

<https://doi.org/10.56598/2957-6377-2023-3-9-26-31>

УДК 616-006; 615.849

МРНТИ 76.29.49; 76.29.62

Описание серии клинических случаев

ПЭТ/КТ с фторидом натрия ($^{18}\text{F-NaF}$): превосходство в диагностике костных метастазов в сравнении с сцинтиграфией и ПЭТ/КТ с фторидиоксиоглюкозой ($^{18}\text{F-FDG}$)

[Скакова Г.А.](#)¹, [Хизат Г.](#)², [Толлеуов Д.Ж.](#)³, [Нуржанов А.Б.](#)⁴, [Суттибаева А.К.](#)⁵

¹ Врач отделения ядерной медицины, Республиканский диагностический центр, Корпоративный фонд «University Medical Center», Астана, Казахстан. E-mail: skakovagul@yandex.ru

² Врач отделения ядерной медицины, Республиканский диагностический центр, Корпоративный фонд «University Medical Center», Астана, Казахстан. E-mail: abuosman91@mail.ru

³ Врач отделения ядерной медицины, Республиканский диагностический центр, Корпоративный фонд «University Medical Center», Астана, Казахстан. E-mail: toleuov_daulet@mail.ru

⁴ Врач отделения ядерной медицины, Республиканский диагностический центр, Корпоративный фонд «University Medical Center», Астана, Казахстан. E-mail: amir_nur@mail.ru

⁵ Врач отделения ядерной медицины, Республиканский диагностический центр, Корпоративный фонд «University Medical Center», Астана, Казахстан. E-mail: aida_aldan@mail.ru

Резюме

Поражение костной системы наблюдается при многих онкологических заболеваниях. Наиболее часто поражение костей скелета происходит при опухолях, метастазирующих преимущественно гематогенным и/или лимфогенным путем.

В статье описана серия клинических случаев с применением метода совмещенной ПЭТ КТ с $^{18}\text{F-NaF}$ (фторид натрия) в диагностике метастатического поражения костной системы в сравнении с остеосцинтиграфией и ПЭТ КТ с $^{18}\text{F-FDG}$ (фторидиоксиоглюкозой), которые проводились в центре ядерной медицины Республиканского диагностического центра Корпоративного фонда «University Medical Center».

По нашим наблюдениям, при применении метода совмещенной ПЭТ КТ с $^{18}\text{F-NaF}$ в диагностике костных поражений отмечается более высокая диагностическая точность (изображение костей с высоким разрешением), значительное сокращение времени исследования и выявление как остеобластических, так и остеолитических метастазов, позволяет определить распространенность процесса и динамику на фоне проведенного лечения.

Ключевые слова: позитронно-эмиссионная томография/компьютерная томография, $^{18}\text{F-NaF}$, $^{18}\text{F-FDG}$, остеосцинтиграфия, метастатическое поражение костной системы.

Corresponding author: Gulnara Skakova, Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan.

Postal code: Z05H8T3

Address: Kazakhstan, Astana, Almaty str 13, app 458.

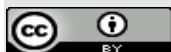
Phone: +77779779242

E-mail: skakovagul@yandex.ru

Oncology.kz 2023; 3 (9): 26-31

Received: 14-08-2023

Accepted: 19-09-2023



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Поражение костной системы наблюдается при многих онкологических заболеваниях. Наиболее часто поражение костей скелета происходит при опухолях, метастазирующих преимущественно гематогенным и/или лимфогенным путем: в случае рака молочной железы (до 85%), предстательной железы (до 85%), щитовидной железы (до 60%), почки (36-50%), легкого (до 40%). С учетом высокой распространенности в популяции злокачественных новообразований молочной железы и простаты на долю этих опухолей приходится до 80% всех клинически значимых метастатических поражений скелета [1].

В современной онкологии диагностика костных метастазов играет ключевую роль в определении стадии заболевания, планировании лечения и прогнозировании исходов у пациентов. Среди различных методов обнаружения и оценки костных метастазов, позитронно-эмиссионная томография

Серия клинических случаев

Исследование выполнялось на совмещенном позитронно-эмиссионном и компьютерном томографе GeminiGXL 16-NM фирмы Philips (Голландия) с применением радиофармпрепарата ^{18}F -фторид натрия (^{18}F -NaF), радиофармпрепарата ^{18}F -фтордезоксиглюкозой (^{18}F -ФДГ), а также исследование выполнялось на однофотонном эмиссионном компьютерном томографе Philips SPECT "Forte" (Голландия) с радиофармпрепаратом $^{99\text{m}}\text{Tc}$ - Пирфотех. Ограничения в приеме пищи и лекарственных препаратов отсутствуют. Для ускорения выведения радиофармпрепарата из крови пациента рекомендуется за час до исследования употребить 1,0-1,5 литра воды (вода без газа). Область сканирования: от макушки до кончиков пальцев ног включительно.

Показания к исследованию были: А) диагностика костных метастазов при онкологических заболеваниях (чаще при раке молочной железы, раке предстательной железы, а также карциноме щитовидной железы, почек, легких и т.д.). Б) контроль проведенного лечения костных метастазов. Нами были проведены исследования с соблюдением следующих сроков: через 4-6 недель после операции, через 4-6 недель после последнего введения ПХТ (если требуется

с фторидом натрия (ПЭТ/КТ с ^{18}F -NaF) выделяется своей высокой чувствительностью и специфичностью, превосходя сцинтиграфию и позитронно-эмиссионную томографию с фтордиоксиглюкозой (ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG) [3-6].

По данным различных авторов, чувствительность ПЭТ-КТ с ^{18}F -NaF в выявлении метастатического поражения костей при первичных опухолях различной локализации составляет 100% (в сравнении: сцинтиграфия с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ метилдифосфонатом 88-92%), а специфичность метода - 87-100% (в сравнении: сцинтиграфия с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ метилдифосфонатом 74-82%) [2,5,8].

Цель сообщения: обсудить превосходство ПЭТ/КТ с фторидом натрия (^{18}F -NaF) в диагностике костных метастазов в сравнении с сцинтиграфией и ПЭТ/КТ с фторидиоксиглюкозой (^{18}F -FDG).

оценка эффективности, оконченой терапии), через 2-4 недели после радиойодтерапии, через 6-8 недель после курса лучевой терапии

Противопоказания: беременность, период лактации.

В целом с 2018 по 2022 годы в Центре ядерной медицины Республиканского диагностического центра Корпоративного фонда «University Medical Center» проведено ПЭТ/КТ 833 исследований с ^{18}F -NaF. Из них: рак молочной железы - 54,7%; рак простаты - 12,0%; рак женских половых органов - 13,2%; саркомы - 4,0%; рак кишечника - 4,9%, рак почки - 2%, рак щитовидной железы - 1,8%, прочие виды рака - 7,4% (рак легких, забрюшинные опухоли, рак желудка). При ПЭТ-КТ-обследовании с ^{18}F -NaF признаки метастатического поражения костной системы выявлены у 46,3% пациентов, из них у 39,5% пациентов имело место множественное поражение костей скелета, а у 6,8% выявлены солитарные метастатические очаги. Ниже приводим наши наблюдения.

Клинический пример №1. Пациентка А. 1967 г.р., Диагноз: Рак правой молочной железы, St2 (T2N1M0). Состояние после комплексного лечения (рисунок 1).

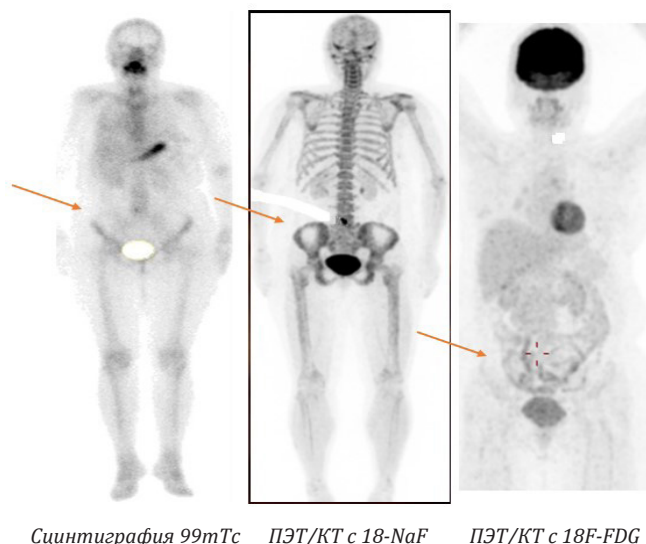


Рисунок 1 - Результаты обследования пациентки №1 с раком правой молочной железы, St2 (T2N1M0)

На ПЭТ/КТ с ^{18}F -NaF выявлено высокое накопление радиофармпрепарата в теле L5 позвонка, что соответствует метастатическому поражению. На сцинтиграфии накопление изотопа не ярко выражено, на ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG накопление радиофармпрепарата вообще не визуализируется.

Клинический пример №2. Пациентка А.1964 г.р., Диагноз: Рак левой молочной железы St II A (T1N1M0). Состояние после комбинированного лечения в 2018 году (рисунок 2).

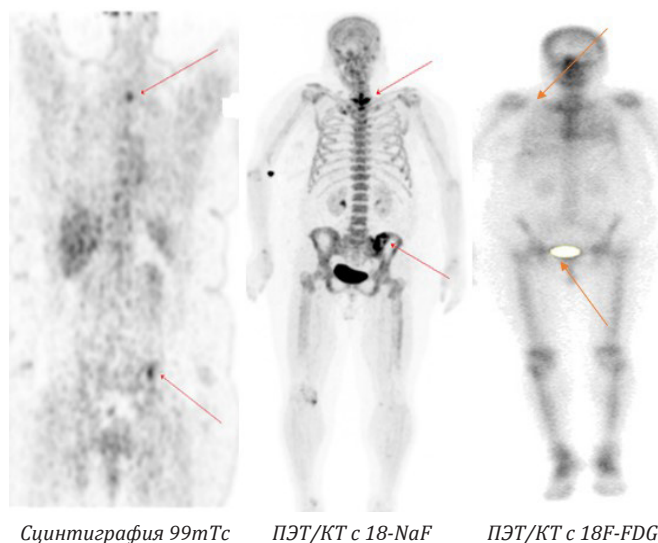


Рисунок 2 – Результаты обследования пациентки №2 с раком левой молочной железы St II A (T1N1M0)

На ПЭТ/КТ с ^{18}F -NaF аналогично предыдущему исследованию, четко видны метастатические поражения в шейных позвонках и крестцово-поясничном сочленении слева и подвздошной кости

слева. На сцинтиграфии накопление изотопа не ярко выражено, на ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG накопление радиофармпрепарата практически не визуализируется.

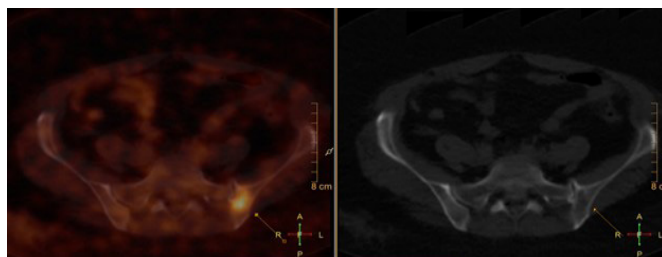


Рисунок 3 - ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG пациентки №2 с раком левой молочной железы St II A (T1N1M0)

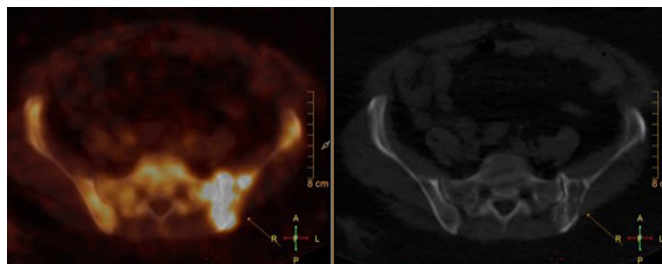


Рисунок 4 - ПЭТ/КТ с ^{18}F -NaF пациентки №2 с раком левой молочной железы St II A (T1N1M0)

Клинический пример №3. Пациентка А. 1949 г.р., Диагноз: Рак правой молочной железы St II (TNM), состояние после комбинированного лечения (рисунок 5).

На ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG у данной пациентки отмечаются остеобластические изменения в головке бедренной кости справа и в крыше вертлужной

впадины слева, но накопление радиофармпрепарата не визуализируются (рисунок 6).

На снимках ПЭТ/КТ с ^{18}F -NaF у той же пациентки четко видны метаболически активные метастатические поражения в головке бедренной кости справа и в крыше вертлужной впадины слева (рисунок 7).

Обсуждение

Сцинтиграфия является традиционным методом для обнаружения костных метастазов. Она

основана на введении радиофармпрепарата, такого как технеций-99м метилдифосфонат ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP),

который аккумулируется в областях повышенного обмена костной ткани.

Однако, скintiграфия имеет некоторые ограничения, включая низкую пространственную

разрешающую способность и высокий уровень фоновой активности, что может затруднить точное обнаружение малых очагов метастазов и их отличие от других костных изменений [7].



Рисунок 5 – ПЭТ/КТ с 18-NaF пациентки №3 с раком правой молочной железы St II(TNM)

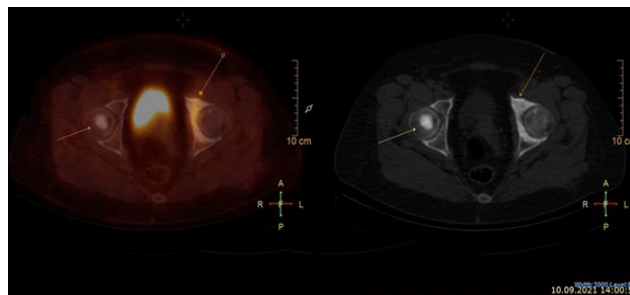


Рисунок 6 – ПЭТ/КТ с 18F-FDG пациентки №3 с раком правой молочной железы St II(TNM)

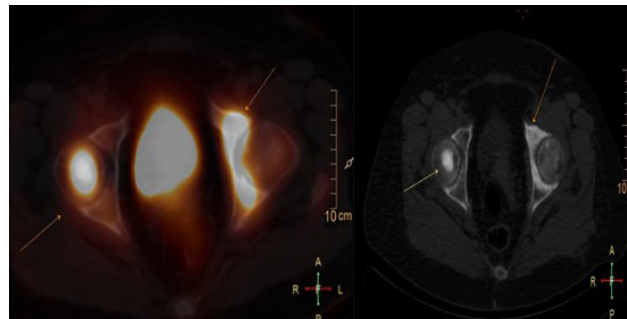


Рисунок 7 – ПЭТ/КТ с 18F-NaF пациентки №3 с раком правой молочной железы St II(TNM): метаболически активные метастатические поражения в костях скелета

В отличие от скintiграфии, ПЭТ/КТ с 18F-NaF использует фторид натрия, радиоактивный изотоп фтора, для визуализации и оценки костной активности. При введении 18F-NaF в организм пациента, радиоактивные изотопы аккумулируются в местах повышенного обмена костной ткани, особенно в областях костных метастазов. Такое накопление 18F-NaF позволяет более точно определить и локализовать метастатические очаги, даже при их небольшом размере или наличии в необычных местах [3,7].

Одним из дополнительных преимуществ ПЭТ/КТ с 18F-NaF является его способность предоставить точную анатомическую локализацию костных метастазов благодаря совмещению данных ПЭТ и КТ. Это позволяет проводить детальную оценку морфологических характеристик метастатических очагов и локализованных изменений в костной ткани,

что имеет важное значение для определения плана лечения и прогнозирования исходов.

При сравнении с ПЭТ/КТ с глюкозой, которая основана на аккумуляции радиофармпрепарата с 2-[18F] фтор-2-дезоксиглюкозой (18F-FDG), ПЭТ/КТ с 18F-NaF демонстрирует лучшие результаты в диагностике костных метастазов. В отличие от обычной ПЭТ/КТ с глюкозой, которая обнаруживает изменения в областях повышенного глюкозного обмена (как правило, в злокачественных опухолях), ПЭТ/КТ с 18-NaF обладает специфичностью для костной активности, что делает его более чувствительным и точным для обнаружения и оценки костных метастазов.

Высокая чувствительность к ранним стадиям метастазов: ПЭТ/КТ с NaF способна обнаружить метастазы на ранних стадиях, когда они еще могут быть незаметными на других образовательных методах. Это позволяет врачам начать лечение на ранних стадиях и повысить шансы на успешное излечение.

Высокая специфичность: Техника ПЭТ/КТ с NaF обладает высокой специфичностью при обнаружении костных метастазов. Это означает, что ложноположительные результаты, которые могут возникнуть при других методах, значительно сокращаются. Выявляет также как остеобластические, так и остеолитические метастазы.

Выводы

По нашим наблюдениям, при применении метода совмещенной ПЭТ КТ с ¹⁸F-NaF в диагностике костных поражений отмечается более высокая диагностическая точность (изображение костей с высоким разрешением), значительное сокращение времени исследования и выявление как остеобластических, так и остеолитических метастазов, позволяет определить распространенность процесса и динамику на фоне проведенного лечения.

Литература

1. Кузнецов В.В. Диагностика метастатического поражения скелета // Тюменский медицинский журнал. – 2013. – Т. 15. - №4. – С. 30-32. [[Google Scholar](#)]
1. Kuznetsov V.V. Diagnostika metastaticheskogo porazheniia skeleta (Diagnosis of metastatic skeletal lesions) [in Russian]. *Tiumenskii meditsinskii zhurnal*. 2013; 15(4): 30-32. [[Google Scholar](#)]
2. Афанасьева Н.Г., Важенин А.В., Зотова А.С., Важенина Д.А. ПЭТ-КТ с ¹⁸F-NaF в диагностике метастатического поражения костной системы (первый опыт) // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. – 2021. - Т. 10. - №3. – С. 25-28. [[Crossref](#)]
2. Afanas'eva N.G., Vazhenin A.V., Zotova A.S., Vazhenina D.A. PET-KT's ¹⁸F-NaF v diagnostike metastaticheskogo porazheniia kostnoi sistemy (pervyi opyt) (PET-CT with ¹⁸F-NaF in the diagnosis of metastatic lesions of the skeletal system (first experience)) [in Russian]. *Onkologiya. Zhurnal im. P.A. Gertsena*. 2021; 10(3): 25-28. [[Crossref](#)]
3. Broos W. Accuracy of ¹⁸F-NaF PET/CT in bone metastasis detection and its effect on patient management in patients with breast carcinoma. *Nucl Med Commun*. 2018; 39(4): 1. [[Crossref](#)]
4. Blake G.M., Park-Holohan S.J., Cook G.J., Fogelman I. Quantitative studies of bone with the use of ¹⁸F-fl uoride and ^{99m}Tc-methylene diphosphonate. *Semin Nucl Med*. 2001; 31(1): 28-49. [[Crossref](#)]
5. Even-Sapir E., Metser U., Mishani E., Lievshitz G. et al. The detection of bone metastases in patients with highrisk prostate cancer: ^{99m}Tc-MDP Planar bone scintigraphy, single- and multi-*fi* eld-of-view SPECT, ¹⁸F-fl uoride PET, and ¹⁸Ffluoride PET/CT. *J Nucl Med*. 2006; 47(2): 287-297. [[Google Scholar](#)]
6. Chakraborty D., Bhattacharya A., Mete U.K., Mittal B.R. Comparison of ¹⁸F fluoride PET/CT and ^{99m}Tc-MDP bone scan in the detection of skeletal metastases in urinary bladder carcinoma. *ClinNucl Med*. 2013; 38(8): 616-621. [[Crossref](#)]
7. Minamimoto R., Loening A., Jamali M., Barkhodari A. et al. Prospective comparison of ^{99m}Tc-MDP scintigraphy, combined ¹⁸F-NaF and ¹⁸F-FDG PET/CT, and wholebody MRI in patients with breast and prostate cancer. *J Nucl Med*. 2015; 56(12): 1862-1868. [[Crossref](#)]
8. Kruger S., Buck A.K., Mottaghy F.M., Hasenkamp E. et al. Detection of bone metastases in patients with lung cancer: ^{99m}Tc-MDP planar bone scintigraphy, ¹⁸F-fluoride PET or ¹⁸F-FDG PET/ CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2009; 36(11): 1807-1812. [[Crossref](#)]

Сүйек метастаздары диагностикасында натрий фторидімен (¹⁸F-NaF) ПЭТ/КТ қолдану: сцинтиграфия мен фтордизоксиглюкозамен (¹⁸F-FDG) ПЭТ/КТ-мен салыстырғандағы мүмкіншілігі

[Скакова Г.А.](#)¹, [Хизат Г.](#)², [Төлеуов Д.](#)³, [Нұржанов А.Б.](#)⁴, [Сүттібаева А.К.](#)⁵

¹ Ядролық медицина орталығының дәрігері, Республикалық диагностикалық орталық, «University Medical Center» корпоративтік қоры, Астана, Қазақстан. E-mail: skakovagul@yandex.ru

² Ядролық медицина орталығының дәрігері, Республикалық диагностикалық орталық, «University Medical Center» корпоративтік қоры, Астана, Қазақстан. E-mail: abuosman91@mail.ru

³ Ядролық медицина орталығының дәрігері, Республикалық диагностикалық орталық, «University Medical Center» корпоративтік қоры, Астана, Қазақстан. E-mail: toleuov_daulet@mail.ru

⁴ Ядролық медицина орталығының дәрігері, Республикалық диагностикалық орталық, «University Medical Center» корпоративтік қоры, Астана, Қазақстан. E-mail: amir_nur@mail.ru

⁵ Ядролық медицина орталығының дәрігері, Республикалық диагностикалық орталық, «University Medical Center» корпоративтік қоры, Астана, Қазақстан. E-mail: aida_aldan@mail.ru

Сүйек жүйесінің зақымдануы көптеген ісік ауруларында байқалады. Көбінесе қаңқа сүйектерінің зақымдануы негізінен гематогенді және/немесе лимфогенді жолмен метастаз беретін ісіктермен кездеседі.

Мақалада «University Medical Center» Корпоративті қорының Республикалық диагностикалық орталығындағы ядролық медицина бөлімшесінде ПЭТ/КТ 18F-NaF (натрий фторид) әдісі, остеосцинтиграфия мен ПЭТ/КТ 18F-FDG-мен (фтордиоксиглюкоза) салыстырғанда, сүйек жүйесінің метастаздық зақымдану диагностикасында басты бағытта қолданылу тәжірибесі баяндалған.

Біздің бақылау тәжірибемізден байқалғандай, бұл әдіспен жоғары диагностикалық дәлдік (жоғары сападағы сүйектердің кескіні), зерттеу уақытының қысқаруы, остеобластық және остеолитикалық метастаздарды анықтауға, сондай-ақ, процесстің таралуы мен емнің нәтижесін салыстыруды бақылауға мүмкіндік берілді.

Түйін сөздер: позитронно-эмиссионды томография/компьютерлік томография, 18F-NaF, 18F-FDG, сүйек сцинтиграфиясы, сүйек метастаздары.

Sodium 18F-Fluoride PET/CT (18F-NaF): Superiority in the Diagnosis of Bone Metastases Compared with Scintigraphy and PET/CT with Fluorodeoxyglucose (18F-FDG)

[Gulnara Skakova](#)¹, [Garifullah Khizat](#)², [Daulet Toleuov](#)³, [Amir Nurzhanov](#)⁴, Aida Suttibayeva⁵

¹ Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan. E-mail: skakovagul@yandex.ru

² Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan. E-mail: abuosman91@mail.ru

³ Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan. E-mail: toleuov_daulet@mail.ru

⁴ Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan. E-mail: amir_nur@mail.ru

⁵ Doctor of the Department of Nuclear Medicine, Republican Diagnostic Center, "University Medical Center" Corporate Fund, Astana, Kazakhstan. E-mail: aida_aldan@mail.ru

Abstract

Damage to the skeletal system is observed in many cancers. Most often, damage to the skeletal bones occurs with tumors that metastasize primarily through the hematogenous and/or lymphogenous route.

The article describes a series of clinical cases using the method of combined PET /CT with 18F-NaF (sodium fluoride) in the diagnosis of metastatic lesions of the skeletal system in comparison with osteoscintigraphy and PET/CT with 18F-FDG (fluorodioxylglucose) in the nuclear medicine center of the Republican Diagnostic Center of the Corporate Foundation "University Medical Center".

According to our observations, when using the method of combined PET/CT with 18F-NaF in the diagnosis of bone lesions, there is a higher diagnostic accuracy (high-resolution bone images), a significant reduction in examination time and the identification of both osteoblastic and osteolytic metastases, which allows us to determine the extent of the process and dynamics against the background of treatment.

Keywords: positron emission tomography/computed tomography, 18F-NaF, 18F-FDG, osteoscintigraphy, metastatic bone lesions.