

## Новые источники малых доз радиации: результаты развития диагностической и терапевтической радиологии

Е.Я. Мозерова

ГБУЗ «Челябинский окружной клинический онкологический диспансер», Челябинск  
Челябинская Государственная медицинская академия Федерального агентства  
по здравоохранению и социальному развитию, Челябинск

*Неоднозначность мнений об эффектах «малых» доз радиации является одной из ключевых проблем современной радиобиологии. Совершенствование медицинского оборудования, появление новых методов диагностики и лечения сопровождается ростом лучевых нагрузок на пациента и персонал. В настоящей статье приведен радиационно-гигиенический анализ современных методов лучевой диагностики и лучевой терапии, их дозиметрических характеристик и возможных последствий воздействия малых доз ионизирующего излучения, обусловленных медицинскими процедурами.*

Ключевые слова: эффективная доза, риски рака, малые дозы радиации, медицинские рентгенорадиологические исследования, пациенты.

Согласно докладу Комитета по биологическим эффектам ионизирующей радиации Академии наук Соединенных Штатов Америки (BEIR VII) [1], на долю медицинских источников излучения приходится 79% от техногенных и 15% от всех источников радиации в США.

За счет медицинских радиологических процедур коллективные эффективные дозы для населения развитых стран за последние десятилетия резко возросли [2, 3].

В США годовая эффективная доза от медицинских источников радиации на душу населения увеличилась в 6 раз – с 0,5 мЗв в 1980 г. до 3,0 мЗв в 2006 г. [4].

Эффективные дозы, не превышающие 100 мГр (мЗв), согласно Докладу Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации в 2010 г., и 200 мГр, по данным Комитета по биологическим эффектам ионизирующей радиации АН США (BEIR VII), находятся в диапазоне так называемых «малых» доз радиации. Неоднозначность мнений ученых об эффектах малых доз была обусловлена проблемой необходимости выделения достаточно большого когорты населения для достоверных исследований и сложностью получения точных дозиметрических данных. Тенденции в современной медицине – улучшение технической оснащенности медицинских учреждений, появление новых диагностических методик и повышение доступности высокотехнологичных радиологических исследований и лучевой терапии – позволяют сформировать значительные по численности группы людей, подвергшихся воздействию малых доз радиации, обусловленной медицинскими источниками.

Так, Fazel R. et al. заключили, что медицинские диагностические процедуры приводят к дополнительным 20 мЗв в год к кумулятивному эффективному дозам для 4 миллионов американцев [5].

Радиационный канцерогенез является стохастическим эффектом, характеризующимся зависимостью от дозы облучения. Наличие точных дозиметрических данных позволит рассчитывать пожизненный атрибутивный риск радиационно-индуцированного рака, руководствуясь рекомендациями BEIR VII [6]. Показано повышение риска развития рака, обусловленного медицинскими диагностическими процедурами [7]. Рост числа диагностических

процедур, выполняемых детям, увеличивает риск радиационно-индуцированных солидных раков и лейкозов [8, 9].

При оценке эффективных доз, полученных молодыми мужчинами от радиологических методов исследования в процессе диагностики и лечения лимфомы Ходжкина в течение 14,5 месяцев, доза составила 161,08 мЗв. Это соответствует дозе, полученной от природного радиационного фона за 70 лет. Таким образом, для пациентов с потенциально излечимым онкологическим заболеванием существенно повышается риск развития второго рака [10].

Ниже представлены данные, описывающие дозиметрические характеристики и риски развития стохастических эффектов для отдельных видов диагностических и лечебных радиологических процедур.

### Компьютерная томография

В Швейцарии компьютерная томография составляет только 6% радиологических исследований, но отвечает за формирование 68% эффективной дозы [11].

Согласно данным о количестве КТ, проведенных в США с 1991 по 1996 г., ожидаемая часть раков, обусловленных КТ-исследованиями, составляла около 0,4%. Однако, оценивая сегодняшнее место КТ-исследований, можно судить о влиянии на частоту от 1,5 до 2,0% всех раков [12].

Smith-Bindman R. et al. оценивали пожизненный атрибутивный риск, обусловленный дозой облучения, полученной при компьютерной томографии у 1119 пациентов. Дозы существенно зависели от типа исследования – от 2 мЗв при рутинной КТ головного мозга до 31 мЗв при мультифазном сканировании брюшной полости или таза. Аtribuтивный риск зависел от типа КТ-исследования, возраста и пола пациента. У 1 из 270 женщин, подвергшихся компьютерной коронарной ангиографии в возрасте 40 лет, ожидалось развитие рака, обусловленного этим исследованием (1 из 600 для мужчин). Для 20-летних пациентов риск удваивался, в то время как для 60-летних был на 50% ниже [13].

Расчеты Brenner D.J., Elliston C.D. показали, что при однократном КТ-исследовании всего тела для 45-летнего пациента ожидаемый пожизненный риск рака составляет 0,08%. Если этот же пациент планирует ежегодное КТ-

исследование всего тела вплоть до возраста 75 лет, этот риск составит 1,9% [14].

Объем исследуемых тканей также коррелирует с риском развития рака. Так, Richards P.J. et al., применяя метод Монте-Карло, установили, что риск индукции рака при КТ-исследовании всего позвоночника составляет 1 на 1800 человек, только поясничного отдела позвоночника – 1 на 3200 [15]. Повторные КТ-исследования повышают онкологический риск [16].

Salottolo K. et al. оценивали эффективные дозы пациентов отделения интенсивной терапии с тяжелыми травмами и травмами средней степени тяжести, подвергавшихся неоднократным КТ-исследованиям. Средняя кумулятивная доза составила 11 мЗв, а у 9% пациентов – более 100 мЗв [17]. Чем меньше возраст пациента, подвергающегося исследованию, тем выше пожизненный атрибутивный риск развития рака [18].

В США, где ежегодно выполняется около 600 тыс. КТ-исследований брюшной полости и головы пациентам младше 15 лет, среди данной группы пациентов возможно ожидать 500 смертей от рака, обусловленного радиационным фактором [19].

С целью минимизации риска для пациента ведется активная работа по развитию методов и протоколов для снижения радиационного воздействия на пациента без потери диагностической точности [20, 21].

Применение мультиспиральных компьютерных томографов, новых алгоритмов, таких, как снижение вольтажа трубки, ЭКГ-модуляция дозы, позволяют осуществлять низкодозное КТ-исследование [22]. Модифицируя время сканирования, толщину скана, применяя адекватное экранирование, клиницисты могут добиться соблюдения принципа ALARA (ALARA, As Low As Reasonably Achievable).

### Интервенционная радиология

Минимально инвазивные процедуры, осуществляемые под контролем лучевых методов визуализации, позволяют диагностировать и лечить широкий круг заболеваний, существенно снижая риск осложнений и демонстрируя высокую диагностическую и терапевтическую ценность метода. Однако процедуры интервенционной радиологии обычно связаны с воздействием на пациентов и персонал значительных доз облучения, которые могут приводить даже к детерминированным эффектам.

Средние эффективные дозы для пациента при экстравазальных процедурах составляют 5–28 мЗв, 13–33 мЗв – для нейрорадиологических процедур и 37–87 мЗв при сосудистых вмешательствах области живота [23].

Одним из доказанных этиологических факторов, способствующих развитию опухолей головного мозга, является воздействие ионизирующего излучения. Дозы облучения во время нейроэндовазальных вмешательств могут быть клинически значимыми. У пациентов, подвергшихся нейроэндовазальным вмешательствам, максимальная поверхностная доза достигает 3,1–5,4 мГр и потенциально может быть связана с последующим развитием интракраниальных новообразований [24, 25].

Процедуры интервенционной радиологии сопряжены с существенными лучевыми нагрузками на медицинский персонал.

Kim K.P. et al. оценили эффективные дозы для интервенционных радиологов при разных исследованиях: 0,02–38,0

мкЗв – во время диагностической катетеризации сосуда, 0,2–31 мкЗв – при чрескожном коронарном вмешательстве, 0,2–10 мкЗв – для абляции и 0,3–17 мкЗв – при имплантации интракардиального дефибриллятора [26]. Согласно Venneri L. et al., средний риск развития радиационно-индуцированного рака для рентгеноангиохирургов составляет 1 из 192 [27].

При педиатрических процедурах врач должен находиться ближе к пациенту, чем при процедурах у взрослого. Доза на хрусталик кардиолога при таких манипуляциях может составить 7 мкЗв за процедуру [28]. Относительный риск задней субкапсулярной катаракты для интервенционных кардиологов составляет 38% (12% – для лиц, не подвергавшихся радиационному воздействию). По данным Vano E. et al., 21% медицинских сестер и технологов имеют радиационно ассоциированные изменения хрусталика. Медианные кумулятивные дозы на хрусталик за весь период работы составляют 6,0 Зв для кардиологов и 1,5 Зв для среднего медицинского персонала [29]. Отмечается строгая зависимость от дозы для развития радиационно-индуцированной катаракты. Ciraj-Bjelac O. et al. сообщают об изменениях хрусталика у 52% интервенционных кардиологов и 45% медицинских сестер [30]. Прослеживается линейная зависимость между продолжительностью выполнения процедуры и эффективной дозой [31].

### Радионуклидная диагностика

Процедуры ядерной медицины составляют около 4% всех радиологических исследований, однако отвечают за формирование 26% коллективной эффективной дозы в США [32].

Доза, получаемая при скинтиграфии миокарда техницием-99, сопоставима с дозой от 500 рентгенограмм грудной клетки (European Commission Medical Imaging Guidelines 2001) [33].

При сравнении эффективных доз для пациентов 4 различных клиник, подвергающихся ПЭТ\КТ исследованию в режиме всего тела с применением <sup>18</sup>F-ФДГ, средняя доза составила 25 мЗв [34].

При оценке эффективных доз и пожизненного атрибутивного риска радиационно индуцированного рака подсчитано, что риск развития рака при однократном проведении позитронно-эмиссионной томографии в 23 раза выше, чем при ежегодном маммографическом скрининге [35].

Пожизненный атрибутивный риск развития радиационно индуцированного рака при проведении ПЭТ\КТ, оцененный Huang V. et al., составил 0,23–0,54% для 20-летних пациенток женского пола и 0,16–0,32% – для 20-летних мужчин [36].

Закономерно выше доза при проведении ПЭТ\КТ исследований, нежели просто ПЭТ [37].

Дозы, получаемые персоналом при процедурах ядерной медицины, достаточно высоки.

Применение термолюминесцентных дозиметров для измерения доз облучения в течение 2 лет показало, что дозы для ПЭТ-технологов – 771+147 мкЗв в квартал, выше доз технологов, работающих в других областях ядерной медицины – 524+123 мкЗв [38].

При введении пациенту F-18 ФДГ из расчета 5 МБк/кг, согласно данным Jha A.K., Zade A., Rangarajan V., медицинские сестры получают в среднем 1,4±0,2 мкЗв/инъекция, технологи – 0,6±0,1 мкЗв/инъекция [39].

Применение защитных экранов, минимизация периода транспортировки, полуавтоматических инъекторов и систем видеомониторинга позволит минимизировать контакт с пациентом и снизить дозу облучения персонала [40].

Тем не менее, в среднем дозы радиации, получаемые при медицинских исследованиях в течение жизни, ниже максимально установленных значений. Пациенты, получающие более высокие дозы, как правило, имеют тяжелые заболевания или травмы, для которых преимущество проводимого обследования важнее возможного риска развития радиационно индуцированного рака [41].

### Лучевая терапия

Современные методы лучевой терапии, такие как IGRT (Image-Guided Radiation Therapy – управляемая изобразением лучевая терапия), IMRT (Intensive-Modulated Radiation Therapy – модулируемая по интенсивности лучевая терапия), стереотаксическая радиохирургия, позволяющие добиться высокой точности в лечении опухоли, обладают рядом дозиметрических особенностей.

Отмечена существенная вариация дозы на здоровые ткани, особенно в отношении низких уровней радиации [42]. С увеличением частоты выполнения КТ конусным пучком при проведении IGRT больным раком предстательной железы, пациенткам с раком молочной железы существенно возрастает и кумулятивная эффективная доза для пациента [43, 44].

Для IMRT показано, что возникающие при больших энергиях фотонов (>15MV) нейтроны становились существенным фактором формирования эквивалентной дозы вне поля облучения, причем эквивалент нейтронной дозы не зависел от расстояния от поля облучения, но убывал с увеличением глубины тканей [45].

В зависимости от применяемой энергии излучения IMRT требуется в 3,5–4,9 раз большее количество мониторинговых единиц, чем при конвенциональном лечении; большее количество пучков подразумевает больший объем тканей, получающих низкие дозы радиации. Максимальный консервативный риск развития фатального вторичного рака для IMRT с использованием фотонов энергией 10 MV составил 2,1%, для фотонов энергией 18MV – 5,1%, в то время как для конвенционального – 1,7% [45].

При лечении на роботизированной радиохирургической системе «CyberKnife» объем тканей, подвергшихся воздействию низких доз радиации, существенно выше, чем при стандартной лучевой терапии [46]. По данным Petti P.L. et al., на расстоянии 18–71 см от области облучения периферическая доза составляет от 0,16 до 0,041% от доставляемой дозы к мишени [47].

При проведении стереотаксической радиохирургии на аппарате «CyberKnife» существенную дозу облучения получают ткани на расстоянии 40–70 см от очага. Так, при лечении опухолей орбиты с применением радиохирургической системы «CyberKnife» дозу от 117 до 132 мЗв получают ткани области малого таза [48].

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о формировании новых обширных групп пациентов, подвергающихся воздействию «малых» доз радиации и необходимости учета возможных эффектов «малых» доз: изменения радиочувствительности, радиоадаптивного ответа, радиационного канцерогенеза.

Пациенты, подвергающиеся радиологическим и радионуклидным исследованиям, часто не имеют представления о получаемой дозе и возможном отдаленном риске развития радиационно индуцированного рака. Информирование пациента о возможных рисках должно входить в практику оказания медицинской радиологической помощи.

При принятии решения о необходимости исследования необходимо основываться на концепции соотношения польза/риск [49].

При отсутствии различий в ожидаемой пользе исследования желательнее предпочесть метод с минимальной лучевой нагрузкой. Следует избегать назначения повторных исследований без достаточных оснований необходимости данной процедуры.

### Литература

1. National Research Council. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2. Washington, DC: National Academies Press. – 2006. – 733 p.
2. Einstein, A.J. Medical imaging: the radiation issue / A. J. Einstein // *Nat Rev Cardiol*. – 2009. – V. 6, №6. – P. 436–438.
3. Scanff, P. Population exposure to ionizing radiation from medical examinations in France / P. Scanff [et al.] // *Br J Radiol*. – 2008. – V. 81, № 963. – P. 204–213.
4. Mettler, F.A. Jr. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources--1950-2007 / F.A. Mettler Jr. [et al.] // *Radiology*. – 2009. – V. 253, № 2. – P. 520–531.
5. Fazel, R. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures / R. Fazel [et al.] // *N. Engl. J. Med.* – 2009. – V. 361, № 9. – P. 849–857.
6. Fabricant, P.D. Diagnostic medical imaging radiation exposure and risk of development of solid and hematologic malignancy / P.D. Fabricant [et al.] // *Orthopedics*. – 2012. – V. 35, № 5. – P. 415–420.
7. Ron, E. Cancer risks from medical radiation / E. Ron // *Health Phys.* – 2003. – V. 85, № 1. – P. 47–59.
8. Wakeford, R. Childhood leukaemia following medical diagnostic exposure to ionizing radiation in utero or after birth / R. Wakeford // *Radiat Prot Dosimetry*. – 2008. – V. 132, № 2. – P. 166–174.
9. Kleinerman, R.A. Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children / R.A. Kleinerman // *Pediatr Radiol*. – 2006. – VI. 36, Suppl 2. – P. 121–125.
10. Beyan, C. The effect of radiologic imaging studies on the risk of secondary malignancy development in patients with Hodgkin lymphoma / C. Beyan [et al.] // *Clin. Lymphoma Myeloma*. – 2007. – V. 7, № 7. – P. 467–469.
11. Samara, E.T. Exposure of the Swiss population by medical x-rays: 2008 review / E.T. Samara [et al.] // *Health Phys.* – 2012 – V. 102, № 3. – P. 263–270.
12. Brenner, David J. Computed Tomography — An Increasing Source of Radiation Exposure / David J. Brenner, Eric J. Hall // *N. Engl. J. Med.* – 2007. – № 357. – P. 2277–2284.
13. Smith-Bindman, R. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer / R. Smith-Bindman [et al.] // *Arch Intern Med*. – 2009. – V. 169, № 22. – P. 2078–2086.
14. Brenner, D.J. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening / D.J. Brenner, C.D. Elliston // *Radiology*. – 2004. – V. 232, № 3. – P. 735–738.
15. Richards, P.J. Spine computed tomography doses and cancer induction / P.J. Richards [et al.] // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2010. – V. 15, № 35. – P. 430–433.
16. Sodickson, A. Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults / A. Sodickson [et al.] // *Radiology*. – 2009. – V. 251, № 1. – P. 175–184.

17. Salottolo, K. Current utilization and radiation dose from computed tomography in patients with trauma / K. Salottolo [et al.] // Crit. Care. Med. – 2009. – V. 37, № 4. – P. 1336–1340.
18. King, M.A. Radiation exposure from pediatric head CT: a bi-institutional study / M.A. King [et al.] // Pediatr Radiol. – 2009. – V. 39, № 10. – P. 1059–1065.
19. Brenner, D. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT / D. Brenner [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2001. – V. 176, № 2. – P. 289–296.
20. Small, G.R. Established and emerging dose reduction methods in cardiac computed tomography / G.R. Small [et al.] // J. Nucl. Cardiol. – 2011. – V. 18, № 4. – P. 570–579.
21. Small, G.R. Low-dose cardiac imaging: reducing exposure but not accuracy / G.R. Small // Expert Rev Cardiovasc Ther. – 2012. – V. 10, № 1. – P. 89–104.
22. Xu, L. Coronary CT angiography with low radiation dose / L. Xu, Z. Zhang // Int. J. Cardiovasc. Imaging. – 2010. – V. 26, Suppl. 1. – P. 17–25.
23. Brambilla, M. Patient radiation doses and references levels in interventional radiology / M. Brambilla [et al.] // Radiol Med. – 2004. – V. 107, № 4. – P. 408–418.
24. Lekovic, G.P. Radiation exposure during endovascular procedures / G.P. Lekovic [et al.] // Neurosurgery. – 2008. – V. 63, № 1. – P. 81–85.
25. Magrassi, L. Neuroembolization may expose patients to radiation doses previously linked to tumor induction / L. Magrassi [et al.] // Acta Neurochir (Wien). – 2012. – V. 154, № 1. – P. 33–41.
26. Kim, K.P. Occupational radiation doses to operators performing cardiac catheterization procedures / K.P. Kim [et al.] // Health Phys. – 2008. – V. 94, № 3. – P. 211–227.
27. Venneri, L. Cancer risk from professional exposure in staff working in cardiac catheterization laboratory: insights from the National Research Council's Biological Effects of Ionizing Radiation VII Report / L. Venneri [et al.] // Am. Heart J. – 2009. – V. 157, № 1. – P. 118–124.
28. Vano, E. Staff radiation doses in interventional cardiology: correlation with patient exposure / E. Vano [et al.] // Pediatr Cardiol. – 2009. – V. 30, № 4. – P. 409–413.
29. Vano, E. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel / E. Vano [et al.] // Radiat Res. – 2010. – V. 174, № 4. – P. 490–495.
30. Ciraj-Bjelac, O. Risk for radiation-induced cataract for staff in interventional cardiology: is there reason for concern? / O. Ciraj-Bjelac [et al.] // Catheter Cardiovasc Interv. – 2010. – V. 76, № 6. – P. 826–834.
31. Boix, J. Radiation dose to patients during endoscopic retrograde cholangiopancreatography / J. Boix, V. Lorenzo-Zúñiga // World J. Gastrointest. Endosc. – 2011. – V. 3, № 7. – P. 140–144.
32. Mettler, F.A. Jr. Medical radiation exposure in the U.S. in 2006: preliminary results / F.A. Mettler Jr. // Health Phys. – 2008. – V. 95, № 5. – P. 502–507.
33. Bedetti, G. Suboptimal awareness of radiologic dose among patients undergoing cardiac stress scintigraphy / G. Bedetti // J. Am. Coll. Radiol. – 2008. – V. 5, № 2. – P. 126–131.
34. Brix, G. Radiation exposure of patients undergoing whole-body dual-modality 18F-FDG PET/CT examinations / G. Brix // J. Nucl. Med. – 2005. – V. 46, № 4. – P. 608–613.
35. Hendrick, R.E. Radiation doses and cancer risks from breast imaging studies / R.E. Hendrick // Radiology. – 2010. – V. 257, № 1. – P. 246–253.
36. Huang, B. Whole-body PET/CT scanning: estimation of radiation dose and cancer risk / B. Huang // Radiology. – 2009. – V. 251, № 1. – P. 166–174.
37. Leide-Svegborn, S. Radiation exposure of patients and personnel from a PET/CT procedure with 18F-FDG / S. Leide-Svegborn // Radiat Prot Dosimetry. – 2010. – V. 139, № 1–3. – P. 208–213.
38. Roberts, F.O. Radiation dose to PET technologists and strategies to lower occupational exposure / F.O. Roberts [et al.] // J. Nucl. Med. Technol. – 2005. – V. 33, № 1. – P. 44–47.
39. Jha, A.K. Estimation of radiation dose received by the radiation worker during F-18 FDG injection process / A.K. Jha, A. Zade, V. Rangarajan // Indian J. Nucl. Med. – 2011. – V. 26, № 1. – P. 11–13.
40. Guillet, B. Technologist radiation exposure in routine clinical practice with 18F-FDG PET / B. Guillet [et al.] // J. Nucl. Med. Technol. – 2005. – V. 33, № 3. – P. 175–179.
41. Hall, J.D. Lifetime exposure to radiation from imaging investigations / J.D. Hall [et al.] // Can. Fam. Physician. – 2006. – V. 52. – P. 976–977.
42. Cheng, Y. Dosimetric Comparison of CyberKnife with Other Radiosurgical Modalities for an Ellipsoidal Target / Y. Cheng [et al.] // Neurosurgery. – 2003. – V. 53, № 5. – P. 1155–1163.
43. Wen, N. Dose delivered from Varian's CBCT to patients receiving IMRT for prostate cancer / N. Wen [et al.] // Phys. Med. Biol. – 2007. – V. 52, № 8. – P. 2267–2276.
44. Winey, B. Evaluation of radiation dose delivered by cone beam CT and tomotherapy employed for setup of external breast irradiation / B. Winey [et al.] // Med. Phys. – 2009. – V. 36, № 1. – P. 164–173.
45. Kry, S.F. Out-of-field photon and neutron dose equivalents from step-and-shoot intensity-modulated radiation therapy / S.F. Kry [et al.] // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2005. – V. 62, № 4. – P. 1204–1216.
46. Vlachopoulou, V. Peripheral doses in patients undergoing Cyberknife treatment for intracranial lesions. A single centre experience / V. Vlachopoulou [et al.] // Radiation Oncology. – 2011. – V. 6, № 157. – P. 1–10.
47. Petti, P.L. Peripheral doses in CyberKnife radiosurgery / P.L. Petti [et al.] // Med. Phys. – 2006. – V. 33, № 6. – P. 1770–1779.
48. Zytkovicz, A. Peripheral dose in ocular treatments with CyberKnife and Gamma Knife radiosurgery compared to proton radiotherapy / A. Zytkovicz [et al.] // Phys. Med. Biol. – 2007. – V. 52, № 19. – P. 5957–5971.
49. Tarin, T.V. Estimating the risk of cancer associated with imaging related radiation during surveillance for stage I testicular cancer using computerized tomography / T.V. Tarin, G. Sonn, R. Shinghal // J. Urol. – 2009. – V. 181, № 2. – P. 627–632.

**E.Ya. Mozerova**

**New sources of low doses of radiation: results of development of diagnostic and therapeutic radiology**

Chelyabinsk Regional Clinical Oncological Centre, Chelyabinsk  
Chelyabinsk State Medical Academy, Chelyabinsk

*Abstract. The ambiguity of opinions about the effects of "small" doses of radiation is one of the key problems of modern radiobiology. Improvement of medical devices, new methods of diagnosis and treatment is accompanied by increased radiation burden on patients and staff. In this article we present the radiation-hygienic analysis of modern methods of radiation diagnostic procedures and radiation therapy, their dosimetric characteristics and the possible effects of low doses of ionizing radiation due to medical procedures.*

*Key words: effective dose, cancer risk, low exposure doses, medical x-ray radiological studies, patients.*

E.Я. Мозерова

Тел.: (351) 232 80 33

E-mail: katerina\_mozerov@mail.ru

Поступила: 12.03.2012 г.