1420
3. Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Pankova A.N., Lishmanov Yu.B. methodological features of gated blood pool SPECT data acquisition, imaging processing and results interpretation. *Radiology-Practice*. 2011. No. 6, pp. 75–83 (In Russ.).

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.

Контакт/Contact: Мишкина Анна Ивановна, anna123.2013@gmail.com

Сведения об авторах:

Мишкина Анна Ивановна — кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Шипулин Владимир Владимирович — младший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Саушкин Виктор Вячеславович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного

учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru; *Атабеков Таргел Абдильазимович* — кандидат медицинских наук, врач сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru; *Завадовский Константин Валерьевич* — доктор медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru.

ОЦЕНКА МИОКАРДИАЛЬНОГО КРОВОТОКА И КОРОНАРНОГО РЕЗЕРВА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ С СОХРАНЕННОЙ ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

А. В. Мочула, А. Н. Мальцева, К. В. Копьева, Е. В. Гракова, К. В. Завадовский

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Хроническая сердечная недостаточность с сохраненной фракцией выброса (ХСНсФВ) становится все более распространенной формой СН [1]. В последнее время обсуждается вопрос о роли микрососудистой дисфункции (МД) в патогенезе ХСНсФВ. Из существующих методов визуализации для оценки МД перспективным является динамическая ОФЭКТ миокарда [2, 3]. Проведенное исследование позволяет сделать заключение, что динамическая ОФЭКТ может стать доступным методом оценки микроциркуляторных изменений миокарда ЛЖ у пациентов с ХСНсФВ.

MYOCARDIAL BLOOD FLOW AND CORONARY FLOW RESERVE ASSESSMENT IN PATIENT WITH HEART FAILURE WITH PERCEIVED EJECTION FRACTION

Andrew V. Mochula, Alina N. Maltseva Kristina V. Kopeva, Elena V. Grakova, Konstantin V. Zavadovsky
Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Heart failure with perceived ejection fraction (HFpEF) is becoming a more prevalent form of HF [1]. Recently, the role of microvascular dysfunction (MD) in the pathogenesis of HFpEF is being discussed. Dynamic SPECT is a promising visualize method for MD assessment from existing [2, 3]. This investigation leads to the conclusion that dynamic SPECT can be an available approach for assessing microvascular disorders in patient with HFpEF.

Цель исследования. Изучить параметры миокардиального кровотока (МК) и резерва коронарного кровотока (РКК) у больных хронической сердечной недостаточностью (ХСН) с сохраненной фракцией выброса левого желудочка и оценить их взаимосвязь с тяжестью течения ХСН.

Материалы и методы. В исследование включено 47 пациентов (68,7% мужчин) в возрасте 65,0 (58,0; 72,0) лет с ФВ ЛЖ — 62 (56; 67) % и стенозом коронарных артерий <50%. Оценку сывороточных уровней NT-проBNP и ST2 выполняли с помощью иммуноферментного анализа исходно. Всем пациентам было выполнено эхокардиографическое исследование сердца по стандартному протоколу с целью оценки функции левого желудочка. Величины МК и РКК оценивали с помощью динамической ОФЭКТ миокарда.

Результаты. В зависимости от уровней NT-проBNP больные были разделены на две группы ($p < 0,001$): в первую группу вошли пациенты ($n = 32$) с клиническими признаками сердечной недостаточности — наличием диастолической дисфункции и уровнем NT-проBNP ≥ 125 пг/мл. Вторую группу составили пациенты ($n = 15$) с нарушением диа-

столической функции сердечной мышцы, но без гиперсекреции NT-проBNP (< 125 пг/мл). Больные ХСНсФВ характеризовались практически десятикратным увеличением уровня NT-проBNP по сравнению с пациентами у которых была выявлена только диастолическая дисфункция без гиперсекреции NT-проBNP: 511,4 [249,8; 1578,1] пг/мл и 58,2 [41,6; 70,7] пг/мл, соответственно. Группа больных с клиническими признаками ХСН характеризовалась более высокими значениями (на 33,8%, $p = 0,0001$) МК в условиях функционального покоя и сниженной величиной РКК (на 14,7%, $p = 0,001$) по сравнению с пациентами без повышения уровня этого биохимического показателя: МК в покое — 0,65 (0,44; 0,79) vs. 0,43 (0,30; 0,58) мл/мин/г; РКК — 2,21 (1,52; 2,83) vs 2,59 (2,47; 3,05), соответственно. При этом, стресс-индуцированный МК не различался между группами. Установлена взаимосвязь уровней NT-проBNP с глобальным РКК ($p = 0,012$; $r = -0,339$) и МК в условиях покоя ($p = 0,012$; $r = 0,322$). Также выявлена корреляция глобального РКК и уровня ST2 ($r = -0,331$; $p = 0,023$). Выявлен ступенчатый характер снижения величины глобального РКК в зависимости от ФК по NYHA ($p < 0,001$): 2,79 (2,52; 2,93); 1,8 (1,55; 2,08); 1,31 (1,23; 1,49) — для ФК I; ФК II; ФК III, соответственно. Проведенный ROC-анализ показал, что чувствительность и специфичность динамической ОФЭКТ в идентификации микрососудистой дисфункции составили 64,9% и 70,6%, соответственно выборе пограничного значения глобального РКК $\leq 2,27$ (AUC = 0,746; $p < 0,001$).

Заключение. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что нарушение коронарного кровоснабжения на уровне микроциркуляции может быть начальным звеном в манифестации и развитии ХСНсФВ, даже при отсутствии стенозирующего атеросклеротического поражения венечных сосудов. При этом степень выраженности изменений МК в условиях покоя и РКК тесно взаимосвязаны с тяжестью течения ХСН. Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ (№ МК-4257.2022.3)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копьева К.В., Тепляков А.Т., Гракова Е.В., и др. Роль нового биомаркера ST2 в оценке ремоделирования миокарда у больных хронической сердечной недостаточностью ишемического генеза с сохраненной фракцией выброса левого желудочка // *Кардиология*. 2018. Т. 58, № S10. С. 33–43. doi: 10.18087/cardio.2498.
2. Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Grakova E.V., Gulya M.O., Mochula A.V. Myocardial perfusion pattern in patients with different degrees of coronary artery stenosis // *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2017. Vol. 7, No. 4. P. 39–54.
3. Mochula A., Zavadovsky K., Andreev S., Lishmanov Y. Dynamic single-photon emission computed tomography data analysis: capabilities for determining functional significance of coronary artery atherosclerosis // *MATEC Web of Conferences*. 2016. P. 01080.

REFERENCES

1. Kop'eva K.V., Teplyakov A.T., Grakova E.V. et al. Role of ST2 biomarker for the evaluation of myocardial remodeling in patients with ischemic heart failure with preserved ejection fraction. *Kardiologiya*. 2018. Vol. 58, № S10, pp. 33–43.
2. Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Grakova E.V., Gulya M.O., Mochula A.V. Myocardial perfusion pattern in patients with different degrees of coronary artery stenosis // *Russian Electronic Journal of Radiology*. 2017. Vol. 7, No. 4. P. 39–54.
3. Mochula A., Zavadovsky K., Andreev S., Lishmanov Y. Dynamic single-photon emission computed tomography data analysis: capabilities for determining functional significance of coronary artery atherosclerosis // *MATEC Web of Conferences*. 2016. P. 01080.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.

Контакт/Contact: Мочула Андрей Викторович, mochula.andrew@gmail.com

Сведения об авторах:

Мочула Андрей Викторович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Мальцева Алина Николаевна — аспирант и лаборант-исследователь лаборатории радионуклидных методов исследования федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: maltseva.alina.93@gmail.com;

Копьева Кристина Васильевна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения патологии миокарда федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Гракова Елена Викторовна — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения патологии миокарда федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Завадовский Константин Валерьевич — доктор медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru.

ВИЗУАЛЬНАЯ ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЭТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ КАК ВОЗМОЖНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В ПЭТ

А. В. Петрякова, Л. А. Чипига

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Городская больница № 40, Санкт-Петербург, Россия

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева, Санкт-Петербург, Россия

Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

Проведение процедур контроля качества в позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) лежит в основе достижения высокой диагностической эффективности, а также получения точных, воспроизводимых и сопоставимых результатов ПЭТ-исследований. В работе представлен предварительный анализ визуальной оценки качества ПЭТ-изображений и факторов, влияющих на ее формирование, а также сделаны выводы о возможности ее применения для проведения контроля качества в ПЭТ.

VISUAL PET IMAGES QUALITY ASSESSMENT BY EXPERTS AS A POSSIBLE PET QUALITY CONTROL METHOD

Anastasia V. Petryakova, Larisa A. Chipiga

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

City Hospital No. 40, St. Petersburg, Russia

St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P. V. Ramzaev, St. Petersburg, Russia

National Almazov Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

Quality control in positron emission tomography (PET) underlies to get high diagnostic efficiency, accurate, comparable, and repeatable results of PET. The study reports preliminary analysis of PET images quality assessment by experts and factors influencing the assessment, and it also concludes the method applicability for PET quality control.

Цель исследования. Проанализировать предварительные результаты визуальной оценки качества ПЭТ-изображений и факторы, кото-

рые могут иметь влияние на ее формирование, и рассмотреть возможность проведения контроля качества ПЭТ-исследований [1–3].

Материалы и методы. В настоящем исследовании приняли участие 23 врача-эксперта, имеющие различный стаж работы в области радиологии, из 6 медицинских организаций (МО) города Санкт-Петербурга. В соответствии со стажем работы было выделено 3 группы: менее 5 лет (8 врачей), 5–15 лет (10 врачей) и более 15 лет работы (5 врачей). Врачи-эксперты оценивали 60 ПЭТ-изображений пациентов, прошедших исследование всего тела с 18F-ФДГ, полученные на 12 томографах различных моделей в 9 ПЭТ-отделениях. Каждый эксперт провел визуальную оценку качества ПЭТ-изображений по трем критериям (четкость, артефакты и общее качество изображения) по 5-балльной шкале. Для каждого томографа был определен общий средний балл оценки по каждому критерию и средний балл оценки по критерию общее качество в группах, выделенных по стажу и месту работы. По средним значениям между группами было проведено сравнение с помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Средний балл визуальной экспертной оценки качества для 7 томографов составил 4–4,6 балла по всем критериям; изображения с 3 томографов эксперты оценили в 3,6–3,8 баллов; 2 томографа — ниже 3 баллов. Среднее и низкое, по мнению всех врачей-экспертов, качество изображений, было характерно моделям томографов с устаревшими техническими характеристиками детектирующей системы и со специфическими алгоритмами и фильтрами реконструкции. Сравнение между тремя группами по стажу работы показало статистически значимые различия: оценки экспертов со стажем работы 5–15 лет были достоверно выше по сравнению с экспертами, которые работают менее 5 лет. Сравнение между группами по месту работы показало статистически значимые различия: оценки экспертов из одной МО были достоверно ниже по сравнению с остальными экспертами.

Заключение. Полученные результаты продемонстрировали возможности сравнения и оценки характеристик систем и используемых параметров формирования изображения. Однако такая оценка качества является субъективной и зависит от условий и стажа работы врача-эксперта. Таким образом, визуальная оценка качества ПЭТ-изображений имеет ряд ограничений для самостоятельного применения, но может служить вспомогательным инструментом в области контроля качества ПЭТ-исследований. Дальнейшая работа в данном направлении будет посвящена изучению взаимосвязи между визуальной экспертной оценкой качества и объективными параметрами качества ПЭТ-изображения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чипига Л.А., Водоватов А.В., Катаева Г.В. и др. Современные подходы к обеспечению качества диагностики в позитронно-эмиссионной томографии // *Медицинская физика*. 2019. Т. 82, № 2. С. 78–92
2. Петрякова А.В., Чипига Л.А., Иванова А.А. и др. Сравнение методов оценки качества ПЭТ-изображения // *Медицинская физика*. 2020. Т. 88, № 4. С. 62–73.
3. Petryakova A.V., Chipiga L.A., Ivanova A.A. et al. Multicenter comparison of PET/CT examination protocols by image quantitative parameters. *AIP Conference Proceedings*. 2021. 2356, 020018.

REFERENCES

1. Chipiga L.A., Vodovатов A.V., Kataeva G.V. et al. Proposals of quality assurance in positron emission tomography in Russia. *Medical Physics*, 2019, Vol. 82, No. 2, pp. 78–92
2. Petryakova A.V., Chipiga L.A., Ivanova A.A. et al. Comparison of image quality control methods in positron emission tomography. *Medical Physics*, 2020, Vol. 88, No. 4, pp. 62–73
3. Petryakova A.V., Chipiga L.A., Ivanova A.A. et al. Multicenter comparison of PET/CT examination protocols by image quantitative parameters. *AIP Conference Proceedings*. 2021. 2356, 020018.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 01.02.2022 г.

Контакт/Contact: Петрякова Анастасия Валерьевна, nastya.petryakova@gmail.com

Сведения об авторах:

Петрякова Анастасия Валерьевна — студент магистратуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; e-mail: office@spbstu.ru; инженер по радиационной безопасности Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская больница № 40»; 197706, Санкт-Петербург, Сестрорецк, ул. Борисова, д. 9А; e-mail: b40@zdrav.spb.ru;

Чипига Лариса Александровна — кандидат технических наук, научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: irh@niirg.ru; федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова»; доцент федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; e-mail: pr@almazovcentre.ru.

КЛИНИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ: ОФЭКТ С МЕЧЕННЫМИ ^{99m}Tc -НМРАО АУТОЛЕЙКОЦИТАМИ В ДИАГНОСТИКЕ МИОКАРДИТА У БОЛЬНОГО COVID-19

П. И. Симещенко, В. М. Черемисин, М. С. Митичкин, И. С. Бышева
Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург, Россия

Одним из серьезных осложнений, которое встречается у 15–60% больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19, является миокардит [1, 2]. Особенностью течения такого миокардита было наличие коронарита, а также возможное его сочетание с лимфоцитарным эндо- и перикардитом [3]. Проведенные исследования показали, что скintiграфия с лейкоцитами, меченными ^{99m}Tc -НМРАО, в диагностике миокардитов обладает чувствительностью 62%, специфичностью 92%, а диагностическая точность при этом — 85% [4].

CASE REPORT: SPECT WITH ^{99m}Tc -HMPAO-LABELED AUTOLEUKOCYTES IN THE DIAGNOSIS OF MYOCARDITIS IN A PATIENT WITH COVID-19

Pavel I. Simeshchenko, Vladimir M. Cheremisin, Mikhail S. Mitichkin, Irina S. Bysova
City Mariinsky Hospital, St. Petersburg, Russia

One of the serious complications that occurs in 15–60% of patients who have had a new coronavirus infection COVID-19 is myocarditis [1, 2]. A feature of the course of such myocarditis was the presence of coronaryitis, as well as its possible combination with lymphocytic endo- and pericarditis [3]. Previous studies have shown that scintiography with ^{99m}Tc -HMPAO-labeled leukocytes in the diagnosis of myocarditis has a sensitivity of 62%, a specificity of 92%, and a diagnostic accuracy of 85% [4].

Цель исследования. Оценить состояние миокарда при подозрении на воспалительные изменения у больного COVID-19 с помощью пошаговой методики ОФЭКТ с аутолейкоцитами, меченными ^{99m}Tc -НМРАО.

Материалы и методы. Больной Н., 15.12.1966 г.р. поступил в СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница» 06.01.2021 г. с диагнозом: новая коронавирусная инфекция COVID-19, вирус идентифицирован, тяжелое течение. Осложнения: двусторонняя полисегментарная пневмония. ДН 2 ст. Интоксикационный синдром. ИБС. Атеросклеротический и постинфарктный атеросклероз. Гипертоническая болезнь 3 ст., риск развития ССО 4. ЦВБ. Дисциркуляторная энцефалопатия 2 ст. По результатам лабораторного, инструментального контроля у больного заподозрен миокардит. Для уточнения диагноза рекомендована скintiграфия с лейкоцитами, меченными ^{99m}Tc -НМРАО. Лейкоциты метили ^{99m}Tc -эксаметазимом (^{99m}Tc -НМРАО). Использовали метод скintiграфии, описанный для топической диагностики воспалительных заболеваний сердца (Патент RU 2136218 С1, МПК: А61В 8/13). Данная методика включает выполнение двух скintiграфических исследований: с меченными ^{99m}Tc -НМРАО аутолейкоци-

тами для определения очага воспаления и с ^{99m}Tc -sestamibi для топографии миокарда. Для процесса выделения и мечения лейкоцитов применили метод, предложенный для выявления очагов воспаления с помощью полиорганный скintiграфии (патент RU 2648877 С1, МПК: А61В 6/03, А61К 49/04, А61Р 43/00). Скintiграфию проводили на ОФЭКТ/КТ Symbia Т через 20 часов после введения радиофармпрепарата. Использовали высокоразрешающие коллиматоры, матрицу: 64×64 пикселя, 32 позиции по 40 секунд на каждую.

Результаты. С помощью программного обеспечения осуществили совмещение двух проведенных скintiграфических исследований с РФП ^{99m}Tc -эксаметазимом и ^{99m}Tc -sestamibi, по заранее нанесенным на больного радиоактивным меткам, что позволило определить очаг воспаления и уточнить его точную локализацию в миокарде. На фоне соответствующего лечения достигнуты все клинико-лабораторные критерии выздоровления. Метод скintiграфии с меченными аутолейкоцитами позволил подтвердить у больного диагноз миокардита.

Заключение. Скintiграфия с аутолейкоцитами, меченными ^{99m}Tc -НМРАО, способ неинвазивной диагностики миокардитов, в том числе, COVID-19-ассоциированных. Выполнение двойного протокола с ^{99m}Tc -НМРАО и ^{99m}Tc -sestamibi позволяет точно локализовать очаг воспаления, а также оценивать перфузию миокарда. Учитывая трудоемкость, затратность и относительно невысокую чувствительность, скintiграфию целесообразно рассматривать как метод выбора или уточнения диагноза в сложных клинических случаях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Abbasi J. Researchers Investigate What COVID-19 Does to the Heart // *JAMA*. 2021. Vol. 325, No. 9. P. 808–811. doi: 10.1001/jama.2021.0107.
- Puntmann V.O., Carerj M.L., Wieters I. et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *JAMA Cardiol*. Published online July 27, 2020. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557.
- Коган Е.А., Березовский Ю.С., Благова О.В., Куклева А.Д., Богачева Г.А., Курилина Э.В., Калинин Д.В., Багдасарян Т.Р., Семенова Л.А., Грецов Е.М., Эргешов А.Э., Фомин В.В. Миокардит у пациентов с COVID-19, подтвержденный результатами иммуногистохимического исследования // *Кардиология*. 2020. Т. 60, № 7. С. 4–10.
- Сазонова С.И., Илюшенкова Ю.Н., Баталов Р.Ю., Роговская Ю.В., Лишманов Ю.Б., Попов С.В. Определение эффективности однофотонной эмиссионной компьютерной томографии с лейкоцитами, меченными ^{99m}Tc -НМРАО, в диагностике миокардитов: сопоставление результатов скintiграфии и данных гистологического исследования // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2015. № 4. С. 29–34. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2015-0-4-29-34>.

REFERENCES

- Abbasi J. Researchers Investigate What COVID-19 Does to the Heart // *JAMA*. 2021. Vol. 325, No. 9. P. 808–811. doi: 10.1001/jama.2021.0107.
- Puntmann V.O., Carerj M.L., Wieters I. et al. Outcomes of cardiovascular magnetic resonance imaging in patients recently recovered from coronavirus disease 2019 (COVID-19) // *JAMA Cardiol*. Published online July 27, 2020. doi: 10.1001/jamacardio.2020.3557.
- Kogan E. A., Berezovsky Yu. S., Blagova O. V., Kukleva A. D., Bogacheva G. A., Kurilina E. V., Kalinin D. V., Semenova T. R. L. A., Gretsov E. M., Ergeshov A. E., Fomin V. V. Myocarditis in patients with COVID-19, confirmed by the results of immunohistochemical studies. *Kardiologiya*, 2020, Vol. 60, No. 7, pp. 4–10.
- Sazonova S. I., Ilyushenkova Yu. N., Batalov R. Yu., Rogovskaya Yu. V., Lishmanov Yu. B., Popov S. V. Determining the effectiveness of single-photon emission computed tomography with ^{99m}Tc -HMPAO-labeled leukocytes in the diagnosis of myocarditis: comparison of scintiography results and histological data. *Bulletin of radiology and radiology*, 2015, No. 4, pp. 29–34. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2015-0-4-29-34>.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 20.01.2022 г.
Контакт/Contact: Симещенко Павел Игоревич, simeshchenko@gmail.com

Сведения об авторах:

Симещенко Павел Игоревич — заведующий отделением радионуклидной диагностики Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: b16@mariin.ru;

Черемисин Владимир Максимович — доктор медицинских наук, профессор, заведующий лучевым отделом Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: b16@mariin.ru;

Митичкин Михаил Семенович — заведующий инфекционным отделением Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: b16@mariin.ru;

Бышева Ирина Сергеевна — заведующая отделением переливания крови Санкт-Петербургского государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Городская Мариинская больница»; Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: b16@mariin.ru.

ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ ^{11}C -МЕТИОНИНА В ДИАГНОСТИКЕ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ОПУХОЛЕЙ

Т. Ю. Скворцова

Институт мозга человека имени Н. П. Бехтерева Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

Исследование включало ретроспективный анализ динамических серий ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином для 71 объемного образования головного мозга. Произведена оценка величин различных динамических характеристик кривых накопления метионина. Получены данные о различиях динамики захвата радиофармпрепарата в опухолях различной гистоструктуры и степени злокачественности.

DYNAMICS OF ^{11}C -METHIONINE UPTAKE IN DIAGNOSTICS OF CEREBRAL TUMORS

Tatyana Yu. Skvortsova

N. P. Bechtereva Institute of the Human Brain of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

The study included a retrospective analysis of dynamic ^{11}C -methionine PET/CT series in 71 brain lesions. An estimation of various dynamic characteristics of the methionine uptake curves was made. Evidence of dissimilar dynamics of radiotracer in tumors of different histological structures and malignancy was obtained.

Цель исследования. Изучить количественные характеристики кривой накопления ^{11}C -метионина в опухолях головного мозга различной степени злокачественности и гистологической структуры.

Материалы и методы. в исследование вошло 40 новообразований головного мозга высокой и 31 — низкой степени злокачественности. Из них: 25 астроцитом Gr 2–3, 8 олигодендроглиом Gr 2–3, 17 глиобластом Gr 4, 2 менингиомы, 4 В-клеточных лимфомы ЦНС. Еще 5 образований относились к метастатическим поражениям, 3 имели неопухолевую природу, а у 7 гистологический тип остался неуточненным. Все пациенты прошли МРТ и 40-минутное динамическое ПЭТ/КТ обследование [1]. Интервалы реконструкции составляли: 10×30, 5×60 и 5×180 секунд. Кривые уровня сигнала захвата (SUVbw) ^{11}C -метионина были получены для максимума в новообразовании, а также для областей интереса в виде эллипса диаметром 10 мм и сферы объемом 1,8–2 мл [2], очерченных в области максимального накопления РФП. Были рассчитаны динамические характеристики кривой — время до пика, скорость изменения сигнала в раннюю и позднюю фазы накопления. Статистическая обработка включала непараметрические тесты Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни с коррекцией на множественную проверку гипотез методом Бенджамини–Хохберга (FDR<0,05).

Результаты. Рост сигнала в раннюю фазу (SUVbw/час) различался у новообразований низкой (14,7; 8–22,6 — медиана; межквартильный размах) и высокой (22,9; 17,1–38,1) степени злокачественности. Скорости изменения сигнала в позднюю фазу достоверно различались у олигодендроглиом (–0,31; –0,98.–0,04) и лимфом (0,66; 0,44–1,06), а также олигодендроглиом и метастазов (0,67; 0,54–1,41). Все статистически значимые различия были получены для сферической ОИ.

Заключение. Хотя динамические характеристики захвата другого аминокислотного радиотрейсера — 18F-фторэтилтирозина — успеш-

но используются для дифференциальной диагностики глиом высокой и низкой степени злокачественности [3], аналогичные исследования для ^{11}C -метионина появились лишь в последнее время [2, 4]. Вместе с тем, согласно имеющимся литературным данным, кинетические характеристики накопления метионина различаются у опухолей с различной гистоструктурой [5]. Полученные в настоящей работе результаты частично согласуются с данными предыдущих исследований и позволяют сделать вывод о перспективах динамического сканирования для повышения диагностической информативности метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцова Т.Ю. Стабильность уровня захвата ^{11}C -метионина в новообразованиях головного мозга на поздней фазе накопления: Ядерная медицина // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 1S. С. 144–149. doi: 10.22328/2079-5343-2021-12-S-144-149.
2. Вихрова Н.Б., Калаева Д.Б., Постнов А.А., Хохлова Е.В., Конакова Т.А., Баталов А.И., Погосбекян Э.Л., Пронин И.Н. Динамическая ПЭТ/КТ с ^{11}C -метионином в дифференциальной диагностике глиальных опухолей головного мозга // *Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н.Бурденко*. 2021. Т. 85, № 3. С. 5–13. doi: 10.17116/neiro2021850315.
3. Law I., Albert N.L., Arbizu J., Boellaard R., Drzezga A., Galldiks N., la Fougère C., Langen K.J., Lopci E., Lowe V., McConathy J., Quick H.H., Sattler B., Schuster D.M., Tonn J.C., Weller M. Joint EANM/EANO/RANO practice guidelines/SNMMI procedure standards for imaging of gliomas using PET with radiolabelled amino acids and [18F]FDG: version 1.0 // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2019. Vol. 46, No. 3. P. 540–557. doi: 10.1007/s00259-018-4207-9.
4. Martens C., Debeir O., Decaestecker C., Metens T., Lebrun L., Leurquin-Sterk G., Trotta N., Goldman S., Van Simaey G. Voxelwise Principal Component Analysis of Dynamic [S-Methyl- ^{11}C]Methionine PET Data in Glioma Patients // *Cancers (Basel)*. 2021. Vol. 13, No. 10. P. 2342. doi: 10.3390/cancers13102342.
5. Nomura Y., Asano Y., Shinoda J., Yano H., Ikegame Y., Kawasaki T., Nakayama N., Maruyama T., Muragaki Y., Iwama T. Characteristics of time-activity curves obtained from dynamic ^{11}C -methionine PET in common primary brain tumors // *J. Neurooncol*. 2018. Vol. 138, No. 3. P. 649–658. doi: 10.1007/s11060-018-2834-4.

REFERENCES

1. Skvortsova T.Yu. Stability of the level of ^{11}C -methionine uptake in brain neoplasms in the late phase of accumulation: *Nuclear Medicine. Radiation Diagnostics and Therapy*, 2021, Vol. 12, No. 1S, pp. 144–149. doi: 10.22328/2079-5343-2021-12-S-144-149.
2. Vikhrova N.B., Kalaeva D.B., Postnov A.A., Khokhlova E.V., Konakova T.A., Batalov A.I., Pogosebekyan E.L., Pronin I.N. Dynamic PET/CT with ^{11}C -methionine in the differential diagnosis of brain glial tumors. *Journal of Problems of Neurosurgery named after N.N. Burdenko*, 2021, Vol. 85, No. 3, pp. 5–13. doi: 10.17116/neiro2021850315.
3. Law I., Albert N.L., Arbizu J., Boellaard R., Drzezga A., Galldiks N., la Fougère C., Langen K.J., Lopci E., Lowe V., McConathy J., Quick H.H., Sattler B., Schuster D.M., Tonn J.C., Weller M. Joint EANM/EANO/RANO practice guidelines/SNMMI procedure standards for imaging of gliomas using PET with radiolabelled amino acids and [18F]FDG: version 1.0 // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*. 2019. Vol. 46, No. 3. P. 540–557. doi: 10.1007/s00259-018-4207-9.
4. Martens C., Debeir O., Decaestecker C., Metens T., Lebrun L., Leurquin-Sterk G., Trotta N., Goldman S., Van Simaey G. Voxelwise Principal Component Analysis of Dynamic [S-Methyl- ^{11}C]Methionine PET Data in Glioma Patients // *Cancers (Basel)*. 2021. Vol. 13, No. 10. P. 2342. doi: 10.3390/cancers13102342.
5. Nomura Y., Asano Y., Shinoda J., Yano H., Ikegame Y., Kawasaki T., Nakayama N., Maruyama T., Muragaki Y., Iwama T. Characteristics of time-activity curves obtained from dynamic ^{11}C -methionine PET in common primary brain tumors // *J. Neurooncol*. 2018. Vol. 138, No. 3. P. 649–658. doi: 10.1007/s11060-018-2834-4.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.

Контакт/Contact: Котомин Иван Александрович, Kotomin@ihb.spb.ru

Сведения об авторах:

Скворцова Татьяна Юрьевна — кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Институт мозга человека имени Н. П. Бехтерева Российской академии наук», 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д. 12а, e-mail: Kotomin@ihb.spb.ru.

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ¹⁸F-FDG ПЭТ/КТ В ВИСЦЕРАЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАСТАЗИРОВАНИЯ ПРИ КОЛОРЕКТАЛЬНОМ РАКЕ

А. Ф. Сулейманов, А. Б. Садуакасова, Д. В. Винников

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы,
Республика Казахстан

Больница медицинского центра Управления делами Президента
Республики Казахстан, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Колоректальный рак (КРР) является одной из основных причин высокой смертности от рака во всем мире, и его метастазирование в лимфатические узлы является важным прогностическим фактором. Результаты этого исследования показывают количественную оценку функциональной активности висцеральной жировой ткани при использовании ¹⁸F-FDG ПЭТ/КТ у пациентов с КРР и его прогностическую ценность для раннего выявления метастазов в лимфатические узлы.

PREDICTIVE VALUE OF ¹⁸F-FDG PET/CT IN VISCERAL FAT ACTIVITY FOR DETECTION OF COLORECTAL CANCER METASTASIS

Amil F. Suleimanov, Aigul B. Saduakassova, Denis V. Vinnikov
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Hospital of the Medical Center of the Administration of the President of
the Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan

Colorectal cancer (CRC) is one of the main causes of high cancer mortality worldwide and its metastasis to the lymph nodes (LN) are important prognostic factors. The results of this study shows the quantitatively assess functional visceral fat activity of using ¹⁸F-FDG PET/CT in patients with CRC and its predictive potential for early LN metastases detection.

Цель исследования. To assess functional visceral fat activity evaluated by ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography as predictor of metastases of colorectal cancer.

Материалы и методы. We assessed 60 patients with histologically confirmed colorectal cancer, who underwent ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography after a surgical treatment and courses of chemotherapy. Age, histology, stage, and tumor grade were recorded. Functional visceral fat activity was measured by maximum standardized uptake value using ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography and tested as a predictor of later metastases in eight abdominal locations and pelvis in the adjusted regression models. We also report best areas under curve for maximum standardized uptake value with the corresponding sensitivity and specificity.

Результаты. In both adjusted for age regression models and ROC analysis, ¹⁸F-fluorodeoxyglucose accumulation in left hypochondriac region (cutoff SUVmax 0.74; sensitivity 75%; specificity 61%; AUC 0.668; p=0.049), umbilical region (cutoff SUVmax 0.78; sensitivity 69%; specificity 61%; AUC 0.679; p=0.035), right lumbar region (cutoff SUVmax 1.05; sensitivity 69%; specificity 77%; AUC 0.682; p=0.032) and right inguinal region (cutoff SUVmax 0.85; sensitivity 63%; specificity 61%; AUC 0.672; p=0.043) could predict later metastases of colorectal cancer patients, as opposed to age, sex, primary tumor location, tumor grade and histology.

Заключение. Functional visceral fat activity SUVmax is significantly associated with later lymph node metastases of colorectal cancer patients and can be used as their predictor. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose accumulation in visceral fat predicts later lymph node metastases in colorectal cancer. Functional visceral fat activity assessed by ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography is significantly associated with lymphatic metastases. Furthermore, it is a useful factor for the prediction of lymphatic metastases and the implementation of the results into practical medicine will help practitioners in choosing tactics and controlling in colorectal cancer patients.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pakh K., Rhee S., Kim S., Choe J.G. Predictive Role of Functional Visceral Fat Activity Assessed by Preoperative F-18 FDG PET/CT for Regional Lymph Node or Distant Metastasis in Patients with Colorectal Cancer // *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11: e0148776.

2. Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I., Siegel R.L., Torre L.A., Jemal A. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA Cancer J. Clin.* 2018. Vol. 68. P. 394–424.
3. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Laversanne M., Soerjomataram I., Jemal A et al. Global Cancer Statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancers in 185 Countries // *CA Cancer J. Clin.* 2021. Vol. 71. P. 209–49.
4. Xi Y., Xu P. Global colorectal cancer burden in 2020 and projections to 2040 // *Transl. Oncol.* 2021. Vol. 14. P. 101174.
5. Choi B.W., Kang S., Bae S.U., Jeong W.K., Baek S.K., Song B.-I. et al. Prognostic value of metabolic parameters on ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron tomography/computed tomography in classical rectal adenocarcinoma. *Sci Rep.* 2021; 11: 12947.
6. Kim S.H., Song B.-I., Kim B.W., Kim H.W., Won K.S., Bae S.U. et al. Predictive Value of [¹⁸F]FDG PET/CT for Lymph Node Metastasis in Rectal Cancer // *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. P. 4979.
7. Sokolović E., Cerić T., Cerić Š., Bešlija S., Vegar-Zubović S., Bešlić N et al. The Prognostic Value of SUVmax of ¹⁸F-FDG PET/CT in Patients with Metastatic Colorectal Cancer // *Acta Medica Acad.* 2020. Vol. 49. P. 1–8.
8. Arslan E., Aksoy T., Gürsu R.U., Dursun N., Çakar E., Çermik T.F. The Prognostic Value of ¹⁸F-FDG PET/CT and KRAS Mutation in Colorectal Cancers // *Mol. Imaging Radionucl. Ther.* 2020. Vol. 29. P. 17–24.
9. Rickles A.S., Iannuzzi J.C., Mironov O., Deeb A.-P., Sharma A., Fleming F.J. et al. Visceral Obesity and Colorectal Cancer: Are We Missing the Boat with BMI? // *J. Gastrointest Surg.* 2013. Vol. 17. P. 133–143.
10. Christen T., Sheikine Y., Rocha V.Z., Hurwitz S., Goldfine A.B., Di Carli M et al. Increased glucose uptake in visceral versus subcutaneous adipose tissue revealed by PET imaging // *JACC Cardiovasc Imaging.* 2010. No. 3. P. 843–851.
11. Bucerius J., Vijgen G.H.E.J., Brans B., Bouvy N.D., Bauwens M., Rudd J.H.F. et al. Impact of Bariatric Surgery on Carotid Artery Inflammation and the Metabolic Activity in Different Adipose Tissues // *Medicine (Baltimore)*. 2015. Vol. 94. P. e725.
12. Gholami S., Salavati A., Houshmand S., Werner T.J., Alavi A. Assessment of atherosclerosis in large vessel walls: A comprehensive review of FDG-PET/CT image acquisition protocols and methods for uptake quantification // *J. Nucl. Cardiol. Off Publ Am. Soc Nucl Cardiol.* 2015. Vol. 22. P. 468–479.
13. Vanfleteren L.E.G.W., Meerendonk A.M.G. van, Franssen F.M., Wouters E.F.M., Mottaghy F.M., Kroonenburgh M.J. van et al. A possible link between increased metabolic activity of fat tissue and aortic wall inflammation in subjects with COPD. A retrospective ¹⁸F-FDG-PET/CT pilot study // *Respir. Med.* 2014. Vol. 108. P. 883–890.
14. Tong L., Sui Y., Jiang S., Yin Y. The Association Between Lung Fluorodeoxyglucose Metabolism and Smoking History in 347 Healthy Adults // *J. Asthma Allergy.* 2021. Vol. 14. P. 301–308.
15. Wu X., Lin H., Li S. Prognoses of different pathological subtypes of colorectal cancer at different stages: A population-based retrospective cohort study // *BMC Gastroenterol.* 2019. Vol. 19. P. 164.
16. Hugen N., van de Velde C.J.H., de Wilt J.H.W., Nagtegaal I.D. Metastatic pattern in colorectal cancer is strongly influenced by histological subtype // *Ann. Oncol.* 2014. Vol. 25. P. 651–657.
17. Riihimäki M., Hemminki A., Sundquist J., Hemminki K. Patterns of metastasis in colon and rectal cancer. *Sci Rep.* 2016; 6: 29765.
18. Remo A., Fassan M., Vanoli A., Bonetti L.R., Barresi V., Tatangelo F et al. Morphology and Molecular Features of Rare Colorectal Carcinoma Histotypes // *Cancers.* 2019. Vol. 11. P. 1036.
19. Glynne-Jones R., Wyrwicz L., Tiret E., Brown G., Rödel C., Cervantes A et al. Rectal cancer: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up // *Ann. Oncol. Off J. Eur. Soc. Med. Oncol.* 2017. Vol. 28, suppl. 4. iv22–40.
20. Van Cutsem E., Cervantes A., Adam R., Sobrero A., Van Krieken J.H., Aderka D et al. ESMO consensus guidelines for the management of patients with metastatic colorectal cancer // *Ann. Oncol. Off J. Eur. Soc. Med. Oncol.* 2016. Vol. 27. P. 1386–422.
21. Ozis S.E., Soydal C., Akyol C., Can N., Kucuk O.N., Yagci C et al. The role of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography in the primary staging of rectal cancer // *World J. Surg Oncol.* 2014. Vol. 12. P. 26.
22. Suzuki Y., Okabayashi K., Hasegawa H., Tsuruta M., Shigetani K., Murakami K et al. Metabolic Tumor Volume and Total Lesion Glycolysis in PET/CT Correlate With the Pathological Findings of Colorectal Cancer and Allow Its Accurate Staging // *Clin. Nucl. Med.* 2016. Vol. 41. P. 761–765.

23. Wolf E., Hendlitz A., Ameye L., Garcia C., Kamoun T., Guiot T et al. Validation of Metabolically Active Tumor Volume and Total Lesion Glycolysis as ^{18}F -FDG PET/CT-derived Prognostic Biomarkers in Chemorefractory Metastatic Colorectal Cancer // *J. Nucl. Med.* 2019. Vol. 60. P. 178–184.
24. Son S.H., Lee S.W., Jeong S.Y., Song B.-I., Chae Y.S., Ahn B.-C. et al. Whole-Body Metabolic Tumor Volume, as Determined by ^{18}F -FDG PET/CT, as a Prognostic Factor of Outcome for Patients With Breast Cancer Who Have Distant Metastasis // *Am. J. Roentgenol.* 2015. Vol. 205. P. 878–885.
25. Hong J.H., Kim H.H., Han E.J., Byun J.H., Jang H.S., Choi E.K. et al. Total Lesion Glycolysis Using ^{18}F -FDG PET/CT as a Prognostic Factor for Locally Advanced Esophageal Cancer // *J. Korean Med. Sci.* 2016. Vol. 31. P. 39–46.
26. Bang J.-I., Ha S., Kang S.-B., Lee K.-W., Lee H.-S., Kim J.-S. et al. Prediction of neoadjuvant radiation chemotherapy response and survival using pretreatment [^{18}F]FDG PET/CT scans in locally advanced rectal cancer // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2016; 43: 422–431.
27. Ogawa S., Itabashi M., Kondo C., Momose M., Sakai S., Kameoka S. Prognostic Value of Total Lesion Glycolysis Measured by ^{18}F -FDG-PET/CT in Patients with Colorectal Cancer // *Anticancer Res.* 2015. Vol. 35. P. 3495–3500.
28. Shi D., Cai G., Peng J., Li D., Li X., Xu Y. et al. The preoperative SUVmax for ^{18}F -FDG uptake predicts survival in patients with colorectal cancer // *BMC Cancer.* 2015. Vol. 15. P. 991.
29. Deantonio L., Caroli A., Puta E., Ferrante D., Apicella F., Turri L. et al. Does baseline [^{18}F] FDG-PET/CT correlate with tumor staging, response after neoadjuvant chemoradiotherapy, and prognosis in patients with rectal cancer? // *Radiat. Oncol.* 2018. Vol. 13. P. 211.
30. Zhu L., Ling C., Xu T., Zhang J., Zhang Y., Liu Y. et al. Clinicopathological Features and Survival of Signet-Ring Cell Carcinoma and Mucinous Adenocarcinoma of Right Colon, Left Colon, and Rectum // *Pathol. Oncol. Res.* 2021. Vol. 27. P. 1609800.
31. Im H.-J., Bradshaw T., Solaiyappan M., Cho S.Y. Current Methods to Define Metabolic Tumor Volume in Positron Emission Tomography: Which One is Better? // *Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2018. Vol. 52. P. 5–15.
32. Dai D., Zhou B., Zhong Y., Jin H., Wang X. Survival of patients with resected primary colorectal mucinous adenocarcinoma: A competing risk nomogram analysis // *Oncol. Lett.* 2019. Vol. 18. P. 6594–604.
33. Park J.S., Huh J.W., Park Y.A., Cho Y.B., Yun S.H., Kim H.C. et al. Prognostic Comparison Between Mucinous and Nonmucinous Adenocarcinoma in Colorectal Cancer // *Medicine (Baltimore).* 2015. Vol. 94. e658.
34. Boellaard R., Delgado-Bolton R., Oyen W.J.G., Giammarile F., Tatsch K., Eschner W. et al. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0 // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2015. Vol. 42. P. 328–354.
35. Milardovic R., Beslic N., Sadija A., Ceric S., Bukvic M., Džananovic L. Role of ^{18}F -FDG PET/CT in the Follow-up of Colorectal Cancer // *Acta Inform Medica.* 2020. Vol. 28. P. 119–123.
36. Niccoli Asabella A., Simone M., Ballini A., Altini C., Ferrari C., Lavelli V. et al. Predictive value of ^{18}F -FDG PET/CT on survival in locally advanced rectal cancer after neoadjuvant chemoradiation // *Eur. Rev. Med. Pharmacol. Sci.* 2018. Vol. 22: 8227–8236.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 02.02.2022 г.

Контакт/Contact: Сулейманов Амиль Фазил-Огли, amil134@mail.ru

Сведения об авторах:

Сулейманов Амиль Фазил-Огли — докторант PhD;

Садуакасова Айгуль Болатовна — доктор медицинских наук, руководитель Центра диагностики Отделения ядерной медицины Больницы медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан;

Винников Денис Владимирович — доктор медицинских наук, профессор, кафедра эпидемиологии, биostatистики и доказательной медицины факультета медицины и здравоохранения Казахского национального университета имени аль-Фараби; 050038, г. Алматы, пр. аль-Фараби, д. 71; e-mail: contact-centre@kaznu.kz.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ВЫПИСКИ ПАЦИЕНТОВ ДЛЯ РАДИОНУКЛИДНОЙ ТЕРАПИИ С ^{177}Lu

Л. А. Чипига, А. В. Водоватов

Научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева, Санкт-Петербург, Россия

Национальный медицинский исследовательский центр имени

В. А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия

Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

В настоящее время в нормативных документах отсутствуют специфические критерии выписки пациентов при радионуклидной терапии с ^{177}Lu . Существующий критерий при выписке пациента после радионуклидной терапии с любым радионуклидом — 3 мкЗв/ч на расстоянии 1 метр от пациента является очень строгим и не имеет научного обоснования. В работе определены специфические критерии выписки пациента после радионуклидной терапии с ^{177}Lu : 29 мкЗв/ч на расстоянии 1 метр от пациента или вводимая активность 6,1 ГБк.

ESTIMATION OF THE RELEASE CRITERIA FOR PATIENTS TREATED WITH ^{177}Lu

Larisa A. Chipiga, Aleksandr V. Vodovатов

St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P. V. Ramzaev, St. Petersburg, Russia

National Almazov Medical Research Centre, St. Petersburg, Russia

Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

There are no specific criteria of the release for patients treated with ^{177}Lu in the Russian regulatory documents. The existing general release criteria for patients treated with any radionuclide of 3 $\mu\text{Sv/h}$ at 1 meter from the patient is very strict and is not justification scientifically. The study presents specific criteria of the release for patients treated with ^{177}Lu : 29 $\mu\text{Sv/h}$ at 1 meter from the patient or injected activity of 6.1 GBq.

Цель исследования. Определение радиологических критериев выписки пациентов для пациентов, проходящих радионуклидную терапию с радиофармпрепаратами (РФЛП), мечеными ^{177}Lu , для ограничения доз облучения лиц, проживающих вместе с пациентом, после его выписки из медицинской организации.

Материалы и методы. В качестве радиологических критериев выписки пациентов после прохождения радионуклидной терапии принято использовать активность радионуклида в теле пациента и мощность дозы в воздухе на расстоянии 1 метр от пациента [1, 2]. Физические характеристики ^{177}Lu брали из публикации 107 МКРЗ (период полураспада 6,6 суток, керма-постоянная 1,32 10^{-18} Гр $\text{м}^2/(\text{Бк}\cdot\text{с})$) [3]. Критерии выписки пациентов определяли на основании предела дозы 1 мЗв в год. При оценке критериев выписки пациентов использовали консервативный подход, не учитывая биологическое выведение радионуклида из организма пациента. При расчетах считали пациента с введенным РФЛП точечным источником и пренебрегали поглощением гамма-излучения ^{177}Lu в тканях пациента, считая, что бета-излучение полностью поглощается в теле пациента; для перехода от кермы к эффективной дозе применяли коэффициент 1. В качестве критической группы использовали детей, которые по использованной модели могут находиться с пациентом 15% времени.

Результаты. Получено, что при мощности дозы на расстоянии 1 метр от пациента, не превышающей 29 мкЗв/ч, доза облучения у критической группы населения, проживающей с ним не превысит 1 мЗв за год. Также получено, что при введении пациенту 6,1 ГБк ^{177}Lu пациента можно выписывать из медицинской организации.

Заключение. Полученные в работе критерии выписки пациентов вошли в проект НРБ-99/2020. Критерии применимы для однократной процедуры введения РФЛП в течение года, в случае курса лечения, состоящего из нескольких процедур, значения критериев должны быть уменьшены в соответствующее число раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Открыта подписка на 2-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177

2. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А. Радиологические критерии выписки пациента из клиники после радионуклидной терапии или брахитерапии с имплантацией закрытых источников // *Радиационная гигиена*. 2009. Т. 2, № 4. С. 5–9.
3. ICRP Publication 107. Nuclear decay data for dosimetric calculations // *Ann. ICRP*. 2008. Vol. 38, No. 3. P. 7–96. doi: 10.1016/j.icrp.2008.10.004

REFERENCES

1. SanPiN 2.6.1.2523–09. Norms of the radiation safety (НРБ-99/2009).
2. Balonov M.I., Golikov V.Yu., Zvonova I.A. Radiological criteria for patient release from clinic after radionuclide therapy of brachytherapy with sealed source implantation. *Radiation Hygiene*. 2009. Vol. 2, No. 4, pp. 5–9. (In Russ.)
3. ICRP Publication 107. Nuclear decay data for dosimetric calculations // *Ann. ICRP*. 2008. Vol. 38, No. 3. P. 7–96. doi: 10.1016/j.icrp.2008.10.004

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 31.01.2022 г.

Контакт/Contact: Чипига Лариса Александровна, larisa.chipiga@gmail.com

Сведения об авторах:

Чипига Лариса Александровна — кандидат технических наук, научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: irh@niirg.ru; федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова»; доцент федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2; e-mail: pr@almazovcentre.ru;

Водоватов Александр Валерьевич — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; 197101, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; e-mail: irh@niirg.ru.

ЗНАЧЕНИЕ РАДИОНУКЛИДНЫХ МОДАЛЬНОСТЕЙ В АСПЕКТЕ ВЫЯВЛЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО РИСКА ПЕРЕД ХИРУРГИЧЕСКИМ ЛЕЧЕНИЕМ ИШЕМИЧЕСКОЙ КАРДИОМИОПАТИИ

В. В. Шипулин, С. Л. Андреев, А. С. Пряхин, В. М. Шипулин,
К. В. Завадовский

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Хирургическое лечение ишемической кардиомиопатии ассоциировано с лучшими результатами по сравнению с медикаментозной терапией [1]. Однако в целом данная группа пациентов подвержена высокому риску развития послеоперационных осложнений [2, 3]. Оценка механической диссинхронии посредством методов ядерной медицины является актуальным направлением современной ядерной кардиологии, однако прогностическая роль данного феномена на сегодняшний день изучена недостаточно [4, 5].

THE VALUE OF NUCLEAR MODALITIES IN IDENTIFYING HIGH-RISK PATIENTS BEFORE SURGICAL TREATMENT OF ISCHEMIC CARDIOMYOPATHY

Vladimir V. Shipulin, Sergey L. Andreev, Andrew S. Pryakhin,
Vladimir M. Shipulin, Konstantin V. Zavadovsky
Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical
Center of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

Surgical treatment of ischemic cardiomyopathy is associated with better results compared to medical therapy alone [1]. However, the general prognosis of this group of patients is extremely controversial in terms of the development of postoperative complications [2, 3]. The assessment of mechanical

dyssynchrony by means of nuclear medicine methods is an actual trend of nuclear cardiology nowadays. However, the prognostic role of this phenomenon has not been studied enough to date [4, 5].

Цель исследования. Оценить возможности стресс-индуцированных изменений механической диссинхронии (МД) левого желудочка (ЛЖ), полученных посредством радионуклидных модальностей на предоперационном этапе, в аспекте выявления пациентов высокого риска после хирургического лечения ишемической кардиомиопатии (ИКМП).

Материалы и методы. Семидесяти четырем пациентам с ИКМП перед операцией были проведены ЭКГ-синхронизированная перфузионная сцинтиграфия миокарда (ПСМ) с аденозинтрифосфатом по стандартному 2-дневному протоколу и ЭКГ-синхронизированная радионуклидная томографию (РТВГ) в покое и на фоне возрастающих доз добутина (5/10/15 мкг/кг/мин) [6]. После хирургического лечения пациенты были разделены на 2 группы: группа 1 — с осложненным течением раннего послеоперационного периода (смерть, необходимость в использовании внутриаортальной баллонной контрпульсации и/или инотропной поддержки) (n=21) и группа 2 — без осложнений в раннем послеоперационном периоде (n=51). Оценивались следующие параметры: показатели перфузии (summed stress score — SSS, summed rest score — SRS, summed disdisidence score — SDS) и МД (phase standard deviation — PSD, phase histogram bandwidth — HBW для обеих модальностей, а также Entropy для РТВГ). Стресс-индуцированная динамика (Δ) рассчитывалась для ПСМ как [значение стресса — значение покоя], для РТВГ как [значение на каждой дозе добутина — значение покоя]. Для РТВГ также были рассчитаны максимальные изменения МД в ходе стресс-теста.

Результаты. Показатели перфузии не различались между группами, как и показатели МД в состоянии покоя. Стресс-индуцированные изменения МД не коррелировали между ПСМ и РТВГ. Показатели диссинхронии, полученные посредством ПСМ, не различались при исследовании в состоянии покоя и после нагрузочного теста. Стресс-индуцированные изменения МД показали различия между группами только по Δ Entropy покой-10 мкг/кг/мин ($p=0,02$) и максимальной Δ Entropy ($p=0,003$). Логистический регрессионный анализ показал, что значение в отношении прогнозирования течения раннего послеоперационного периода, среди показателей МД, имеет только максимальная Δ Entropy (ОШ 1,2, 95% ДИ 1,04; 1,37). ROC-анализ продемонстрировал чувствительность 80% и специфичность 55% (AUC 0,7) для порогового значения >0 .

Заключение. Стресс-индуцированные изменения МД ЛЖ (Entropy), полученные посредством РТВГ с добутином, ассоциированы с течением раннего послеоперационного периода у пациентов с ИКМП. Стандартная ПСМ с аденозином не обладает информативностью в оценке стресс-индуцированной динамики диссинхронии у пациентов с ИКМП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шипулин В.М., Пряхин А.С., Андреев С.Л., Шипулин В.В., Чумакова С.П., Рябова Т.Р., Стельмашенко А.И., Беляева С.А., Лелик Е.В. Современные клинико-фундаментальные аспекты в диагностике и лечении пациентов с ишемической кардиомиопатией (обзор) // *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2021. Т. 36, № 1. С. 20–29. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-20-29>
2. Пряхин А.С., Шипулин В.М., Андреев С.Л., Шипулин В.В., Козлов Б.Н. Результаты реконструктивных вмешательств у больных с ишемической кардиомиопатией // *Современные проблемы науки и образования*. 2020. № 2. С. 124. doi: 10.17513/spno.29645.
3. Шипулин В.М., Андреев С.Л., Пряхин А.С., Рябова Т.Р., Шипулин В.В., Козлов Б.Н., Завадовский К.В. Значение стресс-методов в оценке риска ранних послеоперационных осложнений у пациентов с ишемической кардиомиопатией // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2020. Т. 13, № 6. С. 502–509. <https://doi.org/10.17116/kardio202013061502>
4. Саушкин В.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Завадовский К.В. Значение радионуклидной оценки механической диссинхронии сердца в обследовании пациентов кардиологического профиля // *REJR*. 2019; Т. 9, № 1. С. 186–202. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202.
5. Шипулин В.В., Саушкин В.В., Пряхин А.С., Андреев С.Л., Веснина Ж.В., Завадовский К.В. Возможности перфузионной сцинтиграфии миокарда

в обследовании пациентов с ишемической кардиомиопатией // *REJR*. 2019. Т. 9, № 3. С. 155–175. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175

6. Завадовский К.В., Андреев С.Л., Шипулин В.В. Патент РФ № RU2695902 С1. Способ неинвазивной оценки сократительного резерва левого желудочка сердца у пациентов с ишемической кардиомиопатией. Оpubl. 29.07.2019

REFERENCES

1. Shipulin V.M., Pryakhin A.S., Andreev S.L., Shipulin V.V., Chumakova S.P., Ryabova T.R., Stelmashenko A.I., Belyaeva S.A., Lelik E.V. Modern clinical and fundamental aspects in the diagnosis and treatment of patients with ischemic cardiomyopathy (Review). *The Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 2021, Vol. 36 (1): 20–29 (In Russ.). <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2021-36-1-20-29>.
2. Pryakhin A.S., Shipulin V.M., Andreev S.L., Shipulin V.V., Kozlov B.N. Results of reconstructive interventions in patients with ischemic cardiomyopathy. *Modern Problems of Science and Education*. 2020, No. 2, p. 124 (In Russ.). doi: 10.17513/spno.29645.
3. Shipulin V.M., Andreev S.L., Pryakhin A.S., Ryabova T.R., Shipulin V.V., Kozlov B.N., Zavadovsky K.V. Stress methods in assessment of risk of early postoperative complications in patients with ischemic cardiomyopathy. *Russ. Jour. of Card. and Cardiovasc. Surg.* 2020, Vol. 13, No. 6, pp. 502–509 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/kardio202013061502>.
4. Saushkin V.V., Mishkina A.I., Shipulin V.V., Zavadovsky K.V. The value of radionuclide assessment of mechanical dyssynchrony in patients with cardiac diseases. *REJR*, 2019, Vol. 9, No. 1, pp. 186–202 (In Russ.). doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202.
5. Shipulin V.V., Saushkin V.V., Pryakhin A.S., Andreev S.L., Vesnina Zh.V., Zavadovsky K.V. The value of myocardium perfusion imaging in assessment of patients with ischemic cardiomyopathy. *REJR*, 2019, Vol. 9, No. 3, pp. 155–175 (In Russ.). doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175.
6. Zavadovsky K.V., Andreev S.L., Shipulin V.V. Patent RF No. RU2695902 C1. A method for non-invasive assessment of left ventricular contractile reserve in patients with ischemic. Publ. 29.07.2019 (In Russ.).

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 26.01.2022 г.

Контакт/Contact: Шипулин Владимир Владимирович, shipartphoto@gmail.com

Сведения об авторах:

Шипулин Владимир Владимирович — младший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Андреев Сергей Леонидович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Прахин Андрей Сергеевич — кандидат медицинских наук, врач-сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Шипулин Владимир Митрофанович — доктор медицинских наук, профессор Российской академии наук, главный научный сотрудник АУП федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Завадовский Константин Валерьевич — доктор медицинских наук, заведующий отделом лучевой диагностики федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ОЦЕНКА СТРЕСС-ИНДУЦИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ДИССИНХРОНИИ У ПАЦИЕНТОВ С ОБШИРНЫМИ ДЕФЕКТАМИ ПЕРФУЗИИ

В.В. Шипулин, С.Л. Андреев, А.С. Прахин, В.М. Шипулин, К.В. Завадовский

Научно-исследовательский институт кардиологии, Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук, Томск, Россия

Изучение стресс-индуцированных изменений механической диссинхронии сердца является актуальным направлением ядерной кардиологии [1, 2]. Наиболее часто для изучения данного феномена применяется стандартная ЭКГ-синхронизированная перфузионная сцинтиграфия миокарда в комбинации со стресс-тестом с вазодилататорами [3]. Однако данный подход может давать некорректные результаты как при наличии обширных дефектов перфузии [4], так и вследствие значительного промежутка времени между стресс-тестом и записью.

RADIONUCLIDE ASSESSMENT OF STRESS-INDUCED DYSSYNCHRONY CHANGES IN PATIENTS WITH EXTENSIVE PERFUSION DEFECTS

Vladimir V. Shipulin, Sergey L. Andreev, Andrew S. Pryakhin, Vladimir M. Shipulin, Konstantin V. Zavadovsky

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center of Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia

The study of stress-induced changes in mechanical dyssynchrony of the heart is a trend of nuclear cardiology nowadays [1, 2]. Basically, to study this phenomenon standard ECG-synchronized myocardial perfusion imaging in combination with a vasodilator stress test is used [3]. However, this approach can present incorrect results in the presence of extensive perfusion defects [4] or due to a significant time gap between the stress test and acquisition.

Цель исследования. Сравнить ЭКГ-синхронизированную перфузионную сцинтиграфию миокарда (ЭКГ-ПСМ) и нагрузочную радионуклидную томографию (РТВГ) в аспекте оценки стресс-индуцированных изменений механической диссинхронии левого желудочка у пациентов с ишемической кардиомиопатией (ИКМП) и обширными дефектами перфузии.

Материалы и методы. В исследование было включено 54 пациента (возраст $59,7 \pm 7,1$ года) с ИКМП. Всем пациентам были проведены ЭКГ-ПСМ по двухдневному протоколу, включавшему стресс-тест с аденозинтрифосфатом в дозе 140 мкг/кг/мин; запись выполнялась через 45 минут после введения радиофармпрепарата. РТВГ в покое и на фоне возрастающих доз добутина (5/10/15 мкг/кг/мин; 5 минут на каждую дозу [5]), запись проводилась непосредственно на фоне стресс-теста. Оценивались показатели перфузии покоя (summed rest score (SRS), %) и показатели механической диссинхронии (МД) (phase standard deviation (PSD, градусы), phase histogram bandwidth (HBW, градусы) — для обеих модальностей, а также Entropy (%) — для РТВГ).

Результаты. Среднее значения SRS составило $27,5 \pm 13,0\%$. Сравнение показателей, полученных различными методами на фоне стресс-теста, выявило значимую корреляцию PSD и HBW двумя методами (PSD: $p=0,32$, $p=0,01$; HBW: $p=0,4$, $p=0,002$). ЭКГ-ПСМ демонстрировали большие значения показателей МД относительно РТВГ (PSD 5,3 градусы; $p=0,02$; HBW 50,5 градусы; $p=0,001$). При анализе стресс-индуцированной динамики показателей МД по данным ЭКГ-ПСМ не было выявлено различий между исследованием в покое и на фоне стресс-теста (PSD: 59,0 градусы (47,9; 71,8) и 61,2 градуса (57,0; 64,6), $p=0,88$, соответственно); HBW: 280,0 градусы (225,9; 302,4); 273,6 градусы (230,4; 307,8), $p=0,94$, соответственно). По данным РТВГ значимую динамику в ходе стресс-теста, согласно дисперсионному анализу продемонстрировали PSD ($p=0,01$) и entropy ($p=0,004$). При парных сравнениях значений данных показателей на различных дозах добутина выявлено, что лишь дозировка стресс-агента 10мкг/кг/мин вызывала значительное изменение показателей (PSD: покой — 54,5 градусы (40,0; 64,0); добутином 10 мкг/кг/мин — 53,0 градуса (42,0; 61,0), $p=0,006$; Entropy: покой — 78,0 (71,5; 84,5); добутином 10 мкг/кг/мин — 76,2

Открыта подписка на 2-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» 42177

(69,2; 82,7), $p=0,001$). Последующее увеличение дозы добутина не привело к значимой динамике показателей.

Заключение. РТВГ на фоне стресс-теста с добутином в дозировке 10 мкг/кг/мин позволяет выявить стресс-индуцированную динамику механической диссинхронии левого желудочка у пациентов с ИКМП. ЭКГ-ПМС по стандартному протоколу не позволяет корректно оценить стресс-индуцированные изменения механической диссинхронии у данной группы пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Salimian S. Left ventricular mechanical dyssynchrony under stress: Isn't it time to conduct a prospective multicenter study? *J. Nucl. Cardiol.* 2020. Vol. 27, No. 6. P. 2258–2260. doi: 10.1007/s12350-019-01599-x
2. Саушкин В.В., Мишкина А.И., Шипулин В.В., Завадовский К.В. Значение радионуклидной оценки механической диссинхронии сердца в обследовании пациентов кардиологического профиля // *РЕЖР*. 2019. Т. 9, № 1. С. 186–202. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202.
3. Шипулин В.В., Саушкин В.В., Пряхин А.С., Андреев С.Л., Веснина Ж.В., Завадовский К.В. Возможности перфузионной сцинтиграфии миокарда в обследовании пациентов с ишемической кардиомиопатией // *РЕЖР*. 2019. Т. 9, № 3. С. 155–175. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175.
4. Kita A., Onoguchi M., Shibutani T., Sugimoto K., Kosaka N., Adachi T. et al. Influence of myocardial count on phase dyssynchrony analysis of gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography // *Nucl. Med. Commun.* 2019. Vol. 40. P. 124–130.
5. Завадовский К.В., Андреев С.Л., Шипулин В.В. Патент РФ № RU2695902 C1. Способ неинвазивной оценки сократительного резерва левого желудочка сердца у пациентов с ишемической кардиомиопатией. Опубл. 29.07.2019.

REFERENCES

1. Salimian S. Left ventricular mechanical dyssynchrony under stress: Isn't it time to conduct a prospective multicenter study? // *J. Nucl. Cardiol.* 2020. Vol. 27, No. 6. P. 2258–2260. doi: 10.1007/s12350-019-01599-x
2. Saushkin V.V., Mishkina A.I., Shipulin V.V., Zavadovsky K.V. The value of radionuclide assessment of mechanical dyssynchrony in patients with cardiac diseases // *REJR*. 2019. Vol. 9, No. 1. P. 186–202. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-1-186-202
3. Shipulin V.V., Saushkin V.V., Pryakhin A.S., Andreev S.L., Vesnina Zh.V., Zavadovsky K.V. The value of myocardium perfusion imaging in assessment of patients with ischemic cardiomyopathy // *REJR*. 2019. Vol. 9, No. 3. P. 155–175. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175.

4. Kita A., Onoguchi M., Shibutani T., Sugimoto K., Kosaka N., Adachi T. et al. Influence of myocardial count on phase dyssynchrony analysis of gated myocardial perfusion single-photon emission computed tomography // *Nucl. Med. Commun.* 2019. Vol. 40. P. 124–130.
5. Zavadovsky K.V., Andreev S.L., Shipulin V.V., Patent R.F. No. RU2695902 C1. A method for non-invasive assessment of left ventricular contractile reserve in patients with ischemic. Publ. 29.07.2019 (In Russ.).

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 26.01.2022 г.

Контакт/Contact: Шипулин Владимир Владимирович,
shipartphoto@gmail.com

Сведения об авторах:

Шипулин Владимир Владимирович — младший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Андреев Сергей Леонидович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Пряхин Андрей Сергеевич — кандидат медицинских наук, врач-сердечно-сосудистый хирург федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Шипулин Владимир Митрофанович — доктор медицинских наук, профессор Российской академии наук, главный научный сотрудник АУП федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru.