

<http://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-3-161-165>

# Первое применение совмещенной позитронно-эмиссионной томографии/магнитно-резонансной томографии в России

**Чабан А.С., Мирзоянц С.Г.\* , Калинин М.Р.**

*Центр ядерной медицины и позитронно-эмиссионной томографии  
НУЗ «Центральная клиническая больница № 2 им. Н.А. Семашко» ОАО «РЖД»,  
ул. Будайская, 2, Москва, 129128, Российская Федерация*

## Резюме

Совмещенная ПЭТ/МРТ – новый гибридный метод визуализации, который сконцентрировал в себе все достижения современной магнитно-резонансной томографии и позитронно-эмиссионной томографии. ПЭТ/МРТ обладает преимуществами перед другими методами визуализации и, вероятнее всего, скоро станет «золотым стандартом» визуализации в некоторых областях лучевой диагностики. В данном клиническом случае представлено первое применение ПЭТ/МРТ в России у пациента с множественной эндокринной неоплазией I типа. Благодаря ПЭТ/МРТ были получены более точные данные по сравнению с ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/КТ.

**Ключевые слова:** позитронно-эмиссионная томография/магнитно-резонансная томография; позитронно-эмиссионная томография/компьютерная томография; множественная эндокринная неоплазия I типа.

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

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

**Для цитирования:** Чабан А.С., Мирзоянц С.Г., Калинин М.Р. Первое применение совмещенной позитронно-эмиссионной томографии/магнитно-резонансной томографии в России. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2019; 100 (3): 161–5. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-3-161-165>

*Статья поступила 04.03.2019 Принята к печати 22.03.2019*

# The First Application of Positron Emission Tomography/Magnetic Resonance Imaging in Russia

**Artem S. Chaban, Sergey G. Mirzoyants\* , Mikhail R. Kalinin**

*Center of Nuclear Medicine and Positron Emission Tomography,  
Central Clinical Hospital № 2 named after N.A. Semashko, Russian Railways,  
ul. Budayskaya, 2, Moscow, 129128, Russian Federation*

## Abstract

PET/MRI is a new hybrid imaging technique that involves all achievements of modern magnetic resonance imaging (MRI) and positron emission tomography (PET). PET/MRI has advantages over other imaging methods and will most likely soon become the gold standard for visualization in some areas of radiodiagnosis. This clinical case demonstrates the first application of PET/MRI in Russia in a patient with multiple endocrine neoplasia type 1. PET/MRI has yielded more accurate data than PET/CT and SPECT/CT.

**Keywords:** positron emission tomography/magnetic resonance imaging; positron emission tomography/computed tomography; multiple endocrine neoplasia type 1.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Acknowledgements.** The study had no sponsorship.

**For citation:** Chaban A.S., Mirzoyants S.G., Kalinin M.R. The first application of positron emission tomography/magnetic resonance imaging in Russia. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2019; 100 (3): 161–5 (in Russ.). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2019-100-3-161-165>

*Received 04.03.2019 Accepted 22.03.2019*

## Введение

Молекулярная визуализация – направление лучевой диагностики, которое нашло применение во многих областях медицины, но больше всего – в онкологии. Методы молекулярной визуализации играют важную роль в лечении и наблюдении онкологических пациентов, в частности, при постановке диагноза, стадировании, оценке прогноза, выборе плана лечения, оценке эффективности терапии и выявлении рецидива заболевания [1]. В конце XX в. достижения компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) кардинально изменили не только лучевую диагностику, но и практически всю медицину. В начале XXI в. появились гибридные системы ПЭТ/КТ и ОФЭКТ/КТ, что позволило соединить данные молекулярной визуализации (о функциональном состоянии органов и систем) с данными компьютерной томографии (о точном пространственном расположении, анатомии и морфологии). По мнению многих ведущих специалистов, гибридные технологии будут быстро развиваться и внедряться в клиническую практику в следующие 15 лет [2].

В настоящее время появился третий гибридный метод визуализации в виде комбинированной системы ПЭТ и МРТ (ПЭТ/МРТ). Гибридные ПЭТ/МРТ-сканеры стали доступны в рутинной клинической практике, как только технические характеристики систем позволили соединять ПЭТ и МРТ в одном аппарате. Установленная в нашей клинике совмещенная система (Bioraph mMR SIEMENS) является третьим поколением ПЭТ/МРТ-сканеров. До недавнего времени использовались ПЭТ-томографы, соединенные с МРТ одним столом, на котором пациент передвигался от аппарата к аппарату в процессе диагностического этапа, что не позволяло использовать данную методику в широкой клинической практике [1].

ПЭТ/МРТ сочетает уникальную способность МРТ дифференцировать мягкие ткани, которая достигается с помощью множества разных импульсных последовательностей, с количественной функциональной информацией на молекулярном уровне, которую предоставляет ПЭТ. Таким образом, ПЭТ/МРТ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами визуализации.

Несмотря на недавнее внедрение ПЭТ/МРТ в клиническую практику, уже доказано, что в большинстве случаев результаты ПЭТ/МРТ схожи с результатами ПЭТ/КТ, а в случаях новообразований головы, шеи, малого таза и в некоторых случаях рецидива злокачественных новообразований ПЭТ/МРТ превосходит ПЭТ/КТ. Соответственно за счет более высокой информативности метода и снижения лучевой нагрузки ПЭТ/МРТ может заменить ПЭТ/КТ в некоторых областях медицины [3].

В данном клиническом случае мы представляем описание первого опыта применения ПЭТ/МРТ в России.

## Клиническое наблюдение

Пациент Х. имел длительный анамнез множественной эндокринной неоплазии I типа (МЭН I типа, синдром Вермера). Был направлен на ПЭТ-КТ-исследование врачом-онкологом.

**Данные истории болезни.** В 1996 г. пациенту выполнены транскраниальная аденомэктомия и лучевая терапия по поводу пролактиномы гипофиза. В 2010 г. была проведена паратиреоидэктомия нижних околощитовидных желез. В связи с множественными нейроэндокринными опухолями хвоста поджелудочной железы пациенту в 2011 г. была выполнена дистальная резекция поджелудочной железы. В 2016 г. в связи с явлениями метаболического ацидоза в виде многократного жидкого стула, развития выраженных водно-электролитных нарушений было назначено симптоматическое лечение короткодействующими аналогами соматостатина (октреотид), с положительным эффектом. По данным КТ выявлены образования культи поджелудочной железы и два образования в печени. С учетом анамнеза они были интерпретированы как образования нейроэндокринного генеза.

**Данные клинического и лучевого обследования.** В 2016 г. для уточнения прогрессирования и распространенности процесса была назначена ОФЭКТ/КТ с  $^{111}\text{In}$ -октреотидом. При проведении исследования выявлены очаги гиперфиксации во 2 и 6 сегментах печени и в культе головки поджелудочной железы (рис. 1).

В мае 2018 г. пациент обратился за медицинской помощью в связи с нарастанием симптомов метаболического ацидоза.

Пациенту было выполнено ПЭТ/КТ-исследование с внутривенным контрастированием йодсодержащим контрастным препаратом и в/в введением радиофармпрепарата (РФП) – фтордезоксиглюкозы ( $^{18}\text{F}$ -ФДГ). Исследование проводилось в нативную, артериальную и венозную фазы контрастирования. Область исследования – от уровня глазниц до верхней трети бедра.

На ПЭТ-серии было выявлено два очага в печени с накоплением  $^{18}\text{F}$ -ФДГ SUV max 12,7 и 13,4 (рис. 2). На многофазной КТ этим очагам гиперметаболизма  $^{18}\text{F}$ -ФДГ соответствовали гиподенсные очаги с достоверным накоплением контрастного препарата (рис. 3). С учетом анамнеза пациента, данных многофазной КТ и ПЭТ был сделан вывод, что данная картина соответствует метастазам нейроэндокринной опухоли. Кроме того, в остаточной (после резекции) паренхиме головки поджелудочной железы визуализировалась кистозно-солидная структура с умеренным накоплением  $^{18}\text{F}$ -ФДГ SUV max 3,7.

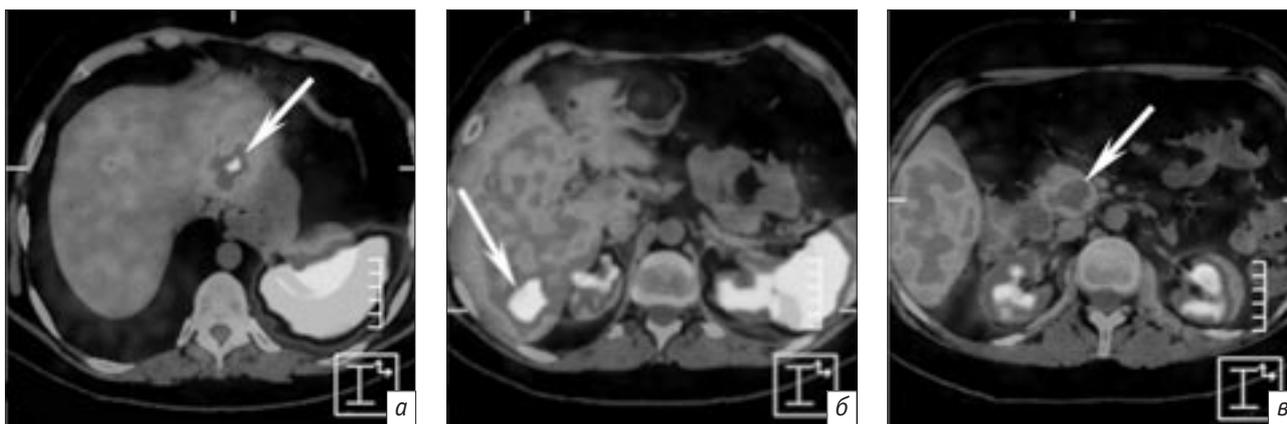


Рис. 1. ОФЭКТ/КТ, аксиальная плоскость:

*а* – метастаз в S2 печени с гиперфиксацией  $^{111}\text{In}$ -октреотида; *б* – метастаз в S6 печени с гиперфиксацией  $^{111}\text{In}$ -октреотида; *в* – образование в остаточной паренхиме головки поджелудочной железы с гиперфиксацией  $^{111}\text{In}$ -октреотида

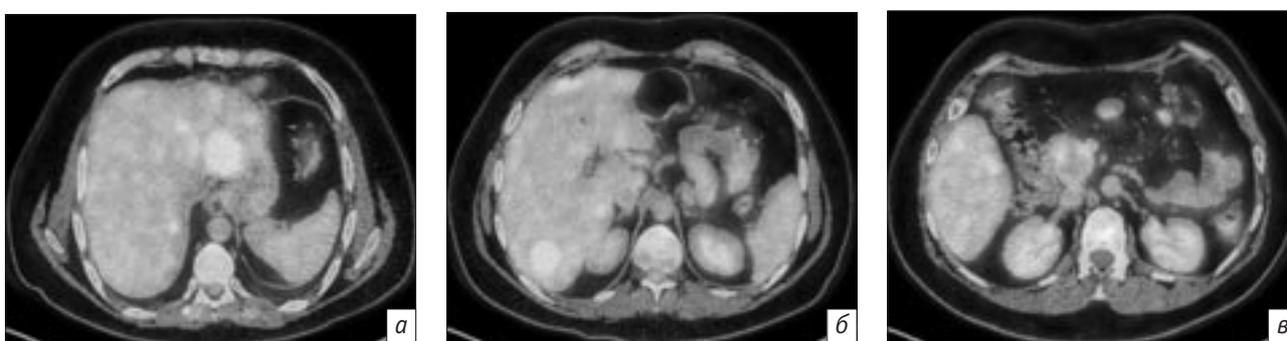


Рис. 2. ПЭТ/КТ, аксиальная плоскость:

*а* – метастаз в S2 печени с высокой метаболической активностью; *б* – метастаз в S6 печени с высокой метаболической активностью; *в* – кистозно-солидная структура в остаточной паренхиме головки поджелудочной железы с низкой метаболической активностью



Рис. 3. КТ, аксиальная плоскость, венозная фаза контрастирования:

*а* – гиподенсный метастаз в S2 печени; *б* – гиподенсный метастаз в S6 печени; *в* – кистозно-солидная структура в остаточной паренхиме головки поджелудочной железы

Сразу после ПЭТ/КТ пациенту была выполнена ПЭТ/МРТ. Область исследования, как и при ПЭТ/КТ, – от уровня глазниц до верхней трети бедра (рис. 4). Протокол записи исследования состоял из блоков (кровать) ПЭТ- и МРТ-последовательностей. Во время сбора данных ПЭТ одновременно происходил сбор данных МРТ-последовательностей соответствующей анатомической области: T1-взвешенных изображений (ВИ) с подавлением

сигнала от жировой ткани в аксиальной плоскости и T2-ВИ с подавлением сигнала от жировой ткани в корональной плоскости. Эти МРТ-программы необходимы для анатомического ориентирования при выполнении ПЭТ. После сбора данных ПЭТ и МРТ протокол был дополнен многопараметрическим исследованием печени с T2-ВИ, изображениями с химическим сдвигом и диффузионно-взвешенными изображениями (ДВИ) с b-фактором

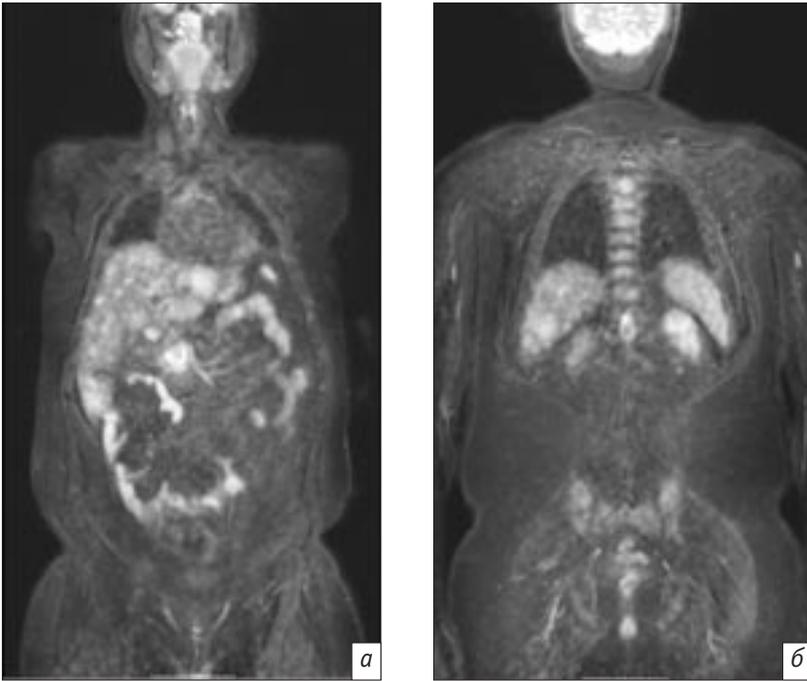


Рис. 4. ПЭТ/МРТ, корональная плоскость, совмещенные T2-взвешенные изображения с подавлением сигнала от жира и ПЭТ:

а – метастаз в S2 печени с высокой метаболической активностью; б – гиподенсный метастаз в S6 печени с высокой метаболической активностью

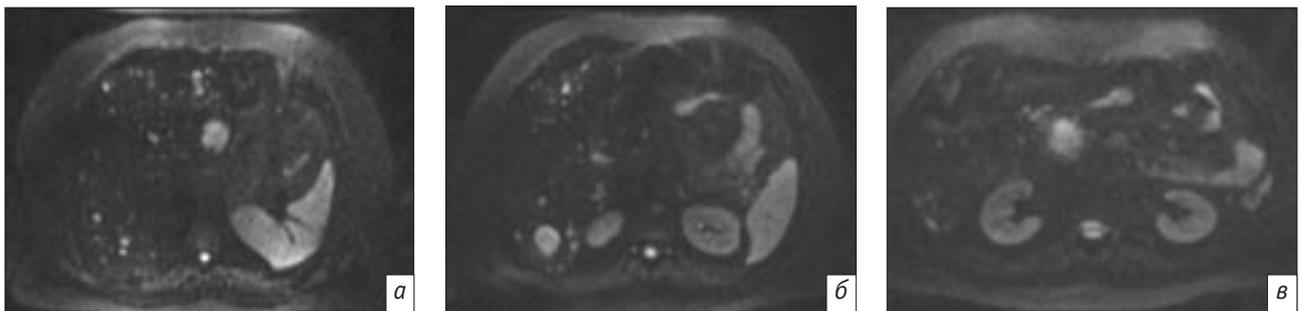


Рис. 5. МРТ, диффузионно-взвешенные изображения, аксиальная плоскость:

а – гиперинтенсивный метастаз в S2 печени, множественные мелкие метастазы в сегментах печени; б – гиперинтенсивный метастаз в S6 печени, множественные мелкие метастазы в сегментах печени; в – гиперинтенсивная кистозно-солидная структура в остаточной паренхиме головки поджелудочной железы

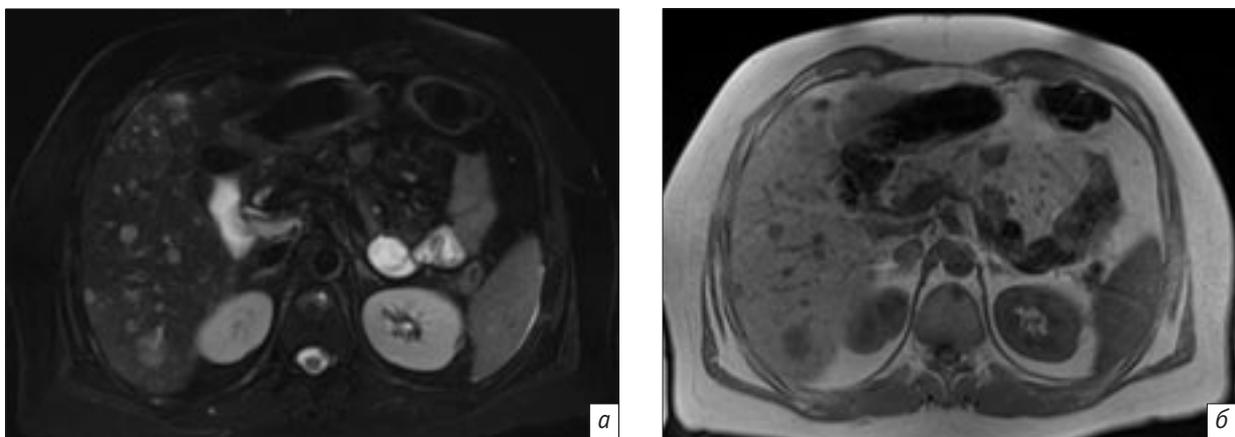


Рис. 6. МРТ, аксиальная плоскость:

а – T2-взвешенное изображение с подавлением сигнала от жира; б – T1-взвешенное изображение. Визуализируются множественные очаговые образования печени

50 и 800. На полученных МРТ-последовательностях помимо выявленных на ПЭТ/КТ образований визуализировались множественные мелкие очаговые образования в печени. Лучше всего очаги визуализировались на ДВИ, T2-ВИ с подавлением сигнала от жира (рис. 5, 6). Кроме того, на ПЭТ-серии ПЭТ/МРТ стали также визуализироваться мелкие метастазы в печени. Это связано, вероятно, с более поздним временем сканирования от момента введения РФП. То есть в данном случае мелкие метастазы печени обладали низкой метаболической активностью, и для их достоверной визуализации требовалось большее время для накопления ими РФП.

### Обсуждение

На примере данного клинического случая продемонстрированы преимущества ПЭТ/МРТ в диагностике образований печени. Высокий мягкотканый контраст МРТ-серий позволяет проводить точную диагностику очаговых поражений печени. Так, чувствительность и специфичность выявления очаговых образований печени на МРТ составляет 94 и 82% соответственно [3]. В представленном нами случае при многофазной КТ мелкие метастазы в печени не визуализировались, а при ПЭТ/КТ не было отмечено накопления в них РФП в связи с их низкой метаболической активностью. Кроме того, по результатам ОФЭКТ/КТ удалось выявить только самые крупные новообразования, что связано с разрешающей способностью метода. Стоит отме-

тить, что пациент не получил дополнительной лучевой нагрузки, так как РФП повторно не вводился, а последовательности МРТ такую нагрузку не несут.

При выполнении ПЭТ/МРТ, во время сбора данных одной кровати ПЭТ, одновременно осуществляется сбор данных МРТ-последовательностей. После окончания исследования полученные МР-последовательности «сшиваются» в изображения всего тела пациента. Эти изображения используются для совмещения с ПЭТ-серией и таким образом получают гибридные ПЭТ/МРТ-изображения (см. рис. 4).

После сбора данных основной части (обычно 4–7 кроватей) есть возможность проведения дополнительного специализированного МР-протокола на область интереса. В описанном клиническом случае было выполнено дополнительное многопараметрическое исследование печени.

Также возможно расширить МР-протокол для осуществления многопараметрического исследования органов малого таза, головного мозга, костей, органов средостения и др.

### Заключение

Возможности ПЭТ при проведении ПЭТ/КТ и ПЭТ/МРТ не имеют отличий. И, соответственно, на ПЭТ/МРТ можно использовать все виды современных доступных РФП. За счет этого и за счет преимуществ многопараметрического МРТ-исследования есть вероятность, что ПЭТ/МРТ вытеснит ПЭТ/КТ в таких областях медицины, как неврология, онкоурология и онкогинекология.

## Литература / References

1. Rosenkrantz A.B., Friedman K., Chandarana H., Melsaether A., Moy L., Ding Y.S. et al. Current status of hybrid PET/MRI in oncologic imaging. *Am. J. Roentgenol.* 2016; 1 (206): 162–72.
2. Histed S.N., Lindenberg M.L., Mena E., Turkbey B., Choyke P.L., Kurdziel K.A. Review of functional/anatomical imaging in oncology. *Nucl. Med. Commun.* 2012; 4 (33): 349–61.
3. Ehman E.C., Johnson G.B., Villanueva-Meyer J.E., Cha S., Leynes A.P., Larson P.E.Z. Hope TA2. PET/MRI: where might it replace PET/CT? *J. Magn. Reson. Imag.* 2017; 5 (46): 1247–62.
4. Matos A.P., Velloni F., Ramalho M., Al Obaidy M., Rajapaksha A., Semelka R.C. Focal liver lesions: practical magnetic resonance imaging approach. *World J. Hepatol.* 2015; 16 (7): 1987–2008.

## Сведения об авторах | Information about the authors

**Чабан Артем Сергеевич**, врач-рентгенолог, Центр ядерной медицины и позитронно-эмиссионной томографии НУЗ «Центральная клиническая больница № 2 им. Н.А. Семашко» ОАО «РЖД»; orcid.org/0000-0002-5661-0620

**Мирзоянц Сергей Генрихович\***, к. м. н., руководитель Центра, Центр ядерной медицины и позитронно-эмиссионной томографии НУЗ «Центральная клиническая больница № 2 им. Н.А. Семашко» ОАО «РЖД»

E-mail: mirza-sg@mail.ru

**Калинин Михаил Рудольфович**, д. м. н., профессор, директор ЦКБ № 2 им. Н.А. Семашко, Центр ядерной медицины и позитронно-эмиссионной томографии НУЗ «Центральная клиническая больница № 2 им. Н.А. Семашко» ОАО «РЖД»

**Artem S. Chaban**, Radiologist, Center of Nuclear Medicine and Positron Emission Tomography, Central Clinical Hospital № 2 named after N.A. Semashko, Russian Railways; orcid.org/0000-0002-5661-0620

**Sergey G. Mirzoyants\***, Cand. Med. Sc., Head of Center, Center of Nuclear Medicine and Positron Emission Tomography, Central Clinical Hospital № 2 named after N.A. Semashko, Russian Railways

E-mail: mirza-sg@mail.ru

**Mikhail R. Kalinin**, Dr. Med. Sc., Professor, Director of CCH № 2 n.a. N.A. Semashko, Center of Nuclear Medicine and Positron Emission Tomography, Central Clinical Hospital № 2 named after N.A. Semashko, Russian Railways