
ОБЗОРЫ

УДК: 618.1-006-073.756.8

ПОЗИТРОННАЯ ЭМИССИОННАЯ ТОМОГРАФИЯ В ОНКОГИНЕКОЛОГИИ

Д.В. Рыжкова¹, В.Л. Винокуров¹, В.С. Павлова², М.В. Рогачев³

*ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий»
Министерства здравоохранения России, г. Санкт-Петербург¹*

*ФГБУ «Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В. А. Алмазова»
Министерства здравоохранения России, г. Санкт-Петербург²*

*ФГБУ «НИИ онкологии им. Н.Н. Петрова»
Министерства здравоохранения России, г. Санкт-Петербург³
197758, г. Санкт-Петербург, п. Песочный, ул. Ленинградская, 70,
e-mail: ryjkova@mail.ru¹*

Представленный обзор литературы посвящен анализу радиофармацевтических препаратов и эффективности применения позитронной эмиссионной томографии (ПЭТ) для диагностики, оценки распространенности и оценки эффективности злокачественных новообразований женских половых органов. На основании результатов клинических исследований продемонстрированы диагностические возможности ПЭТ с ¹⁸F-фтордезоксиглюкозой в определении первичного опухолевого очага, оценке распространенности опухолевого процесса и эффективности противоопухолевого лечения при раке шейки и тела матки, яичников и вульвы.

Ключевые слова: позитронная эмиссионная томография, злокачественные опухоли женской половой сферы.

POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY IN GYNECOLOGIC ONCOLOGY

D.V. Ryzhkova¹, V.L. Vinokurov¹, V.S. Pavlova², M.V. Rogachev³

Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies, St-Petersburg¹,

*V.A. Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre, St-Petersburg², N.N. Petrov Research Institute of Oncology³
70, Leningradskaya Street, 197758-St Petersburg, e-mail: ryjkova@mail.ru¹*

The literature review is devoted to the analysis of radiopharmaceutical agents and the efficiency of positron emission tomography (PET) for diagnosis, evaluation of tumor spread and assessment of treatment response in patients with gynecological cancer. Diagnostic value of PET using ¹⁸F-fluorodeoxyglucose was demonstrated in the diagnosis of primary tumor, assessment of the extent of tumor involvement and treatment response in patients with cancer of the cervix and body of the uterus, ovaries and vulva.

Key words: positron emission tomography, gynecological cancer.

Физические основы ПЭТ и радиофармацевтические препараты

Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) – технология радионуклидной визуализации – основана в 70-х гг. прошлого столетия, а с 80-х гг. стала доступна для клинической медицины. Метод основан на явлении спонтанного излучения позитрона, характерного для неустойчивых ядер некоторых ультракороткоживущих изотопов (¹¹C, ¹³N, ¹⁵O, ¹⁸F, ⁸²Rb), в которых количество протонов превышает количество нейтронов. При переходе в устойчивое состояние происходит излучение позитрона, свободный пробег которого заканчивается стол-

кновением с электроном – частицей, имеющей одинаковую с ним массу, но противоположный заряд, и их аннигиляцией. Длина траектории свободного пробега позитрона не превышает 8 мм (в среднем – 3–4 мм) и зависит от энергии изотопа и плотности среды. При взаимодействии позитрона с электроном происходит аннигиляция с образованием двух равных по энергии (511 кэВ) и противоположно направленных гамма-квантов. Регистрирующая система позитронного эмиссионного томографа установлена в форме колец и позволяет с высокой точностью определять координаты источника излучения по совпадению сигналов. Сигналы,

вызванные одновременным взаимодействием гамма-квантов с двумя расположенными друг напротив друга детекторами, свидетельствуют о расположении точки аннигиляции на линии, соединяющей детекторы. Взаимодействие гамма-кванта с кристаллом детектора ПЭ-томографа вызывает свечение – сцинтилляцию, которая усиливается расположенными за кристаллами фотоумножителями и превращается в электромагнитный импульс при помощи системы преобразователей. Электромагнитный импульс записывается электронно-вычислительным комплексом ПЭ-томографа в виде синопаммы – графика, отображающего число зарегистрированных событий для каждой линии совпадений. Далее производится компьютерная обработка синопаммы, результатом которой является трехмерное отображение распределения радиофармацевтического препарата (РФП) в исследуемых органах и тканях.

Радиофармацевтические препараты, используемые при выполнении ПЭТ, являются естественными питательными веществами для клеток живого организма, их метаболитами или синтетическими аналогами, а включение в их состав радионуклидов не влияет на биохимические свойства. Радиофармацевтические препараты, используемые для ПЭТ исследований в онкологии, предназначены для оценки перфузии и обмена веществ в злокачественных клетках: ^{15}O -вода – для регистрации кровотока в опухоли, ^{18}F -фтордезоксиглюкоза является маркером углеводного обмена, ^{11}C -L-метионин и ^{18}F -этилтирозин – отражают трансмембранный транспорт аминокислот и белковый обмен, ^{18}F -L-тимидин – синтез нуклеиновых кислот, который служит индикатором пролиферации атипичных клеток, ^{18}F -мизонидазол – степень гипоксии опухолевого очага. Злокачественные опухоли и метастазы при ПЭТ визуализируются на фоне здоровых тканей как «горячие» очаги. В доброкачественных новообразованиях, так же как и неизмененных тканях, повышенного накопления вышеперечисленных РФП не наблюдается. Наиболее широко в онкологической практике применяется аналог глюкозы – ^{18}F -фтордезоксиглюкоза (^{18}F -ФДГ). В основе захвата ^{18}F -ФДГ опухолевой тканью лежит более интенсивный гликолиз в опухолевых клетках по сравнению с интактной тканью, обусловленный увеличением числа переносчиков глюкозы в клеточной мембране и активностью основных фермен-

тов гликолитического каскада. Продолжительный период полураспада радионуклида ^{18}F (109 мин) и длительная ретенция ^{18}F -ФДГ в тканях позволяют проводить исследования всего тела («Whole body»), которое состоит в последовательном сканировании одинаковых по размеру анатомических зон, с последующим соединением их в единое изображение всего тела. Методика дает возможность определять распространенность злокачественного процесса и имеет большое значение в корректном стадировании опухолей, выборе адекватного метода лечения. Проведение ПЭТ с ^{18}F -ФДГ с этой целью возможно при любой локализации опухоли.

Основными показаниями для ПЭТ-диагностики с ^{18}F -ФДГ служат: диагностика первичных опухолей различных локализаций, определение распространенности метастатического поражения, планирование лучевой терапии, прогнозирование течения заболевания, оценка эффективности противоопухолевого лечения. Динамика стандартного уровня поглощения изотопа (SUV – отношение аккумуляции РФП в опухолевом очаге к общей введенной в организм пациента активности) определяет эффективность проведенного лечения.

Подготовка пациента к исследованию

Обязательным условием при подготовке к ПЭТ является голодание в течение не менее 6 ч, т.к. высокий уровень инсулина, вызванный употреблением пищи, приводит к гиперфиксации ^{18}F -ФДГ в мышечной и жировой ткани, что ухудшает качество сцинтиграфического изображения и делает его непригодным для интерпретации. Перед исследованием пациенту разрешается употреблять только воду или не содержащие углеводы напитки (чай или кофе) для обеспечения гидратации и увеличения диуреза. Непосредственно перед инъекцией ^{18}F -ФДГ необходимо измерить уровень глюкозы крови, который не должен превышать 11 ммоль/л. При гипергликемии существенно снижается аккумуляция ^{18}F -ФДГ в опухолевом очаге, что приводит к ложноотрицательным результатам исследования.

Физиологическое распределение ^{18}F -ФДГ в органах и тканях человека. Анализ ложноположительных результатов

Физиологический захват ^{18}F -ФДГ наблюдается в коре головного мозга, миокарде левого желудочка, лимфоидной ткани кольца Вальдейера и кишечника, а также в мочевом пузыре. В меньшей степени

физиологическая гиперфиксация отмечается в печени, костном мозге и почках. Проблема визуализации новообразований органов таза, в первую очередь, связана с экскрецией ^{18}F -ФДГ почками и, как следствие, высоким накоплением РФП в мочевом пузыре. Поэтому некоторые исследователи для улучшения визуализации первичного очага предлагают использовать катетеризацию мочевого пузыря во время исследования, а также прием мочегонных препаратов для быстрого выведения РФП [1].

Гиперфиксация ^{18}F -ФДГ может наблюдаться в доброкачественных новообразованиях, а именно в эпителиальных доброкачественных опухолях (серозных и муцинозных цистаденомах), в дермоидных кистах, в кистах желтого тела, в тератомах, в шванномах, при эндометриозе и воспалении внутренних половых органов [14, 37]. Кроме того, в различные фазы менструального цикла (в овуляцию и период менструации) у некоторых пациенток регистрируется высокое накопление РФП в теле матки [6, 23]. Повышенная аккумуляция РФП в яичниках в норме отмечается в середине менструального цикла [14, 23].

Женские половые гормоны (эстрогены и прогестерон) оказывают непосредственное влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток влагалищного эпителия и эндометрия в различные фазы менструального цикла. В первой половине цикла, благодаря стимулирующему действию гормонов на активность фермента гликоген-синтетазы, в клетках эндометрия активизируются процессы образования гликогена. Для второй половины цикла, наоборот, характерен гликогенолиз, приводящий к значительному уменьшению запасов гликогена к моменту окончания цикла. Дисбаланс синтеза и распада гликогена проявляется гиперфиксацией ^{18}F -ФДГ в теле матки и наблюдается у пациенток с различными нарушениями менструального цикла [17]. Кроме того, умеренный гиперметаболизм глюкозы в теле матки может наблюдаться у женщин в постменопаузе или у пациенток детородного возраста, принимающих пероральные контрацептивные препараты.

Рак шейки матки

Учитывая, что кольпоскопия обладает высокой точностью в диагностике первичного опухолевого узла при раке шейки матки, привлечение дорогостоящих лучевых технологий не всегда оправдано. Этим фактом объясняется немногочисленность

литературных сведений в отношении диагностической точности ПЭТ при определении первичного опухолевого очага. В исследовании К. Grit et al. [13] продемонстрирована высокая аккумуляция ^{18}F -ФДГ в первичной опухоли, причем показатели метаболической активности при различных гистологических типах рака существенно не различались: при плоскоклеточном раке SUV составил $7,9 \pm 5,7$, при аденокарциноме – $8,2 \pm 5,7$. Т.С. Yen et al. [44], в свою очередь, отметили тесную взаимосвязь между интенсивностью захвата ^{18}F -ФДГ первичной опухолью, степенью дифференцировки рака шейки матки и экспрессией в опухолевых клетках рецепторов GLUT 1. Уровень аккумуляции ^{18}F -ФДГ в первичном очаге определяет прогноз заболевания. Так, в работе Н.Ж. Jang et al. [18] сообщается, что высокая метаболическая активность опухоли отрицательно влияет на продолжительность жизни больных плоскоклеточным раком шейки матки.

ПЭТ с ^{18}F -ФДГ обладает высокой информативностью в отношении диагностики рецидива заболевания. По данным разных авторов, чувствительность и специфичность метода составляют 80–90,3 % и 76,1–100 % соответственно. При этом чувствительность компьютерной томографии достигает 47 %. Позитронная эмиссионная томография с ^{18}F -ФДГ с точностью 94 % позволяет определить локализацию опухолевого процесса у больных с высоким титром SCC-антигена и отрицательными результатами компьютерной или магнитно-резонансной томографии [7].

В многочисленных исследованиях отмечена исключительно высокая диагностическая эффективность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ по сравнению с традиционными лучевыми методами и технологиями в оценке распространенности рака шейки матки. Чувствительность ПЭТ, по данным многоцентровых исследований, варьирует в пределах 83–100 %, специфичность – 89–100 % [35]. Между тем чувствительность КТ и МРТ, по данным тех же авторов, составляет всего 50–73 %. Т.З. Wong et al. [43] установлена диагностическая точность ПЭТ, близкая к 100 %, при оценке распространенности опухолевого процесса, при рестадировании заболевания чувствительность метода составила 82 % и специфичность – 97 %. W. Park et al. [26], сопоставляя результаты МРТ с данными ПЭТ, отметили преимущество последней в определении

метастатического поражения тазовых лимфатических узлов. Метаанализ результатов 15 исследований, посвященных изучению диагностической точности ПЭТ с ^{18}F -ФДГ при стадировании рака шейки матки, показал чувствительность 84 % и специфичность 95 % при диагностике метастазов в забрюшинных лимфатических узлах и 79 % и 99 % – при поражении лимфоузлов таза [15].

Методика отсроченного сканирования через 3–4 ч после инъекции ^{18}F -ФДГ позволяет улучшить диагностическую точность ПЭТ при диагностике первичного опухолевого очага, местного рецидива заболевания и метастатического поражения тазовых, подвздошных и забрюшинных лимфатических узлов [20, 24]. На основании результатов ПЭТ с ^{18}F -ФДГ, выполненной по методике отсроченного сканирования, тактика лечения была изменена у 30 % больных [45].

Как известно, прогноз онкологического заболевания в первую очередь определяется его стадией и чувствительностью опухоли к лучевой или химиотерапии [3]. Учитывая высокую диагностическую точность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ при стадировании и оценке эффективности лечения, метод обладает большим прогностическим значением. Трехлетняя выживаемость больных раком шейки матки IIIВ стадии (по классификации FIGO) при отсутствии по данным ПЭТ лимфогенной и гематогенной диссеминации опухоли составила 73 %. Вовлечение в процесс тазовых лимфатических узлов приводило к уменьшению выживаемости до 58 %, метастатическое поражение парааортальных лимфатических узлов – до 29 % [32]. P.W. Grigsby et al. [12] сообщают о высокой 5-летней выживаемости (80 %) больных раком шейки матки с полным метаболическим ответом на лучевую или химиотерапию по данным ПЭТ с ^{18}F -ФДГ.

Для выбора тактики лечения у больных с рецидивом рака шейки матки T.C. Yen et al. [45] предложили использовать ПЭТ с ^{18}F -ФДГ в совокупности с разработанной авторами системой стратификации риска, основанной на трех прогностически неблагоприятных факторах: лучевая терапия в анамнезе, титр SCC-антигена выше 4 нг/мл и наличие клинических симптомов заболевания. По мнению авторов ПЭТ с ^{18}F -ФДГ следует выполнять пациенткам с индексом риска 1 и 2, так как именно у данной категории лиц возможно осуществление радикальной схемы лечения.

Гипоксия является прогностически неблагоприятным фактором, уменьшающим чувствительность опухоли к лучевому лечению. Внедрение в клиническую практику новых РФП для оценки оксигенации опухоли: ^{18}F -мизонидазола и ^{62}Cu -диацетил-би-N4-метилтиосемикарбазона позволит расширить диагностические возможности ПЭТ. F. Dehdashty et al. [9] сообщают об успешных результатах ПЭТ с ^{62}Cu -диацетил-би-N4-метилтиосемикарбазоном в прогнозировании продолжительности жизни больных раком шейки матки.

Радиофармацевтические препараты, меченные ^{11}C : ^{11}C -холин, ^{11}C -метионин и ^{11}C -ацетат, не нашли широкого применения в онкогинекологии в связи с их низкой тумороспецифичностью. Немногочисленные публикации, посвященные этому вопросу, свидетельствуют о сопоставимой чувствительности ПЭТ ^{18}F -ФДГ и меченных ^{11}C РФП [22, 38].

Рак эндометрия

Анализ литературных источников, касающихся проблемы ПЭТ диагностики рака эндометрия свидетельствует о высокой эффективности метода при стадировании заболевания, ранней диагностике рецидивов и оценке результатов лечения. Установлено, что ПЭТ с ^{18}F -ФДГ позволяет с чувствительностью 96 % диагностировать рецидив рака эндометрия, в том числе у женщин без клинико-инструментальных признаков заболевания [2]. Доказано диагностическое превосходство ПЭТ с ^{18}F -ФДГ (точность – 93 %) над традиционными методами лучевой визуализации (точность – 85 %) и биохимическими показателями рецидива рака тела матки (точность – 83 %). На основании данных ПЭТ у одной трети больных изменяется схема лечения заболевания, а отрицательные результаты исследования увеличивают безрецидивный период [29].

В разделе, посвященном злокачественным новообразованиям тела матки, следует упомянуть и о саркоме матки, которая является редким заболеванием, составляя 5 % от всех злокачественных новообразований данной локализации. Литературные сведения, касающиеся ПЭТ диагностики саркомы матки, весьма немногочисленны. N. Umesaki et al. отметили высокий уровень аккумуляции ^{18}F -ФДГ в опухолевом узле [40]. Этой же группой авторов был сделан вывод о высокой точности ПЭТ с ^{18}F -ФДГ, сопоставимой с МРТ [41]. В практической работе отделения ПЭТ ФГУ РНЦРХТ было лишь одно наблюдение пациентки с миосаркомой тела матки.

В заключение следует отметить, что ПЭТ с ^{18}F -ФДГ является чувствительным методом диагностики первичного опухолевого очага при раке эндометрия, с высокой точностью позволяет оценить метастатическую диссеминацию, установить рецидив опухоли, способствуя прогнозированию течения заболевания и выбору оптимального способа лечения.

Рак яичников

К настоящему времени накоплен определенный опыт диагностического применения ПЭТ с ^{18}F -ФДГ у больных раком яичников, однако результаты многочисленных исследований неоднозначны. Положительная прогностическая ценность метода при первичной диагностике и оценке распространенности опухоли составляет 86 %, отрицательная прогностическая ценность – 76 % [16]. Показатели чувствительности и диагностической точности ПЭТ с ^{18}F -ФДГ достигают 96 % и 90 % соответственно [30, 31].

Среди причин ложноотрицательных результатов при определении первичного очага и распространенности опухолевого процесса в первую очередь следует указать кистозный тип аденокарциномы. Отличительной чертой метастазирования рака яичников является множественный мелкоочаговый карциноматоз брюшины. Очаги, по размеру не достигающие 5 мм, не доступны ПЭТ визуализации, что существенно уменьшает диагностический вклад метода в определение метастатического поражения брюшины по сравнению с лапароскопией [28]. Тем не менее, по данным многих авторов, очаги размером более 5 мм успешно диагностируются ^{18}F -ФДГ-ПЭТ [11, 33, 39]. При аналитическом сопоставлении результатов диагностической лапароскопии и ПЭТ с ^{18}F -ФДГ показана высокая положительная прогностическая точность последней в определении метастатического поражения брюшины, равная 93 % [19].

Многочисленные исследования продемонстрировали объективные доказательства диагностического преимущества ПЭТ с ^{18}F -ФДГ над традиционными методами лучевой визуализации для подтверждения рецидива рака яичников, особенно у лиц с высоким титром онкомаркера СА-125. Чувствительность ПЭТ в диагностике рецидива составила 83–91 %, тогда как чувствительность КТ и МРТ находилась в пределах

45–91 %. Аналогичная тенденция отмечена в отношении показателя специфичности, для ПЭТ с ^{18}F -ФДГ он составил 66–93 %, для традиционных методов лучевой диагностики – 46–84 % [10, 25, 34, 36].

Позитронная эмиссионная томография не нашла широкого применения для оценки эффективности лечения рака яичников, литературные сведения, касающиеся этого вопроса, немногочисленны [30]. Исследование М. Picchio et al. [27] продемонстрировало существенный вклад ПЭТ в определение остаточной жизнеспособной опухолевой ткани после полихимиотерапии.

Таким образом, ПЭТ с ^{18}F -ФДГ предоставляет надежную информацию, касающуюся диагностики первичного рака, метастатической диссеминации, выявления и локализации рецидива рака яичников.

Рак вульвы и рак влагалища

Литературные сведения, касающиеся проблемы ПЭТ диагностики рака влагалища и рака вульвы, немногочисленны. В них продемонстрирована высокая эффективность метода в определении локализованного и местнораспространенного рака, в стадировании опухолевого процесса, в выборе стратегии противоопухолевого лечения и оценке его эффективности. D.E. Cohn et al. [8] продемонстрировали высокие показатели чувствительности – 80 %, специфичности – 90 %, положительной и отрицательной прогностической ценности – 80 % и 90 % при применении ПЭТ ^{18}F -ФДГ. Кроме того, убедительно показан диагностический вклад метода в определение экстранодальных метастазов [5]. A. Viswanathan et al. [42] опубликованы результаты шестилетнего наблюдения (2002–2008 гг.) за 57 больными раком вульвы. Авторами установлена высокая положительная прогностическая ценность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ при плоскоклеточном раке (95 %), а в случае аденокарциномы вульвы ценность метода оказалась ниже (71 %). Указано, что высокая диагностическая точность ПЭТ с ^{18}F -ФДГ в оценке распространенности рака вульвы способствовала изменению тактики лечения более чем у половины пациенток в сторону увеличения объема оперативного вмешательства, назначения комбинированного лечения или отказа от операции в пользу лучевой терапии. W.T. Lamoreaux et al. [21], сопоставляя результаты КТ с данными ПЭТ, отметили преимущество последней в определении

локализованного и местнораспространенного рака влагалища – 100 % против 43 %. Тем не менее ПЭТ с ^{18}F -ФДГ для ранней диагностики злокачественного поражения регионарных лимфатических узлов при раке влагалища оказалась неэффективной [4]. Причиной ложнонегативных результатов могут служить малые размеры патологических новообразований, а также их низкая метаболическая активность.

Подводя итог, следует отметить значимый вклад ПЭТ в определение метастатической диссеминации, диагностику рецидива опухоли, выбор стратегии и тактики лечебных мероприятий и оценку их эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранов А.М., Тютин Л.А. Позитронная эмиссионная томография. СПб.: Фолиант, 2008. 368 с.
2. Belhocine T., De Barys C., Hustinx R., Willems-Foidart J. Usefulness of (18)F-FDG PET in the post-therapy surveillance of endometrial carcinoma // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. 2002. Vol. 29. P. 1132–1139.
3. Benedet J.L., Bender H., Jones H. et al. FIGO staging classifications and clinical practice guidelines in the management of gynecologic cancer // Int. J. Gynecol. Obstet. 2000. Vol. 70. P. 209–262.
4. Bentivegna E., Uzan C., Gouy S. et al. The accuracy of FDG-PET/CT in early-stage cervical and vaginal cancers // Gynecol. Obstet. Fertil. 2011. Vol. 39 (4). P. 193–197.
5. Cancer Facts & Figures. Atlanta, GA: American Cancer Society; 2005.
6. Chander S., Meltzer C.C., McCook B.M. Physiologic uterine uptake of FDG during menstruation demonstrated with serial combined positron emission tomography and computed tomography // Clin. Nucl. Med. 2002. Vol. 27. P. 22–24.
7. Chang T.C., Law K.S., Hong J.H. et al. Positron emission tomography for unexplained elevation of serum squamous cell carcinoma antigen levels during follow-up for patients with cervical malignancies: a phase II study // Cancer. 2004. Vol. 101. P. 164–171.
8. Cohn D.E., Dehdashti F., Gibb R.K. et al. Prospective evaluation of positron emission tomography for the detection of groin node metastases from vulvar cancer // Gynecol. Oncol. 2002. Vol. 85. P. 179–184.
9. Dehdashti F., Grigsby P.W., Mintun M.A. et al. Assessing tumor hypoxia in cervical cancer by positron emission tomography with ^{62}Cu -ATSM: relationship to therapeutic response – a preliminary report // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2003. Vol. 55. P. 1233–1238.
10. Delbeke D., Martin W.H. Positron emission tomography imaging in oncology // Radiol. Clin. North. Am. 2001. Vol. 39. P. 883–917.
11. Drieskens O., Stroobants S., Gysen M. et al. Positron emission tomography with FDG in the detection of peritoneal and retroperitoneal metastases of ovarian cancer // Gynecol. Obstet. Invest. 2003. Vol. 55. P. 130–134.
12. Grigsby P.W., Siegel B.A., Dehdashti F. et al. Posttherapy [18F] fluorodeoxyglucose positron emission tomography in carcinoma of the cervix: response and outcome // J. Clin. Oncol. 2004. Vol. 22. P. 2167–2171.
13. Grit K., Horn L.C., Fisher U. et al. 18F-FDG positronen-Emissions-Tomographie bei Zervixkarzinom: Erste Ergebnisse // Zbl. Gynecol. 2001. № 4. P. 123.
14. Gorospe L., Jover-Diaz R., Vicente-Bartulos A. et al. Spectrum of PET-CT pelvic pitfalls in patients with gynecologic malignancies // Abdom. Imaging. 2012. Vol. 37 (6). P. 1041–1065.
15. Havrilesky L.J., Kulasingam S.L., Matchar D.B., Myers E.R. FDG-PET for management of cervical and ovarian cancer // Gynecol. Oncol. 2005. Vol. 97. P. 183–191.
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-[18F]deoxyglucose (2-[18F]FDG) // Gynecol. Oncol. 1993. Vol. 51. P. 197–204.
17. Hughes E.C. The effect of enzymes upon metabolism, storage and release of carbohydrates in normal and abnormal endometria // Cancer. 1976. Vol. 38. P. 487–502.
18. Jang H.J., Lee K.H., Kim Y.H. et al. The role PET for predicting prognosis in squamous cell type uterine cervical carcinoma patients // J. Nucl. Med. 2002. Vol. 43 (3). Suppl. P. 28.
19. Kim S., Chung J.K., Kang S.B. et al. [18F]FDG PET as a substitute for second-look laparotomy in patients with advanced ovarian carcinoma // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. 2004. Vol. 31. P. 196–201.
20. Lai C.H., Huang K.G., See L.C. et al. Restaging of recurrent cervical carcinoma with dual-phase [18F]fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography // Cancer. 2004. Vol. 100. P. 544–552.
21. Lamoreaux W.T., Grigsby P.W., Dehdashti F. et al. FDG-PET evaluation of vaginal carcinoma // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2005. Vol. 62. P. 733–737.
22. Lapela M., Leskinen-Kallio S., Varpula M. et al. Imaging of uterine carcinoma by carbon-11-methionine and PET // J. Nucl. Med. 1994. Vol. 35. P. 1618–1623.
23. Lerman H., Metser U., Grisaru D. et al. Normal and abnormal 18F-FDG endometrial and ovarian uptake in pre- and postmenopausal patients: assessment by PET/CT // J. Nucl. Med. 2004. Vol. 45. P. 266–271.
24. Ma S.Y., See L.C., Lai C.H. et al. Delayed (18)F-FDG PET for detection of paraaortic lymph node metastases in cervical cancer patients // J. Nucl. Med. 2003. Vol. 44. P. 1775–1783.
25. Nanni C., Rubello D., Farsad M. et al. (18)F-FDG PET/CT in the evaluation of recurrent ovarian cancer: a prospective study on forty-one patients // Eur. J. Surg. Oncol. 2005. Vol. 31. P. 792–797.
26. Park W., Park Y.J., Huh S.J. et al. The usefulness of MRI and PET imaging for the Detection of parametrial involvement and lymph node metastasis in patients with cervical cancer // Jpn. J. Clin. Oncol. 2005. Vol. 35. P. 260–264.
27. Picchio M., Sironi S., Messa C. et al. Advanced ovarian carcinoma: usefulness of [(18)F]FDG-PET in combination with CT for lesion detection after primary treatment // J. Nucl. Med. 2003. Vol. 47. P. 77–84.
28. Rose P.G., Faulhaber P., Miraldi F., Abdul-Karim F.W. Positive emission tomography for evaluating a complete clinical response in patients with ovarian or peritoneal carcinoma: correlation with second-look laparotomy // Gynecol. Oncol. 2001. Vol. 82. P. 17–21.
29. Saga T., Higashi T., Ishimori T. et al. Clinical value of FDG-PET in the follow up of post-operative patients with endometrial cancer // Ann. Nucl. Med. 2003. Vol. 17. P. 197–203.
30. Schroder W., Zimmy M., Rudlowski C. et al. The role of 18-fluoro-deoxyglucose positron emission tomography in diagnosis of ovarian cancer // Int. J. Gynecol. Cancer. 1999. Vol. 9. P. 117–122.
31. Schroder W., Zimmy M., Rudlowski C. The role of 18-F-fluoro-deoxyglucose positron emission tomography 18-F-FDG PET in ovarian carcinoma // Int. J. Gynecol. Cancer. 1999. Vol. 9. P. 117–122.
32. Singh A.K., Grigsby P.W., Dehdashti F. et al. FDG-PET lymph node staging and survival of patients with FIGO stage IIb cervical carcinoma // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. 2003. Vol. 56. P. 489–493.
33. Smith G.T., Hubner K.F., McDonald T., Thie J.A. Cost analysis of FDG PET for managing patients with ovarian cancer // Clin. Positron Imaging. 1999. Vol. 2. P. 63–70.
34. Son H., Khan S.M., Rahaman J. Role of FDG PET/CT in Staging of Recurrent Ovarian Cancer // J. RadioGraphics. 2011. Vol. 31. P. 569–583.
35. Son H., Kositwattanarak A., Hayes M.P. et al. PET/CT Evaluation of Cervical Cancer: Spectrum of Disease // J. RadioGraphics. 2010. Vol. 30. P. 1251–1268.
36. Takekuma M., Maeda M., Ozawa T. et al. Positron emission tomography with 18F-fluoro-2-deoxyglucose for the detection of recurrent ovarian cancer // Int. J. Clin. Oncol. 2005. Vol. 10. P. 177–181.

37. Tjalma W.A., Carp L., De Beeck B.O. False-positive positron emission tomographic scan and computed tomography for recurrent vaginal cancer: pitfalls of modern imaging techniques // *Gynecol. Oncol.* 2004. Vol. 92. P. 726–728.
38. Torizuka T., Kanno T., Futatsubashi M., et al. Imaging of gynecologic tumors: comparison of (11)C-choline PET with (18)F-FDG PET // *J. Nucl. Med.* 2003. Vol. 44. P. 1051–1056.
39. Turlakow A., Yeung H.W., Salmon A.S. et al. Peritoneal carcinomatosis: role of (18)F-FDG PET // *J. Nucl. Med.* 2003. Vol. 44. P. 1407–1412.
40. Umesaki N., Tanaka T., Miyama M. et al. Positron emission tomography using 2-[(18)F] fluoro-2-deoxy-D-glucose in the diagnosis of uterine leiomyosarcoma: a case report // *Clin. Imaging.* 2001. Vol. 25. P. 203–205.
41. Umesaki N., Tanaka T., Miyama M. et al. Positron emission tomography with (18)F-fluorodeoxyglucose of uterine sarcoma: a comparison with magnetic resonance imaging and power Doppler imaging // *Gynecol. Oncol.* 2001. Vol. 80. P. 372–377.
42. Viswanathan A., Kirisits C., Erickson B.E., Pötter R. *Gynecologic Radiation Therapy – Novel Approaches to Image-Guidance and Management.* Springer Verlag, 2010. 308 p.
43. Wong T.Z., Jones E.L., Coleman R.E. Positron emission tomography with 2-deoxy-2-[(18)F]fluoro-D-glucose for evaluating local and distant disease in patients with cervical cancer // *Mol. Imaging Biol.* 2004. Vol. 6. P. 55–62.
44. Yen T.C., Lai C.H., Wu Y.H. et al. Glut-1 expression in invasive cervical cancer // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Biol.* 2002. Vol. 29 (Suppl). P. 266.
45. Yen T.C., See L.C., Chang T.C. et al. Defining the priority of using 18F-FDG PET for recurrent cervical cancer // *J. Nucl. Med.* 2004. Vol. 45. P. 1632–1639.

Поступила 16.11.12