استفاده از محاسبات مونت‌کارلو در تخمین ابتلا به سرطان ناشی از رادیولوژی تشخیصی

INC29-1092

بهارک اسلامی*[۱] ،رضا علی نواز[۲]

گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، ص. پ. ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵ تهران، ایران

گروه فیزیک، آموزش و پرورش تبریز، ایران

چکیده:

روند رو به رشد استفاده از پرتوهای یون‌ساز در تشخیص و درمان، لزوم توجه به آثار بیولوژیک آن‌ها را ایجاب می‌کند. در این مقاله اطلاعات مربوط به پرتوگیری ناشی از انجام رادیولوژی به سبب انجام معاینات تشخیصی در شهر تبریز ارائه‌شده است. این مطالعه در ۱۰مرکز رادیولوژی بر روی ۵۰۰ بیمار در ۸ نمای رادیوگرافی انجام‌شده است. برای تخمین ریسک ابتلا به سرطان جهت تعیین دز ارگان‌ها و دز مؤثر، از نرم‌افزار PCXMC که بر اساس محاسبات مونت‌کارلو استوار است، استفاده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که انتظار تعیین یک روش واحد، که به‌تنهایی برای تمامی جنبه‌ها و تمام کاربردها مناسب باشد، انتظار بیهوده‌ای است و ضرورت دارد که در آینده در این زمینه تحقیقات جامع‌تری در رابطه با عوامل خطرساز، پیشگیری از سرطان و.... انجام پذیرد.

کلیدواژه‌ها: مونت‌کارلو، سرطان، رادیولوژی، دز مؤثر.

The use of Monte Carlo calculations in the estimation of cancer incidence from diagnostic radiology

B. Eslami[1*], R. Alinavaz[2]

Department of Physics, Payame Noor University (PNU), P.O. Box 19395-4697, Tehran, Iran
Department of Physics, Education Tabriz, Iran

Abstract:

The growing trend of using ionizing radiation in diagnosis and treatment requires paying attention to their biological effects. In this article, the information related to radiation exposure caused by radiology due to diagnostic examinations in Tabriz city is present. This study was conducted in 10 radiology centers on 500 patients in 8 radiographic views. PCXMC software, which based on Monte Carlo calculations, has used to estimate the risk of cancer in order to determine the organ dose and the effective dose. The results show that waiting to determine a single method, which alone is suitable for all aspects and all applications, is a futile expectation and it is necessary to conduct more comprehensive research in this field in the future regarding risk factors, cancer prevention, etc.

Keywords: Monte Carlo, Cancer, Radiology, Effective Dose.

۱. مقدمه

در حال حاضر آثار بیولوژیک پرتوهای یونیزان به‌عنوان یک واقعیت انکارناپذیر موردقبول همگان است و از طرف دیگر به دنبال افزایش استفاده از پرتوهای یونیزان، احتمال پرتوگیری برای پرتوکاران و افراد عادی نیز افزایش یافته است. ازاین‌دست مطالعات در ایران نیز انجام‌شده و این آثار در افراد پرتودیده در سطوح سلولی و مولکولی به اثبات رسیده است[1, 2]. با توجه به نظریه خطی بدون آستانه(LNT)[1] برای ظهور آثار بیولوژیک پرتوهای یونیزان هیچ آستانه‌ای وجود ندارد. بنابراین بااینکه در محدوده دزهای کم آثار عینی همانند دزهای بالا وجود ندارد، اما نمی‌توان اثرات موجود در این ناحیه را نادیده گرفت[3]. اثرات بیولوژیکی تابش یونیزان اساساً با ایجاد آسیب در مولکولDNA[2] به‌عنوان هدف اصلی و بحرانی به وجود می‌آید. این آسیب‌ها نهایتاً می‌تواند به جهش‌های ژنی و آسیب‌های کروموزومی منتهی شود[4]. بزرگ‌ترین منبع پرتوگیری مصنوعی تصویربرداری تشخیصی می‌باشد. به‌طوری‌که در حدود ۸۰ درصد دز مؤثر تجمعی ناشی از منابع مصنوعی، ناشی از انجام رادیولوژی تشخیصی و پزشکی هسته‌ای می‌باشد. اگرچه هدف اصلی در رادیوگرافی گرفتن بهترین تصاویر از اعضای بدن بیماران است اما به‌هیچ‌وجه نباید مسئله حفاظت بیماران در برابر اثرات زیان‌بار پرتوهای یون‌ساز را نادیده گرفت[5]. طبق گزارش[3] NCRP 160 پرتوگیری پزشکی عامه مردم در ایالات‌متحده نزدیک به نیمی از پرتوگیری از کل منابع را در بر می‌گیرد دلیل این افزایش، رشد استفاده از روش‌های تصویربرداری تشخیصی به‌ویژه روش توموگرافی کامپیوتری می‌باشد[6].

از حدود نیم‌قرن پیش آثار بیولوژیکی ناشی از دزهای کم پرتوهای یونیزان موردبررسی قرار گرفته است[7]. تابش‌های با دز کم، طبق تعریف ارائه‌شده در گزارش[4] BEARVII به تابش‌هایی گفته می‌شود که منجر به دزی نزدیک به صفر تا حدود ۱۰۰ میلی سیورت شوند. هنوز هم چالش‌های بسیاری در مورد درک جزئیات آثار بهداشتی پرتوهای یونیزان با دز کم وجود دارد اما اطلاعات مفیدی در دست است که در آن‌ها به نتایج کلی‌تری در این مورد پرداخته‌اند[8].

در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی انجام‌شده است تا پرتوگیری ناشی از مصارف پزشکی پرتوها کاهش یابد. این تلاش ها مبتنی بر این نظریه می‌باشند که هر دزی از تابش، هرچند کوچک، می‌تواند باعث ایجاد سرطان شود. این دیدگاه مبتنی بر نظریه خطی و بدون آستانه سرطان‌زایی پرتوهای یون‌ساز می‌باشند[9].

گزارشBEAR VII تأکید می‌کند که در حال حاضر بر اساس یافته‌های موجود، پرتوگیری از تابش‌های یونیزان با دز کم و افزایش آمار ابتلا به سرطان در انسان با نظریه خطی و بدون آستانه سازگاری دارد. آثار زیان‌بار بیولوژیکی از تابش پرتوهای یونیزان با دزهای بالاتر رخ می‌دهد که در این موارد تقریباً بین تمام صاحب‌نظران اتفاق‌نظر وجود دارد اما در مورد تابش‌های با دز کم باید داده‌های بیشتری جمع‌آوری شود تا امکان ارزیابی صحیح و دقیق پاسخ به این تابش‌ها و آثار سوء ناشی از آن‌ها غیر از سرطان مشخص گردد[8].

فرضیه‌های مختلفی در مورد پاسخ محیط‌های بیولوژیک به دزهای کم مطرح‌شده است. ازجمله طبق نظریه خطی بدون آستانه هیچ دز تابشی بی‌خطر نیست و برای هر دزی احتمال ایجاد سرطان وجود دارد. نظریه فوق خطی بیانگر این مطلب است که ریسک بزرگ‌تری در ناحیه دزهای کم نسبت به آنچه از نظریه خطی انتظار می‌رود وجود دارد. نظریه خطی درجه دو نشان می‌دهد که در ناحیه دزهای کم، ریسک قابل صرف‌نظر کردن بوده و کمتر از حالت خطی است[10]. نظریه هورمسیس بیان می‌کند که در ناحیه دزهای کم نه‌تنها پرتوهای یونیزان هیچ اثر زیان باری نداشته بلکه برای بدن آثار مفیدی نیز به همراه دارند. طرفداران این نظریه تا جایی پیش می‌روند که مدعی‌اند از تابش‌های با دز کم می‌توان در درمان سرطان استفاده نمود[11]. در حال حاضر نظریه پاسخ دز که مورد تأیید مجامع بین‌المللی نظیرICRP است همان نظریه خطی بدون آستانه می‌باشد[8,12].

کمیته بین‌المللی حفاظت پرتوی برای برآورد ریسک احتمالی تابش دز مؤثر را معرفی کرده است. مفهوم دز مؤثر در ابتدا به‌عنوان مبنایی برای تخمین ریسک کلی در پرتوگیری شغلی توسعه یافت و بعدازآن به‌عنوان کمیتی که به‌طور

1 Linear No Threshold
2 Deoxyribonucleic Acid
3 National Council Radiation Protection & Measurements
4 Biological Effects of Atomic Radiation

مستقیم به ریسک احتمالی تابش ارتباط دارد و رابطه بین دز تابش و احتمال آسیب متناسب با آن دز موردتوافق قرار گرفت[12,13]. در مطالعه‌ای که بر روی کارکنان رادیولوژی از سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۹۵در کشور چین انجام شد ریسک نسبی برای لوسمی ۱٫۷ و برای انواع دیگر سرطان۱٫۱بود. در این تحقیق نتایج نشان داده‌شده است که پرتوگیری منقطع طولانی‌مدت از منابع تابش یون‌ساز هنگامی‌که دز تجمعی به حد معینی برسد می‌تواند باعث القاء سرطان شود[14]. در مطالعه‌ای که در تایوان روی ساکنان آپارتمان‌هایی که به‌طور اتفاقی آهن‌آلات مورداستفاده در ساختمان به60_{Co} رادیواکتیو آلوده شده بود، انجام گردید دز مؤثر و دز مؤثر تجمعی این افراد برای ۲۰ سال از سال ۱۹۸۳تا ۲۰۰۳ برآورد شد. که با فرمول مورداستفاده برای ارزیابی ریسک توسط آن‌ها، ۳۱۲ مرگ ناشی از سرطان ناشی از این پرتوگیری مورد انتظار بود درحالی‌که درمجموع در این جمعیت ۵ مورد سرطان منجر به مرگ مشاهده شد[11].

در این مقاله اطلاعات و نتایج مربوط به تخمین ابتلا به سرطان ناشی از انجام رادیولوژی پزشکی در۱۰ مرکز رادیولوژی بر روی ۵۰۰ بیمار در ۸ نمای رادیوگرافی ارائه‌شده است. دز پوست با استفاده از TLD و برای تخمین ریسک ابتلا به سرطان با استفاده از محاسبات مونت‌کارلو و داده‌های به‌دست‌آمده، از نرم‌افزار PCXMC که بر اساس محاسبات مونت‌کارلو استوار است، استفاده شده است. در این نرم‌افزار با ثبت اطلاعاتی از قبیل قد و وزن و فاصله فیلم تا کانون و تعیین موقعیت میدان پرتو روی بدن بیمار، دز ارگان‌ها و دز مؤثر را محاسبه می‌کند. در این نرم‌افزار با استفاده از شبیه‌سازی مونت‌کارلو، دُز معادل ارگان‌های گوناگون بدن و همچنین دُز مؤثر تمام بدن قابل‌محاسبه می‌باشد. به کمک این محاسبات میانگین دز ارگان‌ها و دز مؤثر برای ۸ نوع رادیوگرافی رایج مدنظر در این پژوهش، تعیین شد.

۲. روش کار

همان‌طور که بیان شد، این تحقیق در ۱۰ مرکز رادیولوژی موجود در شهر تبریز و بر روی ۵۰۰ بیمار به هنگام انجام هشت نمای رادیوگرافی (قفسه سینه قدامی - خلفی و خلفی - قدامی، مهره‌های گردنی قدامی - خلفی و جانبی، مهره‌های کمری قدامی –خلفی و جانبی، شکم و لگن قدامی –خلفی) انجام شده است. دز ورودی سطح پوست ESD[5] برای تمامی بیماران موردبررسی با استفاده از تراشه‌های ترمولومینسانس TLD-100 اندازه‌گیری شده است. کالیبراسیون تراشه‌ها با قرار دادن یک یا دو عدد تراشه در مرکز میدان روی بدن بیمار در هر معاینه انجام‌شده است[12]. در مواردی که از دو تراشه استفاده شد، میانگین دز آن‌ها به‌عنوان دز ورودی سطح پوست در نظر گرفته‌شده است. علاوه بر استفاده از دزیمتر ترمولومینسانس از سیستم DAP[6] حاصل‌ضرب دز در مساحت نیز به‌طور هم‌زمان در دستگاه‌های رادیوگرافی که امکان نصب این وسیله بر روی آن‌ها وجود داشت استفاده شد و مقدارDAP برای هر معاینه و همچنین اطلاعات مربوط به بیماران شامل سن، قد، وزن و شرایط رادیوگرافی از قبیل میلی‌آمپر، زمان، کیلو ولتاژ پیک و فاصله فیلم تا کانون نیز ثبت گردید.

دزیمتر TLD از دو قسمت تشکیل شده است قسمت اول کارت، کارت از جنس آلومینیوم است و حاوی ۲ قطعه کریستال‌های TLD بر روی کارت بارکدی وجود دارد که شماره کارت را نشان می‌دهد و قسمت دوم بج یا قاب بدنه که از پلاستیک ساخته شده است و دارای ۲ فیلتر است. ضخامت یکی از فیلترها معادل ۱۰ mm از بافت بدن است و ضخامت فیلتردوم معادل ۰٫۰۷ mmاز بافت بدن است. پس‌ازآنکه دزیمتر توسط پرتوکاران استفاده شد و به مرکز سرویس خدمات دزیمتری برگشت داده شد، توسط دستگاه قرائت‌گر خوانده می‌شود. دستگاه قرائت‌گر ابتدا بارکد روی کارت را می‌خواند و در مرحله بعد کریستال‌ها توسط قرائت گر گرمادهی می شوند. یک لوله تقویت نورtube-PM نور ساطع‌شده از کریستال را تبدیل به پالس الکتریکی می‌کند و خروجی سیستم عددی است که مستقیماً متناسب با دز است. نتیجه محاسبه کریستالی که در پشت فیلتر ۱۰mm قرار داشته است، کمیت معادل دز فردی را می‌دهد که برابر با دز مؤثر است (10Hp) و نتیجه محاسبه کریستالی که در پشت فیلتر ۰٫۰۷ mm قرار داشته است، کمیت معادل دز پوست را می‌دهد (0.07Hp) و چنانچه از کریستال‌هایی استفاده شده باشد که به نوترون‌های حرارتی

[5] Entrance Surface Dose
[6] Dose Area Product

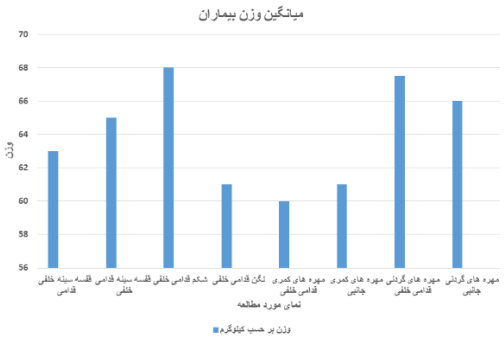
حساس هستند، از دزیمتر ترمولومینسانس برای دزیمتری نوترون نیز می شود استفاده کرد. دزیمتر ترمولومینسانس قابلیت اندازه‌گیری پرتوهای ایکس، گاما، بتا، و نوترون حرارتی را دارد.

اگر هدف از اندازه‌گیری دز بیماران، تخمین خطرات حاصل از پرتوگیری در یک بافت یا عضو معینی باشد باید میانگین دز جذبی به اعضاء و بافت‌های موردنظر را محاسبه یا اندازه‌گیری نمود. به‌عنوان‌مثال دز جذبی پستان، تیروئید و بیضه‌ها را به‌راحتی می‌توان با اندازه‌گیری مستقیم و با قرار دادن ترا شه‌های TLD در مکان مناسب روی پوست بیماران مشخص نمود اگرچه تصحیح جزئی به دلیل تضعیف پرتوها در مسیر رسیدن به عضو و بافت باید موردتوجه قرار گیرد. دز سایر اعضاء را می‌توان با استفاده از فانتوم‌های فیزیکی مناسب که مکان‌های خاصی برای قرار دادن دزیمتر در آن‌ها تعبیه شده‌است اندازه‌گیری کرد. روش دیگر استفاده از کامپیوتر جهت شبیه‌سازی آزمون روی یک فانتوم شبیه‌سازی‌شده از بدن انسان است که می‌توان دز اکثر اعضا را بسیار سریع محاسبه نمود.

به‌منظور برآورد ریسک اضافی ابتلا به سرطان ناشی از پرتوگیری نیاز به آگاهی از دز تجمعی جامعه موردمطالعه می باشد. دز مؤثر معمولاً تخمین دقیقی از آسیب‌های حاصل از انجام آزمون‌های پرتونگاری برای بیماران بالغ ارائه می‌کند[15]. با فرض معلوم بودن تعداد رادیوگرافی‌ها در یک سال در یک جامعه معین می‌توان دز مؤثر تجمعی را برحسب نفر - سیورت محاسبه کرد. به‌این‌ترتیب که میانگین دز مؤثر حاصل از یک رادیوگرافی خاص در یک جامعه را در تعداد کل همان نوع رادیوگرافی انجام شده در طول یک سال ضرب نمود تا دز مؤثر تجمعی به دست آید. در این مقاله، این محاسبه برای رادیوگرافی از هشت نمای موردنظر انجام شد و با استفاده از روابطی که در متون علمی بر اساس پذیرش نظریه خطی بدون آستانه پیشنهاد شده است ریسک سرطان اضافی ناشی از هر نوع رادیوگرافی در جامعه به‌دست‌آمده است[16,10,11].

۳. نتایج

میانگین وزن و قد بیماران در معاینات موردبررسی در این مطالعه در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. این داده‌ها به‌عنوان ورودی برای نرم‌افزار مورداستفاده قرارگرفته‌اند. میانگین دز ورودی سطح پوست، میانگین پارامترهای مورداستفاده برای هریک از انواع رادیوگرافی‌ها و میانگین DAP در جدول ۱ ارائه‌شده است. جدول ۲ دز مؤثر، دز مؤثر تجمعی، تعداد رادیوگرافی‌ها در یک سال و سرطان اضافی ناشی از انجام انواع رادیوگرافی‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱. میانگین وزن بیماران برحسب کیلوگرم در نماهای موردبررسی.

شکل ۲. میانگین قد بیماران برحسب سانتیمتر در نماهای موردبررسی.

جدول ۱. نمونه میانگین دز ورودی سطح پوست و پارامترهای اصلی تابش در مراکز رادیولوژی موردبررسی.

معاینه	mAs	KVp	EDS(mGy)	DAP(mGycm^2)
قفسه سینه خلفی قدامی	۱۸/۴۰	۶۷/۸۲	۰/۵۴	۲۵۷/۴۷
قفسه سینه قدامی خلفی	۲۹/۵۴	۶۵/۵۹	۰/۶۴	۴۳۳/۹۳
شکم قدامی خلفی	۲۹/۷۲	۶۹/۵۴	۲/۱۵	۸۵۲/۳۸
لگن قدامی خلفی	۴۰/۲۷	۶۶/۹۵	۱/۴۷	۷۴۲/۲۰
مهره‌های کمری قدامی خلفی	۴۳/۹۰	۷۱/۴۵	۱/۹۹	۵۰۲/۰۸
مهره‌های کمری جانبی	۶۸/۰۸	۷۸/۳۲	۳./۸۳	۱۰۸۵/۱۰
مهره‌های گردنی قدامی خلفی	۱۷/۳۳	۶۰/۶۷	۰/۵۸	۱۲۸/۴۱
مهره‌های گردنی جانبی	۱۶/۴۹	۶۳/۲۶	۰/۷۴	۱۶۵/۲۳

جدول ۲. تعداد رادیوگرافی، دز مؤثر، دز تجمعی مؤثر و سرطان در سال.

معاینه	تعداد در هزار نفر	تعداد در کل جمعیت	دز مؤثر میانگین (سیورت)	دز تجمعی در سال (نفر-سیورت)	تعداد سرطان‌های اضافی در سال
شکم قدامی خلفی	۱۱/۲۸	۵۰۷۴	۰/۰۷۹	۰/۴۰	۰/۰۲۵
قفسه سینه	۹۰/۱۲	۴۰۵۵۴	۰/۱۱۲	۴/۵۴	۰/۲۷۷
لگن قدامی خلفی	۱۴/۹۱	۶۷۰۹	۰/۱۶۳	۱/۰۹	۰/۰۶۴
مهره‌های گردنی	۱۶/۱۲	۷۲۵۴	۰/۱۲۱	۰/۸۸	۰/۰۸۴
مهره‌های کمری	۲۴/۹۰	۱۱۲۰۵	۰/۱۴۱	۱/۵۸	۰/۰۹۹

۴. بحث

مطابق نتایج ارائه‌شده، میانگین قد و وزن بیماران در معاینات مختلف، دز ورودی سطح پوست و مقدار DAP مشخص و نیز دز مؤثر و دز مؤثر تجمعی و تخمین ابتلا به سرطان ناشی از انجام این معاینات محاسبه شده است. به دست آوردن این نتایج مبتنی بر قبول نظریهLNT می‌باشد. این نظریه هنوز هم مورد تأییدICRP و سایر مجامع علمی بین‌المللی مرتبط می‌باشد و در سطح بین‌المللی پذیرفته شده‌است. چنین فرض شده است که فراوانی انجام رادیوگرافی‌ها در این

کلان‌شهر همانند فراوانی انجام رادیوگرافی‌ها در کل کشور می‌باشد. با این فرضیه‌ها ریسک اضافی سرطان کشنده ناشی از این رادیوگرافی‌ها در جمعیت موردنظر حدود۰/۵۴۹ ابتلا به سرطان کشنده در کل جمعیت این شهر در یک سال برآورد می‌شود. با توجه به این نکته که این محاسبات برای رادیوگرافی‌های ساده موردمطالعه در این تحقیق انجام‌شده است. می‌توان نتیجه‌گیری کرد، اگر دز ناشی از سایر روش‌های تشخیصی دیگر که دز جذبی بیمار در آن‌ها به‌مراتب بیشتر از رادیوگرافی‌های رایج ساده می‌باشد، از قبیل سی‌تی‌اسکن، آنژیوگرافی‌های تهاجمی، فلوروسکوپی و معاینات روده بزرگ با تنقیه باریم به آن افزوده شود این میزان به مقدار قابل‌توجهی بیشتر خواهد شد و این امر ضرورت تداوم چنین مطالعاتی و تعمیم آن به سایر روش‌های تشخیصی با اشعهX را تأکید می‌نماید.

۵. نتیجه‌گیری

نتایج بیان‌شده مبتنی بر قبول نظریه LET می‌باشد لذا می‌توان گفت، بهترین نتایج وقتی حاصل می‌شود که چند روش به‌صورت مکمل و یا ترکیبی به‌طور هم‌زمان مورداستفاده قرار گیرند. لذا تعیین یک روش واحد که به‌تنهایی برای تمامی جنبه‌ها و تمام کاربردها مناسب باشد، صحیح نیست. پس ضرورت دارد تا در آینده با انجام پژوهش و طرح‌های مختلف در این زمینه فعالیت‌های تحقیقاتی جامع‌تری در رابطه با عوامل خطرساز، پیشگیری از سرطان و.... با برنامه‌ریزی دقیق انجام پذیرد.

۶. مراجع

1.Bahreyni-Toossi MT, Hasan Zadeh M, Elhami M, An investigation of chromosomal aberrations incidence in radiographers of mashhad radiological centers, Medical Journal of mashhad University of Medical Sciences,;43(68):10-7,2000. [Persian]
2. Bahreyni-Toossi MT, Hamzehluee T, Rezaee M, An assessment of the effects of different dose levels of gamma rays on hprt gene of t-cells from human peripheral blood, Iranian Journal of Basic Medical Sciences;5(3(15)):127-34, 2002. [Persian]
3. Greenberg MM. Elucidating DNA damage and repair processes by independently generating reactive and metastable intermediates, Organic & Biomolecular Chemistry; 5(1):18-30, 2007.
4.Fabry L, Lemaire M, Dose response relationships for radiation induced chromosome aberrations in human lymphocytes in vivo and in vitro, Strahlentherapie Und Onkologie;162(1):63-7,1986.
5. United Nation. Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation. Report to the general assembly with scientific annexes, 2000.
6. Schauer DA, Linton OW. NCRP Report No.160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, medical exposure are we doing less with more, and is there a role for health physicists? Health Physics ;97 (1):15, 2009.
7. Brenner DJ, Doll R, Good head DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America) ;100 (24):137616, 2003.
8. BEIR VII. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation, National Research Council of the National Academies, Washington D.C.2006.
9. Cohen BL. Cancer risk from low-level radiation. American Journal of Roentgen ology ;179 (5):113743, 2002.
10. Nuclear Science A Guide to the Nuclear Science Wall Chart ©2003 Contemporary Physics Education Project (CPEP), Appendix F Radiation Effects at Low Doses. Available at: http://www.lbl.gov/abc/wallchart/teachersguide/pdf/~AppF.pdf. Accessed Nov 26, 2011.
11. Chen W.L, Luan Y.C, Shieh M.C, Chen S.T, Kung H.T, Soong K.L, et al. Is Chronic Radiation an Effective Prophylaxis Against Cancer? Journal of the American Physicians and Surgeons, 9 (1):610, 2004.
12. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the international Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60, Annals of the ICRP 21(13), Pergamon Press, Oxford. 1991.
13. Huda W, Gkanatsios NA. Effective dose and energy imparted in diagnostic radiology. Medical Physics.24 (8):13116,1997.
14. Wang JX, Zhang LA, Li BX, Zhao YC, Wang ZQ, Zhang JY, et al. Cancer incidence and risk estimation among medical xray workers in China, 19501995. Health Physics, 82(4):45566, 2002.

15. National Radiological Protection Board. Medical exposure: Guidance on the 1990 recommendations of ICRP. Document of the NRPB. 4(2):249 London UK: HMSO 1993.
16. Asadinezhad M, Bahreyni Toossi MT. Doses to patients in some routine diagnostic X-ray examinations in Iran: proposed the first Iranian diagnostic reference levels. Radiation Protection Dosimetry,132 (4):40914,2008.