

## НИСКИ ДОЗИ ЙОНИЗИРАЩИ ЛЪЧЕНИЯ – МЕДИЦИНСКО ПРИЛОЖЕНИЕ И ВЪЗМОЖНИ ЕФЕКТИ

Ек. Петкова<sup>1</sup>, В. Грудева<sup>2</sup> и В. Хаджидекова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Медицински колеж, МУ – Пловдив

<sup>2</sup>УНСБАЛ „Св.Екатерина” – София

<sup>3</sup>НЦРРЗ – София

**Резюме.** Настоящата разработка дава сведения за откритието на източниците на йонизиращи лъчения, тяхното приложение за медицински цели и получаваните ниски дози.

**Ключови думи:** йонизиращо лъчение, дози, ефекти

**Ek. Petkova, V. Grudeva and V. Hadzhidekova.** LOW DOSES OF IONIZING RADIATION – MEDICAL APPLICATION AND POSSIBLE EFFECTS

**Summary.** This article provides information about the discovery of sources of ionizing radiation, their use for medical purposes and received lower doses.

**Key words:** ionizing radiation; doses; effect

Йонизиращата радиация се дефинира като лъчение, което има достатъчно енергия да избива електрони от атомите и молекулите и да създава двойки йони в биологичните тъкани. Йонизиращата радиация възниква както от естествени, така и от антропогенни източници и когато е отдадена във високи дози може да предизвика различни увреждания в организма на човека, които се установяват до дни след облъчването. При ниски дози на въздействие се очакват единствено така наречените късни ефекти. Това са радиационно индуцираните злокачествени заболявания, които се появяват години след облъчването и наследствените – в потомството на облъчените индивиди.

Йонизиращите лъчения са обстойно проучвани като мутагенен и канцерогенен фактор. Възникването на злокачествени заболявания при облъчване с високи дози йонизиращи лъчения е доказано в обширни епидемиологични и експериментални проучвания. Малко са наблюденията обаче върху здравните ефекти при човека от йонизиращи лъчения с ниски дози и нис-

ки мощности на дозите. Трудностите при доказване на здравните последици от облъчване с ниски дози са свързани с факта, че няма специфично свойство, което да отличава биологичните ефекти от облъчване с техногенни източници и тези от естествения радиационен фон. Също така няма специфични различия в рака, който възниква в резултат от облъчване с йонизиращо лъчение и възникналия в резултат на други въздействия. Поради тези и други причини като високата спонтанна честота на злокачествените заболявания, установяването им от облъчване на човека с малки дози е много трудно. Наследствени заболявания в потомството на облъчени лица не са установени дори при преживелите атомните бомбардировки.

### НАЧАЛОТО

Хората нямат сетива за йонизиращите лъчения. Радиацията, особено при ниски нива на въздействие, не може да бъде видяна или усетена и човек не може да анализира факта, че е

непрекъснато подложен на такова въздействие. Затова откриването на радиоактивността и на йонизиращите лъчения става чак в края на XIX век, но променя коренно живота на човека.

През 1895 г., Wilhelm Conrad Röntgen изследва протичането на електричен ток през разредени газове и случайно открива, че освен известното катодно излъчване, в круковата тръба са налице и друг вид лъчи. Те преминават през всевъзможни прегради, екрани и осветяват фотоленти, лежащи в друга стая. Рентген установява, че свободните електрони, генерирани във вакуума на тръбата, предизвикват друго лъчение, с изключителна проникваемост, което нарича X-лъчи. По време на експеримент той вижда и силуета на костите на пръстите си. За своето откритие W. Röntgen получава Нобелова награда през 1901 г.

През 1896, Henri Becquerel открива радиоактивността. Той забелязва потъмняване на фотографската плака в чекмеджето, в което държал урана и заключава, че това се дължи на невидимо излъчване от атомите на урана и техните продукти на разпад. Това е естественят радиоактивен разпад. През 1903 г. H. Becquerel получава Нобелова награда заедно със съпрузите Pierre и Marie Curie. През последващите години са открити и други видове йонизиращи лъчения, като неутрони, протони и други частици. Така през 90-те години на XIX век, в продължение само на няколко години стават открития, които радикално променят живота на човечеството. Открити са йонизиращите лъчения от естествени и от антропогенни източници.

През 1979 г. Нобелова награда за медицина получават A. Cormack и G. Hounsfield за разработения от тях метод на рентгенова компютърна томография.

## РАДИАЦИЯТА И НИЕ

Откритието на W. C. Röntgen веднага намира практическо приложение – изобретен е рентгеновият апарат за изобразяване структурите в човешкото тяло и за лечение на заболявания. Много скоро обаче стават очевидни страничните ефекти от радиационното въздействие. Облъчването на ръцете на рентгенолози причинява зачервяване на кожата (erythema) и една от първите величини за грубо измерване на радиационното въздействие на човека се нарича „skin erythema dose”. Прилагането на много високи дози, примитивната дозиметрия и липсата на защита от радиационното въздействие на

тези апарати водят до високи дози йонизиращо лъчение за персонала и за пациентите. Рентгенолозите, работещи без защита с тези рентгенови апарати, развиват хронични, трудно излекувани кожни лезии на ръцете, до загуба на фаланги. Тези инциденти са първите индикатори за здравни последици от облъчването с йонизиращи лъчения на човека. Последващи наблюдения на тези лица доказват по-висока смъртност в сравнение с други медицински специалисти. В последните години поради рязко подобренията условия на защита и несравнимо по-ниските дози на облъчване здравни ефекти при практикуване на рентгенова диагностика не се наблюдават.

Комисията за биологични ефекти от въздействие с йонизиращи лъчения (BEIR) в доклада си от 2006 г. за оценка на здравния риск от въздействие с ниски дози йонизиращи лъчения дефинира като ниски дозите в порядъка от 0 до около 100 mSv (0,1 Sv) йонизиращо лъчение с ниско линейно предаване на енергията [8]. Средни са дозите в диапазона от 0,1 Sv до 1 Sv и високи са дозите над 1 Sv, включително много високите дози от порядъка на 20 до 60 Sv използвани в лъчетерапията. За сравнение въздействието от естествения радиационен фон за човека в световен мащаб е средно годишно 2,4 mSv [6].

Хората са подложени всекидневно на облъчване от естествени източници на радиация в земната кора, строителните материали, въздуха, храната, слънцето и даже от елементи, съдържащи се в нашето тяло. Радонът, газ без цвят и мирис, който се излъчва от земната кора, е главният източник на облъчване за човека. Средните индивидуални годишни дози от естествени източници на облъчване, които населението на Земята получава, са в порядъка на 1-10 mSv, най-често около 2,4 mSv. За средния българин тази стойност е 2,3 mSv [1, 5].

## ТЕХНОГЕННИТЕ ИЗТОЧНИЦИ – СЪВРЕМЕННО ПРИЛОЖЕНИЕ И СРАВНИТЕЛНА ОЦЕНКА НА ДОЗИТЕ

Освен от въздействието на естествените източници на радиация хората са подложени на облъчване от антропогенни източници като диагностично рентгеново облъчване, както и от радиоактивни материали, използвани в медицината, науката и индустрията. Проучвания върху радиационното въздействие на населението на САЩ от 1987 г. показват, че облъчването от

естествения радиационен фон представлява 82% от годишната доза за популацията, докато антропогенните източници допринасят 18%. Най-голямо значение за това има диагностичното рентгеново облъчване [5]. За българското население медицинското облъчване допринася 26% за общото облъчване, естественият радиационен фон – 73%, а 1% – всички останали антропогенни източници [1].

Облъчването на пациента при диагностичните рентгенови изследвания е локално, с ниски дози и ниски мощности на дозите. Получените ефективни дози за цялото тяло са от порядъка на 0,1-20 mSv, рентгенографията на гръдния кош дава 0,1 mSv. По данни на Международната организация по радиационна защита (1991 г.) всеки жител на Земята получава средно годишно по 0,5-1,5 mSv в резултат от рентген-диагностика [8]. Тази доза се определя, от една страна, от мерките за осигуряване на качеството на рентгенологичното изследване и от друга страна, от непрекъснатото увеличаване на броя на рентгеновите прегледи. При някои диагностични процедури облъчването за пациента е в относително по-високи дози. Компютър-томографските изследвания водят до по-високи органични дози йонизираща радиация в сравнение с конвенционалните рентгенови графии. Компютър-томографският скенер ротира около тялото на пациента и прави серии от трансверзални срезове с рентгенови лъчи. Компютърът обработва тези разделени изображения и представя триизмерен образ. Дозите, които получават пациентите при това изследване, са обикновено около 10 пъти по-високи от конвенционалните диагностични изследвания [4]. Облъчването се увеличава при увеличаване броя на срезове, наслагането и повторението на срезове на същото място. Поради това, въпреки че компютър-томографските изследвания представляват не повече от 10% от всички рентген диагностичните процедури, те дават 60-70% от общата доза облъчване на човека от рентгенова диагностика [7]. Голямата диагностична стойност на този тип изследвания обаче определя тяхното все по-широко приложение. В последните 20 години провеждането на компютърната томография за диагностично уточняване при лица с проявени симптоми на заболяване или увреждане значително нараства.

В научната литература няма директни данни за това, че малки дози йонизиращи лъчения, подобни на използваните при рентгенова диаг-

ностика, причиняват вредни ефекти в облъчените лица. При облъчване с дози от порядъка на диагностичните единственият ефект, който може да се очаква, е канцерогенният. Канцерогенният риск за отделния индивид не може да бъде определен, той може само да бъде изчислен за дадена популация облъчени лица. Комисията за оценка на биологичните ефекти от въздействие с ниски дози йонизиращи лъчения (BEIR VII) през 2006 г. препоръчва линейния безпрагов модел за оценка на риска, т.е. на взаимовръзката между въздействието с ниски дози йонизиращо лъчение и появата на злокачествено заболяване [8]. Същевременно се уточнява, че за облъчване с ниски дози под 100 mSv съществуват статистически ограничения, които затрудняват, даже правят невъзможна количествена оценката на канцерогенния риск. За доза 100 mSv оценката на риска за цялата продължителност на живота на човека според модела, предложен от BEIR VII 2006 г., е приблизително 1 случай на рак на 100 облъчени лица с доза 100 mSv. В същото време приблизително 42 от тези 100 лица ще развият солиден тумор или левкемия от различни други причини. Оценки на риска за възникване на солиден тумор или левкемия при облъчване с ниски дози под 0,1 Sv са много несигурни и спорни поради ограниченото количество данни за изграждане на модела.

Други са доводите по отношение на риска от рентгеновите лъчи, когато се прилагат за целите на скрининг, когато голям брой напълно здрави лица трябва да бъдат облъчени, за да се отсеят случаи със заболяване. В тези случаи диагностичното облъчване може да доведе до необосновано облъчване на пациенти. Напоследък все по-често се прилага цялостно скениране чрез компютърна томография като начин за скрининг на ранни признаци на заболяване при асимптомни лица – възрастни и деца [2]. D. J. Brenner и C. D. Elliston, 2004 г., правят оценка както на погълнатата доза йонизиращо лъчение, така и на здравния риск, свързан с провеждане на цялостен скенер [3]. Според тяхната оценка един цялостен скенер дава средна ефективна доза йонизиращо лъчение от 12 mSv [3]. За сравнение ефективната доза, която се получава при една мамография, е сто пъти по-ниска (около 0,1 mSv). Авторите правят и оценка на радиационния риск. Те изчисляват риска от смъртност от рак до края на живота така: за 45-годишен мъж, който планира да проведе 30 цялостни компютъртомографии (по 1 годишно)

– 1.9%, т.е. почти 1 на 50 пациенти. За 60-годишен мъж, който планира да проведе 15 целотелесни компютъртомографии (по 1 годишно), рискът от смъртност от рак до края на живота е 1/ 220. За сравнение авторите посочват данни от Националния статистически институт (САЩ) че рискът лицата, родени в САЩ през 1999 г., да загинат при автомобилна катастрофа е оценен 1/77.

### ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценките за канцерогенния риск при ниски дози са екстраполирани от наблюдаваните ефекти при високи дози. Те не са измервания или наблюдения и имат ограничена правдоподобност. Рискът от диагностичната радиология може да бъде изчислен от колективната ефективна доза и зависи главно от броя на лицата в облъчената популация. Ефективна доза от медицинско облъчване е по-малка от половината на тази от естествения радиационен фон. Рискът от диагностичното облъчване трябва да бъде преоценен спрямо ползата от по-добрата диагноза чрез прилагане на рентгеновото лъчение.

Прилагането на йонизиращи лъчения за медицински цели, за разлика от друго облъчване, има директна ползата за индивида, който го е получил. Въпреки това от благоразумие се приема възможността от странични ефекти от облъчване, даже при малки дози. Намаляване на риска може да се постигне с намаляване до минимум броя на ненужните рентгеновите из-

следвания и редуциране на дозата при всяка диагностична процедура до абсолютния минимум, необходим да осигури качеството за акуратна диагноза.

### Библиография

1. В а с и л е в , Г. Облъчване на българското население с йонизиращи лъчения. С., 1994.
2. В а с h , Р. В. et al. Computed tomography screening and lung cancer outcomes. – JAMA, **297**, 2007, № 7, 953-961.
3. B r e n n e r D. J. et C. D. Elliston. Estimated radiation risks potentially associated with full-body CT screening. – Radiology, **232**, 2004, 735-738.
4. B r e n n e r , D. J. et E. J. Hall. Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. – N. Engl. J. Med., **357**, 2007, № 22, 2277-2284.
5. U n a t e d Nations. Unated Nations Scientific Committee of the Effects of Atomic Radiation, 2006. Report to the general assembly, New York.
6. I n t e r n a t i o n a l Commission on Radiological Protection. 1990, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press, 1991.
7. N a t i o n a l Council on Radiation protection and Measurements (NCRP) 1987. Ionizing radiation Exposure of the Population of the United States. Washington, DC, NCRRP, No.93.
8. N a t i o n a l Academy of Sciences, BEIR VII, "Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation", 2006.

✉ Адрес за кореспонденция  
Д-р Екатерина Петкова  
Медицински колеж  
Медицински университет  
Пловдив

📁 Постъпила – 14.07.2011 г.