

КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЭТ/КТ-ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ

С.Ю. Абашин¹, О.Ю. Аникеева², П.С. Головин³, В.В. Иванников³

¹ ФГБУ ФНКЦ ДГОИ имени Д. Рогачева, Москва

² ФГАУ Лечебно-Реабилитационный Центр, Москва

³ Федеральная сеть Центров Ядерной Медицины, Москва

Применения позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) с 18F-фтордезоксиглюкозой (18F-ФДГ) в диагностике, мониторинге, оценке результатов лечения опухолей репродуктивной системы позволяет повысить точность диагностики, оптимизировать лечение пациентов и является экономически оправданным.

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) является современным методом радионуклидной диагностики, позволяющим дополнить диагностический процесс информацией о метаболических процессах в очагах опухолевого процесса. Гибридный метод сочетания в одном диагностическом исследовании позитронно-эмиссионной томографии с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) в различных клинических ситуациях позволяет выявлять заболевания на максимально ранних стадиях, проводить дифференциальную диагностику выявленных образований, своевременно диагностировать рецидив заболевания, оптимизировать динамическое наблюдение в процессе и после окончания программ противоопухолевого лечения.

Ключевые слова: опухоли репродуктивной системы, ПЭТ/КТ-диагностика, позитронно-эмиссионная томография, чувствительность, специфичность.

CLINICAL ASPECTS OF PET/CT DIAGNOSIS OF TUMORS OF THE REPRODUCTIVE SYSTEM

S.Yu. Abashin¹, O.Yu. Anikееva², P.S. Golovin³, V.V. Ivannikov³

¹ Dmitry Rogachev Federal Research and Clinical Center Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow

² Treatment and Rehabilitation Center, Moscow

³ The Federal Network Center of Nuclear Medicine, Moscow

Positron Emission Tomography (PET) is a technique used in clinical medicine and biomedical research to create images that show anatomical structure as well as how certain tissues are performing their physiological functions. However, the main emphasis in PET is not on anatomical imaging, as e.g. X-ray or MR imaging. Functional imaging is the major modality.

Radioactive nuclei are introduced to the body as labels on tracer molecules designed to probe physiological processes. These radioactive nuclei emit positrons that annihilate with electrons in the tissue. An annihilation event mostly result in two gamma photons (in some cases also three gamma photons, depending on the angular momentum coupling of the electron and positron) being emitted in almost exactly 180 degrees and with an energy of 511 keV each. The gamma photons are detected in coincidence in a detector ring (or several detector rings) so that two detected gamma photons represent a straight line along which the event took place. An assembly of such lines is gathered and processed with the aid of image processing tools to finally produce an image of the activity and thereby of the functionality.

Key words: Tumors of the reproductive system of women Positron Emission Tomography, PET, sensitivity, specificity.

Возрастающая потребность улучшения диагностики злокачественных новообразований в целом и опухолей репродуктивной системы в частности в настоящее время связана с активно развивающимся диагно-

стическим направлением ядерной медицины — позитронно-эмиссионной томографией (ПЭТ). ПЭТ — диагностический метод, основанный на регистрации распределения в организме позитрон-излучающих радионуклидов,

которыми могут быть маркированы многие биологически активные вещества.

Один из разработчиков метода позитронно-эмиссионной томографии, профессор Michael Phelps так описывает возможности этой технологии: «Представьте себе идеального наблюдателя, который отмечает, насколько активной жизнью живет каждая клетка вашего тела. При этом его присутствие не нарушает ход естественных процессов в организме. Те сигналы, благодаря которым мы видим все патологические очаги в организме, сами являются частью обменных процессов. Все остальные методы визуализации: УЗИ, КТ, МРТ — позволяют различать только структуру органов и тканей, но не наблюдать за жизнью клеток. Это уникальная особенность ПЭТ» [19].

Носителями позитронных излучателей могут быть аминокислоты, углеводы, нуклеиновые кислоты, гормоны и их производные, лекарственные препараты и другие биологические вещества. По способу производства позитрон-излучающие радионуклиды подразделяются на две группы: циклотронные (^{18}F , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{124}I), производимые на медицинских циклотронах и генераторные (^{68}Ga , ^{82}Rb), создаваемые на специальных генераторах непосредственно в радионуклидных лабораториях.

Более 90% всех ПЭТ-исследований проводится с радиофармпрепаратом — ^{18}F -фтор-2-деокси-Д-глюкозой (^{18}F -ФДГ), что обусловлено достаточно длительным, до 110 минут, периодом полураспада фтора¹⁸ и возможностью оценки углеводного обмена как показателя уровня метаболических процессов в нормальных и патологических тканях. На современном этапе развития клинической медицины наиболее широко ПЭТ с ^{18}F -ФДГ применяется в клинической онкологии, где подавляющее большинство всех исследований проводится именно с ^{18}F -ФДГ.

Клетки злокачественных опухолей характеризуются высоким уровнем метаболизма глюкозы, обусловленного усиленной активностью гликолитических ферментов (гексокиназы, фосфо-фруктокиназы и пируватдегидрогеназы), а также увеличенным

мембранным трансфером глюкозы, вызванного повышенным количеством транспортных молекул. Активация генов, кодирующих синтез глюкозных транспортеров, является одним из признаков злокачественной трансформации. 2-деокси-Д-глюкоза (ДГ) является аналогом глюкозы, который при поступлении из плазмы в клетку фосфорилируется гексокиназой и задерживается интрацеллюлярно в виде ДГ-6-фосфата, поскольку ни один из ферментов гликолитического обмена не воспринимает его как субстрат. Наряду с этим ДГ-6-фосфат обладает медленным клиренсом из клетки, обусловленным слабой мембранной проницаемостью, а в связи с очень низкой концентрацией глюкоза-6-фосфатазы в клетках распад ДГ-6-фосфата минимальный. Благодаря этим механизмам в злокачественных опухолевых клетках создается аккумуляция ДГ, являющаяся общим принципом, на котором и основано применение ^{18}F -ФДГ в онкологии [12].

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) — это трехмерный визуализирующий лучевой метод исследования, основанный на способности радиоактивного изотопа накапливаться в тканях, обладающих высокой метаболической активностью. Изотопы для ПЭТ производятся в специальных ускорителях элементарных частиц — циклотронах. Получить изотоп для ПЭТ в простом ядерном реакторе невозможно, поскольку радиоактивная молекула инкорпорируется в биологическую молекулу для того, чтобы участвовать в физиологических или патологических процессах организма, что невозможно воспроизвести в реакторе. Из-за избытка протонов в ядре во время радиоактивного распада изотопы излучают позитроны — положительно заряженные электроны, являющиеся формой антиматерии. Позитроны быстро соединяются с электронами, и их масса переходит в энергию. При каждом соединении позитрона и электрона масса переходит в энергию в виде двух мощных гамма-лучей или фотонов аннигиляции, которые распространяются на 180° друг от друга. Современные ПЭТ-сканеры способны мгновенно распознавать такие пары фотонов

аннигиляции, что и легло в основу концепции «электрического фазирования» [23].

Высокая тропность изотопа ^{18}F -ФДГ к злокачественным клеткам объясняет их высокую метаболическую активность. Захват ^{18}F -ФДГ происходит по тому же механизму, что и захват обычной глюкозы. В настоящее время в литературе не сообщается о серьезных побочных эффектах после внутривенного введения ^{18}F -ФДГ. Приблизительно через 40 минут после внутривенного введения ^{18}F -ФДГ активность большинства тканей определяется преимущественно ^{18}F -ФДГ-6-фосфатом, поэтому получаемые изображения распределения фтора¹⁸ в это время отражают относительные уровни гликолиза. Таким образом, ПЭТ с ^{18}F -ФДГ может применяться и как метод оценки уровня гликолиза в опухолях для дифференцировки злокачественных и доброкачественных процессов, контроля гликолитических уровней во время лечения. Существует зависимость между повышением уровня гликолиза и скоростью роста опухоли, а также ее агрессивностью [15].

За неполные четверть века клинического применения ПЭТ сменились уже три поколения сканеров. Приборы третьего поколения имеют кольцевую схему компоновки детекторов, что позволяет существенно повысить чувствительность, пространственное разрешение, статистическую достоверность информации, уменьшить время регистрации данных [5].

Создание гибридных ПЭТ/КТ-систем, обеспечивающих регистрацию и наложение соответствующих КТ- и ПЭТ-срезов, дало возможность одновременно получать структурную и функциональную информацию о протяженных участках тела пациента, что позволяет качественно улучшить диагностический процесс. ПЭТ/КТ позволяет не только определять анатомо-функциональное состояние органов и физиологических систем, но и дает уникальную возможность оценивать метаболизм тканей, кинетику различных химических соединений в организме на молекулярном уровне. ПЭТ/КТ может эффективно при неоднозначном трактовании данных

УЗИ и МРТ, определении метаболической активности опухоли для решения вопроса о необходимости гистологического исследования, расхождении данных биопсии и методов визуализации.

При опухолях репродуктивной системы ПЭТ/КТ применяется для ранней диагностики первичных опухолей, определения распространенности процесса, стадирования и рестадиирования, определения степени злокачественности визуализируемых очагов, оценки эффективности лечения, диагностики рецидивов и метастазирования после лечения, прогностической оценки.

ПЭТ может выполняться в трех режимах: 1-й — статический — получение планарных и томографических изображений в оптимальных для регистрации интервалах времени; 2-й — динамический — исследование кинетики радиофармпрепарата на протяжении определенных промежутков времени; 3-й — сканирование всего тела (СВТ).

Часто применяется сочетание нескольких режимов. СВТ и статические исследования обычно проводятся через час после внутривенного введения ^{18}F -ФДГ. Методики выполняются натощак через 6–8 часов после приема пищи.

В клинической онкологии диагностическая эффективность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ зависит от локализации опухоли, ее размеров, патогистологических и биохимических особенностей, а также от целей проведения исследования. В диагностике рака молочной железы (РМЖ) наиболее важным практическим направлением применения ПЭТ с ^{18}F -ФДГ является оценка распространенности процесса, которая по своей эффективности в решении этой задачи превышает другие методы. При диагностике первичного очага РМЖ чувствительность и специфичность ПЭТ составляли 93% и 75% соответственно. В диагностике мультифокальных поражений чувствительность метода вдвое выше, чем при сочетанном применении УЗИ и маммографии.

ПЭТ является наиболее эффективным неинвазивным методом диагностики метастатического поражения аксиллярных лимфатических

узлов, демонстрируя чувствительность до 79%, а специфичность до 92%.

ПЭТ нецелесообразно применять для скрининга РМЖ или первичного стадирования, но она может быть ценным дополнением к стандартному обследованию для оценки статуса лимфатических узлов и диагностики отдаленных метастазов [16, 21].

При первичной диагностике РМЖ ПЭТ не превосходит маммографию с ^{99m}Tc -тетрафосмином [18]. ПЭТ с ^{18}F -ФДГ является высокоэффективным методом оценки результатов лекарственной терапии РМЖ и обладает достоверной прогностической значимостью в отношении проявлений заболевания по окончании программы лечения пациенток [3, 26].

Отмечается и потенциальная экономическая эффективность применения ПЭТ в алгоритмах дифференциальной диагностики солитарных легочных очагов при метастатическом РМЖ [11].

При раке молочной железы ПЭТ с ^{18}F -ФДГ позволяет выявить первичный очаг, оценить регионарные лимфатические узлы, а также выявить отдаленные метастазы. Существует мнение, что имеется прямая корреляция между уровнем накопления белка p53 вследствие мутации гена и уровнем гиперфиксации РФП. Для оценки распространенности опухолевого процесса и контроля за лечением таких пациенток необходимо проведение ПЭТ-исследований в режиме «сканирование всего тела» (СВТ). Данные клинических исследований показывают, что диагностическое значение SUV (стандартизованный уровень захвата РФП) для выявления метастазов рака молочной железы составляет от 1,4 до 3,6. При этом специфичность метода для выявления вторичных изменений в лимфатических узлах стремится к 100%, а при выявлении костных метастазов — 93%. Следует отметить, что снижение SUV на 55% при контрольных обследованиях позволяет с максимальной точностью прогнозировать высокую эффективность лечения. При диагностике объемных образований печени наиболее часто применяется ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ

в режиме СВТ. При исследовании метастатического поражения печени чувствительность этого метода достигает 94%, а специфичность — 100%. Для рака молочной железы характерен более низкий захват ФДГ по сравнению с большинством других злокачественных опухолей. Эстроген-положительные опухоли накапливают ФДГ меньше по сравнению с эстроген-отрицательными, что вероятно, обусловлено большей агрессивностью последних. Плотность рецепторов прогестерона на захват РФП не влияет.

Для РМЖ, как правило, характерен $\text{SUV} > 2.0$. $\text{SUV} \geq 3.0$ в первичной опухоли до начала лечения, что прогностически неблагоприятно в отношении выживаемости. При РМЖ метаболическая активность в опухоли прямо пропорциональна ее размеру.

Высокое диагностическое значение ПЭТ для пациенток, у которых морфологически верифицирован рак молочной железы, имеют следующие клинические показания:

- первичная опухоль T3-T4;
- неоадьювантная лекарственная терапия планируется без диссекции подмышечных лимфоузлов или их биопсии;
- неоднозначное трактование данных МРТ, УЗИ, КТ;
- первичная опухоль локализуется в медиальных или верхних отделах молочной железы, что увеличивает риск развития метастазирования в интрамаммарные и надключичные лимфатические узлы. При локализации опухоли во внутренних квадрантах молочной железы вероятность метастазирования ниже, чем при опухоли в наружных квадрантах.

При агрессивных формах РМЖ высока вероятность остеолитического метастатического поражения костей.

ПЭТ имеет высокую точность в выявлении интрамаммарных лимфатических узлов и лимфоузлов средостения (чувствительность ПЭТ — 85%, специфичность — 90%, МСКТ — 54% и 85% соответственно), а также выявлении отдаленных метастазов, по сравнению с КТ.

При стадировании метастатического поражения подмышечных лимфатических узлов

клиническое значение ПЭТ определяется следующим:

- при пороговом значении $SUV=2,3$ чувствительность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ в выявлении метастатического поражения подмышечных лимфоузлов достигает 60%, а специфичность — 100%;

- ПЭТ более чувствительна при размере первичной опухоли более 2 см;

- Чувствительность ПЭТ возрастает по мере увеличения SUV первичной опухоли;

- чувствительность ПЭТ выше при значительных размерах первичной опухоли, однако, ее специфичность выше при малых размерах опухоли молочной железы;

- ПЭТ играет незначительную роль у пациенток с пальпируемыми подмышечными лимфоузлами, так как эти пациентки, как правило, подвергаются подмышечной лимфодиссекции после морфологического подтверждения диагноза. Негативные данные ПЭТ не должны исключать подмышечную лимфодиссекцию. Чувствительность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ в выявлении метастазов подмышечных лимфоузлов достигает 61%, специфичность — 80%;

- позитивные данные клинически полезны, так как ложноположительные результаты ПЭТ при РМЖ крайне редки;

- потенциально при позитивной ПЭТ можно выполнять подмышечную лимфодиссекцию, не прибегая к биопсии сентинельных лимфоузлов.

Важна роль ПЭТ и в выявлении рецидивов РМЖ. ПЭТ имеет высокую точность в выявлении регионарных и отдаленных рецидивов и может успешно применяться как у пациенток без выраженной клинической симптоматики заболевания с повышенным уровнем онкомаркеров, так и у пациенток с клиническим подозрением на рецидив без повышения уровня онкомаркеров. Выявление с помощью ПЭТ отдаленных метастазов может изменить тактику лечения. Чувствительность метода — 84–93%, специфичность — 86%;

В диагностике поражения костного мозга чувствительность ПЭТ сопоставима с остеосцинтиграфией, однако, специфичность ПЭТ

выше. Для выявления костных метастазов ПЭТ целесообразно сочетать с остеосцинтиграфией.

Чувствительность ПЭТ/КТ в выявлении местного рецидива РМЖ — 85%, специфичность — 76%, МСКТ — 76% и 46% соответственно. Диагностическая точность гибридной диагностики ПЭТ/КТ выше, чем моно-ПЭТ.

Особенно полезны ПЭТ данные в выявлении поражения грудной клетки, области плечевого сплетения, интрамаммарных, надключичных лимфоузлов и лимфоузлов средостения. ПЭТ/КТ-диагностика полезна в оценке прилежащих структур, например, выявления инвазии сосудов.

Чувствительность ПЭТ в выявлении рецидива в области подмышечных лимфоузлов снижается, если пациентке была выполнена подмышечная лимфодиссекция. Точность ПЭТ в выявлении рецидива в области лимфоузлов выше, чем при конвенциональных методах исследования. Чувствительность ПЭТ в выявлении рецидива у пациенток с высоким уровнем онкомаркеров превышает 90%. Вероятность выявления рецидива выше у пациенток с уровнем СА15–3 более 60 Ед/мл. Ложноотрицательные данные могут быть получены у пациенток с дольковым РМЖ и повышенным уровнем СА15–3.

Среди причин ложноотрицательных результатов можно назвать опухоли менее 1 см в наибольшем измерении, карциному *in situ*, инвазивный дольковый рак, тубулярный рак, ER-положительные опухоли. Причинами ложноположительных результатов также являются воспалительные процессы, абсцессы, саркоидоз, туберкулез, посттравматические изменения, состояние после биопсии, гематомы, серомы, доброкачественные опухоли, такие как протоковая аденома, фиброзная дисплазия, фиброаденомы.

ПЭТ с ^{18}F -ФДГ оказалась достаточно эффективной в диагностике семинозных и несеминозных опухолей яичка, за исключением дифференцированной тератомы. Наиболее целесообразно применение ПЭТ для оценки эффективности лечения и раннего выявления

рецидивов герминогенных опухолей; проведение исследования более чем через 2 недели после окончания химиотерапии обеспечивает точность в оценке терапевтического эффекта до 86% (чувствительность — 78%, специфичность — 90%) [10, 27].

В онкогинекологии показана достаточно высокая эффективность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ при дифференцировке злокачественных и доброкачественных новообразований в малом тазу: чувствительность — 83%, специфичность — 78%. У пациенток с подозрением на поражение яичников чувствительность и специфичность составляют соответственно 93% и 80%, негативный и позитивный предикативные показатели — 92% и 82%. Ложноотрицательные результаты возможны при серозных пограничных опухолях, сквамозноклеточной цервикальной карциноме и мезотелиоме. Ложноположительные результаты ПЭТ/КТ-диагностики возможны при доброкачественной серозной кистаденоме и эндометриозе [16].

Как известно, до настоящего времени многочисленные попытки решения проблемы по скринингу и ранней диагностике рака яичников (РЯ) успехом не увенчались. Первая стадия заболевания первично диагностируется не более чем у 20% пациенток [8]. Хирургическое вмешательство остается стандартом в заключительной диагностике и современной тактике лечения при РЯ [4]. Роль ПЭТ в дифференциальной диагностике новообразований яичников еще не установлена, и сейчас отсутствует единая точка зрения о целесообразности применения метода в данной клинической ситуации. Раннее выявление рецидивов и метастазов обеспечивает возможность своевременного изменения плана лечения, что может повлиять на прогноз и исход заболевания. Традиционные методы лучевой диагностики — ультразвуковое исследование (УЗИ), компьютерная (КТ) и магнитно-резонансная (МРТ) томография — позволяют обнаружить лишь структурные изменения в органах и тканях.

Ни для кого не является секретом, что молекулярно-биохимические изменения, про-

исходящие на клеточном уровне, значительно опережают морфологические. Диагностическая ценность ПЭТ/КТ-исследования при раке яичников зависит от клинической ситуации. Основной диагностический эффект ПЭТ/КТ заключается в обнаружении метастазов за пределами малого таза: на поверхности печени, в поддиафрагмальном пространстве и в парааортальных лимфатических узлах. Соответственно, если КТ-стадирование в 53% случаев коррелировало с хирургическим, то при использовании ПЭТ/КТ-исследования корреляция увеличивалась до 87%.

Применение ПЭТ/КТ для наблюдения за пациентками после комбинированного лечения РЯ с целью раннего обнаружения рецидива является в настоящее время наиболее изученным [7, 20].

Использование метода особенно оправдано у пациенток при повышении уровня опухолевого маркера СА-125 и отсутствии каких-либо клинических проявлений заболевания [13]. Поскольку для РЯ характерен преимущественно имплантационный путь метастазирования, то проблема выявления метастатических очагов малого размера остается актуальной. По результатам исследований положительная предсказательная ценность метода для выявления метастазов по брюшине размерами от 5 мм при злокачественных новообразованиях различной локализации составила 93% [25]. ПЭТ имеет диагностическое значение в обнаружении рецидива заболевания при повышении уровня онкомаркера СА-125 и трактовке спорных очаговых образований.

В систематическом обзоре литературы и мета-анализе исследовательских работ была сопоставлена точность онкомаркера СА-125, ПЭТ с ^{18}F -ФДГ, ПЭТ/КТ, КТ и МРТ в диагностике рецидивов РЯ. Самые высокие средние показатели специфичности выявлены для онкомаркера СА-125—93%, а чувствительности для ПЭТ/КТ-диагностики — 91%.

Точность методов определения онкомаркера СА-125, ПЭТ, ПЭТ/КТ, КТ и МРТ составила 92%, 93%, 96%, 88% и 80% соответственно. Результаты сравнения показали,

что чувствительность и специфичность ПЭТ и ПЭТ/КТ не имеют статистической разницы, а точность их выше, чем у КТ и МРТ [14].

Однако следует отметить, что во многих сообщениях указано снижение чувствительности, когда речь идет об опухолевых очагах размером < 5–10 мм. ПЭТ/КТ-сканеры имеют лучшее пространственное разрешение и позволяют соотнести локальное накопление ^{18}F -ФДГ с анатомической зоной, что делает возможным обнаружение образований диаметром < 5 мм [6]. Тем не менее точная минимальная величина выявляемых при ПЭТ/КТ очагов требует дальнейшего уточнения.

ПЭТ может быть точным и эффективным средством диагностики рецидивов рака яичников в тех клинических случаях, когда обычные методы малоинформативны, особенно у пациенток с повышенными уровнями СА-125. Чувствительность, специфичность и точность ПЭТ в диагностике рецидивов рака яичников составляли 80%, 100% и 84% соответственно, тогда как эти показатели при КТ и МРТ брюшной полости и малого таза были соответственно 55%, 100% и 64%. Методом ПЭТ выявлены рецидивы у 7 из 9 пациентов с ложноотрицательными данными, полученными при обычных методах визуализации. Среди наблюдений с повышенными уровнями СА-125 обычными методиками рецидивы правильно локализованы у 53,3% больных, а при помощи ПЭТ/КТ — у 86,7% [24].

При раке шейки матки ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для выявления первичного очага применяются редко из-за наличия других, более информативных методов. В то же время отмечается высокая чувствительность и специфичность ПЭТ/КТ при диагностике рецидива заболе-

вания и оценке распространенности опухолевого процесса. Диагностическая точность составляет 94% и позволяет выявить локализацию опухолевого процесса у больных с высоким уровнем SCC-антигена. По сравнению с МРТ отмечается более точная диагностика вторичных изменений в лимфатических узлах таза.

При диагностике костных метастазов чувствительность и специфичность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ составляли соответственно 87–96% и 66–98% и превышали эти показатели при остеосцинтиграфии с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -МДФ. Применение ПЭТ показано при необходимости дифференцировки между доброкачественными и метастатическими поражениями, особенно в случаях с одиночными костными очагами и у пациенток с неоднозначными данными остеосцинтиграфии [9].

ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в онкологической практике уже является одним из ведущих визуальных методов диагностики, который стал существенным компонентом обследования и мониторинга пациентов с опухолями репродуктивной системы. ПЭТ/КТ может применяться не только для ранней диагностики первичных злокачественных новообразований. Это высокоэффективный метод стадирования, рестадирования, диагностики рецидивов и метастазирования, оценки эффективности лечения опухолей репродуктивной системы. Применение ПЭТ/КТ позволяет повысить точность диагностики, оптимизировать тактику обследования и лечения пациентов и является экономически оправданным. Внедрение ПЭТ/КТ в клиническую практику является неременным условием оптимизации лечения пациентов с опухолями органов репродуктивной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аирафян Л.А., Асланиди И.П., Мухортова О.В., Шурупова И.В., Деревянко Е.П., Катунина Т.А., Ульянова А.В., Алимардонов Д.Б. Возможности позитронно-эмиссионной томографии в диагностике первичного и рецидивного рака яичников: обзор литературы. Опухоли женской репродуктивной системы «Гинекология» 1, 2012, 75–82.
2. Зыков Е.М., Поздняков А.В., Костеников Н.А. Рациональное использование ПЭТ и ПЭТ/КТ в онкологии. Практическая онкология — т. 15, №1 — 2014, 31–36.
3. Adler L.P., Bakale G., Schnur K.C., et al. Innovations in breast cancer imaging: PET for diagnosis and follow-up. *Medscape Womens Health* 1998; 3 (6): 5–11.

4. Aebi S., Castiglione M. ESMO Guidelines Working Group. Epithelial ovarian carcinoma: ESMO clinical recommendations for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2008; 19(2):14–6.
5. Ak I., Blokland J.A.K., Pauwels E.K.J., et al. The clinical value of 18F-FDG detection with a dual-head coincidence camera: a review. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 763–78.
6. Barranger E., Kerrou K., Petegnief Y. et al. Laparoscopic resection of occult metastasis using the combination of FDG-positron emission tomography/computed tomography image fusion with intraoperative probe guidance in a woman with recurrent ovarian cancer. *Gynecol Oncol* 2005;96:241–4.
7. Basu S., Li G., Alavi A. PET and PET-CT imaging of gynecological malignancies: present role and future promise. *Expert Rev Anticancer Ther* 2009;9(1):75–96.
8. Cannistra S.A. Cancer of the ovary. *N Engl J Med* 2004;351:2519–29.
9. Cheon G.-J., Chung J.K., Kim Y.K., et al. Comparison of whole body F-18 FDG PET and Tc-99m MDP bone scan for the assessment of metastatic bone lesions. *World J Nucl Med* 2003; 2: 18–29.
10. Cremarius U, Effert PJ, Adam G. FDG-PET for detection and control of metastatic germ cell tumors. *J Nucl Med* 1998; 39: 815–22.
11. Dietlein M., Weber K., Gandjour A., et al. Cost-effectiveness of FDG-PET for the management of solitary pulmonary nodules: A decision analysis based on cost reimbursement in Germany. *Eur J Nucl Med* 2000; 27 (10): 1441–56.
12. Gallagher B., Fowler J., Guttererson N., et al. Metabolic trapping as a principle of radiopharmaceutical design: some factors responsible for the biodistribution of [18F] 2-deoxy-2-fluoro-D-glucose. *J Nucl Med* 1978; 19: 1154–61.
13. Ghosh J., Kumar L., Thulkar S. et al. Value of 18F-FDG PET-CT scan in the evaluation of recurrent asymptomatic epithelial ovarian cancer patients with rising serum CA-125. *J Clin Oncol (Meeting Abstracts)* 2008; 26(15):16535.
14. Gu P., Pan L.L., Wu S.Q. et al. CA 125, PET alone, PET-CT, CT and MRI in diagnosing recurrent ovarian carcinoma: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Radiol* 2009; 71(1):164–74.
15. Gupta N.C., Frick M.P. Clinical application of positron-emission tomography in cancer. *CA Cancer J Clin* 1993; 43 (4): 235–54.
16. Hubner K.F., McDonald T.W., Niethammer J.G., et al. Assessment of primary and metastatic ovarian cancer by positron emission tomography (PET) using 2-(F18) deoxyglucose (2-(F18)FDG). *Gynecol Oncol* 1993; 51: 197–204.
17. Hubner K.F., Smith G.T., Thie J.A., et al. The potential of F18-FDG PET in breast cancer. Detection of primary lesions, axillary lymph node metastases, or distant metastases. *Clin Positron Imaging* 2000; 3 (5): 197–205.
18. Ivancevic V.V., Wolter A., Winzer K., et al. Intraindividual comparison of F-18-fluorodeoxyglucose and Tc-99m-tetrofosmin in planar scintimammography and SPECT. *Clin Positron Imaging* 2000; 3 (1): 17–29.
19. Joseph Dumit «Brain Scans and Biomedical Identity» Princeton University Press, 2004, chapter 1, p. 3
20. Maffione A.M., Piva M., Tsamita C.S. et al. Positron-emission tomography in gynaecologic malignancies. *Arch Gynecol Obstet* 2009; 280(4):521–8.
21. Schirrmeyer H., Kuhn T, Guhimann A., et al. Fluorine 18–2-deoxy-2 fluoro-D-glucose PET in the preoperative staging of breast cancer: comparison with the standard staging procedures. *Eur J Nucl Med* 2001; 28 (3): 351–8.
22. Schnipper L.E., Lyman G.H., Blaney D.W. et al. American Society of Clinical Oncology 2013 top five list in oncology. *JCO* 2013, v. 31, p.4362–4371.
23. Thompson C.J. Instrumentation. In: Wahl RL, Buchanan JW, eds. *Principles and Practice of Positron Emission Tomography*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002:48-64.
24. Torizuka T., Nobezawa S., Kanno T., et al. Ovarian cancer recurrence: role of whole-body positron emission tomography using 2-[fluorine-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose. *Eur J Nucl Med* 2002; 29 (6): 707–803.
25. Turlakow A., Yeung H.W., Salmon A.S. et al. Peritoneal carcinomatosis: role of 18F-FDG PET. *J Nucl Med* 2003;44:1407–12.
26. Wahl R.L. Overview of the current status of PET in breast cancer imaging. *Q J Nucl Med* 1998; 42 (1): 1–7.
27. Wilson C.B., Young H.E., Ott R.J., et al. Imaging metastatic testicular germ-cell tumors with 18-FDG positron emission tomography: Prospects for detection and management. *Eur J Nucl Med* 1995; 22: 508–13.