

УДК 616-006.6-07-08:539.1.06

http://dx.doi.org/10.23238/2079-5343-2020-11-1S-168-179

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

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

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА MOLECULAR IMAGING

ВОЗМОЖНОСТИ ПЭТ/КТ С ¹⁸F ФДГ В ОЦЕНКЕ СТАТУСА ЗАБОЛЕВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ С МНОЖЕСТВЕННОЙ МИЕЛОМОЙ

С. А. Алексеев, Е. В. Крюков, В. Н. Троян, О. А. Рукавицын,
С. И. Курбанов, С. В. Козырев

ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь
им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации,
Москва, Россия

Множественная миелома — злокачественное заболевание системы крови, характеризующееся поражением преимущественно костной ткани. Для оценки ответа на лечение используют (IMWG) Uniform Response Criteria for Multiple Myeloma, одним из пунктов которого является поражение костей, основанный на изменении количества выявленных очагов поражения. В нашей работе представлены результаты измерения объема опухоли по ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ и оценка возможности применения метода при оценке статуса заболевания.

POSSIBILITIES OF PET/CT C ¹⁸F-FDG IN ASSESSING DISEASE STATUS IN PATIENTS WITH MULTIPLE MYELOMA

Sergey A. Alekseev, Evgeny V. Kryukov, Vladimir N. Troyan,
Oleg A. Rukavitsyn, Sergey I. Kurbanov, Sergey V. Kozyrev

The Main Military Clinical Hospital named after N. N. Burdenko,
Moscow, Russia

Multiple myeloma is a malignant disease of the blood system, characterized by damage to mainly bone tissue. To assess the response to treatment using (IMWG) Uniform Response Criteria for Multiple Myeloma, one of the points of which is bone damage, based on the change in the number of identified lesions. Our work presents the results of measuring tumor volume by PET / CT with ¹⁸F-FDN and evaluating the possibility of using the method in assessing the status of a disease.

Цель исследования: с помощью ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ измерить объем метаболически активной опухоли и общий объем гликолиза (total lesion glycolysis — TLG), и изменение в динамике этих параметров у пациентов с ММ при различных статусах заболевания

Материалы и методы. Проанализированы результаты 99 исследований ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ 15 пациентов с множественной миеломой, среди них 8 (8,1%) ПЭТ/КТ были проведены у пациентов, получивших стандартную химиотерапию, и 91 (91,9%) исследование у пациентов, получивших высокодозную химиотерапию с последующей аутотрансплантацией стволовых клеток. Каждому пациенту проводилось не менее 2 ПЭТ/КТ, максимально до 6. Временной интервал между исследованиями составил от 1 до 91 месяца (среднее значение 23,8 месяца). После каждого исследования измерялся объем метаболически активной опухоли, TLG. Результаты ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ дифференцировались по статусу заболевания на момент проведения исследования, где 1 — строгая полная ремиссия и полная ремиссия; 2 — очень хорошая частичная ремиссия и частичная ремиссия; 3 — стабилизация заболевания; 4 — прогрессирование заболевания.

Результаты. В каждой группе измерялись и сравнивались интересные параметры. При сравнении объема метаболически активной опухоли и TLG в группе 1 (n=33) наблюдались пониженные значения метаболически активной опухоли и TLG по сравнению с остальными группами. В группе 3 (n=8) наблюдались повышенные значения метаболически активной опухоли и TLG по сравнению с остальными группами. При последующем попарном сравнении групп значимые различия

(p>0.01) в измерении метаболически активной опухоли и TLG были обнаружены по показателю метаболически активной опухоли в группах 1 и 2; 1 и 3; 1 и 4; 2 и 4; по показателю TLG в группах 1 и 3; 1 и 4; 2 и 4.

Заключение. Объем метаболически активной опухоли и TLG значимо (p>0,01) изменяются у больных с ММ при различных статусах заболевания, это позволяет высказаться о возможности применения данного метода как самостоятельного радиологического критерия оценки статуса заболевания у больных с ММ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Поп В.П., Рукавицын О.А. и др. *Множественная миелома и родственные ей заболевания*. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 224 с. [Pop V.P., Rukavitsyn O.A. et al. *Multiple myeloma and related diseases*. 3-е изд. перераб. и доп. Moscow: GEOTAR-Media, 2016, 224 p. (In Russ.).]
2. Сахин В.Т., Маджанова Е.Р., Крюков Е.В., Сотников А.В., Гордиенко А.В., Казаков С.П., Рукавицын О.А. Анемия при хронических заболеваниях: ключевые механизмы патогенеза у пациентов со злокачественными новообразованиями и возможные подходы к классификации // *Клиническая онкогематология. Фундаментальные исследования и клиническая практика*. 2019. Т. 12, № 3. С. 344–349. [Sakhin V.T., Madzhanova E.R., Kryukov E.V., Sotnikov A.V., Gordienko A.V., Kazakov S.P., Rukavitsyn O.A. Anemia in chronic diseases: pathogenesis mechanisms in patients with malignant neoplasms and possible approaches to classification. *Clinical Oncohematology*. Basic research and clinical practice, 2019, Vol. 12, No. 3, pp. 344–349 (In Russ.).]
3. Rajkumar S., Kumar S. Multiple myeloma: diagnosis and treatment // *Mayo Clin. Proc.* 2016. Vol. 91 (1). P. 101–119. doi: 10.1016/j.mayocp.2015.11.007. PMID: 2676351.
4. Durie B.G.M. et al. International uniform response criteria for multiple myeloma // *Leukemia*. 2006. No. 9 (20). P. 1467–1473.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 11.01.2020 г.

Контакт/Contact: Алексеев Сергей Анатольевич, serguy-alekseev@outlook.com

Сведения об авторах:

Алексеев Сергей Анатольевич — врач-рентгенолог отделения КТ и МРТ центра ПЭТФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru;
Крюков Евгений Владимирович — член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, начальник ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru;
Троян Владимир Николаевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник центра лучевой диагностики ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru;
Рукавицын Олег Анатольевич — доктор медицинских наук, профессор, начальник гематологического центра ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru;
Курбанов Сергей Иванович — кандидат медицинских наук, начальник центра ПЭТ ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru;
Козырев Сергей Владимирович — кандидат медицинских наук, начальник рентгеновского отделения ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. Н. Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации; 105229, Москва, Госпитальная площадь, д. 3; e-mail: gvkg@mail.ru.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2019 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис“» 42177

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ КАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА НА ОНКОЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ПЕРСОНАЛА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И НАСЕЛЕНИЯ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ УЧРЕЖДЕНИЯМИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ФМБА РОССИИ

Э. П. Коровкина, А. П. Бирюков

ГНЦ ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, Россия

При проведении исследований показано, что количество выявленных ЗНО среди контингента ЛПУ ФМБА России, связанного на производстве с профессиональными факторами, за период 2006–2016 гг. составляет 8,9–9,2% от общего числа ЗНО, в то время как у жителей прилегающих территорий — 82,7–76,4%. Влияние наследственных факторов составляет 13,5–21,9%; вредных привычек: курение — 25,5–30,6%, алкоголь — 3,2–0,8%.

THE INFLUENCE OF CARCINOGENIC RISK FACTORS ON THE ONCOLOGICAL MORBIDITY OF PERSONNEL OF RADIATION HAZARDOUS ENTERPRISES AND THE POPULATION OF ADJACENT TERRITORIES SERVED BY HEALTHCARE INSTITUTIONS OF THE FMBA OF RUSSIA

Elvira P. Korovkina, Alexander P. Biryukov

State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

When conducting studies, it was shown that the number of detected ZNO among the contingent of medical facilities of the FMBA of Russia, associated with occupational factors in production, for the period 2006–2016 gg. makes up 8,9–9,2% of the total number of ZNO, while among the inhabitants of the adjacent territories — 82,7–76,4%. The influence of hereditary factors is 13,5–21,9%; bad habits: smoking — 25,5–30,6%, alcohol — 3,2–0,8%.

Цель исследования: изучение влияния факторов канцерогенного риска на заболеваемость злокачественными образованиями (ЗНО) работников радиационно опасных предприятий и населения прилегающих территорий, обслуживаемых лечебно-профилактическими учреждениями (ЛПУ) ФМБА России.

Материалы и методы. В наших исследованиях основными источниками информации о злокачественных новообразованиях (ЗНО) являлись данные лечебно-профилактических учреждений, подведомственных ФМБА России (ЛПУ ФМБА России). При этом были рассмотрены следующие факторы, влияющие на вероятность возникновения ЗНО: профессиональные: ионизирующее излучение, радиоактивные вещества (полоний, торий, плутоний, радий, стронций, соединения пыли радиоактивных руд и др.); Наследственные: онкологическое заболевание у близких родственников; вредные привычки: курение, алкоголь, прочие.

Результаты. Показано, что количество выявленных ЗНО среди контингента, связанного на производстве с профессиональными факторами, за период 2006–2016 гг. составляет 8,9–9,2% от общего числа ЗНО, в то время как у жителей прилегающих территорий — 82,7–76,4%, что может свидетельствовать об усовершенствовании технологических процессов вредных производств и усилением контроля проведения периодических медицинских осмотров. Влияние наследственных факторов составляет 13,5–21,9%; вредных привычек: курение — 25,5–30,6%, алкоголь — 3,2–0,8%.

Заключение. Результаты исследования могут стать основой для разработки мероприятий по медико-социальной реабилитации работников предприятий и организаций, обслуживаемых ЛПУ ФМБА России, а также прикрепленного контингента. Исходя из возможности потенциально опасных воздействий как на окружающую среду, так и на здоровье населения, в зоне расположения радиационно опасных объектов необходим постоянный контроль и анализ показателей онкологической заболеваемости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Злокачественные новообразования в России в 2016 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д.Каприна, В.В.Старинского, Г.В.Петровой. М.: МНИОИ им П.А.Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ России, 2018. 250 с. [*Malignant neoplasms in Russia in 2016 (morbidity and mortality)* / ed. by A.D.Caprina, V.V.Starinsky, G.V.Petrova. Moscow: Moscow Scientific Research Institute for Pedagogical Sciences — branch of the Federal State Budgetary Institution Scientific Research Center for Radiology of the Ministry of Health of Russia, 2018, 250 p. (In Russ.)].
2. Мешков Н.А. Приоритетные факторы риска окружающей среды в развитии онкопатологии // *Научный альманах*. 2016. № 5–3 (19). С. 309–315. [Meshkov N.A. Priority environmental risk factors in the development of oncopathology. *Scientific Almanac*, 2016, No. 5–3 (19), pp. 309–315 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 14.01.2020 г.

Контакт/Contact: Коровкина Эльвира Павловна, korovkina@fmbcfmba.ru

Сведения об авторах:

Коровкина Эльвира Павловна — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России; 1123098, Москва, Живописная ул., д. 46; e-mail: fmbc-fmba@bk.ru;
Бирюков Александр Петрович — профессор, заведующий отделом, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна» ФМБА России; 1123098, Москва, Живописная ул., д. 46; e-mail: fmbc-fmba@bk.ru.

НЕОТЛОЖНАЯ РАДИОНУКЛИДНАЯ ДИАГНОСТИКА В МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ

Н. Е. Кудряшова, А. С. Ермолов, С. С. Петриков, Е. В. Мигунова, О. Г. Синякова, О. В. Лещинская

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

Радионуклидный метод, благодаря отсутствию побочных реакций на радиофармпрепарат, простоте выполнения исследования и небольшой лучевой нагрузке, может с успехом решать ряд важных диагностических задач, определяющих лечебную тактику при острых заболеваниях и травмах. Основным условием использования радионуклидного метода при неотложных состояниях является круглосуточная работа отделения радионуклидной диагностики, оснащенного двумя гамма-томографами (ОФЭКТ).

EMERGENCY RADIONUCLIDE DIAGNOSTICS IN A MULTIDISCIPLINARY HOSPITAL

Natalya Y. Kudryashova, Aleksandr S. Yermolov, Sergey S. Petrikov, Ekaterina V. Migunova, Olga G. Sinyakova, Olga V. Leshchinskaya
SBNI «N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department», Moscow, Russia

The radionuclide method, due to the absence of adverse reactions to the indicator, the simplicity of the study and a small radiation load, can successfully solve a number of important diagnostic tasks that determine the therapeutic or surgical tactics in acute diseases and injuries. The main condition for using the radionuclide method in emergency situations is the round-the-clock operation of the radionuclide diagnostics department, equipped with two gamma-tomographs (SPECT).

Цель исследования: изучение возможностей радионуклидного метода в диагностике острых заболеваний и травм.

Материалы и методы. Проанализированы данные радионуклидных исследований, выполненных в отделении радионуклидной диагностики НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского за последние пять лет у больных с острыми сердечно-сосудистыми заболеваниями, острыми хирургическими заболеваниями органов брюшной полости, при дифференциальной диагностике острых хирургических и урологических

заболеваний, при черепно-мозговой травме, травме паренхиматозных органов, мягких тканей и костей. В круглосуточном режиме работали два томографа ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ.

Результаты. Перфузионную ОФЭКТ мозга использовали у больных нейрохирургического профиля для диагностики ангиоспазма при разрывах аневризм сосудов мозга, а также при подостром инсульте для определения цереброваскулярного резерва и выбора хирургической тактики. При подозрении на острый инфаркт миокарда в случае сомнительных результатов ЭКГ, ЭхоКГ и низком уровне кардиоспецифических ферментов выполняли планарную сцинтиграфию и ОФЭКТ миокарда с ^{99m}Tc -пирфетохима, а при остром коронарном синдроме для оценки перфузии, метаболизма, функции левого и правого желудочков — перфузионную ОФЭКТ миокарда, синхронизированную с ЭКГ. При ТЭЛА перфузионная сцинтиграфия легких в сочетании с ОФЭКТ/КТ-ангиопульмонографией позволила оценить суммарный дефицит перфузии и определить локализацию тромбозов в системе легочной артерии. В неотложной ангиохирургии для оценки магистрального кровотока, степени ишемии тканей конечностей и их жизнеспособности использовали трехфазную сцинтиграфию с остеотропным РФП и ОФЭКТ/КТ-ангиографию. Радионуклидное исследование пассажа по кишечнику показало высокую диагностическую эффективность при тонкокишечной непроходимости, позволяя количественно оценить эвакуаторную функцию, уровень непроходимости и проследить восстановление пассажа на фоне лечения. Гепатобилисцинтиграфия — скрининговый метод оценки транспортной функции гепатикохоледоха у больных с осложненными формами желчнокаменной болезни — предоставила возможность выполнения холецистэктомии без применения дополнительных методов обследования, а выявленное нарушение транспорта желчи потребовало применения МР-холангиографии или диапевтического вмешательства (ЭРХПГ, папиллотомии и холангиолитоэкстракции). При проведении дифференциальной диагностики острых абдоминальных хирургических и урологических заболеваний использовали ангиофлюорографию, регистрирующую ренограмму обтурационного типа в случае острой окклюзии мочевыводящих путей. При различных травмах сцинтиграфия предоставляла информацию, имевшую большое значение для оптимизации лечения, например, при выявлении скрытой ликвореи при черепно-мозговой травме, желчных и мочевых затеков, диагностике синдрома позиционного сдавления мягких тканей и т.д.

Заключение. Радионуклидный метод при острых заболеваниях и травмах способствует точной диагностике и выбору оптимальной лечебной тактики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Ермолов А.С., Ярцев П.А., Лебедев А.Г. и др. *Диагностика и лечение острых хирургических заболеваний органов брюшной полости. Опыт московского здравоохранения 1992–2014 гг.* / под ред. А.С.Ермолова. М.: Издательский дом Видар-М, 2015. 640 с. [Ermolov A.S., Yartsev P.A., Lebedev A.G. et al. *Diagnostics and treatment of acute surgical diseases of the abdominal cavity. Experience of Moscow healthcare 1992–2014*, ed. by A.S.Ermolov. Moscow: Vidar-M Publishing house, 2015, 640 p. (In Russ.)].
2. Никитина О.В., Михайлов И.П., Кудряшова Н.Е. и др. Тромболитическая и антикоагулянтная терапия при тромбозах легочной артерии с высоким и промежуточным риском ранней смерти. Часть 3. Влияние на легочную перфузию при высоком и промежуточном риске ранней смерти // *Журнал им. Н.В.Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2018. Т. 7 (3). С. 209–216. doi: 10.23934/2223-9022-2018-7-3-209-216. [Nikitina O.V., Mikhailov I.P., Kudryashova N.E. et al. Thrombolytic and anticoagulant therapy for pulmonary embolism with a high and intermediate risk of early death. Part 3. Effect on pulmonary perfusion at high and intermediate risk of early death. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*, 2018, Vol. 7 (3), pp. 209–216 (In Russ.)]. doi: 10.23934/2223-9022-2018-7-3-209-216.
3. Кудряшова Н.Е., Синякова О.Г., Михайлов И.П. и др. Радионуклидная семиотика ишемии при острых окклюзионных заболеваниях магистральных артерий нижних конечностей // *Журнал им. Н.В.Склифосовского. Неотложная медицинская помощь*. 2019. № 8 (3). С. 257–265. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-3-257-265>. [Kudryashova N.E., Sinyakova O.G., Mikhailov I.P. et al. Radionuclide semiotics of ischemia in acute occlusive diseases of the main arteries of the lower extremities. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*, 2019, Vol. 8 (3), pp. 257–265 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-3-257-265>.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 28.01.2020 г.

Контакт/Contact: Кудряшова Наталья Евгеньевна, numedsklif@mail.ru

Сведения об авторах:

- Кудряшова Наталья Евгеньевна* — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru;
- Ермолов Александр Сергеевич* — член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, главный научный консультант ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru;
- Петриков Сергей Сергеевич* — член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, директор ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru;
- Мигунова Екатерина Валентиновна* — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru;
- Синякова Ольга Германовна* — кандидат технических наук, научный консультант отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru;
- Лещинская Ольга Валериевна* — врач-рентгенолог первой категории отделения рентгеновской компьютерной томографии и радионуклидной диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В.Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru.

ОФЭКТ/КТ-АНГИОПУЛЬМОНОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ТРОМБОЭМБОЛИИ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ

Н. Е. Кудряшова, Е. В. Мигунова, О. В. Лещинская, Л. С. Коков,
И. П. Михайлов, О. Г. Синякова

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», Москва, Россия

Гибридная ОФЭКТ/КТ-ангиопульмонография в диагностике тромбозов легочной артерии (ТЭЛА) предоставляет подробную информацию о суммарном дефиците легочной перфузии и локализации тромбозов в ветвях легочной артерии, повышая чувствительность радионуклидного и рентгенологического методов, что позволяет выбрать оптимальную лечебную тактику, особенно в случаях массивной тромбозии.

SPECT/CT-ANGIOPULMONOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF PULMONARY EMBOLISM

Natalya Y. Kudryashova, Ekaterina V. Migunova,
Olga V. Leshchinskaya, Leonid S. Kokov, Igor P. Mikhaylov,
Olga G. Sinyakova

SBHI «N. V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department», Moscow, Russia

Hybrid SPECT/CT-angiopulmonography in the diagnosis of pulmonary embolism (PE) provides detailed information about the total deficit of pulmonary perfusion and localization of thromboembolism in the branches of the pulmonary artery, increasing the sensitivity of radionuclide and x-ray methods, which allows you to choose the optimal treatment strategy, especially in cases of massive thromboembolism.

Цель исследования: изучение возможностей ОФЭКТ/КТ-ангиопульмонографии (ОФЭКТ/КТА) в диагностике ТЭЛА при выборе вида лечения.

Материалы и методы. В 2019 г. в отделение радионуклидной диагностики с подозрением на ТЭЛА были направлены 696 пациентов, из которых у 249 (35,8%) с помощью перфузионной сцинтиграфии

легких и ОФЭКТ/КТА диагностирована ТЭЛА. В диагностическом алгоритме радионуклидное исследование выполняли после рентгенографии легких и УЗИ вен. У 78 (из 696; 11,2%) пациентов (средний возраст 64,4±15,4 года) была использована гибридная технология.

Результаты. При сцинтиграфии легких у 447 (из 696; 64,2%) пациентов каких-либо изменений перфузии легких не было выявлено и ТЭЛА исключена. 280 пациентов имели различные нарушения легочной перфузии по данным сцинтиграфии: у 202 пациентов (из 280; 72,1%) с тромбозами глубоких вен нижних конечностей на сцинтиграммах определялись краевые клиновидные дефекты перфузии, характерные для ТЭЛА, и полное отсутствие изменений на рентгенограммах. Диагноз ТЭЛА у этих больных не вызывал сомнений, и с учетом дефицита перфузии и степени легочной гипертензии по данным ЭхоКГ им проводили тромболитическую (при суммарном дефиците перфузии более 45%) или антикоагулянтную терапию с повторной сцинтиграфией на 1–7-е сутки для оценки эффективности лечения. У 78 больных выявлена ОФЭКТ/КТА по ряду причин: 1) наличие клиновидных дефектов перфузии при отсутствии признаков тромбоза вен по данным УЗИ; 2) множественные субсегментарные дефекты перфузии при диффузном пневмосклерозе; 3) сомнительные или нечеткие дефекты перфузии на фоне ХОБЛ; 4) противопоказания к тромболитической терапии при массивной ТЭЛА и планирование эндоваскулярного вмешательства (реолитической тромбэктомии); 5) единичный сегментарный дефект перфузии при наличии венозного тромбоза и отсутствии рентгенологических признаков фиброза в данном сегменте. В результате проведения ОФЭКТ/КТА ТЭЛА подтверждена у 45 больных (совпадение данных ОФЭКТ и КТА), в том числе с невыявленным венозным тромбозом; ТЭЛА исключена у 31 пациента с ХОБЛ (сомнительная картина при сцинтиграфии и отсутствие тромбозов при КТА). У двух больных с множественными субсегментарными дефектами перфузии не было выявлено тромбозов в ветвях легочной артерии при КТА, что вероятно связано с эмболией субсегментарных ветвей. Данные аутопсии у одной из этих двух больных подтвердили диагноз ТЭЛА.

Заключение. Гибридный метод ОФЭКТ/КТ увеличил диагностическую эффективность при ТЭЛА, определяя локализацию тромбозов в системе легочной артерии, включая субсегментарные ветви, и суммарный дефицит перфузии, что имело важное значение при выборе вида лечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Никитина О.В., Михайлов И.П., Кудряшова Н.Е. и др. Тромболитическая и антикоагулянтная терапия при тромбозах легочной артерии: влияние на легочную перфузию (часть 2) // *Журнал им. Н.В. Склифосовского «Неотложная медицинская помощь»*. 2018. № 7 (2). С. 134–143. [Nikitina O.V., Mikhailov I.P., Kudryashova N.E. et al. Thrombolytic and Anticoagulant Therapy for Pulmonary Embolism: An Effect on Pulmonary Perfusion (part 2). *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*, 2018, No. 7 (2), pp. 134–143 (In Russ.)]. doi: 10.23934/2223-9022-2018-7-2-134-143.
2. Коков Л.С., Матвеев П.Д., Никитина О.В. и др. Применение тромболитической терапии и реолитической тромбэктомии в лечении тромбоза легочной артерии // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2015. № 4. С. 105–115. [Kokov L.S., Matveev P.D., Nikitina O.V. et al. Application of Thrombolytic Therapy and Rheolytic Thrombectomy in the Treatment of Pulmonary Embolism. *Angiology and Vascular Surgery*, 2015, No. 4, pp. 105–115 (In Russ.)].
3. Кудряшова Н.Е., Каралкин А.В., Ермолов А.С. и др. Оценка диагностической значимости перфузионной сцинтиграфии легких в диагностике тромбоза легочной артерии // *Ангиология и сосудистая хирургия*. 2013. № 4. С. 45–50. [Kudryashova N.E., Karalkin A.V., Ermolov A.S. et al. Evaluation of the Diagnostic Significance of Lung Perfusion Scintigraphy in the Diagnosis of Pulmonary Embolism. *Angiology and Vascular Surgery*, 2013, No. 4, pp. 45–50 (In Russ.)].
4. Мигунова Е.В., Кудряшова Н.Е., Никитина О.В. и др. Оценка эффективности тромболитической терапии по данным перфузионной сцинтиграфии легких // *Молекулярная медицина*. 2013. № 4. С. 46–50. [Migunova E.V., Kudryashova N.E., Nikitina O.V. et al. Evaluating the Effectiveness of Thrombolytic Therapy based on Lung Perfusion Scintigraphy. *Molecular Medicine*, 2013, No. 4, pp. 46–50 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 28.01.2020 г.

Контакт/Contact: Кудряшова Наталья Евгеньевна, numedsklif@mail.ru

Сведения об авторах:

Кудряшова Наталья Евгеньевна — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт

скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru; *Мигунова Екатерина Валентиновна* — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru; *Лецинская Ольга Валериевна* — врач-рентгенолог первой категории отделения рентгеновской компьютерной томографии и радионуклидной диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru; *Коков Леонид Сергеевич* — академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий научным отделением лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru; *Михайлов Игорь Петрович* — доктор медицинских наук, заведующий научным отделением неотложной сосудистой хирургии, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru; *Синякова Ольга Германовна* — кандидат технических наук, научный консультант отделения лучевой диагностики, ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»; 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3; e-mail: sklif@zdrav.mos.ru.

АМИЛОИДОЗ СЕРДЦА: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ (ПРЕВЬЮ)

T. V. Makurova

СПб ГБУЗ «Городская Марининская больница», Санкт-Петербург, Россия

Относительно редкое заболевание — амилоидоз сердца — вызывает значительную смертность [1] и является одной из форм рестриктивной инфильтративно-токсической [2] кардиомиопатии. Диагностическое обследование часто откладывается на годы после появления симптомов и ограничено несколькими специализированными центрами [3]. Кроме того, экспертиза может представлять сложность, поскольку амилоидоз часто имитирует другие кардиологические патологии [4, 5].

CARDIAC AMYLOIDOSIS: FROM THEORY TO PRACTICE (PREVIEW)

Tatiana V. Makurova

Mariinsky Hospital, St. Petersburg, Russia

Cardiac amyloidosis is a relatively rare form of restrictive infiltrative toxic [2] cardiomyopathy, that causes significant mortality [1]. Establishing diagnosis is often delayed for years after the manifestation of symptoms and is limited by the several specialized centers [3]. In addition, examination can be difficult, since amyloidosis mimics other cardiac pathologies very often [4, 5].

Цель исследования: инициировать использование рекомендаций в оценке амилоидоза сердца на этапе радионуклидной диагностики. А также показать стандартизированные технические протоколы для сбора и интерпретации данных в зависимости от клинического сценария.

Материалы и методы. Возможности мультимодальной визуализации амилоидоза сердца (АС) позволяют формировать представления о клинико-диагностической картине заболевания на основании имеющихся зарубежных данных.

Результаты. Недавно разработанный консенсусом специалистов алгоритм для неинвазивной диагностики АС отводит центральную роль сцинтиграфии с ^{99m}Tc -PYP/DPD/HMDP [3]. Данные радиотрейсеры позволяют диагностировать транстиретиновый амилоидоз (ATTR) сердца с достаточно высокой чувствительностью [6], но не полностью специфичны [7–11]. Многоцентровое исследование 1217 пациентов показало положительную прогностическую ценность для ATTR АС в 100% (доверительный интервал 98,0–100) у пациентов с подозрением на амилоидоз по данным эхокардиограммы или МРТ и отсутствием моноклонального белка в сыворотке крови или моче [7].

Не так давно выполненный двумерный мета-анализ также подтвердил точность сцинтиграфии при оценке ATTR AC [12]. Объяснение настолько разного поглощения при транстиретиновом амилоидозе сердца в отличие от амилоидоза легких цепей неизвестно, но высказано предположение, что интенсивное накопление изотопов при TTR поражении может быть результатом более высокого содержания кальция [9]. Более того, тип мутации и результат протеолиза миокардиальных волокон также модулируют поглощение костных радиотрейсеров амилоидными фибриллами [9]. Вместе с тем сцинтиграфия с ^{99m}Tc -PYP/DPD/HMDP особенно чувствительна при ранней идентификации ATTR AC, в том числе у пациентов без явной картины поражения сердца [13–15]. Несколько диагностических параметров оцениваются при сцинтиграфии сердца с ^{99m}Tc -PYP, являющиеся стандартами определения ATTR AC: соотношение накопления в сердце и контралатеральной зоне (H/CL) — полуколичественная оценка, соотношение накопления в сердце и костях — визуальная оценка [3]. Так, было установлено, что коэффициент дифференциального накопления (КДН) H/CL $\geq 1,5$ характерен для транстиретинового амилоидоза [16]. Помимо всего, степень поглощения радиотрейсеров при транстиретиновом AC коррелирует с общей смертностью и выживаемостью без серьезных неблагоприятных сердечных событий, что, безусловно, играет важную прогностическую роль. Изучены маркеры сердечного поглощения, включая КДН [17], визуальную оценку [18] и другие [11], сочетающиеся с анатомическими (межжелудочковая перегородка) и/или функциональными (класс NYHA, NT-proBNP) данными, что улучшало стратификацию прогностического риска [8, 17].

Заключение. ATTR AC является прогрессирующей и в конечном итоге фатальной кардиомиопатией, связанной с низким качеством жизни. Требуется повышение осведомленности и более широкое использование недавно утвержденных методов диагностической визуализации, в частности, рассмотрение возможности стандартизации применения сцинтиграфии с ^{99m}Tc -PYP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

- Ruberg F.L., Maurer M.S., Judge D.P., Zeldenrust S., Skinner M., Kim A.Y et al. Prospective evaluation of the morbidity and mortality of wild-type and V122I mutant transthyretin amyloid cardiomyopathy: The Transthyretin Amyloidosis Cardiac Study (TRACS) // *Am. Heart J.* 2014. Vol. 164. P. 222–228.
- Lee G.K., Feng DaLi, Grogan M., Taub C., Dispenzieri A., Klarich K.W. *Cardiac Amyloidosis: Typing, Diagnosis, Prognosis and Management.* 2013. doi: 10.5772/53763
- Expert Consensus Recommendations Multimodality Imaging in Cardiac Amyloidosis // *J. Nucl. Cardiol.* 2019. Vol. 26. P. 2065–123.
- Rapezzi C., Lorenzini M., Longhi S., Milandri A., Gagliardi C., Bartolomei I. et al. Cardiac amyloidosis: The great pretender. *Heart Fail Rev.* 2015. Vol. 20. P. 117–124.
- Rapezzi C., Merlini G., Quarta C.C., Riva L., Longhi S., Leone O. et al. Systemic cardiac amyloidosis disease profiles and clinical courses of the 3 main types // *Circulation.* 2009. Vol. 120. P. 1203–1212.
- Gonzalez-Lopez E., Gallego-Delgado M., Guzzo-Merello G., de Haro F.J., Cobo-Marcos M., Bornstein B., Salas C., Lara-Pezzi E., Alonso-Pulpon L., Garcia-Pavia P. Wild-type transthyretin amyloidosis as a cause of heart failure with preserved ejection fraction // *Eur. Heart J.* 2015. Vol. 36. P. 2585–2594.
- Gillmore J.D., Maurer M.S., Falk R.H., Merlini G., Damy T., Dispenzieri A. et al. Nonbiopsy diagnosis of cardiac transthyretin amyloidosis // *Circulation.* 2016. Vol. 133. P. 2404–2412.
- Hutt D.F., Fontana M., Burniston M., Quigley A.M., Petrie A., Ross J.C. Prognostic utility of the Perugini grading of ^{99m}Tc -DPD scintigraphy in transthyretin (ATTR) amyloidosis and its relationship with skeletal muscle and soft tissue amyloid // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging.* 2017.
- Suhr O.B., Lundgren E., Westermark P. One mutation, two distinct disease variants: unravelling the impact of transthyretin amyloid fibril composition // *J. Intern. Med.* 2017.
- Cappelli F., Gallini C., Di M.C., Costanzo E.N., Vaggelli L., Tutino F. Accuracy of ^{99m}Tc -hydroxymethylene diphosphonate scintigraphy for diagnosis of transthyretin cardiac amyloidosis // *J. Nucl. Cardiol.* 2019.
- Galat A., Rosso J., Guellich A., Van Der Gucht A., Rappeneau S., Bodez D. Usefulness of (^{99m}Tc) HMDP scintigraphy for the etiologic diagnosis and prognosis of cardiac amyloidosis // *Amyloid.* 2015.
- Treglia G., Glaudemans A., Bertagna F., Hazenberg B.P.C., Erba P.A., Giubbini R. et al. Diagnostic accuracy of bone scintigraphy in the assessment of cardiac transthyretin-related amyloidosis: a bivariate meta-analysis // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2018. Vol. 45. P. 1945–1955.

- Rapezzi C., Quarta C.C., Guidalotti P.L., Pettinato C., Fanti S., Leone O. et al. Role of (^{99m}Tc) Tc-DPD scintigraphy in diagnosis and prognosis of hereditary transthyretin-related cardiac amyloidosis // *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011. Vol. 4. P. 659–670.
- Haq M., Pawar S., Berk J.L., Miller E.J., Ruberg F.L. Can (^{99m}Tc) Tc-pyrophosphate aid in early detection of cardiac involvement in asymptomatic variant TTR amyloidosis? // *JACC Cardiovasc. Imaging.* 2017. Vol. 10. P. 713–714.
- Glaudemans A.W., van Rheenen R.W., van den Berg M.P., Noordzij W., Koole M., Blokzijl H. et al. Bone scintigraphy with (^{99m}Tc) technetium-hydroxymethylene diphosphonate allows early diagnosis of cardiac involvement in patients with transthyretin-related systemic amyloidosis // *Amyloid.* 2014. Vol. 21. P. 35–44.
- Bokhari S., Castaño A., Pozniakoff T., Deslisle S., Latif F., Maurer M.S. (^{99m}Tc) Tc-pyrophosphate scintigraphy for differentiating light-chain cardiac amyloidosis from the transthyretin-related familial and senile cardiac amyloidosis // *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2013.
- Castaño A., Haq M., Narotsky D.L., Goldsmith J., Weinberg R.L., Morgenstern R. Multicenter study of planar technetium ^{99m}Tc pyrophosphate cardiac imaging // *JAMA Cardiol.* 2016.
- Vranian M.N., Sperry B.W., Hanna M., Hachamovitch R., Ikram A., Brunken R.C. Technetium pyrophosphate uptake in transthyretin cardiac amyloidosis: Associations with echocardiographic disease severity and outcomes // *J. Nucl. Cardiol.* 2017.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 20.01.2020 г.

Контакт/Contact: Макурова Татьяна Васильевна,
MakurovaTV@outlook.com

Сведения об авторе:

Макурова Татьяна Васильевна — врач-радиолог, СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»; 191014, Санкт-Петербург, Литейный пр., д. 56; e-mail: b16@marin.ru.

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОЙ ОДНОФОТОННОЙ ЭМИССИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ МИОКАРДА В ОПРЕДЕЛЕНИИ МИОКАРДИАЛЬНОГО КРОВОТОКА И КОРОНАРНОГО РЕЗЕРВА У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ И ХРОНИЧЕСКИМ КОРОНАРНЫМ СИНДРОМОМ

А. Н. Мальцева, Д. А. Воробьева, А. В. Мочула, В. В. Рябов,
К. В. Завадовский

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

Перфузионная сцинтиграфия миокарда относится к ведущим методам визуализации в диагностике ишемической болезни сердца, однако она не позволяет оценить миокардиальный кровоток и коронарный резерв в количественном выражении в отличие от динамической однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ). По этой причине оценка возможностей данного метода в диагностике пациентов с острым и хроническим коронарным синдромом (ОКС и ХКС) является актуальной задачей в настоящее время.

POSSIBILITIES OF DYNAMIC SINGLE-PHOTON EMISSION COMPUTED TOMOGRAPHY OF THE MYOCARDIUM IN DETERMINING MYOCARDIAL BLOOD FLOW AND CORONARY FLOW RESERVE IN PATIENTS WITH ACUTE AND CHRONIC CORONARY SYNDROME

Alina N. Maltseva, Darya A. Vorobyeva, Andrew V. Mochula,
Vyacheslav V. Ryabov, Konstantin V.

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

Myocardial perfusion imaging is one of the leading imaging methods in the diagnosis of coronary artery disease, but it does not allow to evaluate myocardial blood flow and coronary flow reserve in quantitative count, unlike dynamic single-photon emission computed tomography. Therefore, evaluating possi-

bilities of this method in the diagnosis of patients with acute and chronic coronary syndrome is an actual problem.

Цель исследования: оценить возможности метода динамической однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) миокарда в определении миокардиального кровотока и коронарного резерва у пациентов с острым и хроническим коронарным синдромом (ОКС и ХКС).

Материалы и методы. В исследование вошли 40 пациентов (29 мужчин, 11 женщин), средний возраст которых составил $62,9 \pm 10,7$ года. На основании результатов электрокардиографии, уровня кардиоспецифических биомаркеров повреждения миокарда и инвазивной коронарографии пациенты были разделены на 3 группы: 1) с инфарктом миокарда (ИМ) без обструктивного (<50%) поражения коронарных артерий (КА) — MINOCA; 2) с ИМ на фоне обструктивного ($\geq 50\%$) атеросклероза КА; 3) с ХКС без значимого стенозирования КА (<50%). Через 24 часа после поступления в стационар пациентам первой и второй групп был определен уровень кардиоспецифических биомаркеров — креатинфосфокиназы-МВ (КФК-МВ) и тропонина I (TnI). На 7–10-е сутки госпитализации проводилась динамическая ОФЭКТ с определением миокардиального кровотока (МК) и коронарного резерва (КР) [1–3]. По данным динамической ОФЭКТ определяли стандартные индексы нарушения миокардиальной перфузии (SSS, SRS, SDS), показатели МК в состоянии покоя (rest-MBF), на фоне стресс-теста (stress-MBF) и коронарный резерв (CFR) [4–6]. Все исследования были выполнены на гибридном однофотонно-эмиссионном и рентгеновском компьютерном томографе GE Discovery NM/CT 570c (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA).

Результаты. Стандартные индексы нарушения миокардиальной перфузии во всех группах достоверно различались (кроме SDS между первой и второй групп): SSS 5,0 (3,0; 6,0) и SDS 2,0 (1,0; 3,0); SSS 9,0 (5,0; 13,0) и SDS 3,0 (2,0; 5,0); SSS 1,5 (0,5; 2,0) и SDS 0,0 (0,0; 2,0), соответственно. Также имелись достоверно значимые различия в показателях МК и КР между группами: stress-MBF 1,2 (0,8; 1,7) и CFR 2,0 (1,2; 2,4); stress-MBF 0,7 (0,6; 1,0) и CFR 1,2 (1,1; 1,5); stress-MBF 2,2 (2,1; 2,3) и CFR 2,6 (2,5; 2,8). Из этого следует, что в наибольшей степени SSS, stress-MBF и CFR были снижены у пациентов с ИМ на фоне обструкции КА. При этом указанные показатели были статистически ниже у пациентов с MINOCA по сравнению с больными стабильной ИБС без обструкции КА. При проведении корреляционного анализа между вышеуказанными показателями и уровнем биомаркеров повреждения миокарда были установлены значимые взаимосвязи КФК-МВ с stress-MBF ($\rho = -0,48$); CFR ($\rho = -0,55$) и SSS ($\rho = 0,65$); TnI с CFR ($\rho = -0,46$) и SSS ($\rho = 0,46$).

Заключение. Метод динамической ОФЭКТ позволяет определять показатели МК и КР. Эти показатели значимо различаются у пациентов с ОКС и ХКС, а также внутри группы ОКС с наличием обструктивного поражения КА и без такового. Это свидетельствует о возможности использования метода динамической ОФЭКТ для оценки тяжести нарушения микроциркуляции, а также открывает перспективы для оценки риска развития неблагоприятных сердечных событий в указанных группах пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

- Zavadovsky K.V., Mochula A.V., Boshchenko A.A. et al. Absolute myocardial blood flows derived by dynamic CZT scan vs invasive fractional flow reserve: Correlation and accuracy // *J. Nucl. Cardiol.* 2019. doi: 10.1007/s12350-019-01678-z.
- Мочула А.В., Завадовский К.В., Андреев С.Л., Лишманов Ю.Б. Динамическая однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда как метод идентификации многососудистого поражения коронарного русла // *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2016. Т. 97, № 5. С. 289–295. [Mochula A.V., Zavadovsky K.V., Andreev S.L. et al. Dynamic single-photon emission computed tomography as a method of identification of multivessel coronary artery disease. *Journal of radiology and nuclear medicine*, 2016, Vol. 97 (5), pp. 289–295 (In Russ.).] doi: 10.20862/0042-4676-2016-97-5.
- Мочула А.В., Завадовский К.В., Лишманов Ю.Б. Методика определения резерва миокардиального кровотока с использованием нагрузочной динамической однофотонной эмиссионной компьютерной томографии // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* 2015. Т. 160 (12). С. 845–848. [Mochula A.V., Zavadovsky K.V., Lishmanov Y.B. Method for studying the myocardial blood flow reserve by load dynamic single-photon emission computed tomography // *Bulletin of experimental biology and medicine*, 2015, Vol. 160 (12), pp. 845–848 (In Russ.).]

4. Cerqueira M.D., Weissman N.J., Dilsizian V. et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association // *Circulation.* 2002. Vol. 105. P. 539–542. doi: 10.1161/hc0402.102975.
5. Prasad M., Slomka P.J., Fish M., Kavanagh P., Gerlach J., Hayes S. et al. Improved quantification and normal limits for myocardial perfusion stress-rest change // *J. Nucl. Med.* 2010. Vol. 51 (2). P. 204–209. doi: 10.2967/jnumed.109.067736.1.
6. Ficaro E.P., Lee B.C., Kritzman J.N., Corbett J.R. Corridor4DM: the Michigan method for quantitative nuclear cardiology // *J. Nucl. Cardiol.* 2007. Vol. 14 (4). P. 455–465. doi: 10.1016/j.nuclcard.2007.06.006.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 24.01.2020 г.

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

Сведения об авторах:

Мальцева Алина Николаевна — клинический ординатор лаборатории радионуклидных методов исследования, ФГБНУ «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;

Воробьева Дарья Алексеевна — аспирант отделения неотложной кардиологии, ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии; 634034, г. Томск, ул. Киевская ул., д. 111А; e-mail: cardio@cardio-tomsk.ru;

Мочула Андрей Викторович — кандидат медицинских наук, научный сотрудник лаборатории радионуклидных методов исследования, ФГБНУ «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;

Рябов Вячеслав Валерьевич — доктор медицинских наук, руководитель отделения неотложной кардиологии,

Завадовский Константин Валерьевич — доктор медицинских наук, заведующий лабораторией радионуклидных методов исследования, ФГБНУ «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.

ВОЗМОЖНОСТИ СЦИНТИГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СИМПАТИЧЕСКОЙ ИННЕРВАЦИИ И СОКРАТИМОСТИ В ПРОГНОЗЕ СЕРДЕЧНОЙ РЕСИНХРОНИЗИРУЮЩЕЙ ТЕРАПИИ

А. И. Мишкина, К. В. Завадовский, В. В. Саушкин, Д. И. Лебедев, Ю. Б. Лишманов

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

Сцинтиграфические методы исследования в настоящее время успешно используют для определения прогноза и оценки эффективности лечения пациентов с хронической сердечной недостаточностью (ХСН) [1]. Сердечная ресинхронизирующая терапия (СРТ) является одним из эффективных методов лечения ХСН, но в 30% случаев данная процедура не приводит к ожидаемому результату. По этой причине особое внимание уделено использованию методов лучевой диагностики для определения групп пациентов, у которых СРТ будет эффективна [2].

THE VALUE OF SCINTIGRAPHIC CARDIAC SYMPATHETIC INNERVATION AND CONTRACTILITY ASSESSMENT IN THE CARDIAC RESYNCHRONIZATION THERAPY PROGNOSIS

Anna I. Mishkina, Konstantin V. Zavadovsky, Viktor V. Saushkin, Denis I. Lebedev, Yury B. Lishmanov

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

Currently scintigraphic methods have been widely used for evaluation of the prognosis and treatment efficacy in chronic heart failure patients [1]. Cardiac resynchronization therapy (CRT) is one of the most effective methods of chronic heart failure treating, but in 30% of cases this procedure does not lead to the

expected result. Therefore, special attention is paid to the use of radiology methods to determine groups of patients for whom CRT could be effective [2].

Цель исследования: у пациентов с ХСН ишемического и неишемического генеза оценить значимость скintiграфической оценки симпатической иннервации и сократимости ЛЖ в прогнозе ответа на СРТ.

Материалы и методы. В исследование вошли 38 пациентов с ХСН, которые имели показания для проведения СРТ (24 мужчин, 14 женщин; средний возраст 56 ± 11 лет). Пациенты были подразделены на 2 группы в зависимости от этиологии ХСН: группа 1 — ишемической ($n=16$) и группа 2 — неишемической ($n=22$). Всем пациентам перед СРТ выполняли скintiграфию миокарда с ^{123}I -метайодбензилгуанидином (^{123}I -МИБГ), рассчитывали скорость вымывания препарата (WR), индекс сердце/средостение (Н/М) и размер дефекта накопления индикатора (SMS) на ранних и отсроченных сканах. Кроме того, проводили перфузионную скintiграфию миокарда с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -технетрилом, по данным которой определяли размер дефектов накопления индикатора в покое (SRS), а также по результатам фазового анализа показатели диссинхронии ЛЖ [стандартное отклонение (SD) и ширину гистограммы (НВW)].

Результаты. Пациенты с ишемической и неишемической этиологией ХСН перед СРТ различались только по величине SRS [13 (7–20) и 4 (3–9), $p<0,05$]. Через 12 мес после СРТ пациенты обеих групп были подразделены на респондеров (в группе 1 $n=11$; в группе 2 $n=15$) и нереспондеров (в группе 1 $n=5$; в группе 2 $n=7$). Критерием ответа на СРТ было принято снижение КСО ЛЖ $\geq 15\%$ и/или увеличение ФВ ЛЖ $\geq 5\%$. В группе пациентов с ишемической этиологией ХСН респондеры и нереспондеры статистически значимо отличались по исходным скintiграфическим показателям диссинхронии ЛЖ [SD: 52,1 (47,3–55,5) и 45,6 (44,1–49), $p<0,05$; НВW: 208 (193–214) и 203 (178–225), $p<0,05$]. В группе пациентов с неишемической этиологией ХСН респондеры и нереспондеры статистически значимо отличались по следующим предоперационным скintiграфическим показателям: ранний индекс Н/М [2,27 (2,02–2,41) и 1,64 (1,32–2,16); $p<0,05$], отсроченный индекс Н/М [2,15 (1,9–2,19) и 1,45 (1,23–1,61); $p<0,05$], размер дефекта накопления ^{123}I -МИБГ на ранних сканах [7 (5–9) и 15 (10–28,5); $p<0,05$], размер дефекта накопления ^{123}I -МИБГ на отсроченных сканах [10 (10–13) и 16,5 (15,5–29), $p<0,05$], SD [54,28 (43–58) и 65 (62–66), $p<0,05$], НВW [179,5 (140–198) и 211 (208–213), $p<0,05$]. По данным однофакторного логистического регрессионного анализа в группе 1 статистически значимыми предикторами ответа на СРТ являлись SD (ОШ=1,55; 95% ДИ 1,09–2,2; $p<0,5$) и НВW (ОШ=1,13; 95% ДИ 1,02–1,24; $p<0,5$). В группе 2 статистически значимыми предикторами ответа на СРТ являлись отсроченный индекс Н/М (ОШ=1,47; 95% ДИ 1,08–2; $p<0,5$), SD (ОШ=0,83; 95% ДИ 0,73–0,95; $p<0,5$) и НВW (ОШ=0,96; 95% ДИ 0,93–0,99; $p<0,5$).

Заключение. У пациентов с ХСН неишемического генеза высокие значения индекса Н/М и показателей диссинхронии детерминируют положительный ответ на СРТ. Тогда как у пациентов с ХСН ишемического генеза только высокие значения показателей диссинхронии связаны с положительным ответом на СРТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Шипулин В.В., Саушкин В.В., Пряхин А.С., Андреев С.Л., Веснина Ж.В., Завадовский К.В. Возможности перфузионной скintiграфии миокарда в обследовании пациентов с ишемической кардиомиопатией // *REJR*. 2019. № 9 (3). С. 155–175. doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175. [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, No. 9 (3), pp. 155–175 (In Russ.).] doi: 10.21569/2222-7415-2019-9-3-155-175.
2. Мишкина А.И., Завадовский К.В., Саушкин В.В., Лебедев Д.И., Лишманов Ю.Б., Попов С.В. Возможности скintiграфии сердца с ^{123}I -МИБГ и радионуклидной равновесной вентрикулографии в прогнозировании результатов кардиоресинхронизирующей терапии // *Сибирский медицинский журнал*. 2019. № 34 (2). С. 63–70. https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-2-63-70. [Mishkina A.I., Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Lebedev D.I., Lishmanov Yu.V., Popov S.V. Capabilities of ^{123}I -MIBG scintiography and gated blood-pool SPECT in predicting the results of cardiac resynchronization therapy. *Siberian Medical Journal*, 2019, Vol. 34 (2), pp. 63–70 (In Russ.).] https://doi.org/10.29001/2073-8552-2019-34-2-63-70.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 26.01.2020 г.

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

Сведения об авторах:

Мишкина Анна Ивановна — аспирант, ФГБНУ «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 Валериевич — доктор медицинских наук, руководитель, ФГБНУ «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, ФГБНУ «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;

Лебедев Денис Игоревич — кандидат медицинских наук, врач, ФГБНУ «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;

Лишманов Юрий Борисович — доктор медицинских наук, проф., член-корр. РАН, ФГБНУ «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.

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЭТ-ИЗОБРАЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАНТОМА NEMA IEC BODY

^{1,2}А. В. Петрякова, ^{3,4}Л. А. Чипига

¹СПб ГБУЗ «Городская больница № 40», Санкт-Петербург, Россия

²ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия

³ФБНУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П. В. Рамазова» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

⁴ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А. М. Гранова», Санкт-Петербург, Россия

Один из наиболее распространенных методов оценки качества изображения, получаемого с помощью позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ), применяемый в зарубежной практике, проводится с использованием фантома NEMA IEC Body. В данной работе получены и сопоставлены количественные параметры ПЭТ-изображений фантома с параметрами диагностических ПЭТ-изображений пациентов для обоснования применимости данного метода оценки качества ПЭТ-изображений.

VALIDATION OF IMAGE QUALITY CONTROL METHOD IN PET WITH NEMA IEC BODY PHANTOM

^{1,2}Anastasiia V. Petriakova, ^{3,4}Larisa A. Chipiga

¹The Saint Petersburg State Health Care Establishment the City Hospital No 40, St. Petersburg, Russia

²FSAEI HE «Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University», St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene, St. Petersburg, Russia

⁴FSBI «Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies named after academician A. M. Granov», St. Petersburg, Russia

One of the most common image quality control method in PET is based on the NEMA IEC Body phantom study. Purpose of the study is estimation quantitative parameters of PET image of NEMA IEC Body phantom, comparison results with diagnostic images of patients and validation of use this method for PET image quality control.

Цель исследования: валидация методики оценки качества ПЭТ-изображений с фантомом NEMA IEC Body [1, 2] по результатам количественной оценки диагностических изображений пациентов.

Материалы и методы. Исследование проводили на трех позитронных эмиссионных томографах разных моделей. Для оценки каче-

ства ПЭТ-изображений использовали следующие параметры: шум изображения и отношение контраст-шум (CNR) [3]. Для оценки количественных параметров ПЭТ-изображений пациентов на каждом из обследованных томографов случайным образом отобраны по 15 исследований пациентов, прошедших ПЭТ/КТ-исследование всего тела с ^{18}F -ФДГ на стандартном протоколе. Шум диагностических изображений определяли как стандартное отклонение значений накопленной объемной активности в области интереса, которую выбрали в зоне печени. Параметр CNR определяли для двух случаев: печень-жировая ткань и печень-пул крови. Сканирование фантома NEMA IEC Body на каждом аппарате проводили на стандартном диагностическом протоколе. Для фантома шум изображения определяли в зоне общего объема, а CNR для областей интереса в зоне большей сферы и общего объема. CNR для пациентов и фантома определяли на основании максимальных значений объемной активности в области интереса. Параметры диагностических ПЭТ-изображений пациентов, полученные для каждого аппарата, нормировали на соответствующие параметры ПЭТ-изображения фантома. Для сравнения полученных значений проводили анализ методами непараметрической статистики.

Результаты. Сравнение нормированных значений CNR диагностических ПЭТ-изображений пациентов показало отсутствие достоверных различий ($p > 0,05$) между тремя обследованными аппаратами для обеих конфигураций: печень-жировая ткань и печень-пул крови. При сравнении нормированных значений шума изображений выявили достоверные различия между тремя обследованными аппаратами ($p < 0,05$).

Заключение. Полученные результаты показали, что параметр «шум изображения» нецелесообразно применять для оценки качества ПЭТ-изображения, так как он зависит от методов реконструкции изображения. Отсутствие достоверных различий между тремя аппаратами при сравнении параметра CNR для обеих конфигураций позволяет сделать вывод, что методика с использованием специализированного фантома NEMA IEC Body применима для оценки качества ПЭТ-изображений. Также необходимо отметить, что накопление препарата в жировой ткани может зависеть от антропометрических и физиологических особенностей пациента, а также от климатических условий при подготовке пациента к исследованию. По этой причине для оценки качества диагностических ПЭТ-изображений пациентов целесообразно использовать параметр CNR при конфигурации печень-пул крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

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. № 82 (2). С. 78–92 [Chipiga L., Vodovатов A., Kataeva G. et al. Proposals of quality assurance in positron emission tomography in Russia. *Medical Physics*, 2019, No. 82 (2), pp. 78–92 (In Russ.)].
2. EARL FDG-PET/CT Accreditation. Доступно по ссылке: <http://earl.eanm.org/cms/website.php> (дата последнего обращения: 25.01.2020).
3. Yan J., Schaeferkoette J., Conti M., Townsend D. A method to assess image quality for low-dose PET: analysis of SNR, CNR, bias and image noise // *Cancer Imaging*. 2016. Vol. 16 (1). P. 26.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 26.01.2020 г.

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

Сведения об авторах:

Петрякова Анастасия Валерьевна — студент ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29; e-mail: office@spbstu.ru; дозиметрист группы радиационной безопасности отделения лучевой диагностики СПб ГБУЗ «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 ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. 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; ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М.Гранова»; 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: info@rccr-st.ru.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2019 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис“» 42177

ВЛИЯНИЕ КОРРЕКЦИИ АРТЕФАКТОВ ДЫХАНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРФУЗИОННОЙ СЦИНТИГРАФИИ МИОКАРДА

Е. В. Попов, А. В. Мочула

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

Сердце является источником двигательных артефактов при проведении перфузионной сцинтиграфии миокарда. Существуют методы коррекции движений как самого сердца [1], так и движений сердца во время акта дыхания [2]. Методы коррекции дыхательных движений первоначально разрабатывали для лучевой терапии [4]. Использование данных методик при проведении кардиологических исследований позволит устранить артефакты от движения сердца при дыхании и улучшить диагностическую ценность получаемых изображений.

THE EFFECT OF RESPIRATION ARTIFACT CORRECTION ON THE RESULTS OF MYOCARDIAL PERFUSION IMAGING

Evgeniy V. Popov, Andrew V. Mochula

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

The heart is a source of motion artifacts during myocardial perfusion scintigraphy. There are methods for correcting the motion of the heart [1] and heart motion during the breathing [2]. Methods for correction respiratory movements were originally developed for radiation therapy [4]. The use of these techniques in cardiology imaging will also eliminate artifacts from heart motion during breathing and will improve the diagnostic value of the images.

Цель исследования: оценить влияние различных способов коррекции дыхания на показатели перфузионной сцинтиграфии миокарда.

Материалы и методы. На базе НИИ кардиологии были обследованы 15 здоровых добровольцев мужского пола (возраст 28 ± 2 года). Всем обследуемым была выполнена перфузионная сцинтиграфия миокарда по двухдневному протоколу исследования с использованием записи данных в List-mode режиме. В качестве РФП использовали ^{99m}Tc -технетрил, суммарная дозовая активность составила 740 МБк. Коррекцию дыхательных движений проводили с использованием двух методик. Первый способ заключался в записи перфузии миокарда на фоне неглубокого вдоха. Задержка дыхания обследуемыми осуществлялась на 15 секунд, при этом время обследования увеличивалось в 2 раза с 5 до 10 минут. В дальнейшем постпроцессинговая обработка результатов исследования проводилась стандартно, с помощью программного обеспечения 4DM SPECT. Второй способ осуществлялся реформатированием данных ПСМ, выполненной по стандартному протоколу с помощью программного обеспечения — Motion Detection and Correction for Alcyone — путем исключения изображений миокарда левого желудочка, значительно смещенных от общего пула сцинтиграма. Корректировка проводилась по всем трем осям движения сердца. В дальнейшем постпроцессинговый анализ реформатированной серии изображений проводился с использованием программы 4DM SPECT.

Результаты. Сравнительный анализ данных перфузии миокарда в группе здоровых добровольцев показал, что дефект перфузии на фоне фармакологического стресс-теста был достоверно меньше при использовании протокола проведения ПСМ с задержкой дыхания, по сравнению со способом программной коррекции дыхательных движений, а также стандартной ПСМ: 2 (1,5; 3); 3 (1,5; 4,5); 4,5 (3,5; 5) баллов соответственно ($p < 0,05$). По размеру проходящего дефекта перфузии и дефекта перфузии в условиях покоя различий выявлено не было.

Заключение. Метод задержки дыхания при выполнении перфузионной сцинтиграфии миокарда применим в условиях клинической практики. Использование коррекции дыхания в анализе данных перфузионной сцинтиграфии миокарда является перспективным направлением и требует дальнейшего изучения и доработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Завадовский К.В., Мишкина А.И., Мочула А.В., Лишманов Ю.Б. Методика устранения артефактов движения сердца при выполнении перфузионной

- сцинтиграфии миокарда. *REJR*. 2017. № 7 (2). С. 56–64. [Zavadovsky K.V., Mishkina A.I., Mochula A.V., Lishmanov Yu.B. The method for correction of motion artefacts to improve myocardial perfusion imaging. *REJR*. 2017; No. 7 (2), pp. 56–64 (In Russ.).]
- Kovalski G., Keidar Z., Frenkel A., Israel O., Azhari H. Correction for respiratory artefacts in myocardial refusion SPECT is more effective when reconstructions supporting collimator detector response compensation are applied // *J. Nucl. Cardiol.* 2009. Nov-Dec; Vol. 16 (6). P. 949–955.
 - Kovalski G., Keidar Z., Frenkel A., Sachs J., Attia S., Azhari H. Dual @motion-frozen heart@ combining respiration and contraction compensation in clinical myocardial perfusion SPECT imaging // *J. Nucl. Cardiol.* 2009. May-Jun; Vol. 16 (3). P. 396–404.
 - Daou D., Sabbah R., Coagulia C., Boulahdour H. Impact of data-driven cardiac respiratory motion correction on the extent and severity of myocardial perfusion defects with free-breathing CZT SPECT // *J. Nucl. Cardiol.* 2018. Aug; Vol. 25 (4). P. 1299–1309.
 - Daou D., Sabbah R., Coagulia C., Allatar Y., Boulahdour H. A new era in gated myocardial perfusion imaging: Feasibility of data-driven cardiac contraction gating with multiple pinhole CZT SPECT // *J. Nucl. Cardiol.* 2018. Feb; Vol. 25 (1). P. 257–268.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.01.2020 г.
Контакт/Contact: Попов Евгений Викторович, popov-yevgeniy92@mail.ru

Сведения об авторах:

Попов Евгений Викторович — ФГБНУ «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, ФГБНУ «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.

ВОЗМОЖНОСТИ ПЭТ/КТ С ¹⁸F-ФТОРДЕЗОКСИГЛЮКОЗОЙ В ДИАГНОСТИКЕ ИНФЕКЦИОННОГО ЭНДОКАРДИТА

Д. М. Пурсанова, И. П. Асланиди, О. В. Мухортова,
И. В. Шурупова, Т. А. Катунина, Т. А. Трифонова, Д. А. Попов

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Изучены возможности ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ в диагностике инфекционного эндокардита — как нативного, так и у больных после кардиохирургических вмешательств — протезного и электродного. На группе из 60 пациентов доказано, что использование ПЭТ/КТ позволяет повысить точность диагностики электродного или протезного эндокардита, тогда как в диагностике нативного эндокардита возможности метода ограничены. ПЭТ/КТ позволило оценить распространенность инфекционного процесса в анализируемой группе больных.

PET/CT ¹⁸F-FLUORODEOXYGLUCOSE IN THE DIAGNOSTICS OF INFECTIVE ENDOCARDITIS

Diana M. Pursanova, Irakli P. Aslanidis, Olga V. Mukhortova,
Irina V. Shurupova, Tatyana A. Katunina, Tatyana A. Trifonova,
Dmitrii A. Popov

A. N. Bakulev Scientific Center for Cardiovascular Surgery of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

The diagnostic performance of ¹⁸F-FDG PET/CT was studied in 60 patients with infective endocarditis, both native and in patients after cardiac surgery, as well as prosthetic and device-related. PET/CT showed potential to improve the early diagnosis of prosthetic and device-related endocarditis, while its performance in the detection of native valve endocarditis is limited. PET/CT results allowed to reveal extracardiac complication in the analyzed group of patients.

Цель исследования: изучить возможности ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ в диагностике инфекционного эндокардита (ИЭ).

Материалы и методы. В проспективный анализ включены результаты ПЭТ/КТ, выполненной 60 больным с лихорадкой неясного генеза — с подозрением на ИЭ нативного клапана (n=15) и в различные сроки (медиана 29 мес) после кардиохирургических вмешательств (n=45): протезирования клапанов сердца (n=18), имплантации ЭКС (n=13), обеих процедур (n=8), операции Бенгалла (n=6). Исследования проведены на ПЭТ/КТ сканере (Biograph-64, Siemens) через 90 минут после внутривенного введения ¹⁸F-ФДГ (175–200 МБк). Подготовка включала двое суток строгой безуглеводной диеты и 15–18 часов голодания. Окончательный диагноз поставлен на основании клинических (в том числе наблюдения в течение 6+3 мес), лабораторно-инструментальных, а также интраоперационных (n=48) данных: подтвержден у 45 и исключен у 15 больных.

Результаты. Результаты ПЭТ/КТ позволили корректно диагностировать инфекционный процесс в зонах нативного клапана, протезов и/или ЭКС у 76% (34/45) и исключить ее наличие у 67% (10/15) больных. У 27% (16/60) пациентов анализируемой группы получены ложные результаты — положительные (n=5) и отрицательные (n=11). При этом 82% (9/11) ложноотрицательных результатов получено у больных с ИЭ нативного клапана. Таким образом, в анализируемой группе (n=60) чувствительность, специфичность и диагностическая точность ПЭТ/КТ в диагностике ИЭ составили 76; 67 и 73%, соотв.; ППЦ и ОПЦ — 87 и 48%. При исключении из анализа группы больных с подозрением на ИЭ нативного клапана указанные показатели существенно повысились и составили 94; 69; 87; 88 и 82% соответственно. Важно отметить, что у 82% (28/34) больных с истинно положительными результатами ПЭТ/КТ определялись отрицательные или сомнительные лабораторные и инструментальные данные: стерильные посевы крови (n=21) и/или отрицательные (n=8) или сомнительные (n=8) результаты ЭхоКГ. При этом у 12% (4/34) больных диагноз был поставлен на основании клинических и ПЭТ/КТ данных при отрицательных результатах как посевов крови, так и ЭхоКГ. Кроме того, у 43% (26/60) больных данной группы выполнение ПЭТ/КТ в режиме всего тела позволило также диагностировать наличие ранее неизвестных очагов воспаления: в легких (n=7), в грудине (n=6), в средостении (n=4), в зоне шовного материала в средостении (n=3), другой локализации (n=8).

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о высокой информативности ПЭТ/КТ в диагностике протезного и электродного ИЭ, тогда как при ИЭ нативного клапана возможности метода ограничены. При подозрении на ИЭ метод целесообразно включать в алгоритм обследования пациентов с отрицательными или сомнительными лабораторными и инструментальными данными. Результаты ПЭТ/КТ информативны в оценке распространенности инфекционного процесса — диагностике очагов воспаления экстракардиальной локализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

- Mahmood M., Kendi A.T., Ajmal S., Farid S., O'Horo J.C., Chareonthaitawee P. et al. Meta-analysis of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis // *J. Nucl. Cardiol.* 2017. doi: 10.1007/s12350-017-1092-8. [Epub ahead of print].
- Kouijzer I.J.E., Berrevoets M.A.H., Aarntzen E.H.J.G. et al. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography combined with computed tomography as a diagnostic tool in native valve endocarditis // *Nucl. Med. Commun.* 2018. Vol. 39. P. 747–752.
- de Camargo R.A., Bitencourt M.S., Meneghetti J.C., Soares J., Gonçalves L.F.T., Buchpiguel C.A. et al. The role of ¹⁸F-FDG-PET/CT in the diagnosis of left-sided endocarditis: native vs. prosthetic valves endocarditis // *Clin. Infect. Dis.* 2019. doi: 10.1093/cid/ciz267. [Epub ahead of print].
- Orvin K., Goldber E., Bernstine H., Groshar D., Sagie A., Komowski R. et al. The role of FDG-PET/CT imaging in early detection of extracardiac complications of infective endocarditis // *Clin. Microbiol. Infect.* 2015. Vol. 21. P. 69–76. doi: 10.1016/j.cmi.2014.08.012.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.01.2020 г.
Контакт/Contact: Пурсанова Диана Манюлисовна, dipoursanidou@gmail.com

Сведения об авторах:

Пурсанова Диана Манюлисовна — кандидат медицинских наук, научный сотрудник отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135; e-mail: dmpursanova@cardio-tomsk.ru

va@bakulev.ru;

Асланиди Ираклий Павлович — доктор медицинских наук, профессор, руководитель отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135;

Мухортова Ольга Валентиновна — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135;

Шурупова Ирина Владимировна — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135;

Катунина Татьяна Анатольевна — научный сотрудник лаборатории радиохимии отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135;

Трифопова Татьяна Аркадьевна — кандидат медицинских наук, заведующая отделением радионуклидных методов исследования отдела ядерной диагностики, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135;

Попов Дмитрий Александрович — доктор медицинских наук, заведующий лабораторией клинической микробиологии (бактериологии) и антимикробной терапии, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н.Бакулева» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 121552, Москва, Рублевское шоссе, д. 135.

РАДИОНУКЛИДНАЯ ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ДИССИНХРОНИИ У ПАЦИЕНТОВ С ЖЕЛУДОЧКОВЫМИ АРИТМИЯМИ

В. В. Саушкин, К. В. Завадовский, Ю. Б. Лишманов

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

Радионуклидная томографикулография является одним из неинвазивных методов, с помощью которого можно точно оценивать механическую диссинхронию [1]. В нашей работе мы изучали особенности механической диссинхронии желудочков сердца при существовании электрической диссинхронии, вызванной желудочковыми нарушениями ритма сердца [2, 3].

RADIONUCLIDE EVALUATION OF MECHANICAL DYSSYNCHRONY IN PATIENTS WITH VENTRICULAR ARRHYTHMIAS

Viktor V. Saushkin, Konstantin V. Zavadovskiy, Yury B. Lishmanov
FSBSI «Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences», Cardiology Research Institute, Tomsk, Russia

Gated blood pool SPECT is one of the non-invasive methods which can accurately assess mechanical dyssynchrony [1]. In our work, we studied the features of mechanical dyssynchrony of both ventricles with the existing electrical dyssynchrony caused by cardiac arrhythmias [2, 3].

Цель исследования: с помощью радионуклидной томографикулографии оценить влияние идиопатической желудочковой тахикардии и преждевременных желудочковых сокращений на механическую диссинхронию желудочков сердца.

Материалы и методы. В исследование вошли 36 пациентов, из которых 21 с желудочковыми нарушениями ритма сердца (средний возраст 44 ± 12 года), остальные 15 составили контрольную группу (средний возраст 56 ± 8 года) без нарушений ритма сердца. Электрофизиологическое исследование (ЭФИ) и процедура радиочастотной абляции (РЧА) для пациентов с аритмиями выполняли в соответствии с современными показаниями к лечению нарушений ритма сердца. Функциональное состояние и механическую диссинхронию обоих желудочков оценивали с помощью радионуклидной томографикулографии (РТВГ) до и после РЧА.

Результаты. У всех пациентов с нарушениями ритма сердца была выявлена механическая диссинхрония. Внутрижелудочковая диссинхрония ЛЖ (45 ± 22 vs 30 ± 8 ; $p < 0,05$) и ПЖ (85 ± 28 vs 70 ± 14 ; $p < 0,05$) были больше у пациентов с аритмиями. Значение межжелудочковой диссинхронии также было достоверно больше у пациентов с аритмиями (33 ± 16 vs 17 ± 8 ; $p < 0,05$). На фазовых полярных картах располагались локальные участки асинхронного сокращения миокарда. По сравнению с контрольной группой у пациентов с желудочковыми аритмиями были статистически значимо высокие значения конечного диастолического и конечного систолического объемов [КДО ЛЖ

(144 ± 45 мл vs 128 ± 20 мл; $p < 0,05$) КДО ПЖ (161 ± 24 мл vs 142 ± 31 мл; $p < 0,05$) и низкие показатели сократимости (ФВ ЛЖ ($57 \pm 12\%$ vs $73 \pm 12\%$; $p < 0,05$), ФВ ПЖ ($43 \pm 8\%$ vs $54 \pm 12\%$; $p < 0,05$)). Наиболее негативные изменения наблюдались в правом желудочке. Была обнаружена отрицательная связь между механической диссинхронией и показателями гемодинамики. Кроме этого, локализация эктопических очагов (по данным ЭФИ) совпала с топографией областей асинхронного сокращения (по данным РТВГ). После РЧА отмечали улучшение сократимости сердца и уменьшение механической диссинхронии желудочков сердца. Области асинхронного сокращения полностью исчезали или уменьшались по сравнению с предоперационными условиями.

Заключение. У пациентов с желудочковыми нарушениями ритма определяется механическая диссинхрония желудочков сердца, которая приводит к снижению сократительной способности сердца и вызывает дилатацию желудочков. Радионуклидная диагностика механической диссинхронии сердца позволяет выявить и определить локализацию очагов эктопической активности сердца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Vallejo E., Jiménez L., Rodríguez G., Roffe F., Bialostozky D. Evaluation of ventricular synchrony with equilibrium radionuclide angiography: assessment of variability and accuracy. 2010. Archives of Medical Research. Vol. 41 (2). P. 83–91.
2. Завадовский К.В., Ковалев И.А., Чернышев А.А., Саушкин В.В., Попов С.В., Лишманов Ю.Б. Возможности радионуклидной томографикулографии в оценке механической диссинхронии миокарда и внутрисердечной гемодинамики при желудочковых аритмиях у детей // Вестник аритмологии. 2010. № 60. С. 37–42. [Zavadovsky K.V., Kovalev I.A., Chernyshev A.A., Saushkin V.V., Popov S.V., Lishmanov Yu.B. Potentialities of quantitative blood pool single photon emission computed tomography for assessment of mechanic myocardial dyssynchrony and intracardiac hemodynamics in ventricular arrhythmias in pediatric patients. Vestnik aritmologii, 2010, Vol. 60, pp. 37–42 (In Russ.).]
3. Zavadovsky K.V., Saushkin V.V., Lishmanov Y.B., Khlynin M.S., Popov S.V. Radionuclide assessment of cardiac function and dyssynchrony in children with idiopathic ventricular tachycardia. Pacing and Clinical Electrophysiology. 2016. Vol. 39 (11). P. 1213–1224.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 25.01.2020 г.

Контакт/Contact: Саушкин Виктор Вячеславович, saushkin.w@gmail.com

Сведения об авторах:

Саушкин Виктор Вячеславович — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «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 Валериевич — доктор медицинских наук, руководитель ФГБНУ «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;

Лишманов Юрий Борисович — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «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.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ЛЕЧЕНИЯ НЕХОДЖКИНСКИХ ЛИМФОМ ВЫСОКОЙ СТЕПЕНИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОСТИ ПО ДАННЫМ ПОЗИТРОННОЙ ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ

Л. Ю. Трофимчук, Н. Г. Афанасьева, А. В. Важенин

ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины», г. Челябинск, Россия

Проведен ретроспективный анализ ПЭТ/КТ-исследований у 97 пациентов с неходжкинской лимфомой высокой степени злокачественности. Сравнивали оценку динамики лечения с помощью шкалы Deauville и методике SURF (разработанной в нашем отделении). Данные методики одинаково показали себя при наличии остаточной жизнеспособной опухолевой

ткани, однако, имелись различия при наличии полного метаболического ответа и при выявлении так называемой «серой зоны».

COMPARISON OF METHODS FOR ASSESSING THE DYNAMICS OF TREATMENT OF DIFFUSE B-LARGE CELL LYMPHOMA ACCORDING TO POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY

*Lyudmila Yu. Trofimchuk, Nadezhda G. Afanasyeva,
Andrey V. Vazhenin*

Chelyabinsk Regional Clinical Centre of Oncology and Nuclear Medicine, Chelyabinsk, Russia

A retrospective analysis of PET/CT studies was performed in 97 patients with high malignancy non-Hodgkin's lymphoma. We compared the assessment of treatment dynamics using the Deauville scale and the SURF methodology (developed in our department). These methods proved to be the same in the presence of residual viable tumor tissue, however, there were differences in the presence of a complete metabolic response and in the detection of the so-called «gray zone».

Цель исследования: сравнение двух методик оценки динамики лечения неходжкинской лимфомы высокой степени злокачественности — Deauville и SURF, оценить возможности методики SURF в оценке динамики лечения.

Материалы и методы. Ретроспективно были проанализированы ПЭТ/КТ-сканы у 97 пациентов, выполненные на базе ПЭТ-центра ГБУЗ «ЧОКЦОИЯМ» в период с 2015 по 2018 г. Все пациенты были гистологически верифицированы (гистология — диффузная В-крупноклеточная лимфома), всем проводилось ПЭТ/КТ-исследование до начала лечения и оценивалась динамика лечения после химиотерапии. Динамика лечения оценивалась по общепризнанной методике с помощью шкалы Deauville и разработанной в нашем отделении методике SURF (Standard Uptake value Referencing to Fat tissue). Для оценки условного уровня фоновой метаболической активности области интереса (ROI) размещались в проекции интактной подкожной жировой клетчатки поясничных областей и бедра таким образом, чтобы в область ROI не включались другие ткани, а для оценки уровня метаболической активности определяли показатель SUVmean. После получения значения SUVmean для четырех ROI рассчитываю их среднее арифметическое. В дальнейшем определяется показатель SUVmax патологического очага и делится на среднее арифметическое для подкожной клетчатки.

Результаты. Оценка динамики лечения по шкале Deauville позволила определить с высокой точностью наличие полного ответа опухоли на проведенное лечение (1–2 балла) у 45 пациентов, и наличие жизнеспособной опухолевой ткани (4–5 баллов) — 32 пациентов. При этом у остальных 20 пациентов (21% от всех пациентов) динамика лечения оценивалась в 3 балла, из них у 8 пациентов имелась жизнеспособная опухолевая ткань, что составило 40% от всех сомнительных результатов. При использовании методики SURF безошибочно был определен полный метаболический ответ у 55 пациентов и остаточную жизнеспособную ткань у 32 пациентов. Сомнительный результат по данным SURF был определен у 15 пациентов (15% всех пациентов), при этом остаточная жизнеспособная опухолевая ткань имелась у 7 пациентов, что составило 46% от их числа.

Заключение. Пятибалльная шкала Deauville проста в использовании, оптимальна для оценки динамики лечения ДВКЛ, но не имеет четких параметров областей интереса, применяемых для проведения вычислений, что вызывает некоторые трудности в правильности выставления баллов. Поэтому в некоторых ситуациях, когда критерии Deauville неприменимы, альтернативой может стать методика SURF, однако данная методика более трудоемка и требует уточнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

- Агеева Т.А., Архипова Н.В., Байков В.В. Диффузная В-крупноклеточная лимфома // *Гематология* / под ред. О.А.Рукавицына. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. С. 303–407. [Ageeva T.A., Arhipova N.V., Baykov V.V. Diffuse large B-cell lymphoma // *Haematology* / ed. by O.A. Rukavitsyna. Moscow: GEOTAR-Media, 2015, pp. 303–407 (In Russ.).]
- Аносов Н.А., Бацков С.С., Богданов А.Н. и др. Лимфопролиферативные заболевания // *Клиническая гематология: руководство для врачей* /

- под ред. А.Н.Богданова, В.И.Мазурова. СПб.: Фолиант, 2008. С. 331–364. [Anonson N.A., Batskov S.S., Bogdanov A.N. et al. Lymphoproliferative disease // *Clinical Hematology: a guide for physicians* / ed. by A.N.Bogdanova, V.I.Mazurova. St. Petersburg: Foliant, 2008, pp. 331–364 (In Russ.).]
- Swerdlow S.H., Campo E., Harris N.L. et al. Diffuse large B-cell lymphoma, NOS // *World Health Organization Classification of Tumours of Haematopoietic and Lymphoid Tissues*. Lyon: IARC, 2008. P. 291–292.
 - Johnson S.A., Kumar A., Matasar M.J. et al. Imaging for Staging and Response Assessment in Lymphoma // *Radiology*. 2015. Vol. 276 (2). P. 323–338.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 09.12.2019 г.

Контакт/Contact: Трофимчук Людмила Юрьевна, trofimchuklyu@inbox.ru

Сведения об авторах:

Трофимчук Людмила Юрьевна — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины»; 454087, г. Челябинск, ул. Блюхера, д. 42; e-mail: onco74@chelonco.ru;

Афанасьева Надежда Геннадьевна — кандидат медицинских наук, врач-радиолог, заведующая отделением радионуклидной диагностики (ПЭТ-центр) ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины»; 454087, г. Челябинск, ул. Блюхера, д. 42; e-mail: onco74@chelonco.ru;

Важенин Андрей Владимирович — академик РАН, профессор, доктор медицинских наук, главный врач ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины», заведующий кафедрой онкологии, лучевой диагностики и лучевой терапии Южно-Уральского государственного медицинского университета, главный радиолог Уральского федерального округа, ГБУЗ «Челябинский областной клинический центр онкологии и ядерной медицины»; 454087, г. Челябинск, ул. Блюхера, д. 42; e-mail: onco74@chelonco.ru.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2019 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис“» 42177

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТРАСТНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ СОЧЕТАННОЙ МРТ И ОФЭКТ-ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ТРАНС-1,2-ДИАМИНОЦИКЛОГЕКСАН-N,N,N',N'-ТЕТРАУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ (ДЦТА) С МН (ЦИКЛОМАНГА) И 99mTc (ЦИКЛОТЕХА)

¹В. Ю. Усов, ²М. Л. Белянин, ³О. Ю. Бородин, ⁴А. А. Чурин,
¹Ю. Б. Лишманов, ³М. А. Зоркальцев, ²В. Д. Филимонов,
⁵Н. Л. Шимановский

- ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт кардиологии, Томск, Россия
- ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия
- ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Томск, Россия
- ФГБНУ «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины им. Е. Д. Гольдберга, Томск, Россия
- ФГАОУ ВО Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия

Предложен новый комплексный препарат для сочетанной МРТ-ОФЭКТ-визуализации на основе транс-1,2-диаминоциклогексан-N,N,N',N'-тетрауксусной кислоты (ДЦТА) в качестве универсального комплексообразователя, для меченя как парамагнетиком — Mn — для МРТ и ^{99m}Tc — для ОФЭКТ, позволяющий осуществить эффективное сопоставление диагностических изображений. Продемонстрирована возможность сочетанной МРТ-ОФЭКТ визуализации.

DEVELOPMENT OF MULTIMODAL CONTRAST AGENT FOR MRI — SPECT FUSION IMAGING USING COMPLEXES OF TRANS-1,2-DIAMINOCYCLOHEXAN-N,N,N',N'-TETRAACETIC ACID (DCTA) WITH MN (CYCLOMANG) AND ^{99m}Tc (CYCLOTEN)

¹Wladimir Yu. Usov, ²Maxim L. Belyanin, ³Oleg Yu. Borodin, ⁴Alexey A. Churin, ¹Yuri B. Lishmanov, ³Maksim A. Zorkaltsev, ²Viktor D. Filimonov, ⁵Nikolay L. Shimanovskii

¹FSBSI «Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences», Cardiology Research Institute, Tomsk, Russia
²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk Polytechnic University, TPU, Tomsk, Russia
³SBEI HE «Siberian State Medical University» Ministry of Health of the RF, Tomsk, Russia
⁴FSBSI «Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences», E. D. Goldberg Research Institute of Pharmacology and Molecular Medicine, Tomsk, Russia
⁵Pirogov Russian National Research Medical University

We have proposed a new agent for fused simultaneous MRI and SPECT studies based on trans-1,2-diaminocyclohexan-N,N,N',N'-tetraacetic acid (DCTA) for concomitant labelling with Mn (Cyclomang) for MRI and with ^{99m}Tc (Cyclotek) for SPECT, delivering fusion of these modalities. Real acquisition and processing of fused images is also shown.

Цель исследования: контрастирование с помощью парамагнитных комплексов является сегодня основным направлением развития магнитно-резонансной томографической диагностики [1], а в гамма-сцинтиграфии использование радиофармпрепаратов (РФП) — комплексов ^{99m}Tc — основа метода. В то же время до сих пор прямое сравнение контрастированной МРТ и ОФЭКТ затруднительно из-за различий в кинетике используемых комплексов. Мы изучили возможность использования транс-1,2-диаминоциклогексан-N,N,N',N'-тетрауксусной кислоты (ДЦТА) в качестве универсального комплексообразователя, пригодного для мечения как парамагнетиком — Mn — для МРТ, так и ^{99m}Tc — для ОФЭКТ, и позволяющим осуществить прямое сопоставление таких диагностических изображений.

Материалы и методы. Цикломанг и Циклотех (0,5 М раствор комплексов транс-1,2-диаминоциклогексан-N,N,N',N'-тетрауксусной кислоты, с Mn²⁺ и ^{99m}Tc соответственно) был получен на кафедре органической химии НИ Томского политехнического университета [2], по оригинальной технологии с использованием оксида или карбоната марганца (II) и NaH₂ДЦТА, с получением в итоге 0,5 М раствора Mn-ДЦТА при отсутствии свободного марганца, токсических примесей и небольшом избыточном количестве свободного ДЦТА (до 0,75%), при pH готового раствора фармацевтической формы 6,7–7,4. Циклотех (^{99m}Tc-ДЦТА) был получен при мечении раствора 0,5 М ДЦТА элюатом ^{99m}TcO₄.

Результаты. В обоих случаях в диапазоне физиологических pH константа устойчивости превосходила 19,3. Объем распределения при введении внутривенно на 15 мин после инъекции обоих препаратов достоверно не различался и составлял для Цикломанга 1,08±0,07 от объема плазмы, а для Циклотеха — 1,11±0,09 от объема плазмы. Препараты демонстрировали биэкспоненциальный клиренс крови с показателями времени полувыведения для первой фазы: для цикломанга — 14,2±1,1 мин и для циклотеха — 14,7±1,9 мин, и для второй фазы — медленного выведения — 52±6 мин и 51±7 мин соответственно. При остром введении у мышей показатель LD₅₀ превосходил 16,7 мл/кг, таким образом относя оба препарата к группе 4 — малоопасные препараты. При исследовании у здоровых добровольцев (n=5) во всех слу-

чаях более 95% введенной дозы было выведено путем почечной фильтрации. Кишечное всасывание препаратов не превышало 1%.

Заключение. Таким образом комплекс транс-1,2-диаминоциклогексан-N,N,N',N'-тетрауксусной кислоты с марганцем (II) — для контрастирования в МРТ и с ^{99m}Tc — для гамма-сцинтиграфических исследований — обладают неотличимыми фармакокинетическими свойствами, нетоксичны, не диссоциируют в физиологических средах и могут быть в дальнейшем использованы для контрастирования при мультимодальных МРТ-ОФЭКТ томографических исследованиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. Шимановский Н.Л. Безопасность йод-содержащих рентгенконтрастных средств в свете новых рекомендаций международных ассоциаций экспертов и клиницистов // *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2012. № 2 (1). С. 12–19. [Shimanovskii N.L. Safety of current iodine roentgen contrast media with a glance of update guidelines of international experts and clinicians associations. *Russian electronic journal of radiology*, 2012, Vol. 2 (1), pp. 12–19 (In Russ.).]
2. Усов В.Ю., Белянин М.Л., Безлепкин А.И., Чуринов А.А. Исследование комплекса Mn-транс-1,2-диаминоциклогексан-N,N,N',N'-тетраацетата (цикломанга) в качестве парамагнитного контрастного препарата для магнитно-резонансной томографии // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2013. Т. 76, № 10. С. 32–38. [Usov W.Yu., Belyanin M.L., Bezlepkin A.I., Churin A.A. Evaluation of Manganese-trans-1,2-Diaminocyclohexane-N,N,N',N'-tetraacetate Complex (Cyclomang) as Paramagnetic Contrast Agent for Magnetic Resonance Imaging. *Experimental and Clinical Pharmacology*, 2013, Vol. 76, No. 10, pp. 32–38 (In Russ.).]

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 29.01.2020 г.

Контакт/Contact: Усов Владимир Юрьевич, ussov1962@yandex.ru

Сведения об авторах:

Усов Владимир Юрьевич — профессор, доктор медицинских наук, заведующий отделением рентгеновских и томографических методов диагностики, ФГБНУ «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;

Белянин Максим Львович — доцент, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии и биотехнологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; 634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30;

Бородин Олег Юрьевич — кандидат медицинских наук, доцент кафедры биофизики ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2;

Чуринов Алексей Александрович — профессор, доктор медицинских наук, заведующий лабораторией токсикологии Научно-исследовательского института фармакологии и регенеративной медицины им. Е.Д.Гольдберга Томского национального исследовательского медицинского центра Российской академии наук; 634034, г. Томск, Киевская ул., д. 111А; Лышманов Юрий Борисович — профессор, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, руководитель научного направления «лучевая диагностика» ФГБНУ «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;

Зоркальцев Максим Александрович — доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики Сибирского государственного медицинского университета, ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, г. Томск, Московский тракт, д. 2;

Филимонов Виктор Дмитриевич — профессор, доктор химических наук, профессор кафедры органической химии и биотехнологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет; 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30;

Шимановский Николай Львович — профессор, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой молекулярной фармакологии им. академика П.В.Сергеева Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова; 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1.