

Диффузионно-взвешенные изображения и ПЭТ/КТ в диагностике онкологической патологии брюшной полости

В. Н. Соколов^{1,2}, Е. С. Ситникова⁴, Г. М. Рожковская¹, Т. К. Дорофеева¹
В. М. Цвиговский¹, М. А. Любчак³, Л. В. Анищенко¹

¹Одесский Национальный медицинский университет, Украина

²Диагностический центр «Юж-Укрмедтех», Одесса, Украина

³Клинический дом «Odrex», Одесса, Украина

⁴Областная клиническая больница, Одесса, Украина

Резюме

Введение. Анализ литературных источников, посвященных использованию методов КТ, диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и ПЭТ/КТ для диагностики злокачественных образований брюшной полости (рака желудка, рака толстой кишки, лимфом брюшной полости и др.), имеют неоднозначный, а иногда даже противоречивый характер. Особенно затруднительна диагностика рака желудка, который остается вторым по распространенности раком в мире.

В этой статье описывается система постановки диагноза рака желудка — TNM (опухоль–узел–метастаз) и его клиническое значение. Обсуждаются и иллюстрируются относительные преимущества и ограничения КТ, ДВИ и ФДГ ПЭТ в стадии предварительной обработки и в мониторинге реакций на терапию при раке желудка. Кроме этого, приводятся возможные преимущества комбинированных КТ, ДВИ и ПЭТ в диагностике других заболеваний брюшной полости, таких как лимфома и рак толстого кишечника.

Цель работы. Изучить диагностическую возможность метода ДВИ и сравнить ее с диагностической характеристикой мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и ¹⁸Ф-ФДГ ПЭТ/КТ в диагностике злокачественных образований брюшной полости.

Материалы и методы. Измерялась интенсивность сигнала в серии ДВИ изображений и рассчитывались значения коэффициента диффузии (ADC). ДВИ основан на регистрации изменений в характере броуновского движения молекул воды в различных патологических процессах. ПЭТ/КТ проводился с использованием меченой радиоактивным изотопом фтор-18-дезоксиглюкозы (ФДГ) — метод, который позволяет визуализировать и количественно оценивать метаболизм глюкозы в опухолевой ткани.

Результаты и выводы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что ДВИ имеет более высокую чувствительность, но более низкую специфичность, чем ¹⁸Ф-ФДГ ПЭТ/КТ. В целом, ДВИ эффективнее, чем ¹⁸Ф-ФДГ ПЭТ/КТ для предоперационной постановки диагноза и представляет собой дополнительный метод визуализации, тогда как ¹⁸Ф-ФДГ ПЭТ/КТ имеет ограниченную полезность для предоперационной диагностики. В то же время ПЭТ/КТ дает существенное преимущество в улучшении диагностики и терапевтического наблюдения за пациентами, осуществляет мониторинг реакций на лечение.

Ключевые слова: интенсивность сигнала в серии ДВИ, ПЭТ/КТ в оценке метаболизма глюкозы в опухолевой ткани.

Клінінформат. і Телемед. 2017. Т.12. Вип.13. с.92–103. <https://doi.org/10.31071/kit2017.13.12>

Введение

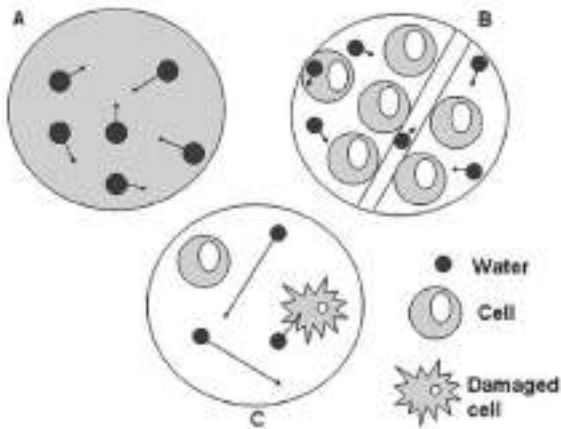
Несмотря на то, что за последние 50 лет заболеваемость и смертность резко снизились, рак желудка (РЖ) остается четвертым по распространенности раком и занимает второе место в мире как причина смертельных случаев, связанных с раком и с плохим прогнозом. Разнообразие терапевтических вариантов, доступных для РЖ, таких как радикальная резекция, эндоскопическая подслизистая диссекция и неоадьювантная химиотерапия, делает точную предоперационную TNM-стадию необходимой для пациентов с диагнозом рак желудка. Оценка лимфатических узлов имеет решающее значение для стратегии лечения и определения прогноза у пациентов с этой патологией. В случаях без отдаленных метастазов, расширенная лимфаденэктомия, основанная на точной локализации лимфатических узлов, является важной процедурой в радикальной гастроэктомии, которая может улучшить исход для пациентов с РЖ. По данным Японской Ассоциации рака желудка для дифференцированного раннего РЖ T1a, без метастазов в лимфатические узлы, указывается эндоскопическая резекция или частичная резекция плюс лимфаденэктомия. При наличии корреляции

размера опухоли, степени проникновения и тромба сосудистой опухоли, метастазы в лимфатические узлы рассматриваются как ключевой независимый предиктор рецидива и являются одним из показаний к адьювантной химиотерапии у пациентов с РЖ. Статистически, 5-летняя выживаемость (после хирургического лечения) у пациентов с нулевой стадией РЖ составляет 86,1%, тогда как показатели выживаемости у пациентов с N1, N2 и N3 РЖ резко снижаются до 58,1%, 23,3% и 5,9%, соответственно.

Цель работы. Провести точную предоперационную оценку лимфатических узлов, которая может способствовать выбору кандидатов на неоадьювантную химиотерапию, оптимизировать стратегию радикальной хирургии и прогнозировать результат лечения. Исходя из этого, было крайне важно установить стадию заболевания путем выявления регионарных и отдаленных метастазов при раковых заболеваниях желудка и других заболеваний брюшной полости.

Для исследований, кроме традиционных методик — компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) использованы: метод диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)/КТ. Известно, что ДВИ сигнал состоит из движения

молекул воды во внеклеточном, клеточных и внутрисосудистом пространствах. Степень диффузионных ограничений в биологических тканях коррелирует с целостностью клеточных мембран и клеточного состава тканей. Диффузия не зависит от времен релаксации и является независимым фактором, влияющим на контраст изображения (рис. 1).



(А): молекулы воды в контейнере в одиночку двигаются хаотически (броуновское движение);
 (В): ткань с высоким содержанием клеток препятствует движению молекул воды;
 (С): ткань низкой клеточности, или поврежденных клеток, способствует более интенсивному движению молекулы воды.

Рис. 1. Движение молекул воды (Hopkins S., Yang G., 2011).

Для оценки сигнала от молекул воды в различных средах с целью определения характеристик ткани используются сенсбилизирующие диффузионные градиенты.

Время, за которое протоны возвращаются к состоянию равновесия после воздействия на них электромагнитным импульсом, называется временем релаксации. Оно различно у здоровых и патологичных тканей и зависит от окружающих молекул и атомов. На основе этой разницы строятся МР-изображения. Различают два основных времени релаксации — T1 и T2. T1 — это время, за которое спины 63% протонов возвращаются к равновесному состоянию. T2 — это время, за которое спины протонов сдвигаются по фазе (расфазированы) под действием соседних протонов.

Чтобы получить сигналы при диффузии воды, необходимо использование мощных поверхностных катушек с фазированной решеткой и быстрых методов визуализации — эхопланарной и параллельной (рис. 2, 3).

Для получения ДВИ чаще всего используется импульсная последовательность (SE EPI) с наличием добавочной пары диффузионных градиентов одинаковой амплитуды и длительности. Количественные измерения могут быть сделаны с ДВИ по коэффициентам диффузии (ИКД) и дробной анизотропии (ДА).



Рис. 2. Эхопланарная визуализация (Hopkins S., Yang G. Y.).

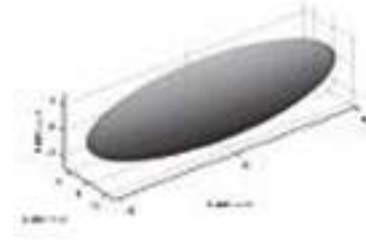


Рис. 3. Параллельная визуализация (Hopkins S., Yang G. Y.).

ИКД в разных тканях:	($\times 10^{-3} \text{ s/mm}^2$)
Примерные значения	
Доброкачественные опухоли	>1,5
Солидные формы рака (первичные и метастатические, в том числе лимфоузлы)	0–1,1
Лимфомы и гиперцеллюлярные опухоли	0,6–0,8

Материал и методы исследования

При изучении диффузно-взвешенных изображений нами использовался МРТ томограф Toshiba Vantage Atlas 1.5T. Аппарат имеет высокое однородное магнитное поле, развитую систему обработки изображений, 12 ядерный процессор, объем оперативной памяти 40 Гб, объем жесткого диска 1,9 ТБ. Имеется эффективная градиентная система — скорость изменения напряжения поля: 130 или 200 мТ/м/мс.

Обследовались пациенты с различной патологией брюшной полости: рак желудка, рак прямой кишки и др. Ранее при раке желудка исследование начиналось с использования компьютерной томографии. С 2006 по 2012 г. нами использовались 4-х срезовые компьютерные томографы, 2012–2015 — 16-и срезовые, в последние годы — 64-х срезовые.

Прорастание рака в стенку желудка, которое визуализировалось при КТ, было классифицировано следующим образом: при поражениях T1 и T2 инвазия ограничена стенкой желудка, внешняя граница гладкая. В очагах T3 серозный контур становится размытым, и участки с увеличенным затуханием можно видеть в перигастральном жире. При поражениях T4 распространение опухолей часто происходит через связочные и перитонеальные пространства в соседние органы. Опухоль поперечно-ободочной толстой кишки может проникать через желудочную связку в поджелудочную железу и в печень через желудочно-печеночную связку.

Метод ПЭТ/КТ был использован с применением 2-дезоксид-18F-фтор-d-глюкозы при вышеперечисленной патологии.

Результаты и обсуждение

На рис. 4, 5, 6 представлен рак малой кривизны желудка с метастазом вдоль малой кривизны («Одрех»). Метастаз виден более отчетливо при ДВИ, чем при использовании МРТ.

Чувствительность к воде определяется градиентом диффузии b-фактора (s/mm^2). Чем больше значение b тем более чувствительны диффузно-взвешенные изображения (как правило, в последовательности используется диффузно-взвешенное изображение с фактором градиента $b = 50, 400, 800, 1000 \text{ (s/mm}^2\text{)}$). На рис. 7–10 представлены различные методы визуализации опухоли желудка.

ДВИ более отчетливо отображает множественные метастазы в брюшной полости (ДВИ $b = 400 \text{ s/mm}^2$).



Рис. 4. КТ.

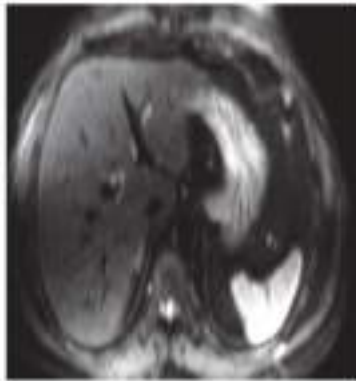


Рис. 5. МРТ.

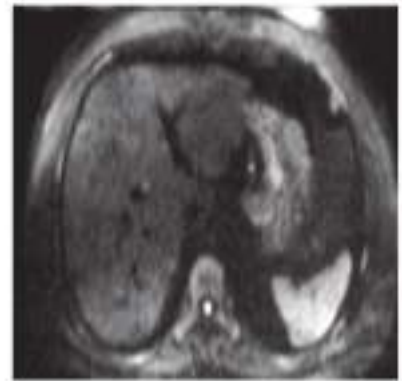


Рис. 6. ДВИ.

Рис. 4–6. Рак малой кривизны желудка с метастазом вдоль малой кривизны.



Рис. 7. КТ опухоли.

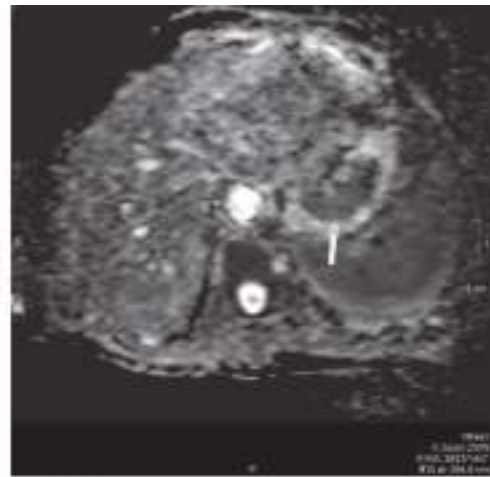


Рис. 8. ДВИ опухоли.

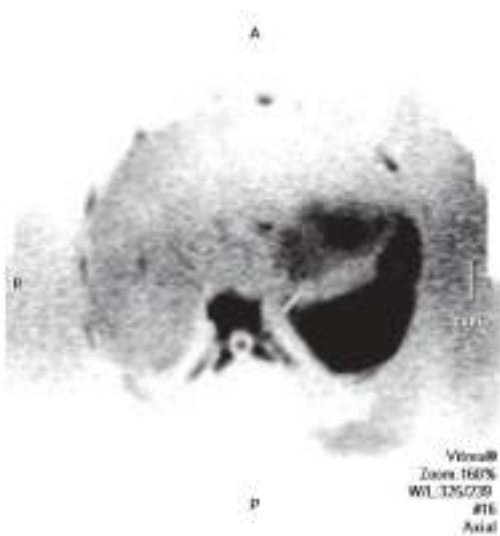


Рис. 9. Псевдо-ПЭТ изображение.



Рис. 10. Цветовая карта (см. цветную вкладку).

Рис. 7–10. Различные методы визуализации злокачественной опухоли в верхней трети желудка.



Рис. 11. КТ опухоли.



Рис. 12. ДВИ опухоли.

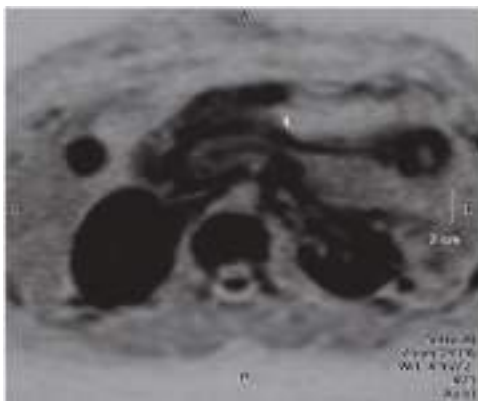


Рис. 13. Псевдо-ПЭТ изображение.

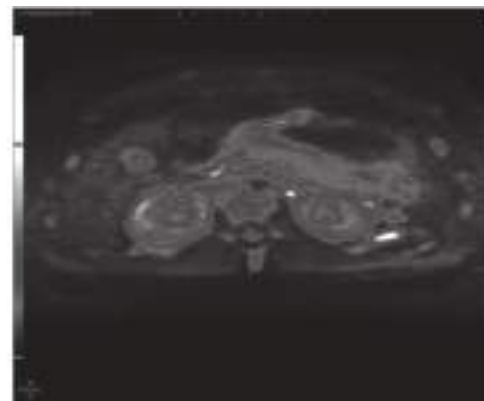


Рис. 14. Диффузия в цвете (см. цветную вкладку).

Рис. 11–14. Злокачественная опухоль выходного отдела желудка с метастазами в брюшную полость в области головки поджелудочной железы.

На рис. 11–14 представлены изображения, полученные различными методами, злокачественной опухоли выходного отдела желудка с метастазами в брюшную полость в области головки поджелудочной железы.

Опухоли желудка в данных исследованиях характеризовались высокой интенсивностью сигнала. Средние величины ИКД нормальной стенки желудка были $1,448 \pm 0,33$ SD mm^2/s , для опухоли желудка $0,894 \pm 0,32$ SD mm^2/s , т. е. были значительно ниже, чем над неизменными стенками желудка. На рис. 15 КТ: рак сигмовидной кишки, на рис. 16 метастазы представлены более информативно. При карциноматозе брюшины — отчетливо видно множественное метастазирование брюшины при использовании ДВИ и псевдо-ПЭТ (рис. 17–21).

Таким образом, на основании собственного опыта и просмотренного материала нами не было выявлено каких-либо различий между ДВИ, КТ и МРТ изображений относительно их способности обнаружения стадий рака желудка и опухоли других органов. Тем не менее, ДВИ может обнаруживать перитонеальное распространение процесса, более четко выявлять метастазы в печени и лимфатических узлах, способно обнаружить рецидив заболевания раньше, чем обычные методы визуализации, а также более эффективно контролировать реакцию у больных с метастатическим процессом. ДВИ имеет потенциал, чтобы быть клинически эффективным для оценки предоперационной TNM стадии рака желудка. Мы считаем,

что он может быть добавлен к обычным КТ и магнитно-резонансным томографическим исследованиям.

Позитронно-эмиссионная томография для предоперационной постановки диагноза представляет собой дополнительный метод визуализации, тогда как ^{18}F -ФДГ ПЭТ/КТ с 2-дезоксид- ^{18}F -фтор-д-глюкозой (ФДГ) признана более полезным диагностическим методом в клинической онкологии. ФДГ ПЭТ позволяет сканировать больший объем, чем при использовании КТ. Несмотря на то, что ФДГ ПЭТ не является подходящей диагностической процедурой первой линии при выявлении рака желудка и не помогает в постановке диагноза опухоли, она может сыграть ценную роль в обнаружении отдаленных метастазов в печени, легких, надпочечниках, яичниках и скелете. ФДГ ПЭТ также может быть полезной при наблюдении за пациентами, проходящими химиотерапию, поскольку этот метод позволяет идентифицировать ранний ответ на лечение. Необходимы дальнейшие исследования для определения эффективности ФДГ ПЭТ в выявлении локальных метастазов в узлах и в перитонеальном пространстве. Тем не менее, комбинированное использование КТ и ПЭТ может быть полезным в предоперационной постановке диагноза — рак желудка и в терапевтическом мониторинге пораженных пациентов.

При истинной ПЭТ диагностике злокачественные опухоли характеризуются повышенным метаболизмом глюкозы. ПЭТ с использованием глюкозы, меченой радиоактивным изотопом фтором (ФДГ-6-фосфат) позволяет визуализировать



Рис. 15. КТ: рак сигмовидной кишки.

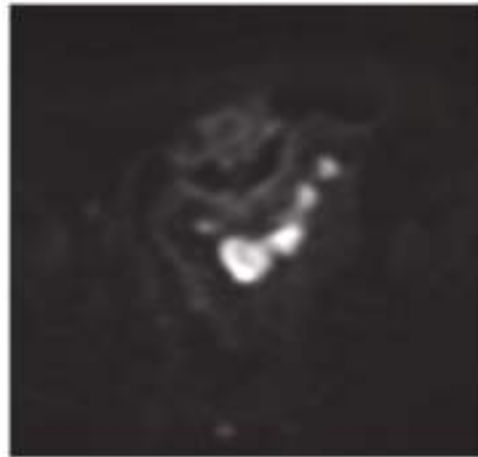


Рис. 16. Метастазы представлены более информативно.



Рис. 17
(см. цветную вкладку).

Рис. 18
(см. цветную вкладку).

Рис. 19
(см. цветную вкладку).



Рис. 20.

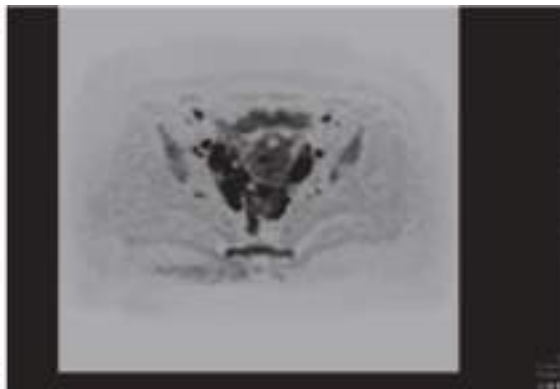


Рис. 21.

Рис. 17–21. Карциноматоз брюшины — отчетливо видно множественное метастазирование брюшины при использовании ДВИ и псевдо-ПЭТ.

и количественно оценивать метаболизм глюкозы в опухолевой ткани. ФДГ фосфорилируется с участием фермента гексокиназы, превращается в ФДГ-6-фосфат и накапливается в злокачественных клетках тканей.

Ниже приведен ряд исследований, оценивающих роль ПЭТ/КТ в диагностике рака желудка, констатируя его метастазирование в регионарные и отдаленные лимфоузлы, сальник, брюшину и отдаленные органы.

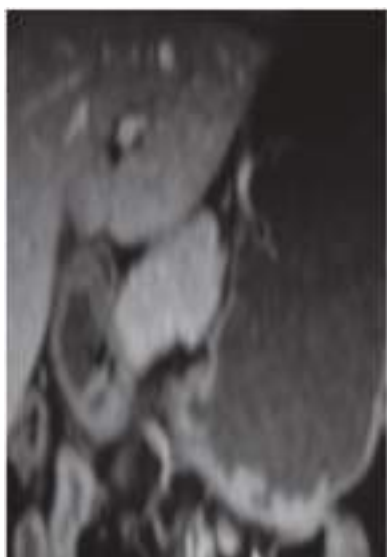


Рис. 22. КТ: рак желудка I-й стадії.

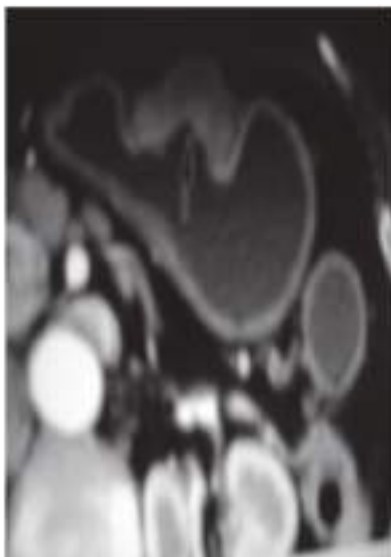


Рис. 23. КТ: рак желудка II-й стадії.



Рис. 24. КТ: рак желудка III-й стадії.

Рис. 22–24. КТ: рак малой кривизны желудка с изъязвлением.



Рис. 25. КТ: метастаз в общепеченочной артерии.

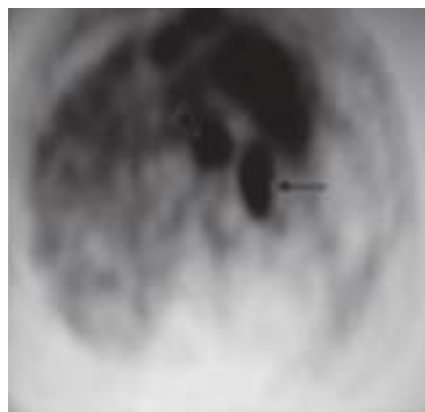


Рис. 26. ПЭТ/КТ: группа метастазов брюшной полости.

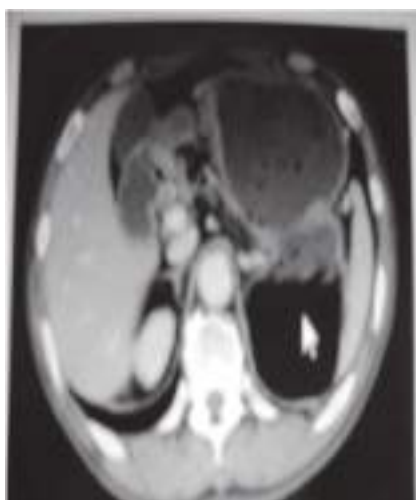


Рис. 27. КТ: рак проксимального отдела желудка. Метастазы вдоль малой кривизны желудка плохо дифференцируются.



Рис. 28. ПЭТ/КТ: выраженное накопление глюкозы над опухолью; отчетливо выявляются метастазы вдоль малой кривизны желудка (стрелка).

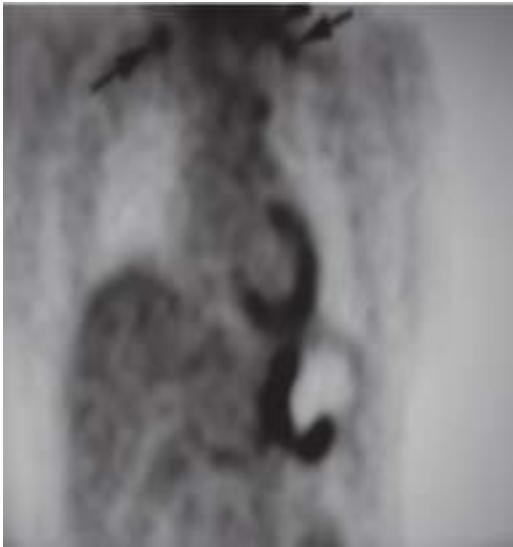


Рис. 29. ПЭТ/КТ: поражения над- и подключичных лимфатических узлов метастатическим процессом.



Рис. 30, 31. Более отчетливая локализация поражений.

Рис. 29–31. Метаболизм надключичных лимфатических узлов у 44-летней женщины с диагнозом рак желудка.



Рис. 32. КТ: диффузное утолщение почти всей стенки желудка (наконечники стрелок) из-за linitis plastica.



Рис. 33. Корональная ПЭТ: отсутствие заметного накопления ФДГ в желудке (стрелки).

Рис. 32–33. Перстневидно-клеточная карцинома без значительного поглощения ФДГ у 30-летней женщины с диагнозом рак желудка.

КТ показывает рак малой кривизны желудка с изъязвлением. На рис. 22 представлен рак I-й стадии (прорастание слизистой с подслизистой), на рис. 23 — рак II-й стадии (опухоль прорастает мышечную оболочку), на рис. 24 — рак III-й стадии. ПЭТ/КТ интенсивность поглощения глюкозы в опухоли I-й и II-й стадии несколько хуже, чем при КТ с контрастированием. Разрешение ПЭТ ограничено по объему, усреднением метаболического сигнала, с усредненным поглощением глюкозы. Однако четче виден метастаз в брюшной полости.

Другой пример. Метастазы в лимфатических узлах у 63-летнего мужчины с диагнозом рак желудка. На рис. 25 осевая КТ-диагностика демонстрирует узел лимфатического узла (белая стрелка), смежный с левой желудочной артерией (белая стрел-

ка); на рис. 26 — узел лимфатического узла (черный наконечник стрелки), смежный с общей печеночной артерией (черная стрелка). Диагноз метастазов в лимфатические узлы может быть затруднен, если используются только критерии размера. Осевое ПЭТ-сканирование показывает заметное поглощение ФДГ в лимфатических узлах брюшной полости, что указывает на их метастазирование. Наличие метастазов в лимфатических узлах было подтверждено при патологоанатомическом анализе (Seok, Lim et al, 2006).

На рис. 25–28 представлены метастазы в лимфатических узлах в брюшной полости, а на рис. 29–31 — двусторонние надключичные лимфатические узлы (стрелки) диаметром менее 1 см. ПЭТ сканирование показывает лимфатические

узлы (стрелки) с повышенным поглощением ФДГ. Метастатическое участие было подтверждено при биопсии.

Было установлено, что на накопление радиоактивной глюкозы, в первую очередь, влияет гистологический подтип рака. Накопление в аденокарциномах кишечного типа — выше, диффузного типа — ниже. В перстневидных и муцинозных опухолях глюкоза накапливается значительно слабее. Однако, разница между подгруппами не достигала значительного уровня. Относительно слабо накапливается глюкоза в фиброзных тканях, особенно при cancer linitis.

На рис. 32–33 показана перстневидно-клеточная карцинома без значительного поглощения ФДГ у 30-летней женщины с диагнозом рак желудка.

Наличие перитонеального метастазирования и асцита является крайне неблагоприятным прогностическим фактором. Такое знание позволяет хирургу решить, следует ли проводить операцию или избежать выполнения ненужной лапаротомии. КТ остается методом выбора для предоперационного диагноза перитонеального карциноматоза. Тем не менее, перитонеальный карциноматоз часто обнаруживается только при использовании ПЭТ/КТ.

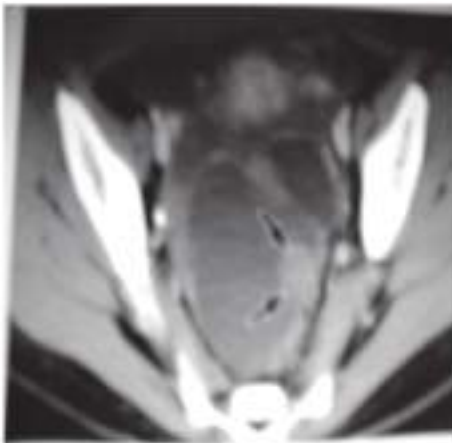


Рис. 34. КТ с контрастированием: перитонеальный узел в пельвикальном перитонеуме (маленькие стрелки); метастазы Шницлера в параректальные лимфатические узлы.

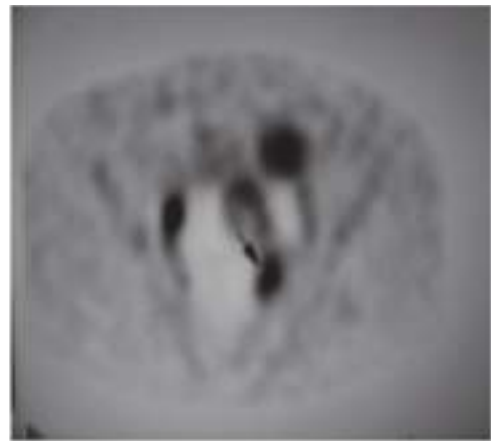


Рис. 35. Фокус усиления ФДГ при той же локализации.

Рис. 34–35. Перитонеальный карциноматоз при использовании ПЭТ/КТ (De Potter T., Flamen P., Van Cutsem E. et al., 2011).

Табл. 1. Показатели чувствительности, специфичности и точности при КТ и ФДГ-ПЭТ/КТ.

Вид исследования	Чувствительность	Специфичность	Точность	PPV	NPV
КТ	83,3%	75%	57,1%	87,5%	66,6%
ФДГ-ПЭТ	64,3%	100%	80%	100%	89%



Рис. 36. КТ: рецидив опухоли в прямой кишке.

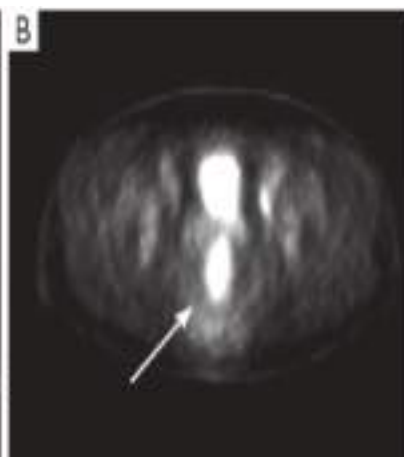


Рис. 37. ПЭТ/КТ: рецидив опухоли прямой кишки.

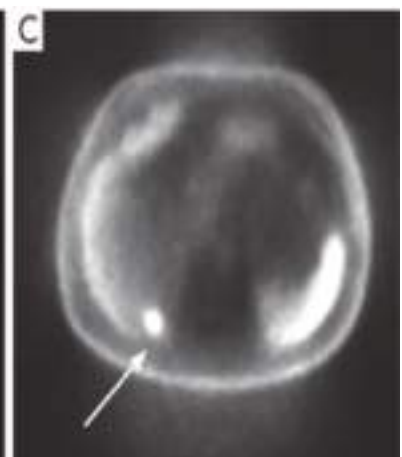


Рис. 38. ПЭТ/КТ: метастаз в правой доли печени.

Рис. 36–38. Рецидив опухоли прямой кишки, выявленный с использованием ПЭТ/КТ (Choi J. Y., Shim K. H., Kim S. E., Jung H. K., Jung S. A., Yoo K. et al, 2014).

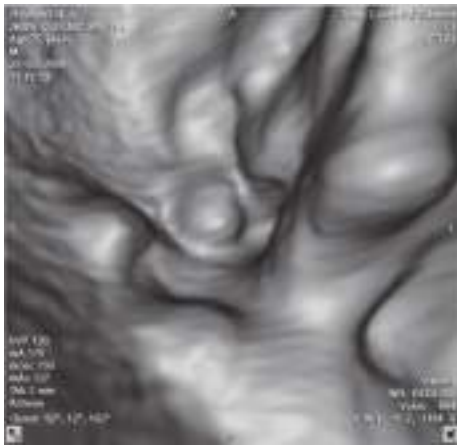


Рис. 39. КТ-виртуальная колоноскопия. Выявляется опухоль толстой кишки (см. цветную вкладку) (Соколов, 2012).



Рис. 40. ПЭТ/КТ (слева) и КТ (справа) опухоли толстой кишки.

Рис. 39 и 40. Опухоль толстого кишечника при использовании КТ, виртуальной колоноскопии и ПЭТ/КТ с чувствительностью ПЭТ/КТ 96% и КТ 77%; специфичность: 97% против 89%, соответственно.

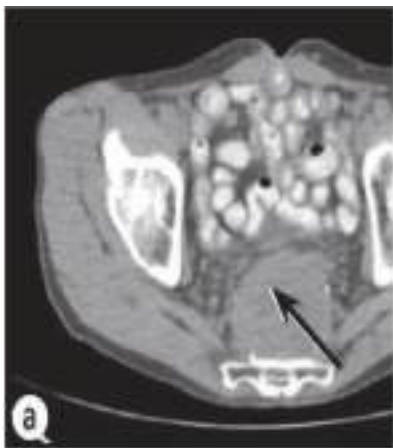


Рис. 41. КТ опухолевой массы.



Рис. 42. ПЭТ/КТ: рецидив опухоли (см. цветную вкладку).

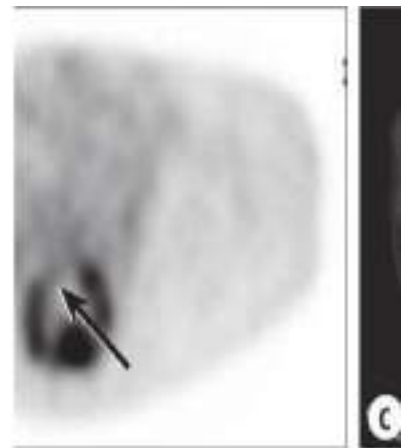


Рис. 43. Подтверждает рецидив опухоли.

Рис. 41–43. Рецидивирующий ректальный рак.

На рис. 34 показана КТ с контрастированием перитонеального узла в пельвикальном перитонеуме (маленькие стрелки); метастазы Шницлера в параректальные лимфатические узлы, а на рис. 35 — фокус усиления ФДГ при той же локализации.

При раке желудка чувствительность при использовании ПЭТ/КТ — ниже, чем при использовании КТ. Однако, специфичность и точность в выявлении рака желудка — выше, чем при использовании КТ (табл. 1).

При колоректальных раках 18Ф-ФДГ ПЭТ/КТ играет ключевую роль в выявлении рецидива заболевания, оценке остаточных масс после терапии, локализации рецидивов у пациентов с необъяснимым повышением ракового антигена (СЕА) в сыворотке крови. Рис. 36 и 37 демонстрируют на КТ и ПЭТ/КТ рецидивы опухоли прямой кишки. На рис. 38 — ПЭТ/КТ выявило метастаз в правой доли печени. На рис. 39 (см. цветную вкладку) и 40 представлены опухоли толстого кишечника при использовании КТ, виртуальной колоноскопии и ПЭТ/КТ с чувствительностью ПЭТ/КТ 96% и КТ 77%; специфичность: 97% против 89%, соответственно. Рецидивирующий ректальный рак показан на рис. 41–43 (Choi J.Y., Shim K. H., Kim S. E.,

Jung H. K., Jung S. A., Yoo K. et al, 2014). На рис. 41 КТ показывает большую пресакральную и ретросакральную массу, которая показала отрицательный результат при биопсии. Результат получен отрицательный, так как игла прошла через некротические изменения в опухоли. Стрелка показывает ход биопсии.

На рис. 42 и 43 — прерывистая «оправа» активной опухоли, окружающей некротический центр. Повторная биопсия на основе этих изображений показала рецидив опухоли.

На рис. 44 представлены результаты проведенные после предоперационной терапии. Отмечено снижение накопления радиоактивной глюкозы до 35%.

Выводы

В работе сопоставлено диагностическое значение диффузионно-взвешенной визуализации (ДВИ) и 18F-фтордезоксиглюкозной позитронно-эмиссионной томографии/компьютерной томографии (¹⁸Ф-ФДГ ПЭТ/КТ) для N-постановки диагноза рака желудка, толстой кишки

и других злокачественных образований брюшной полости. Чтобы лучше понять диагностическую ценность ДВИ и ПЭТ/КТ для N-стадий, в качестве сравнительного метода применялась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). Сравнение двух методов показало, что ДВИ имеет более высокую чувствительность, но не имеет разницы в специфичности. ДВИ проявлял более высокую чувствительность, но более низкую специфичность, чем МСКТ, а ^{18}F -ФДГ ПЭТ/КТ имела более низкую чувствительность и эквивалентную специфичность.

В целом ДВИ лучше, чем ^{18}F -ФДГ ПЭТ/КТ для предоперационной N-постановки диагноза. ПЭТ/КТ дает существенное преимущество в улучшении диагностики и наблюдения в процессе терапии за пациентами, осуществляет мониторинг реакций на лечение.

С учетом полученной в последнее время информации эти методики могут быть использованы на всех этапах диагностики злокачественных опухолей брюшной полости, в том числе на ранней стадии.

Недостатком ПЭТ/КТ является низкая специфичность при диагностике разных типов опухолей, ложноположительные результаты, обусловленные воспалением, либо грануляционными изменениями.

Исследования проводились с соблюдением национальных норм биоэтики и положений Хельсинкской декларации (в редакции 2013 г.). Авторы статьи – В. Н. Соколов, Е. С. Ситникова, Г. М. Рожковская, Т. К. Дорофеева, В. М. Цвиговский, М. А. Любчак, Л. В. Анищенко – подтверждают, что у них нет конфликта интересов.

Литература

1. Котляров П. М., Сергеев Н. И., Егорова Е. В. Магнитно-резонансная томография в диагностике распространенности рака прямой и сигмовидной кишки. *Russian Electron. J. of Radiology*, Москва. 2016, сс. 44–45.
2. Ростовцева Т. М., Ананьева Н. И., Кармазановский Г. Г., Васильев С. В., Смирнова Е. В., Ежова Р. В. Предоперационное стадирование рака прямой кишки. Специализированный протокол магнитно-резонансной томографии. *Russian Electronic Journal of Radiology*, Москва. 2016, сс. 61–63.
3. Соколов В. Н., Ситникова Е. С. ДВИ И ПЭТ/КТ в диагностике онкологической патологии брюшной полости. *Russian Electronic Journal of Radiology*, Москва. 2016, сс. 53–54.
4. Choi J. Y., Shim K. H., Kim S. E., Jung H. K., Jung S. A., Yoo K. The clinical value of ^{18}F -fluorodeoxyglucose uptake on positron emission tomography/computed tomography for predicting regional lymph node metastasis and non-curative surgery in primary gastric carcinoma. *Korean J. Gastroenterol*, 2014, vol. 64, iss. 6, pp. 340–347.
5. De Potter T., Flamen P., Van Cutsem E. et al. Whole-body PET with FDG for the diagnosis of recurrent gastric cancer. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*, 2001, vol. 29, pp. 525–529.
6. Hopkins S., Yang G. Y. FDG PET imaging in the staging and management of gastric cancer. *J. Gastrointest. Oncol.* 2011, vol. 2, iss. 1, pp. 39–44. doi: 10.3978/j.issn.2078-6891.2010.004.
7. Joon S. L., Mi J. Y., Myeong-Jin K., Woo J. H., Mi-Suk P., Jin-Young Ch., Tae-Sung K., Jong D. L. Sung H. N., Ki W. K. CT and PET in stomach cancer: preoperative staging and monitoring of response to therapy. *Radio Graphics*, 2006, vol. 26, pp. 143–156.

Дифузійно-зважені зображення і ПЕТ/КТ в діагностиці онкологічної патології черевної порожнини

В. М. Соколов^{1,2}, О. С. Ситнікова⁴, Г. М. Рожковська¹, Т. К. Дорофеева¹

В. М. Цвиговський¹, М. О. Любчак³, Л. В. Анищенко¹

¹Одеський національний медичний університет, Україна

²Діагностичний центр «Юж-Укрмедтех», Одеса, Україна

³Клінічний будинок «Odrex», Одеса, Україна

⁴Обласна клінічна лікарня, Одеса, Україна

Резюме

Вступ. Аналіз літературних джерел, присвячених використанню методів КТ, дифузійно-зважених зображень (ДЗЗ) і ПЕТ/КТ для діагностики злоякісних утворень черевної порожнини (раку шлунка, раку товстої кишки, лімфом черевної порожнини та ін.), мають неоднозначний, а іноді навіть суперечливий характер. Особливо важко діагностувати рак шлунка, який залишається другим за поширеністю на рак в світі.

У цій статті описується система постановки діагнозу раку шлунка — TNM (пухлина–вузол–метастаз) і його клінічне значення. Обговорюються і ілюструються відносні переваги та обмеження КТ, ДЗЗ і ФДГ ПЕТ в стадії попередньої обробки і в моніторингу реакцій на терапію при раку шлунка. Крім цього, наводяться можливі переваги комбінованих КТ, ДЗЗ і ПЕТ в діагностиці інших захворювань черевної порожнини, таких як лімфома і рак товстого кишківника.

Мета роботи. Вивчити діагностичну можливість методу ДЗЗ і порівняти її з діагностичною характеристикою мультиспиральної комп'ютерної томографії (МКТ) і ^{18}F -ФДГ ПЕТ/КТ в діагностиці злоякісних утворень черевної порожнини.

Матеріали та методи. Вимірювалася інтенсивність сигналу в серії дифузійно-зважених зображень і розраховувалися значення коефіцієнту дифузії (ADC). ДЗЗ заснований на реєстрації змін у характері броунівського руху молекул води в різних патологічних процесах. ПЕТ/КТ проводився з використанням міченої радіоактивним ізотопом фтор-18-дезоксиглюкозу (ФДГ) — метод, який дозволяє візуалізувати і кількісно оцінювати метаболізм глюкози в пухлинній тканині.

Результати та висновки. Отримані результати свідчать про те, що ДЗЗ має більшу високу чутливість, але нижчу специфічність, ніж ^{18}F -ФДГ ПЕТ/КТ. В цілому, ДЗЗ ефективніше, ніж ^{18}F -ФДГ ПЕТ/КТ для передопераційної постановки діагнозу і являє собою додатковий метод візуалізації, тоді як ^{18}F -ФДГ ПЕТ/КТ має обмежену корисність для передопераційної діагностики. У той же час ПЕТ/КТ дає суттєву перевагу в поліпшенні діагностики і терапевтичного спостереження за пацієнтами, здійснює моніторинг реакцій на лікування.

Ключові слова: інтенсивність сигналу в серії ДЗЗ, ПЕТ/КТ в оцінці метаболізму глюкози в пухлинній тканині.

Diffusion-weighted images and PET/CT in the diagnosis of cancer pathology of the abdominal cavity

V. M. Sokolov^{1,2}, O. S. Sitnikova⁴, G. M. Rozhkovskaya¹, T. K. Dorofeyeva¹

V. M. Tsvygovskiy¹, M. O. Lyubchak³, L. V. Onishchenko¹

¹Odessa National Medical University, Ukraine

²Diagnostic centre «Yuzh-Ukrmedtekh», Odessa, Ukraine

³Clinical hospital «Odrex», Odessa, Ukraine

⁴Regional Clinical Hospital, Odessa, Ukraine

Abstract

Introduction. Analysis of literary sources devoted to the use of CT, DWI and PET/CT techniques for diagnosis of malignant abdominal cavities (stomach cancer, colon cancer, lumbar abdominal cavity etc.), are ambiguous and sometimes even controversial. Particularly, difficult is diagnosis of stomach cancer which remains the second most common cancer in the world.

The purpose of the work is to study the diagnostic possibility of the DWI method and compare it with the diagnostic characteristics of multi-spiral computed tomography (MCT) and ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of malignant abdominal cavity forms.

Materials and methods. Intensity of the signal in the series of DWI was measured and the values of the diffusion coefficient (ADC) were calculated. DWI is based on the registration of changes in the nature of the Brownian motion of water molecules in various pathological processes. PET/CT was performed using a fluorine-18-deoxyglucose labeled radioactive isotope (FDG), a method that allows to visualize and to value quantitatively glucose metabolism in tumor tissues.

Results. The obtained results indicate DWI has a higher sensitivity, but shows lower specificity than ¹⁸F-FDG PET/CT. Typically, DWI is more efficient than ¹⁸F-FDG PET/CT for the preoperative diagnosis and is an additional visualization method, while ¹⁸F-FDG PET/CT has limited utility for preoperative formulation. Simultaneously, PET/CT provides a significant advantage in improving diagnosis routine, therapeutic monitoring of the patient, monitoring response to treatment.

Key words: Signal strength in a series of DWI, PET/CT, Evaluation of metabolism in tumor tissue.

©2017 Institute Medical Informatics and Telemedicine Ltd, ©2017 Ukrainian Association of Computer Medicine, ©2017 Kharkiv medical Academy of Postgraduate Education. Published by Institute of Medical Informatics and Telemedicine Ltd. All rights reserved.

ISSN 1812-7231 *Klin.inform.telemed.* Volume 12, Issue 13, 2017, Pages 92–103

http://kit-journal.com.ua/en/index_en.html

References (7)

Reference

1. Kotlyarov P. M., Sergeev N. I., Egorova E. V. Multispiral computed tomography colonography and virtual colonoscopy in the detection of colon formations. *Russian Electronic Journal of Radiology*, Moscow. 2016, pp. 44–45. (In Russ.).
2. Rostovtseva T. M., Ananyeva N. I., Karmazanovskiy G. G., Vasilyev S. V., Smirnova E. V., Yehova R. V. Pre operational staging of colon cancer. Specialized protocol of MRT. *Russian Electronic Journal of Radiology*, Moscow. 2016, pp. 61–63. (In Russ.).
3. Sokolov V. N., Sitnikova E. S. DWI and PET/CT in the diagnosis of oncological pathology of the abdominal cavity. *Russian Electronic Journal of Radiology*, Moscow. 2016, pp. 53–54. (In Russ.).
4. Choi J. Y., Shim K. H., Kim S. E., Jung H. K., Jung S. A., Yoo K. The clinical value of 18F-fluorodeoxyglucose uptake on positron emission tomography/computed tomography for predicting regional lymph node metastasis and non-curative surgery in primary gastric carcinoma. *Korean J. Gastroenterol*, 2014, vol. 64, iss. 6, pp. 340–347.
5. De Potter T., Flamen P., Van Cutsem E. et al. Whole-body PET with FDG for the diagnosis of recurrent gastric cancer. *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging*, 2001, vol. 29, pp. 525–529.
6. Hopkins S., Yang G.Y. FDG PET imaging in the staging and management of gastric cancer. *J. Gastrointest. Oncol.* 2011, vol. 2, iss. 1, pp. 39–44. doi: 10.3978/j.issn.2078-6891.2010.004.
7. Joon S. L., Mi J. Y., Myeong-Jin K., Woo J. H., Mi-Suk P., Jin-Young Ch., Tae-Sung K., Jong D. L. Sung H. N., Ki W. K. CT and PET in stomach cancer: preoperative staging and monitoring of response to therapy. *Radio Graphics*, 2006, vol. 26, pp. 143–156.

Переписка

д.мед.н., професор **В. Н. Соколов**
 зав.кафедрою лучевої діагностики,
 лучевої терапії та радіаційної медицини ОНМУ
 Одеський національний університет
 ул. Акад. Воробьєва, 5, Одеса, 65006, Україна
 тел.: +380(48) 721 14 26
 +380(48) 721 01 44
 +380(50) 316 1546
 ел. пошта: victorsokolov@ukr.net

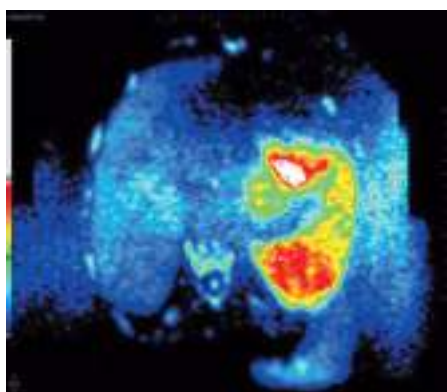


Рис. 10. Цветовая карта.

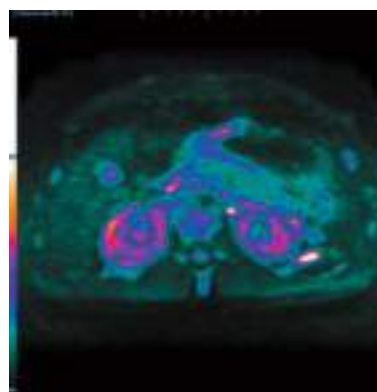


Рис. 14. Диффузия.

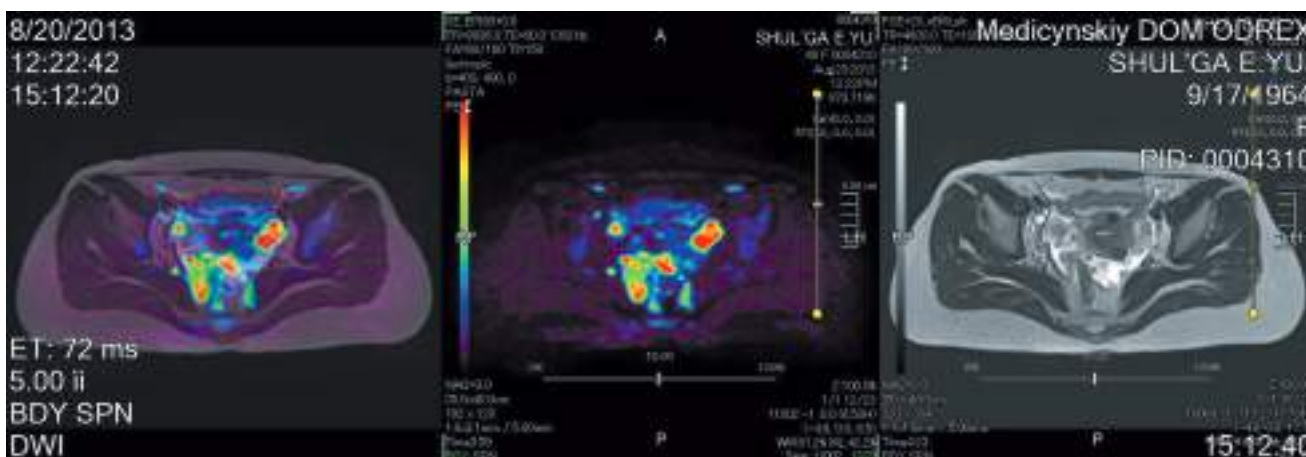


Рис. 17–19. Карциноматоз брюшины — отчетливо видно множественное метастазирование брюшины при использовании ДВИ и псевдо-ПЭТ.



Рис. 39. КТ: виртуальная колоноскопия.

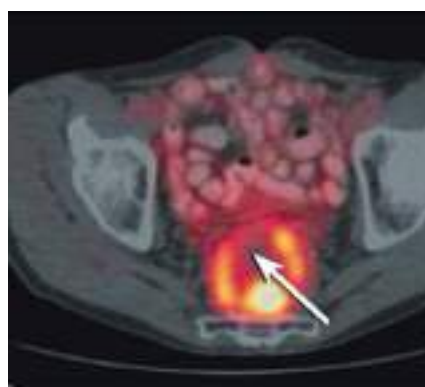


Рис. 42. ПЭТ/КТ: рецидив опухоли.

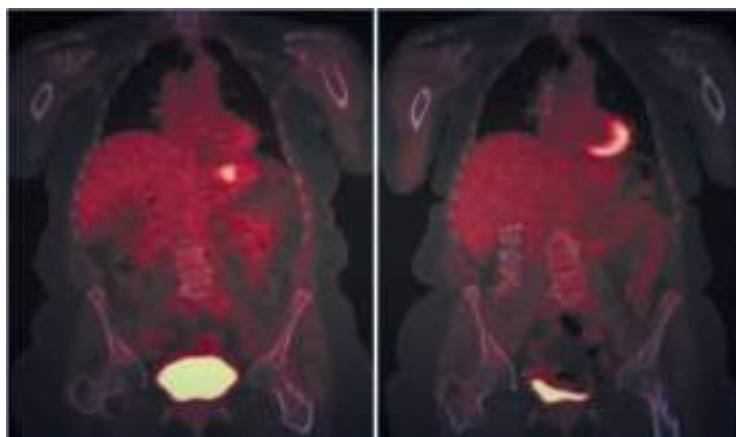


Рис. 44. ПЭТ/КТ: до лечения и после лечения.

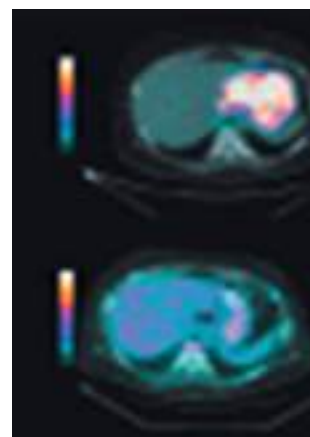


Рис. 45. Лимфома до и после 4-х курсов лучевой терапии.