

Лучевая диагностика абдоминальных осложнений радиационной терапии у онкологических пациентов

И.Г. Воронова^{1,2*}, Е.И. Зяблова^{1,2}, Д.О. Кардаильская^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, Краснодар, Россия

² ГБУЗ «НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В.Очаповского» Минздрава Краснодарского края, Краснодар, Россия

*И.Г. Воронова, Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. проф. С.В. Очаповского, 350086, Краснодар, ул. 1 Мая, 167, chiffinch@mail.ru

Резюме

Лучевая терапия играет важную роль в лечении онкологических заболеваний, однако её применение сопряжено с риском развития повреждений окружающих здоровых тканей, прежде всего органов желудочно-кишечного тракта и паренхиматозных органов брюшной полости. Острая кишечная токсичность развивается у значительной части пациентов, получающих радикальную лучевую терапию в области живота и таза. Отсроченные осложнения, такие как хроническая энтеропатия, радиационный колит, фиброз печени и стриктуры пищевода, могут существенно снижать качество жизни и проявляться спустя месяцы или даже годы после завершения лечения.

В данной статье подробно рассматриваются эпидемиология, патогенез и классификация пострadiационных повреждений органов брюшной полости и малого таза, а также наиболее важные аспекты лучевой семиотики этих изменений с использованием методов рентгенографии, компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии. Особое внимание уделяется дифференциальной диагностике и современным методам визуализации, позволяющим своевременно выявлять и оценивать тяжесть этих осложнений.

Ключевые слова: лучевая терапия, осложнения, лучевая диагностика

Radiologic Diagnosis of Abdominal Complications of Radiation Therapy in Oncologic Patients

Irina G. Voronova^{1,2*}, Elena I. Zyablova^{1,2}, Daria O. Kardailskaya^{1,2}

¹Kuban State Medical University, Krasnodar, Russian Federation

²Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, Krasnodar, Russian Federation

*Irina G. Voronova, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1, 167 1 Maya St., Krasnodar, 350086, Russian Federation, chiffinch@mail.ru

Abstract

Radiation therapy plays an essential role in the treatment of oncological diseases; however, its application is associated with the risk of damage to surrounding healthy tissues, particularly the gastrointestinal tract and parenchymal organs of the abdominal cavity. A significant number of patients receiving radical radiation therapy to the abdomen and pelvis develop acute intestinal toxicity. Delayed complications, such as chronic enteropathy, radiation colitis, liver fibrosis, and esophageal strictures, can significantly reduce the quality of life of such patients and may manifest months or even years after treatment completion. This article provides a detailed review of the epidemiology, pathogenesis, and classification of post-radiation injuries of the abdominal and pelvic organs, as well as the key aspects of radiologic signs of these changes using radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging. Particular attention is given to differential diagnosis and modern imaging techniques that enable timely detection and evaluation of the severity of these complications.

Keywords: radiation therapy, complications, diagnostic imaging

Введение

Лучевая терапия является неотъемлемым компонентом лечения онкологических пациентов, около 70% из которых получают её в различных комбинациях [1]. Несмотря на появление современных высокоточных методов, таких как лучевая терапия с модулированной интенсивностью (IMRT), стереотаксическая радиотерапия (SBRT) и селективная внутренняя радиационная терапия (SIRT), полностью избежать воздействия на здоровые ткани не удаётся. Актуальность проблемы определяется высокой частотой осложнений: острая кишечная токсичность развивается у 60–80% пациентов, а у 5–15% приводит к необходимости коррекции

или прерывания лечения [2]. В связи с этим важнейшей задачей лучевой диагностики становится раннее выявление и оценка характера абдоминальных осложнений. Факторы риска их развития многообразны и включают как параметры лечения (суммарная доза, объём облученного кишечника, сочетанная химиотерапия), так и особенности пациента (предшествующие операции, сопутствующая патология). Для стандартизации оценки тяжести острых и отсроченных осложнений широко используется классификация CTCAE (Common Terminology Criteria for Adverse Events – общая терминология для нежелательных событий), фрагмент которой для ЖКТ представлен в таблице 1.

Таблица 1. Классификация токсичности (CTCAE v5.0) для желудочно-кишечного тракта [3]
Table 1. Toxicity classification (CTCAE v5.0) for the gastrointestinal tract [3]

Осложнение	1-я степень (лёгкая)	2-я степень (умеренная)	3-я степень (тяжёлая)	4-я степень (угрожающая жизни)
Диарея	Увеличение числа стула до 4 раз в день по сравнению с исходным	Увеличение числа стула 4–6 в день; ограничивающая инструментальная повседневная активность	Увеличение числа стула ≥ 7 в день; недержание; госпитализация показана	Жизнеугрожающие последствия; срочное вмешательство показано
Ректальное кровотечение	Незначительное; вмешательство не показано	Переменяющееся; периодически ограничивающее повседневную активность	Трансфузия или эндоскопическое/хирургическое вмешательство показано	Жизнеугрожающие последствия; срочное вмешательство показано
Стриктура пищевода	Бессимптомная; клинические или диагностические находки; вмешательство не показано	Симптоматическая; изменение перорального питания (например, диета, включающая только мягкие продукты)	Существенно нарушено пероральное питание; показано эндоскопическое вмешательство или питание через зонд	Жизнеугрожающие последствия; срочное вмешательство показано

Осложнения со стороны желудочно-кишечного тракта

Лучевое повреждение пищевода чаще возникает при дозах 45–60 Гр. Различают ранние (4–12 недель) и отсроченные (2–6 месяцев) осложнения. К ранним относят дискинезию, отёк слизистой и утрату перистальтики. К поздним – формирование фиброзных стриктур, которые часто носят рефрактерный характер и требуют многократной дилатации [4]. Стриктуры проксимального отдела развиваются у 2–12% пациентов после лучевой терапии по поводу опухолей головы, шеи и легких. На КТ и рентгеноконтрастных исследованиях визуализируются утолщение стенки, нарушение моторки, сужение просвета и изъязвления (рис. 1).

Дифференциальная диагностика в случае стриктур проводится с пептическими стриктурами, пищеводом Барретта, врожденными аномалиями (сосудистыми кольцами) и посттравматическими стриктурами после длительной интубации назогастральным зондом.

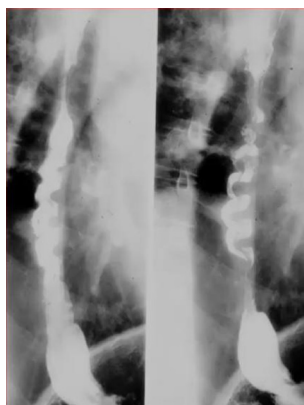


Рисунок 1. Классическая картина постлучевого нарушения моторики: диффузные, беспорядочные третичные сокращения стенки пищевода, возникшие как следствие радиационного воздействия
Figure 1. Classic picture of post-radiation motor disorder: diffuse, random tertiary contractions of the esophageal wall resulting from radiation exposure

Радиационный гастрит и дуоденит обычно возникают при общей дозе облучения 45–60 Гр. Острая фаза (2–8 недель) проявляется утолщением стенки, отёком, образованием эрозий и язв, которые рентгенологически неотличимы от доброкачественных, но часто рефрактерны к антисекреторной терапии [5]. Клинически наблюдается тошнота и рвота.

Хроническая фаза (4 недели – 7 месяцев и более) характеризуется фиброзом, приводящим к деформации и стенозу антрального отдела, а также сглаживанию складок (рис. 4). Эти изменения могут

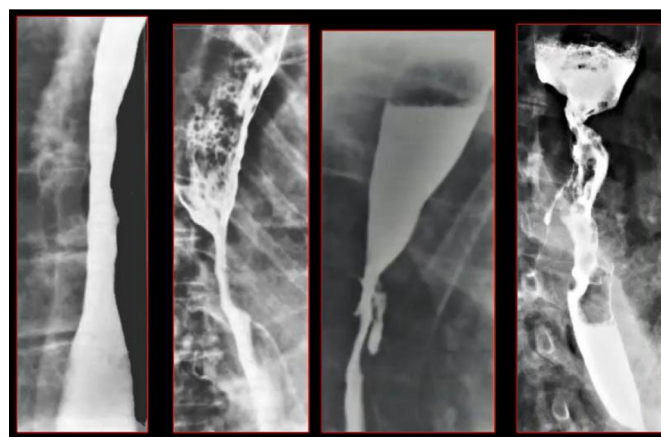


Рисунок 2. Снимки пациентов с лучевым эзофагитом. Определяются стриктуры, на третьем изображении визуализируется свищевой ход между пищеводом и средостением, на четвертом снимке определяется пищеводно-плевральная фистула
Figure 2. Images of patients with radiation esophagitis. Strictures are identified; the third image shows a fistula between the esophagus and mediastinum; the fourth image shows an esophageal-pleural fistula

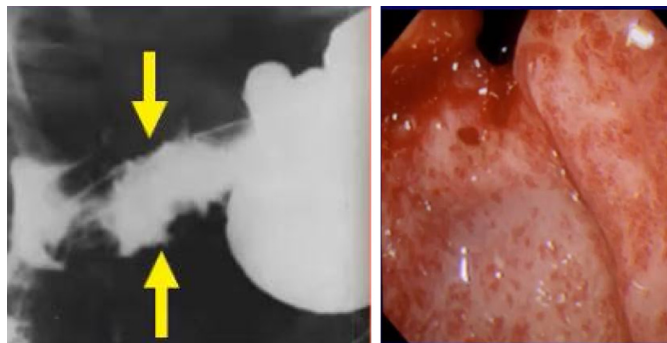


Рисунок 3. Для лучевого повреждения желудка характерны преимущественно препилорические и пилорические язвы. Эти изменения чаще возникали в острую фазу и рентгенологически они неотличимы от пептических язв. Ключевой особенностью таких язв является их рефрактерность к стандартной антисекреторной терапии. При ЭФГДС определяются множественные язвенные и эрозивные дефекты слизистой оболочки

Figure 3. Radiation damage to the stomach is mainly characterized by prepyloric and pyloric ulcers. These changes occurred more frequently in the acute phase and were radiographically indistinguishable from peptic ulcers. A key feature of such ulcers is their refractoriness to standard antisecretory therapy. ESO reveals multiple ulcerative and erosive defects in the mucous membrane

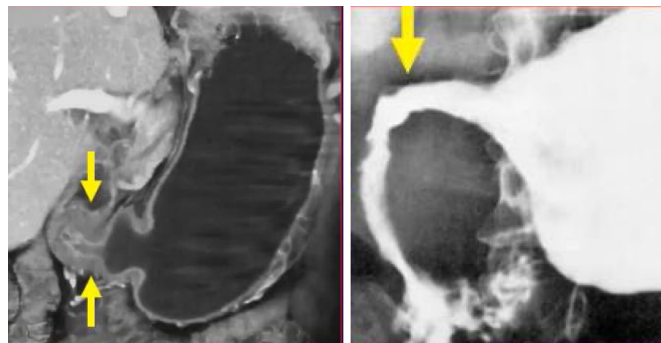


Рисунок 4. В хроническую фазу лучевого повреждения желудка наблюдается сужение и деформация антрального отдела и привратника при отсутствии активного изъязвления. При этом рельеф слизистой оболочки часто становится неровным, бугристым, что может имитировать инфильтративную форму рака желудка и требовать проведения тщательной дифференциальной диагностики

Figure 4. In the chronic phase of radiation damage to the stomach, narrowing and deformation of the antral section and pylorus are observed in the absence of active ulceration. At the same time, the relief of the mucous membrane often becomes uneven and bumpy, which can mimic the infiltrative form of stomach cancer and thus require careful differential diagnosis

имитировать инфильтративный рак (linitis plastica), что требует тщательной дифференциальной диагностики.

Тонкая кишка, особенно терминальный отдел подвздошной кишки ввиду её фиксированного положения, является крайне чувствительной к облучению. Острый радиационный энтерит манифестирует на 3-й неделе курса лучевой терапии и проявляется диареей, абдоминальной болью и тенезмами. Патогенез связан с повреждением стволовых клеток

крипт, что приводит к атрофии слизистой, воспалению и мальабсорбции. На компьютерной томографии визуализируются утолщение складок Керкринга, дилатация петель, их разделение вследствие отёка как стенки кишки, так и брыжейки, а также признаки гиперсекреции (рис. 5) [6].

На представленных КТ-изображениях наблюдаем два взаимосвязанных патоморфологических признака: подслизистый отёк проявляется снижением плотности и увеличением объёма подслизистого слоя; и утолщение

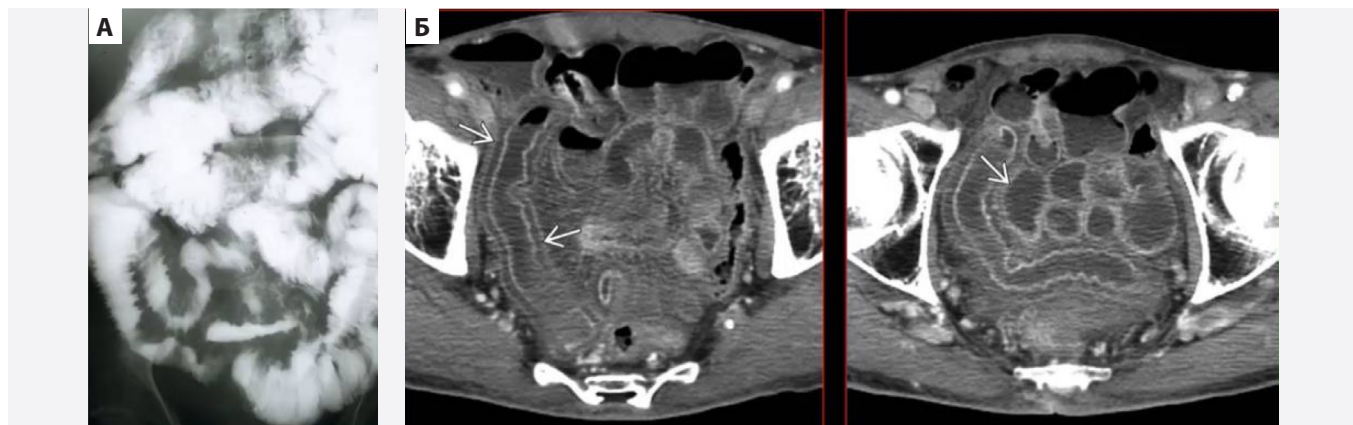


Рисунок 5. (А) На рентгеновском снимке с пассажем бария наблюдается классическая триада признаков лучевого энтерита: утолщение складок слизистой – следствие отёка и воспаления; гиперсекреция – проявляется флокуляцией контраста; сепарация петель кишечника вызвана трансмуральным отёком и утолщением брыжейки. (Б) Изменения развились у пациента на фоне лучевой терапии в данной анатомической области

Figure 5. (A) An X-ray with barium passage shows the classic triad of signs of radiation enteritis: thickening of the mucosal folds, being a consequence of edema and inflammation; hypersecretion, manifested by contrast flocculation; separation of intestinal loops caused by transmural edema and thickening of the mesentery. (B) The changes developed in the patient in the setting of radiation therapy in this anatomical area

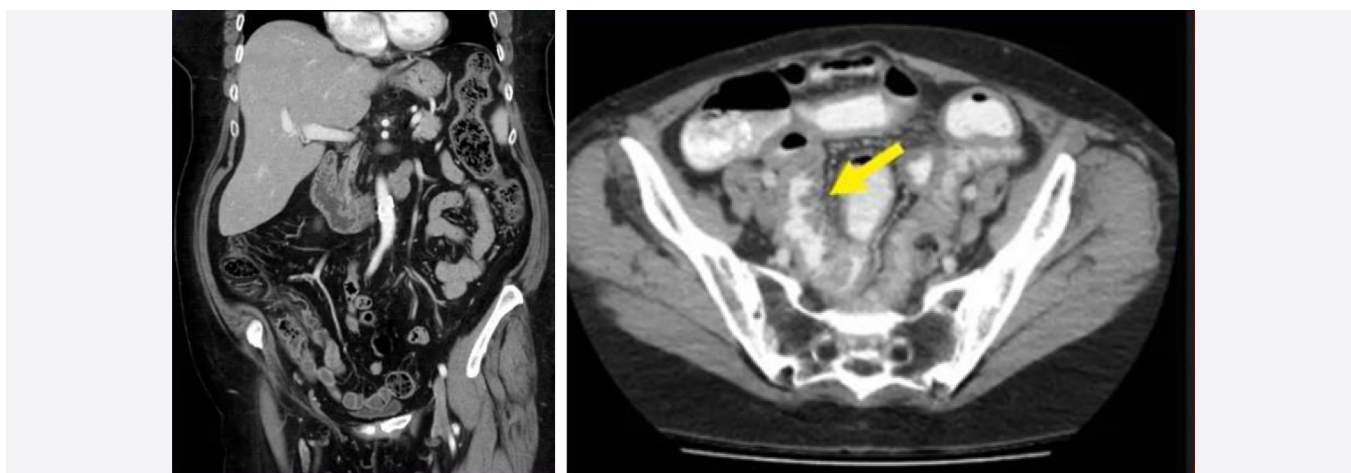


Рисунок 6. Пример хронического радиационного энтерита. Вместо нормальной архитектуры наблюдается замещение подслизистого слоя жировой тканью (липоматоз) и концентрическое сужение просвета вследствие фиброза. Именно эта комбинация – жировая инфильтрация + стриктура – создаёт картину, которую легко спутать с длительно существующим воспалительным заболеванием кишечника

Figure 6. Example of chronic radiation enteritis. Instead of normal architecture, a replacement of the submucosal layer with fatty tissue (lipomatosis) and concentric narrowing of the lumen due to fibrosis is observed. It is this combination, i.e., fatty infiltration + stricture, that creates a picture that can easily be confused with a long-standing inflammatory bowel disease

стенки кишки – следствие воспалительной инфильтрации и отёка. Эти изменения являются неспецифическим маркером острого воспалительного процесса, в данном случае – в рамках радиационного энтерита.

Хронический радиационный энтерит (8–12 месяцев и позже) характеризуется фиброзом стенки и облитерирующим эндартериитом, что приводит к хронической ишемии. КТ-признаками служат утолщение стенки, стриктуры (рис. 6). Характерным патоморфо-

логическим признаком является субмукозная липоматозная дистрофия.

Аноректальная зона обладает наименьшей радиотолерантностью. Острый радиационный колит/проктит возникает во время лучевой терапии, проявляясь диареей, кровотечениями и тенезмами. При компьютерной томографии наблюдается утолщение стенки прямой и ободочной кишки, пилообразный контур гаустр и повышение плотности параректальной клетчатки (рис. 7).

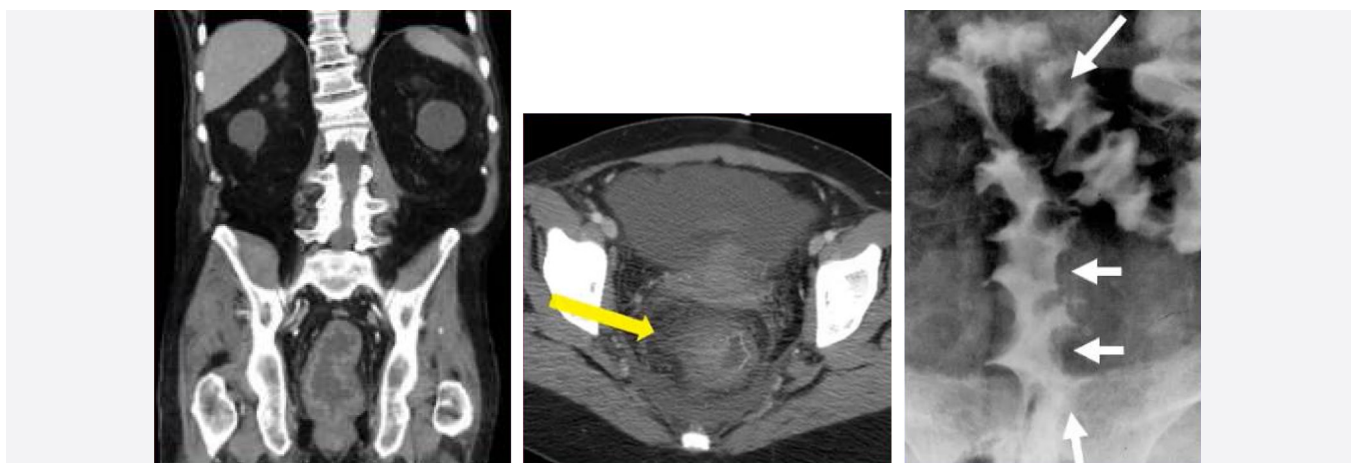


Рисунок 7. При компьютерной томографии могут визуализироваться два ключевых признака: пилообразный контур слизистой, характерный для язвенных поражений, и повышение плотности мезоректальной клетчатки, обусловленное воспалительной инфильтрацией и отёком. Ранее применялось исследование с бариевой клизмой для диагностики лучевого проктита. Несмотря на то, что сегодня этот метод не рекомендуется из-за риска перфорации и появления более безопасных альтернатив, на снимках хорошо демонстрируется классический симптом «пилы», обусловленный чередованием участков отёка и изъязвлений слизистой

Figure 7. Computed tomography can visualize two key features: a sawtooth contour of the mucosa, characteristic of ulcerative lesions, and increased density of the mesorectal tissue due to inflammatory infiltration and edema. Barium enema was previously used to diagnose radiation proctitis. Although this method is no longer recommended due to the risk of perforation and the availability of safer alternatives, the images clearly show the classic “sawtooth” symptom caused by alternating areas of edema and ulceration of the mucosa



Рисунок 8. Этот случай демонстрирует типичные признаки хронической лучевой стриктуры: концентрическое сужение просвета с ровными контурами, отсутствие язвенных дефектов и признаков объёмного образования, а также постепенный переход в неизменённые участки кишки. Эти характеристики помогают дифференцировать лучевую стриктуру от стриктур иной этиологии, например, опухолевой

Figure 8. This case demonstrates the typical features of chronic radiation stricture: concentric narrowing of the lumen with smooth contours, absence of ulcerative defects and signs of volumetric formation, as well as a gradual transition to unchanged areas of the intestine. These characteristics are used to differentiate radiation stricture from strictures of other etiologies, such as those of a neoplastic nature

Хронический радиационный колит или проктит характеризуются наличием фиброза, формированием стриктур (плавных, конических) и свищей. Пациенты могут страдать от императивных позывов и недержания, что приводит к социальной дезадаптации [7]. При использовании КТ и МРТ визуализируются утолщение стенки кишечника, фиброз параректальной клетчатки, а также наличие стриктур и свищей (рис. 8).

На МРТ: семиотика хронического радиационного колита включает следующие признаки: утолщение стенки кишечника, обусловленное фиброзом и хроническим воспалением; «грязную» параректальную клетчатку, проявляющуюся повышением плотности и нечёткостью контуров вследствие фиброзных изменений; а также наличие стриктур с плавными контурами, локализующихся в зонах максимального облучения.

Осложнения со стороны паренхиматозных органов

Печень является высоко радиочувствительным органом. Радиационно-индуцированная болезнь печени

(РИБП) развивается у 5–10% пациентов при суммарной дозе 30–35 Гр на весь объем органа [8]. Классификация РИБП, основанная на клинико-лабораторных и визуализационных критериях, представлена в таблице 2.

Патогенез РИБП представляет собой каскад молекулярных и клеточных повреждений.

Схема 1. Патогенез радиационно-индуцированной болезни печени:

Ионизирующее излучение → Повреждение эндотелиальных клеток синусоидов → Активация тромбоцитов и звездчатых клеток (Ито) → Образование микротромбов и высвобождение факторов фиброгенеза (TGF-β) → Венозный застой и обструкция → Апоптоз гепатоцитов и избыточное отложение коллагена → Развитие фиброза и атрофии печени.

Клинически РИБП проявляется слабостью, повышением щелочной фосфатазы, гепатомегалией и асцитом. При КТ и МРТ прямым признаком является зона пониженной плотности с чёткими, ровными, линейными границами, точно соответствующими контуру поля облучения (рис. 9).

Таблица 2. Классификация радиационно-индуцированной болезни печени
Table 2. Classification of radiation-induced liver disease

Тип	Время манифестации	Клинико-лабораторные признаки	Визуализационные признаки (КТ/МРТ)
Классическая РИБП	4–8 недель после лучевой терапии	Асцит, гепатомегалия, повышение щелочной фосфатазы	Чётко очерченная зона гиподенсивности/ гиперинтенсивности по контуру поля облучения; венозная обструкция
Отсроченная РИБП	3–6 месяцев после лучевой терапии	Менее выраженный асцит, фиброз, признаки портальной гипертензии	Фиброз, потеря объёма печени, регенераторные узлы, признаки портальной гипертензии

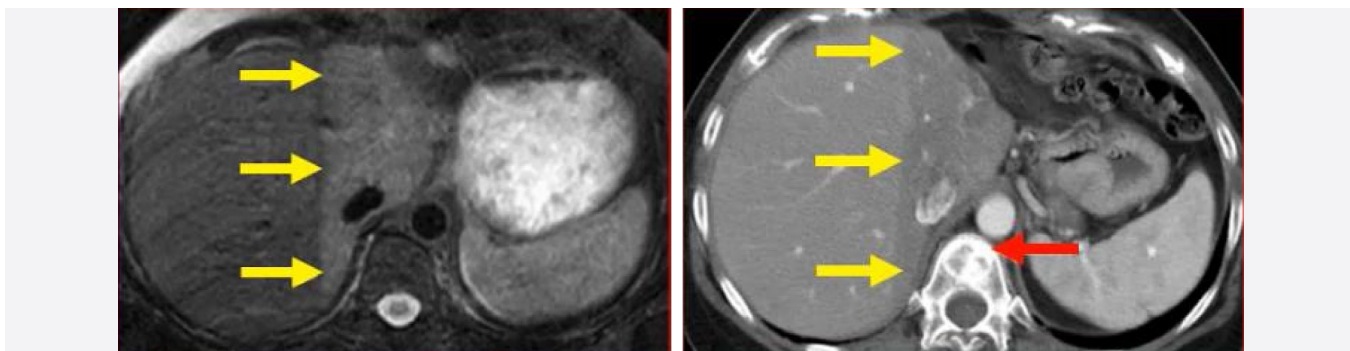


Рисунок 9. Пациентка с метастатическим раком молочной железы, получившая лучевую терапию на область позвоночника. На КТ визуализируется зона пониженной плотности, на МРТ – зона повышенного сигнала в печени, которая точно соответствует контуру поля облучения и проявляется в виде чёткой прямой линии. Это не артефакт, а типичное проявление лучевого повреждения паренхимы

Figure 9. A patient with metastatic breast cancer who received radiation therapy to the spine. The CT scan shows an area of reduced density, while the MRI shows an area of increased signal in the liver, which corresponds exactly to the contour of the radiation field and appears as a clear straight line. This is not an artifact, but a typical manifestation of radiation damage to the parenchyma

На фоне стеатоза облученная зона может выглядеть относительно гиперденсивной. Также наблюдаются нарушения перфузии: транзиторное повышенное ослабление (THAD) или задержка выведения контраста вследствие нарушения венозного оттока.

Поджелудочная железа считается относительно радиорезистентным органом. Тем не менее, описаны случаи развития стромального отёка и фиброза, которые при визуализации могут имитировать картину хронического панкреатита (рис. 10).



Рисунок 10. Хроническое лучевое повреждение поджелудочной железы приводит к развитию вторичного хронического панкреатита, морфологически проявляющегося атрофией паренхимы и фиброзом. Обратите внимание на область, выделенную красным: часть почки также попала в поле облучения, что объясняет сочетанное повреждение обоих органов

Figure 10. Chronic radiation damage to the pancreas leads to the development of secondary chronic pancreatitis, morphologically manifested by parenchymal atrophy and fibrosis. Note the area highlighted in red: part of the kidney was also exposed to radiation, which explains the combined damage to both organs

При лучевой нефропатии выделяют острый и хронический радиационный нефрит. Острый процесс характеризуется сохранением размеров почки при гистологическом повреждении клубочков. Хронический нефрит проявляется атрофией, снижением функции почек при отсутствии обструкции, причём зона поражения соответствует полю облучения, а необлученная почка часто подвергается компенсаторной гипертрофии.

Селезёнка может быть подвергнута облучению у пациентов с лимфопролиферативными заболеваниями. Дозы 4–8 Гр разрушают лимфоидную ткань в течение часа, а дозы 35–40 Гр приводят к фиброзу и атрофии в течение 5–6 недель. Атрофия является основным поздним визуализационным признаком (рис. 11).

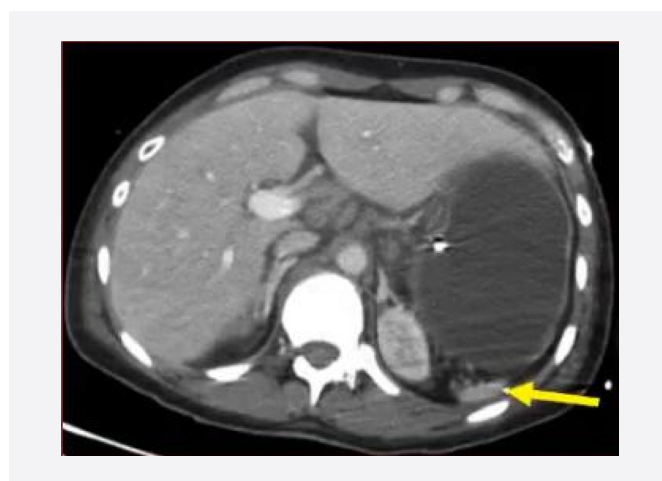


Рисунок 11. Селезёнка чрезвычайно радиочувствительна: острая фаза не имеет специфических визуализационных признаков. В хронической фазе развивается атрофия, как показано на примере этого пациента

Figure 11. The spleen is extremely radiosensitive: the acute phase has no specific imaging features. In the chronic phase, atrophy develops, as shown in this patient

Заключение

Абдоминальные осложнения лучевой терапии представляют собой серьёзную медико-социальную проблему в связи с их высокой распространённостью и неблагоприятным влиянием на качество жизни онкологических пациентов. Лучевые методы диагностики, в первую очередь КТ, играют ключевую роль в своевременном выявлении, определении характера и степени тяжести этих осложнений. Использование стандартизированных классификаций и знание типичной семиотики пострadiационных изменений, сроков их манифестации и умение проводить дифференциальную диагностику с рецидивом опухоли являются обязательными для врача-рентгенолога. Методы визуализации позволяют точно оценивать ранние признаки повреждения и оптимизировать тактику ведения данной категории больных.

Литература/References

1. Andreyev HJ, Wotherspoon A, Denham JW, Hauer-Jensen M. Defining pelvic-radiation disease for the survivorship era. *Lancet Oncol.* 2010;11(4):310-312.
2. Hauer-Jensen M, Denham JW, Andreyev HJ. Radiation enteropathy – pathogenesis, treatment and prevention. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2014;11(8):470-479.
3. National Cancer Institute. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 5.0. 2017.
4. Wei X, Liu H, Fu D, et al. Radiation-induced esophageal injury: a review of current evidence and future perspectives. *J Thorac Dis.* 2018;10(3):1912-1919.
5. Kim SW, Shin HC, Kim IR, et al. Radiation-induced gastritis after concurrent chemoradiotherapy for thoracic esophageal cancer. *Radiat Oncol J.* 2018;36(3):217-226.
6. Jacene HA, Goudarzi B, Wahl RL. Single-photon emission computed tomography/computed tomography and positron emission tomography/computed tomography: the future of radionuclide imaging. *Semin Nucl Med.* 2009;39(5):309-310.
7. Kavanagh BD, Pan CC, Dawson LA, et al. Radiation dose-volume effects in the stomach and small bowel. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2010;76(3 Suppl):S101-S107.

8. Lawrence TS, Robertson JM, Anscher MS, Jirtle RL, Ensminger WD, Fajardo LF. Hepatic toxicity resulting from cancer treatment. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 1995;31(5):1237-1248.

Сведения об авторах

Воронова Ирина Григорьевна, врач-рентгенолог, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; ассистент кафедры лучевой диагностики № 2, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-0572-2075>

Зяблова Елена Игоревна, д. м. н., заведующая рентгеновским отделением, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; заведующий кафедрой лучевой диагностики № 2, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-6845-5613>

Кардаильская Дарья Олеговна, врач-рентгенолог, НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского; ассистент кафедры лучевой диагностики № 2, Кубанский государственный медицинский университет (Краснодар, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-4725-4325>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about the authors

Irina G. Voronova, Radiologist, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Assistant Professor, Radiology Department No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-0572-2075>

Elena I. Zablova, Dr. Sci. (Med.), Head of Radiology Department, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Head of Radiology Department No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-6845-5613>

Daria O. Kardailskaya, Radiologist, Scientific Research Institute – Ochapovsky Regional Clinical Hospital No. 1; Assistant Professor, Radiology Department No. 2, Kuban State Medical University (Krasnodar, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-4725-4325>

Conflict of interest statement

The authors have no conflict of interest to declare.