

ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА В ОНКОЛОГИИ

И.Е. Тюрин

*Современные технологии
лучевой диагностики
имеют большое значение
в онкологической
практике, обеспечивая
точные и своевременные
данные о наличии
и распространенности
опухолевого процесса.*

В течение последних лет наблюдается интенсивное развитие всех технологий лучевой диагностики, традиционно применяемых в онкологии. К таким технологиям можно отнести традиционное рентгенологическое исследование с различными его методиками (рентгеноскопия, рентгенография и др.), ультразвуковую диагностику (УЗД), рентгеновскую компьютерную (КТ) и магнитно-резонансную томографию (МРТ), традиционную ангиографию, а также различные методы и методики ядерной медицины. Общими векторами такого развития являются: повышение значимости и сложности компьютерного обеспечения любой технологии и отдельных приборов; повсеместная интеграция различных технологий для решения диагностических задач в рамках одной анатомической области, системы или патологии; быстрое и всестороннее развитие интервенционной радиологии с привлечением к этому разделу медицины все новых лучевых технологий.

Традиционно лучевая диагностика в онкологии была ориентирована на решение ряда основных задач, к которым можно отнести раннее выявление онкологических заболеваний, нозологическую их диагностику, стадирование и оценку результатов лечения. В современных условиях можно говорить о формировании определенных направлений лучевой диагностики, которые реализуются на различных этапах оказания онкологической помощи и требуют различных организационных, технологических и методических подходов. К таким направлениям относятся:

- 1) ранняя (доклиническая) диагностика новообразований или скрининг онкологических заболеваний;
- 2) оценка патологических изменений органов и тканей при использовании неинвазивных лучевых технологий;
 - 2.1. диагностика и дифференциальная диагностика выявленных патологических изменений, в частности онкологических и не онкологических заболеваний, определение анатомических и функциональных особенностей патологического процесса;
 - 2.2. стадирование злокачественных опухолей, включая традиционную оценку распространенности первичной опухоли, метастазов в регионарные лимфатические узлы и наличие отдаленных метастазов;
 - 2.3. оценка результатов хирургического, лекарственного и лучевого лечения, включая как изменение собственно опухолевой ткани, так и возникающие в ходе лечения осложнения или реакции;
 - 2.4. динамическое наблюдение за больными в отдаленные сроки после лечения;
- 3) интервенционные радиологические процедуры, т.е. малоинвазивные лечебные и диагностические мероприятия под контролем различных лучевых технологий.

Решение каждой из перечисленных задач применительно к конкретному патологическому процессу также требует использования различных лучевых технологий или их сочетаний. Однако, если в прошлые годы в лучевой диагностике (диагностической радиологии) доминировал принцип последовательного продвижения от простой методики к более сложной, то в течение последних лет все большее распространение получает принципиально иной подход. Он заключается в выборе наиболее результативных, в том числе и наиболее дорогостоящих методик или их сочетания для получения максимально быстрого и эффективно результата [7, 18, 20]. Типичным примером последних лет в этой области является применение позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) с последующей КТ или МРТ для оценки распространенности опухолевого процесса на уровне всего организма [12, 37]. Такой подход неизбежно приводит к серьезным струк-

турным изменениям как в самой лучевой диагностике, так и в онкологической практике в целом.

Скрининг онкологических заболеваний. Скрининг как организационное мероприятие направлен на выявление заболевания у лиц, не имеющих клинических проявлений этого заболевания и, следовательно, не имеющих оснований для обращения за медицинской помощью. Проведение массовых лучевых исследований с целью ранней диагностики онкологических заболеваний всегда имело сторонников и противников [5]. Это обусловлено тем, что выявление опухоли в доклинической стадии своего развития далеко не всегда соответствует понятию «ранняя диагностика». В настоящее время исследователями сформулированы основные требования к любым программам скрининга онкологических заболеваний, в том числе основанных на лучевых технологиях [6]:

- заболевание должно быть достаточно распространенным и иметь большое социальное значение;
- необходим диагностический тест (метод лучевой диагностики), позволяющий надежно выявлять заболевание в доклинической стадии;
- должна существовать возможность излечения выявленного заболевания с помощью существующих методов;
- скрининг должен приводить к снижению смертности от данного заболевания в популяции;
- скрининг должен быть экономически выгоден, т.е. затраты на раннюю диагностику должны быть ниже затрат на лечение больных, обращающихся за медицинской помощью с клиническими симптомами.

Указанные принципы в настоящее время реализованы в лишь одной скрининговой программе, основанной на применении лучевой технологии, – маммографическом скрининге не пальпируемого рака молочных желез. В отдельных странах программы маммографического скрининга приняты на государственном уровне, во многих странах они имеют общенациональное распространение, но финансируются из негосударственных источников. Эффективность скрининга рака молочной железы при маммографии сегодня не вызывает сомнений [2, 4]. Основные дискуссии в последние годы разворачиваются вокруг отдельных аспектов этих программ [31, 33], в частности обсуждаются:

- возрастные границы, в которых целесообразно начинать и заканчивать скрининг, их зависимость от национальных особенностей;
- возможность применения УЗД для оценки не пальпируемого рака молочных желез и место этой технологии в первичной и уточняющей диагностике;
- технологические аспекты применения цифровой маммографии, возможность и экономическая целесообразность замены пленочных аппаратов на цифровые;
- значение МР маммографии в уточняющей диагностике рака молочной железы.

Следует отметить, что в России маммографический скрининг до настоящего времени не проводится, что связано с отсутствием финансирования таких программ,

нехваткой в большинстве регионов оборудования и квалифицированных кадров, недостаточной организационно-методической проработкой системы скрининга.

Наряду с маммографическим скринингом, в ряде стран интенсивно развиваются и другие программы доклинической диагностики, в том числе раннее выявление рака легкого при использовании низкодозной спиральной КТ, рака толстой кишки на основе виртуальной КТ или МР колоноскопии и ряд других. Среди них наиболее существенные результаты получены в изучении вопросов ранней диагностики рака легкого.

Современные проспективные рандомизированные программы по изучению возможностей скрининга бронхогенного рака основаны на использовании низкодозной спиральной КТ [5, 6, 9]. Основным преимуществом этой технологии является существенно большая, в сравнении с рентгенографией и флюорографией, разрешающая способность. Применение спиральной КТ позволяет уверенно выявлять очаги в легочной ткани размером 2–3 мм. При этом современные протоколы сканирования снижают дозу облучения до 2 мЗв [14, 23]. Это лишь в 1,5 раза больше, чем при проверочной флюорографии. В большинстве крупных исследований показано, что низкодозная КТ позволяет выявлять очаги в легких у 10–12% обследованных из групп риска, которые у 0,5–1,5% представляют собой бронхогенный рак. Более 80% этих опухолей не видны при рентгенографии. У 80–95% пациентов КТ позволяет выявлять рак в I стадии.

Основными ограничениями в широком применении низкодозной КТ для скрининга бронхогенного рака являются большое количество ложноположительных результатов, относительно высокая стоимость самой технологии, отсутствие убедительных доказательств снижения смертности больных в группах скрининга в сравнении с контрольными группами или популяцией в целом [13, 25].

Диагностика и стадирование злокачественных новообразований. В последние годы наблюдается быстрое развитие всех лучевых технологий, направленных на диагностику и определение стадии новообразований различных локализаций. Цифровая радиография (рентгенография) прочно заняла свое место в арсенале традиционной рентгенодиагностики и постепенно вытесняет пленочную рентгенографию из повседневной практики [2, 3, 22, 26]. Основными преимуществами существующих в настоящее время систем для цифровой радиографии систем являются:

- значительное повышение качества проводимых исследований за счет устранения фотохимического процесса и исключения погрешностей, связанных с экспозиционными факторами;
- сокращение доз облучения пациентов за счет использования более чувствительных приемников излучения, а также уменьшения числа повторных исследований (технический брак, утрата снимков и др.);

– дополнительные возможности математической обработки цифровых изображений с целью повышения информационной насыщенности изображения;

– возможности сохранения, анализа и передачи изображений в электронном виде, в том числе создание электронных архивов, баз данных и телемедицинских сетей.

Все эти преимущества реализуются в современных рентгеновских цифровых аппаратах, обладающих исключительно высокими потенциальными возможностями. Основные технологии цифровой радиографии основаны на использовании фотостимулируемых запоминающих экранов, систем «оптика – ПЗС матрица» и так называемых плоских панелей (flat panels) [26, 30]. В нашей стране для рентгенографии легких долгое время использовались в основном цифровые системы (так называемые цифровые флюорографы), основанные на сканирующем принципе. В настоящее время для общей рентгенодиагностики все большее распространение получают универсальные цифровые рентгеновские аппараты, а также специализированные установки для стоматологии и маммологии [3, 33]. Применение таких аппаратов в онкологической практике позволяет существенно улучшить методику рентгенологического исследования при новообразованиях органов дыхания, желудочно-кишечного тракта, костно-мышечной системы [30, 31].

Многослойная спиральная компьютерная томография (МСКТ) определила существенный прорыв в клиническом применении всех томографических технологий. Впервые представленная в 1999 г. МСКТ в последние годы приобрела статус основной модификации компьютерно-томографических установок [8, 23, 28]. Суть данной технологии заключается в том, что при вращении рентгеновской трубки вокруг пациента пучок рентгеновских лучей разделяется на несколько томографических слоев с помощью так называемых многорядных детекторов. Во всех прошлых поколениях КТ установок имелся только один ряд детекторов, что позволяло получать одну томограмму за одно вращение рентгеновской трубки. В настоящее время разработаны установки, позволяющие получать от 2 до 64 томографических срезов за одно вращение рентгеновской трубки [23].

Использование МСКТ позволяет реализовать два основных преимущества данной технологии: увеличить скорость сканирования и повысить пространственное разрешение. Увеличение скорости сканирования пропорционально количеству рядов детекторов. Так, наличие четырех рядов позволяет сократить время сканирования заданной анатомической области в 8 раз при одинаковой толщине томографического слоя. На практике это означает, что одна анатомическая область, например, грудь или живот, может быть исследована за 8–10 с, что значительно меньше возможной задержки дыхания даже для пациентов с выраженной дыхательной недостаточностью. Увеличение скорости сканирования позволило внедрить в клинику одновременное исследование сразу нескольких анатомических областей, например грудь и живот, голова, шея и верхняя половина груди, что имеет

большое значение в онкологической практике. Стали возможными исследования конечностей, в том числе длинных трубчатых костей, одного или нескольких отделов позвоночника, что прежде было возможно только при использовании МРТ [28].

Вторым преимуществом МСКТ является уменьшение толщины томографических слоев с целью максимально возможного повышения пространственной разрешающей способности. Если в однослойной КТ обычно использовались срезы толщиной 5–8 мм, то в МСКТ этот параметр уменьшился до 1–3 мм. Соответственно именно такого размера патологические образования позволяет выявлять сегодня данная технология. В клинической практике обычно выбирается компромисс между максимально возможной скоростью исследования и минимально возможной в этих условиях толщиной томографического слоя.

Уменьшение толщины томографического слоя имеет еще одно важное следствие. При толщине слоя 0,5–1,25 мм формируются так называемые изотропные изображения. В этом случае матрица томограммы состоит из вокселей, которые имеют равные или почти равные грани (имеют форму куба). Разрешающая способность вдоль аксиальной и продольной плоскости сканирования оказывается равной, что позволяет по окончании сканирования построить информативные двух- и трехмерные преобразования исследуемой области [16, 24].

Внедрение в клиническую практику МСКТ позволило существенно повысить эффективность КТ ангиографических исследований, в основе которых лежит сканирование выбранной анатомической области в момент прохождения по сосудам болюса контрастного вещества. В сочетании с многообразными методами виртуальных преобразований это позволяет изучать внутренний просвет сосудов, выявлять тромбы, оценивать взаимоотношения сосудов с патологическими образованиями. Интенсивно внедряются в онкологическую практику технологии виртуальной эндоскопии, в частности колоноскопии, ангиоскопии, бронхоскопии, эндоскопии околоносовых пазух и др. [8, 28].

Быстрое развитие МРТ характеризуется появлением установок с высокой напряженностью магнитного поля (1,5–3,0 Т) и принципиально новым программным обеспечением [10, 17, 27]. Основная тенденция заключается в максимальном сокращении времени сбора сигнала для обеспечения полноценных исследований в течение одной задержки дыхания. Другим направлением развития МРТ является использование усовершенствованных катушек, позволяющих изучать несколько анатомических областей в течение одного исследования, занимающего 10–15 мин. Наиболее демонстративным в этом плане является МР-исследование всего тела, направленное на поиск первичной опухоли или метастатического поражения отдельных органов и тканей [27, 35].

Значение ПЭТ постоянно повышается благодаря совершенствованию оборудования и разработке новых радионуклидных препаратов для оценки функциональ-

ного состояния и метаболизма различных органов и систем [1, 11, 12]. В настоящее время онкология, наряду с кардиологией, является одной из основных точек приложения этой технологии [38]. Многочисленные исследования, как проспективные, так и ретроспективные показали, что ПЭТ является одним из наиболее эффективных методов выявления опухолевой ткани [15, 29]. Если показатели чувствительности и специфичности КТ и МРТ в выявлении новообразований различной локализации составляют 60–90%, то аналогичные показатели для ПЭТ практически во всех исследованиях превышают 80%. При этом минимальные размеры патологических образований, выявляемых с помощью ПЭТ, составляют 5–7 мм. Основное значение ПЭТ имеет в дифференциальной диагностике доброкачественных и злокачественных новообразований, выявлении первичной опухоли у больных с метастатическим поражением различных органов и тканей, определении распространенности первичной опухоли при неизвестных метастазах в регионарных лимфатических узлах и отдаленных органах. Во всех перечисленных клинических ситуаци-

ях информативность ПЭТ оказывается выше традиционных технологий морфологической визуализации [1, 11, 156].

Основным недостатком ПЭТ, как и большинства других методов ядерной медицины, является трудность точной топической диагностики выявленных патологических образований, невозможность определения взаимоотношений опухоли с окружающими ее органами и тканями. Для этой цели в настоящее время используются КТ- и МРТ-исследования. Закономерным стало появление сочетанных установок ПЭТ/КТ, которые позволяют провести два исследования практически одновременно, с последующим совмещением анатомических КТ-изображений и метаболических ПЭТ изображений в одну картину. Целесообразность подобного подхода к диагностике новообразований в настоящее время широко обсуждается в литературе [12, 37].

Таким образом, современные технологии лучевой диагностики имеют большое значение в онкологической практике, обеспечивая точные и своевременные данные о наличии и распространенности опухолевого процесса.

Литература

1. Alavi A, Lakhani P, Mavi A. et al. PET: a revolution in medical imaging // *Radiol. Clin. North. Amer.* – 2004. – Vol.42. – P.983.
2. Cole E.B., Pisano E.D., Kistner E.O. et al. Diagnostic accuracy of digital mammography in patients with dense breasts who underwent problem-solving mammography: effects of image processing and lesion type // *Radiology.* – 2003. – Vol. 226. – P. 153.
3. Dobbins J.T. III, Samei E., Chotas H.G. et al. Chest radiography: optimization of x-ray spectrum for cesium iodide-amorphous silicon flat-panel detector // *Radiology.* – 2003. – Vol. 226. – P. 221.
4. Duijijm L.E.M., Groenewoud J.H., Hendriks J.H. C.L., de Koning H.J. Independent Double Reading of Screening Mammograms in the Netherlands: Effect of Arbitration Following Reader Disagreements // *Radiology.* – 2004. – Vol. 231. – P. 564.
5. Ellis J.R.C. Lung cancer screening // *Brit. J. Radiol.* – 2001. – Vol. 74. – P. 478.
6. Friedenberг R.M. The 21st century: the age of screening // *Radiology.* – 2002. – Vol. 223. – P. 1.
7. Gray D.T., Hollingworth W., Blackmore C.C. et al. Conventional Radiography, Rapid MR Imaging, and Conventional MR Imaging for Low Back Pain: Activity-based Costs and Reimbursement // *Radiology.* – 2003. – Vol. 227. – P. 669.
8. Gupta A.K., Nelson R.C., Johnson G.A. et al. Optimization of Eight-Element Multi-Detector Row Helical CT Technology for Evaluation of the Abdomen // *Radiology.* – 2003. – Vol. 227. – P. 739.
9. Henschke C.I., Yankelevitz D.F., Naidich D.P. et al. CT Screening for Lung Cancer: Suspiciousness of Nodules according to Size on Baseline Scans // *Radiology.* – 2004. – Vol. 231. – P. 164.
10. Hollingworth W., Todd C.J., Bell M.I. The diagnostic and therapeutic impact of MRI: an observational multi-center study // *Clin. Radiol.* – 2000. – Vol. 55. – P. 825.
11. Kostakoglu L., Agress H., Goldsmith S.J. Clinical Role of FDG PET in Evaluation of Cancer Patients // *RadioGraphics.* – 2003. – Vol. 23. – P. 315.
12. Kostakoglu L., Hardoff R., Mirtcheva R., Goldsmith S.J. PET-CT Fusion Imaging in Differentiating Physiologic from Pathologic FDG Uptake // *RadioGraphics.* – 2004. – Vol. 24. – P. 1411.
13. Kostis W.J., Yankelevitz D.F., Reeves A.P. et al. Small Pulmonary Nodules: Reproducibility of Three-dimensional Volumetric Measurement and Estimation of Time to Follow-up CT // *Radiology.* – 2004. – Vol. 231. – P. 446.
14. Kumar R., Alavi A. Fluorodeoxyglucose-PET in the management of breast cancer // *Radiol. Clin. North. Amer.* – 2004. – Vol. 42. – P. 1113.
15. Kumar R., Maillard I., Schuster S.J., Alavi A. Utility of fluorodeoxyglucose-PET imaging in the management of patients with Hodgkin's and non-Hodgkin's lymphomas // *Radiol. Clin. North Amer.* – 2004. – Vol. 42. – P. 1083.
16. Laghi A., Iannaccone R., Rossi P. et al. Hepatocellular carcinoma: detection with triple-phase multi-detector row helical CT in patients with chronic hepatitis // *Radiology.* – 2003. – Vol. 226. – P. 543.
17. Lauenstein T.C., Goebde S.C., Herborn C.U. et al. Imaging: Evaluation of Patients for Metastases // *Radiology.* – 2004. – Vol. 233. – P. 139.
18. Law G.T., Wong C.Y., Chan Y.C. et al. Cost-effectiveness of CT thorax and bronchoscopy in haemoptysis with normal CXR for exclusion of lung cancer // *Australia's Radiol.* – 2002. – Vol. 46. – P.381.

19. Li F., Sone S., Abe H. et al. Lung cancers missed at low-dose helical CT screening in a general population: comparison of clinical, histopathologic, and imaging findings // Radiology. – 2002. – Vol. 225. – P. 673.
20. Liem Y.S., Kock M.C.J.M., Ijzermans J.N.M. et al. Living renal donors: optimizing the imaging strategy-decision and cost-effectiveness analysis // Radiology. – 2003. – Vol. 226. – P. 53.
21. Ludwig K., Ablers K., Wormanns D. et al. Lumbar Spine Radiography: Digital Flat-Panel Detector versus Screen-Film and Storage-Phosphor Systems in Monkeys as a Pediatric Model // Radiology. – 2003. – Vol. 229. – P. 140.
22. Ludwig K., Schulke C., Diederich S. et al. Detection of Subtle Undisplaced Rib Fractures in a Porcine Model: Radiation Dose Requirement—Digital Flat-Panel versus Screen-Film and Storage-Phosphor Systems // Radiology. – 2003. – Vol. 227. – P. 163.
23. Meinel J.F., Wang G., Jiang M. et al. Spatial variation of resolution and noise in multi-detector row spiral CT // Acad. Radiol. – 2003. – Vol. 10. – P. 607.
24. Murakami T., Kim T., Kawata S. et al. Evaluation of optimal timing of arterial phase imaging for the detection of hypervascular hepatocellular carcinoma by using triple arterial phase imaging with multidetector-row helical computed tomography // Invest Radiol. – 2003. – Vol. 38. – P. 497.
25. Patz E.F.Jr., Black W.C. CT screening for lung cancer: not ready for routine practice // Radiology. – 2001. – Vol. 221. – P. 587.
26. Rapp-Bernhardt U., Roehl F. W., Gibbs R.C. et al. Flat-Panel X-ray Detector Based on Amorphous Silicon versus Asymmetric Screen-Film System: Phantom Study of Dose Reduction and Depiction of Simulated Findings // Radiology. – 2003. – Vol. 227. – P. 484.
27. Riederer S.J. MR Imaging: Its Development and the Recent Nobel Prize // Radiology. – 2004. – Vol. 231. – P. 628.
28. Rydber Schoder H., Yeung H. W. D., Gonen M. et al. Head and Neck Cancer: Clinical Usefulness and Accuracy of PET/CT Image Fusion // Radiology. – 2004. – Vol. 231. – P. 65.
29. Schoder H., Yeung H. W. D., Gonen M. et al. Head and Neck Cancer: Clinical Usefulness and Accuracy of PET/CT Image Fusion // Radiology. – 2004. – Vol. 231. – P. 65.
30. Rydberg J., Liang Y., Teague S.D. Fundamentals of multichannel CT // Radiol. Clin. North Amer. – 2003. – Vol. 41. – P. 465.
31. Shiue C.Y., Welch M.J. Update on PET radiopharmaceuticals: life beyond fluorodeoxyglucose // Radiol. Clin. North Amer. – 2004. – Vol. 42. – P. 1033.
32. Siegel E.L., Reiner B.I. Filmless radiology at the Baltimore V.A. Medical Center: a 9 year retrospective // Comput. Med. Imag. Graph. – 2003. – Vol. 27. – P. 101.
33. Skaane P., Skjennald A. Screen-Film Mammography versus Full-Field Digital Mammography with Soft-Copy Reading: Randomized Trial in a Population-based Screening Program – The Oslo II Study // Radiology. – 2004. – Vol. 232. – P. 197.
34. Takashima S., Sone S., Maruyama F. et al. Small Solitary Pulmonary Nodules (≤ 1 cm) Detected at Population-Based CT Screening for Lung Cancer: Reliable High-Resolution CT Features of Benign Lesions // AJR. – 2003. – Vol. 180. – P. 955.
35. Yang W.T., Whitman G.J., Johnson M.M. et al. Needle Localization for Excisional Biopsy of Breast Lesions: Comparison of Effect of Use of Full-Field Digital versus Screen-Film Mammographic Guidance on Procedure Time // Radiology. – 2004. – Vol. 231. – P. 277.
36. Yoon Y.C., Lee K.S., Shim Y.M. et al. Metastasis to Regional Lymph Nodes in Patients with Esophageal Squamous Cell Carcinoma: CT versus FDG PET for Presurgical Detection—Prospective Study // Radiology. – 2003. – Vol. 227. – P. 764.
37. Zhang J., Pedrosa I., Rofsky N.M. MR techniques for renal imaging // Radiol. Clin. North Amer. – 2003. – Vol. 41. – P. 877.
38. Zheng Y., Wu M., Cole E., Pisano E.D. Online annotation tool for digital mammography // Acad. Radiol. – 2004. – Vol. 11. – P. 566.
39. Zhuang H., Kumar R., Mandel S., Alavi A. Investigation of thyroid, head, and neck cancers with PET // Radiol. Clin. North Amer. – 2004. – Vol. 42. – P. 1101.

Поступила в редакцию 15.02.2005 г.