

مروری بر حفاظت در برابر پرتو در رادیولوژی تشخیصی

چکیده

دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۰۹ ویرایش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۸ آنلاین: ۱۳۹۵/۰۹/۲۹

وحید کریمی^۱

منصور ذبیح‌زاده^{۲*}

۱- گروه فیزیک پزشکی، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۲- گروه کلینیکال آنکولوژی، بیمارستان گلستان، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: اهواز، بلوار گلستان، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی، بخش کلینیکال آنکولوژی، کدپستی ۶۱۱۳۵۷-۳۳۱۱۸
تلفن: ۰۶۱-۳۳۳۳۲۰۶۶
E-mail: manzabih@gmail.com

کشف پرتو ایکس و استفاده از آن برای تصویربرداری پزشکی دستاوردهای بزرگی برای تشخیص و درمان بیماری‌ها فراهم کرد. روزانه بیش از ۱۰ میلیون آزمون رادیولوژی تشخیصی و بیش از ۱۰۰۰۰۰ آزمون پزشکی هسته‌ای در دنیا انجام می‌شود. بر اساس گزارش ۱۶۰ کمیسیون ملی حفاظت رادیولوژیکی و اندازه‌گیری‌ها، پرتو ایکس پزشکی در حدود ۹۵٪ تمام آزمون‌های رادیولوژیکی را شامل می‌شود که سهمی ۷۴٪ در دوز تجمعی جمعیت ایالات متحده آمریکا دارد. با وجود منافع منحصر به فرد پرتوهای یونیزان، از دیدگاه حفاظت در برابر پرتو منشای خطرات بالقوه‌ای مانند سرطان و ناهنجاری‌های ژنتیکی هستند. ریسک سرطان ناشی از رادیولوژی تشخیصی در حدود ۰/۶٪ تا ۳٪ برآورد می‌شود. تخمین زده می‌شود که دوز ناشی از آزمون‌های رادیولوژی تشخیصی سالانه مسئول ۷۵۸۷ و ۵۶۹۵ مورد سرطان به ترتیب در جمعیت ژاپن و ایالات متحده آمریکا است. اگرچه دوز بیشتر آزمون‌های رادیولوژیکی تشخیصی بسیار پایین است اما افزایش سریع استفاده از آزمون‌های پرتونگاری در دو دهه گذشته موجی از نگرانی‌ها را درباره اثرات سرطان‌زای پرتوهای یونیزان ایجاد کرده است. بر اساس مدل خطی بدون آستانه برای منحنی دوز پاسخ هر میزانی از پرتوگیری خطرناک است. بر اساس توصیه‌های مراجع تنظیم‌کننده قوانین حفاظت تشعشعی، آزمون رادیولوژیکی باید به گونه‌ای انجام شود که پرتوگیری بیمار و جامعه به صورت معقول و دست‌یافتنی تا حد ممکن پایین باشد. بهینه‌سازی عوامل متعددی مانند محدودسازی میدان تابش اولیه به ناحیه تابشی مورد نظر، شرایط تابش، تکنیک‌ها، زمان پرتودهی و حفاظ، ضمن حفظ کیفیت تصویر می‌تواند پرتوگیری بیمار را کاهش می‌دهد. رعایت دستورکارهای حفاظتی می‌تواند مخاطرات پرتوگیری را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

کلمات کلیدی: رادیولوژی تشخیصی، ارگان‌های در خطر، حفاظت تشعشعی.

مقدمه

پرتوهای یونیزان در پزشکی است. بر اساس گزارش شماره ۱۶۰ انجمن ملی حفاظت و اندازه‌گیری‌های رادیولوژیکی (National Council on Radiological Protection and Measurements, NCRP) حدود ۹۵٪ آزمون‌های رادیولوژیکی شامل کاربردهای پزشکی این منابع است که این مقدار ۷۴٪ دوز تجمعی جمعیت ایالات متحده آمریکا را تشکیل می‌دهد.^۱ با پیشرفت سریع تکنولوژی در دو دهه گذشته تعداد آزمون‌های رادیولوژی تشخیصی گسترش قابل توجهی داشته است.^{۲-۹} بررسی‌ها نشان می‌دهد روزانه بیش از ۱۰ میلیون آزمون پرتونگاری

در سال ۱۸۹۵ Wilhelm Conrad Röntgen فیزیکدان آلمانی زمانی که در حال آزمایش با یک تیوب تخلیه الکتریکی بود، پرتو ایکس را کشف کرد.^۱ مدت کوتاهی پس از آن پرتو ایکس به‌عنوان یک ابزار تشخیصی و در مدت پنج سال برای کاربردهای درمانی مورد استفاده قرار گرفت.^۲ ورود پرتوهای یونیزان به پزشکی همراه با دستاوردهای بزرگی بود.^۳ امروزه رادیولوژی تشخیصی یکی از مفیدترین کاربردهای

آزمون‌های رادیولوژیکی تشخیصی انجام شده در انگلیس و ۱۴ کشور توسعه‌یافته دیگر نشان دادند که رادیولوژی تشخیصی مسئول ۰/۶ تا ۳/۳٪ خطرات تجمعی سرطان است.^{۳۰}

مکانیسم اثر پرتوهای یونیزان بر روی بافت‌های بدن که سبب تغییرات بیولوژیکی در آن‌ها می‌شود به دو دسته اثرات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شوند.

اثرات مستقیم: پرتو به‌صورت مستقیم با DNA به‌عنوان مولکول هدف برخورد کرده و منجر به یونیزه شدن و یا برانگیخته شدن آن می‌گردد. تمام اتم‌ها یا مولکول‌های درون سلول مانند پروتئین‌های سازمان‌یافته یا آنزیمی و RNA نسبت به پرتو آسیب‌پذیرند. به هر حال DNA مولکول هدف آن است که منجر به شکست‌های تک رشته‌ای و یا دو رشته‌ای در کروموزوم‌ها می‌شود.^{۳۱،۳۲} به‌دلیل اندازه کوچک DNA (هر مارپیچ DNA ضخامت به اندازه ۲ nm دارد)، اثرات مستقیم به‌طور معمول به‌ندرت اتفاق می‌افتند.^{۳۳} اگر پرتو دارای انرژی کافی برای چیرگی بر نیروی بین مولکولی باشد، مولکول‌های آب تجزیه می‌شوند. اثرات مستقیم برای پرتوهای با قابلیت انتقال خطی انرژی (Linear energy transfer, LET) بالا مانند نوترون‌ها یا ذرات آلفا پدیده‌ای غالب است و در مورد پرتوهای ایکس به‌ندرت اتفاق می‌افتد.^{۳۴}

اثرات غیرمستقیم: ناشی از برخورد پرتو با سیتوپلاسم (آب سلولی) است که منجر به تولید رادیکال‌های آزاد (اتم یا مولکول حاوی الکترون جفت نشده) می‌شود. این رادیکال‌های آزاد با اتم‌ها و مولکول‌های موجود در سلول (به‌ویژه DNA) وارد واکنش می‌شوند و منجر به آسیب رساندن به آن‌ها می‌شوند. چون حدود ۸۰٪ جرم سلول از آب تشکیل شده است، در پرتوگیری پزشکی، بیشتر صدمات پرتو از برخورد غیرمستقیم پرتو با مولکول‌های آب ناشی می‌شوند. باور بر این است که علت اصلی صدمات بیولوژیکی پرتوهای با LET پایین (مانند پرتوی ایکس) تولید رادیکال‌های آزاد است.^{۳۱،۳۲} تخمین زده می‌شود که بیش از ۶۰٪ آسیب ناشی از پرتو ایکس به DNA سلول‌های پستانداران ناشی از رادیکال آزاد هیدروکسیل است.^{۳۲}

اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان به سه دسته اثرات قطعی بدنی (سوماتیکی)، احتمالی بدنی و ژنتیکی (وراثتی) تقسیم می‌شوند.

اثرات قطعی بدنی: اثرات قطعی یا غیراحتمالی هنگامی که میزان دوز دریافتی به‌نسبت زیاد باشد پدیدار می‌شود و سبب از بین رفتن

در دنیا انجام می‌شود.^{۳۰} درحالی‌که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ جمعیت جهان به‌میزان ۴۵٪ رشد داشته است، تعداد آزمون‌های رادیولوژیکی تشخیصی در این مدت به‌میزان ۱۰۰٪ و به‌دنبال آن دوز موثر تجمعی جمعیت جهان به‌طور تقریبی به‌میزان ۷۰٪ افزایش یافته است.^{۱۱،۱۲} به‌دلیل اجتناب‌ناپذیر بودن تشخیص و درمان بسیاری از ناهنجاری‌ها با استفاده از پرتوهای یونیزان و منافع منحصربه‌فرد آن، عدم استفاده از این پرتوها سلامت جامعه را به خطر می‌اندازد.^{۱۳،۱۴} با وجود منافعی که پرتوهای یونیزان در تشخیص و درمان بیماری‌ها دارند، از دیدگاه حفاظت در برابر پرتو منشأی خطرات بالقوه‌ای هستند.^{۱۵،۱۶} در مورد رابطه بین پرتوگیری و افزایش بروز بدخیمی‌ها و سرطان سابقه‌ای بسیار طولانی وجود دارد. اولین کسانی که با پرتوهای ایکس و مواد پرتوزا کار می‌کردند به‌زودی دریافته‌اند که پرتوها می‌توانند سبب سوختگی یا آسیب‌های دیگر شوند و ممکن است چند سال پس از تابش، بیماری‌هایی مانند سرطان ایجاد کنند.^{۱۵} شواهد اپیدمیولوژیک و مشاهدات تجربی گویای وجود رابطه بین پرتوگیری و افزایش بروز بدخیمی‌هایی مانند سرطان و لوکمیا است.^{۱۶-۲۱}

اثرات سرطان‌زای پرتوهای یونیزان به‌طور گسترده‌ای مطالعه شده است. بیشتر این داده‌ها براساس مطالعات بر روی بازماندگان بمب اتمی ژاپن، مطالعات بر روی رادیولوژیست‌ها و تکنولوژیست‌های رادیولوژی در سایر کشورها، مطالعات بر روی کارکنان صنعت هسته‌ای و مطالعات بر روی بیماران با سابقه پرتوگیری‌های فراوان حاصل شده‌اند. به‌عنوان نمونه: افزایش بروز لوسمی در کودکانی که مادران آن‌ها در زمان بارداری پرتوگیری تشخیصی داشته‌اند،^{۲۲-۲۶} افزایش بروز سرطان پستان در زنان مبتلا به توبرکلوزیس که به‌طور مکرر جهت مانتیورینگ تحت فلوروسکوپی قرار گرفته بودند^{۲۷-۲۹} و یا در زنان مبتلا به اسکولیوزیس که به‌صورت دوره‌ای پرتوگیری داشته‌اند.^{۳۰}

Ronckers و همکاران با بررسی ۵۵۷۳ بیماری که بین سال‌های ۱۹۱۲ تا ۱۹۶۵ میلادی جهت ناهنجاری‌های ستون فقرات پرتوگیری تشخیصی داشتند، نشان دادند که رادیوگرافی‌های مکرر منجر به دوز تجمعی پستان، ریه، تیروئید و مغز استخوان به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۹۰، ۴۱۰، ۷۴۰ و ۱۰۰۰ راد شده است.^{۱۹} نرخ مرگ‌ومیر ناشی از سرطان در این گروه از بیماران به‌میزان ۸٪ بیشتر از گروه کنترل گزارش گردید. همچنین De Gonzalez و همکاران با بررسی تعداد سالانه

ناشی از پرتو ایکس رخ داد که تعدادی از آن‌ها منجر به مرگ شدند.^{۳۸} از سال ۱۹۱۱ تا ۱۹۱۴ تعداد ۵۴ مورد مرگ در اثر سرطان و ۱۹۸ مورد مربوط به بیماری‌های بدخیم گزارش گردید.^{۳۷} پژوهشگران دریافتند نیازمند روشی برای اندازه‌گیری دوز پرتو و تعیین خطوط راهنمای ایمنی برای آن هستند.^۲

در ابتدا ابزار و یا واحد دقیقی برای اندازه‌گیری پرتو وجود نداشت. اولین تلاش برای تعیین یک حد پرتوگیری (Exposure) ایمنی، دوز اریتمای پوست بود که بنا به تعریف دوزی بود که منجر به قرمز شدن پوست می‌شد، ولی همراه با محدودیت‌هایی مانند وابستگی به اثرات بیولوژیکی آشکار برای تعیین حد مجاز پرتوگیری بود. به‌عنوان نمونه دوز مورد نیاز برای ایجاد اریتم در افراد مختلف متفاوت بوده و حتی در برخی موارد تا چندین روز پس از تابش رخ نمی‌داد.^{۳۲،۳۳} بر اساس آخرین یافته‌ها حداقل دوز برای ایجاد اریتما در حدود ۲۰۰ رم تخمین زده شده است.^۲ اولین تلاش‌ها برای تدوین قوانین حفاظت رادیولوژیکی توسط انجمن رونتگن در سال ۱۹۱۶ صورت گرفت. به‌دنبال آن در سال ۱۹۲۱ کمیته حفاظت در برابر پرتوهای ایکس و رادیوم انگلستان معیارهایی درباره حفاظت در برابر پرتوها منتشر کرد.^{۳۷،۳۸}

در سال ۱۹۲۵ کنگره بین‌المللی رادیولوژی برای استفاده با اطمینان و موثر از پرتو، کمیسیون بین‌المللی یکاها و اندازه‌گیری‌های رادیولوژیکی (International Council of Units and Measurements, ICRU) را تاسیس کرد. به‌دنبال آن در سال ۱۹۲۸ کمیسیون بین‌المللی حفاظت رادیولوژیکی (International Commission on Radiological Protection, ICRP) تشکیل شد. ICRP در سال ۱۹۲۹ کمیته ملی حفاظت در برابر پرتو و اندازه‌گیری‌های رادیولوژیکی (NCRP) را تاسیس کرد.^{۱۲}

در سال ۱۹۲۸ رونتگن (۱۰^{-۴} × ۲/۵۸ کولن بر کیلوگرم) به‌عنوان واحدی برای اندازه‌گیری پرتو انتخاب گردید. رونتگن معیاری برای اندازه‌گیری تعداد الکترون‌های ایجاد شده در هوا می‌باشد اما در بیان آسیب‌های پرتوگیری در افراد ناتوان است. در سال ۱۹۵۳ واحدی به‌نام راد (۱۰۰ بر گرم) برای بیان میزان انرژی واگذار شده در ماده انتخاب شد. مدت کوتاهی پس از آن مشخص شد که پرتوهای مختلف اثرات بیولوژیکی متفاوتی بر روی بدن دارند بنابراین واحد جدیدی به‌نام رم برای اندازه‌گیری پرتو ارایه شد. یک رم عبارت

تعداد زیادی از سلول‌های بافتی می‌گردد. این امر ممکن است به از بین رفتن عملکرد اندام‌های آسیب‌دیده نیز منجر گردد. برای بروز این‌گونه اثرات همواره یک دوز آستانه وجود دارد که پایین‌تر از آن، اثرات قطعی بروز نمی‌نماید. در دوزهای بالاتر از سطح آستانه، با افزایش میزان پرتوگیری، شدت اثرات قطعی افزایش می‌یابد.^{۳۵،۳۶،۳۷} ایجاد کاتاراکت در عدسی چشم و اختلالات باروری مثالی از اثرات قطعی می‌باشد.^{۳۵}

اثرات احتمالی بدنی: اثرات احتمالی، مستقل از شدت پرتو و فاقد هرگونه آستانه‌ای هستند و بنابراین در تمام سطوح پرتوگیری ممکن است اتفاق بیفتند. بروز لوسمی و انواع سرطان‌ها و آسیب‌های ژنتیکی (وراثتی) از پیامد خطرناک این‌گونه پرتوگیری‌ها می‌باشند.^{۳۵} احتمال وقوع این اثرات با افزایش دوز بیشتر می‌شود اما شدت آن به دوز بستگی ندارد.^{۳۴،۳۷} باور بر این است که اثرات تصادفی مهمترین خطر پرتوگیری با دوزهای پایین مورد استفاده در رادیولوژی تشخیصی و پزشکی هسته‌ای است.^{۳۲}

اثرات ژنتیکی: پرتوهای یونیزان می‌توانند موجب آسیب‌های کروموزومی، تغییرات ژنتیکی و سایر بدخیمی‌ها شوند. اگر این تغییر کروموزومی (تغییر در ساختار DNA) در یک سلول جنسی (بیضه یا تخمدان) باشد، این آسیب به شکل یک موتاسیون وراثتی به نسل آینده منتقل خواهد شد. اثرات ژنتیکی، ناشی از اثر پرتو بر روی DNA موجود در توده‌های سلولی (Germ cells) است که این اختلال می‌تواند منجر به بی‌نظمی در محتوای داده‌های سلول‌های بدن گردد. این‌گونه اثرات در فردی که پرتوگیری داشته است بروز نمی‌کند ولی دارای پتانسیل بالا برای پدیدار شدن در فرزندان و نسل‌های آینده افراد تابش‌شده هستند.^{۳۳،۳۵} این اثرات اهمیت زیادی دارند. چون اثرات در نسلی بروز می‌کند که خود پرتو دریافت نکرده، ردیابی آن‌ها مشکل است. به‌طور کلی احتمال بروز آسیب‌های ژنتیکی پنج برابر کمتر از خطر سرطان‌های کشنده تخمین زده شده است.^{۳۴}

در سال ۱۸۹۶، ۲۳ مورد رادیودرمیت در اثر پرتو گزارش گردید.^{۳۷} اولین قربانی مرگ پرتو ایکس کلارنس دالی (Clarence Dally) دستیار توماس ادیسون (Thomas Edison) بود که در سال ۱۹۰۴ در اثر ابتلا به سرطان پوست درگذشت. برخی دیگر از افراد پیشگام در این زمینه به‌دلیل ابتلا به بیماری‌های ناشی از پرتو درگذشتند.^۲ بین سال‌های ۱۸۹۵ تا ۱۹۱۰ صدها مورد سوختگی شدید

سرطان کشنده را یک مورد در هر ۲۰۰۰ نفر افزایش می‌دهد. با توجه به جدول ۱ این دوز به‌طور تقریبی معادل با دوز ناشی از یک آزمون رادیولوژیکی تنقیه باریم و یا یک CT شکم است. این دوز معادل دوزی است که در طول مدت ۳/۳ سال از پرتو زمینه می‌توان دریافت کرد.^{۳۸} اگرچه با فرض مدل خطی-بدون آستانه به‌طور احتمالی ریسک مخاطره پایینی دارد.^{۳۰،۳۰} اما با توجه به گسترش روزافزون آزمون‌های رادیولوژیکی و اثرات تجمعی پرتو، همین دوزهای پایین می‌تواند سالانه منجر به تعداد قابل توجهی سرطان شود.^{۳۰،۳۰}

یک مطالعه مشاهده‌ای گسترده در سال ۲۰۰۹ شامل حدود یک میلیون نفر در ایالات متحده آمریکا نشان داد که بیشتر بیماران در دوره کوتاهی، آزمون‌های رادیولوژیکی مختلفی انجام داده‌اند.^{۱۶} Eisenberg و همکاران نیز چنین نتایجی را گزارش کردند.^{۹۱} هر دو مطالعه نشان داد که دوز ناشی از پرتوگیری‌های مختلف در یک فرد می‌تواند منجر به دوز تجمعی بیش از ۵۰ میلی‌سیورت شود که بر اساس شواهد اپیدمیولوژیکی، نزدیک و یا متجاوز از مقدار مورد نیاز برای القای سرطان است.^{۳۰،۳۰} همچنین احتمال افزایش لوکمپای لنفوماتیک حاد در رادیوگرافی معمولی گزارش شده است.^{۵۲} تخمین زده می‌شود که دوز ناشی از آزمون‌های رادیولوژی تشخیصی سالانه مسئول ۷۵۸۷ مورد سرطان در جمعیت ژاپن و ۵۶۹۵ مورد سرطان در جمعیت ایالات متحده آمریکا است.^{۳۰}

بر این اساس هرگونه تلاشی در جهت کاهش دوز بیماران (به‌ویژه بچه‌ها) باید انجام شود. حفاظت بیمار در رادیولوژی شامل تصمیم‌گیری‌های پزشکی و تکنیکی است. تصمیم‌گیری پزشکی در مورد این است که آیا انجام یک آزمون رادیولوژیکی به‌راستی ضروری است یا نه؟ تصمیم‌گیری‌های تکنیکی مربوط به انتخاب تجهیزات مناسب برای بهینه‌سازی و کاهش دوز بیماران می‌باشد.^{۴۵} درحالی‌که پیشرفت‌های قابل‌توجهی درباره سرعت و کیفیت تصاویر دستگاه‌های رادیولوژی صورت گرفته، با این حال در زمینه جنبه‌های حفاظتی و کاهش دوز این تجهیزات یا بهینه‌سازی اندکی صورت گرفته و یا هرگز مورد توجه قرار نگرفته است.^{۳۸} اگرچه فاکتورهای مانند حفاظت تیوب، یکسوسازی و فیلتراسیون دسته پرتو در کنترل پرتونگار نیستند^{۴۵} اما پارامترهای مختلفی وجود دارد که پرتونگار می‌تواند، ضمن حفظ کیفیت تصویر، برای کاهش پرتوگیری بیمار از آن‌ها استفاده کند.^{۱۲}

است از حاصلضرب یک راد ضربدر عاملی به‌نام "فاکتور کیفیت" که اثرات بیولوژیکی نسبی پرتوهای مختلف را بیان می‌کند. همزمان با ایجاد و به اجرا درآمدن این واحدهای جدید، ابزارها و شناساگرهای جدیدی برای اندازه‌گیری پرتوگیری‌های مختلف توسعه یافتند.^۲

بخش گسترده‌ای از توصیه‌های حفاظت در برابر پرتو مربوط به مطالعات بر روی بازماندگان بمب اتمی ژاپن است که دوز بالایی دریافت کرده بودند.^{۴۱-۳۹} امروزه نگرانی عمده پرتوگیری جمعیت از سطوح پایین دوزهای پرتوهای یونیزان است.^{۴۱} ICRP در گزارش شماره ۲۶ و دوباره در گزارش شماره ۶۰، سه اصل اساسی حفاظت در برابر پرتو را توصیه نموده است.^{۴۲،۴۰}

بر اساس ICRP انجام هر گونه آزمون رادیولوژیکی باید به گونه‌ای باشد که پرتوگیری بیمار و جامعه به‌صورت معقول و ممکن تا حد پایین حفظ شود. رابطه بین دوز و مخاطره به‌شدت خطی و بدون آستانه است، بنابراین هیچ دوزی از پرتو بی‌خطر نیست و هر دوز اثری به‌دنبال خواهد داشت.^{۴۳،۴۳} اگرچه این تخمین ممکن است خیلی محافظه‌کارانه باشد اما اصل اساسی استانداردهای حفاظت امروزی است.^{۴۵}

استفاده از پرتو بر مبنای فلسفه "خطرات در برابر منافع" می‌باشد. بر همین مبنای انجام یک آزمون رادیولوژیکی تنها زمانی قابل توجه است که منفعت آن برای بیمار بیشتر از مخاطره آن باشد. در میان تمام روش‌های رادیولوژی تشخیصی، CT مسئول بیشترین دوز تابشی به بیماران است. CT تنها ۱۳٪ از کل آزمون‌های رادیولوژیکی را تشکیل می‌دهد درحالی‌که سهم ۷۰٪ در دوز تجمعی بیماران دارد.^{۴۶} در ایالات متحده آمریکا تعداد آزمون‌های CT از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ به میزان ۱۶/۵ برابر افزایش داشته است.^{۴۷}

بر اساس توصیه‌های ICRP، دوز ناشی از CT بیشتر نزدیک و یا متجاوز از سطوح مورد نیاز جهت القای سرطان است.^{۴۸} دوز ناشی از یک آزمون CT شکم به‌طور تقریبی ۵۰۰ برابر دوز ناشی از یک رادیوگرافی قفسه صدری است.^{۴۶} Gonzalez و همکاران تخمین زدند که CT‌های انجام‌شده در جمعیت ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۰۷ مسئول القای ۲۹۰۰۰ مورد سرطان آتی در جمعیت این کشور هستند.^{۴۹} دوز موثر یک آزمون رادیولوژیکی منفرد اغلب کمتر از یک رم است (جدول ۱).^{۳۰}

بر اساس گزارش‌ها، دریافت دوز موثر یک رم، خطر ابتلا به

جدول ۱: دوز موثر برخی آزمون‌های رادیولوژی تشخیصی (برگرفته از رفرنس^{۳۳} با برخی تغییرات).

تعداد رادیوگرافی قفسه صدری معادل با این دوز	میانگین دوز موثر (mSv)	آزمون رادیولوژی تشخیصی
		رادیوگرافی
۵	۰/۱	جمع‌جمه
۱۰	۰/۲	فقرات گردن
۵۰	۱	فقرات پشتی
۷۵	۱/۵	فقرات کمر
۵	۰/۱	قفسه صدری (روبه‌رو و نیم‌رخ)
۱	۰/۰۲	قفسه صدری (روبه‌رو)
۳۵	۰/۷	شکم
۳۰	۰/۶	لگن
۳۵	۰/۷	هیپ
-	۰/۰۱	شانه
-	۰/۰۰۵	زانو
۴۰۰	۸	باریم انما
۲۵۰	۵	سری روده کوچک
-	۰/۰۰۱	سایر اندام‌ها
۲۰	۰/۴	ماموگرافی
		توموگرافی کامپیوتری
۱۰۰	۲	سر
۱۵۰	۳	گردن
۳۵۰	۷	قفسه صدری
۴۰۰	۸	شکم
۳۰۰	۶	لگن
۳۰۰	۶	فقرات
۸۰۰	۱۶	آنژیوگرافی کرونری
		رادیوگرافی دندانانی
-	۰/۰۰۵	رادیوگرافی داخل دندانانی
-	۰/۰۱	پانورامیک
۱۰	۰/۲	توموگرافی کامپیوتری دندان

پراکنده ضمن بهبود کیفیت تصویر، دوز بیماران را نیز کاهش می‌دهد. دو برابر کردن میدان پرتو دوز کل بیمار را دو برابر می‌کند.^{۵۶-۵۴} کاهش ابعاد میدان پرتو در رادیوگرافی فقرات کمری از ۱۰×۸ اینچ به ۶×۶ اینچ، دوز بیماران را تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد.^{۱۱} گذر از رادیولوژی آنالوگ به رادیولوژی دیجیتال همراه با کاهش انگیزه‌ها جهت

برای انجام هر نوع رادیوگرافی، باید ابعاد میدان پرتو به ناحیه مورد نظر تشخیصی محدود گردد.^{۲۱، ۵۳، ۵۴} محدودسازی نامناسب به‌عنوان بزرگ‌ترین عامل پرتوگیری غیرضروری بیماران در رادیوگرافی جنرال شناخته شده است.^{۵۴} محدودسازی دسته پرتو اولیه حجم بافت تابش‌دیده را کاهش داده و با کاهش تولید پرتوهای

نمی‌شود باید دستگاه به‌نحوی تنظیم شود که داده‌های تشخیصی با کیفیت مورد نیاز و با کمترین دوز تابشی بیمار به‌دست آید.^{۶۱} استفاده از گیرنده‌های دیجیتالی بدون کاهش کیفیت تصویر می‌تواند دوز بیماران را تا ۵۰٪ کاهش دهد.^{۳۸}

برای انجام هر رادیوگرافی باید از بیشترین فاصله عملی کانون تا فیلم، بسته به محدودیت‌های دستگاه و اتاق پرتودهی، استفاده شود. این کار افزون بر کاهش دوز بیماران، کیفیت تصویر را نیز بهبود می‌بخشد. بر اساس استانداردها، رادیوگرافی بیشتر اندام‌ها باید در فاصله ۱۱۵-۱۱۰ cm انجام شوند. همچنین رادیوگرافی نیم‌رخ ستون فقرات گردنی در فاصله ۱۵۰ cm و رادیوگرافی قدامی قفسه صدری در حالت ایستاده در فاصله ۱۸۰ cm توصیه می‌شود.^{۶۲}

گرید (Grid) وسیله‌ای است که بین بیمار و گیرنده تصویر قرار می‌گیرد و با جذب پرتوهای پراکنده، کیفیت و کنتراست تصویر را بهبود می‌بخشد. استفاده از گرید مستلزم استفاده از شرایط تابشی بالا است. گرید تنها باید در مواقعی استفاده شود که احتمال وجود پرتوهای پراکنده در سطح غیر قابل قبول است. بر اساس استانداردها زمانی باید از گرید استفاده شود که ضخامت عضو بیشتر از ۱۰ تا ۱۲ cm است. بنابراین در مواردی مانند رادیوگرافی از کودکان و عضوهای با ضخامت کم جهت پایین نگه داشتن شرایط پرتودهی و در نتیجه کاهش دوز نباید از گرید استفاده شود.^{۶۱}

پرتوهای ایکس تولیدی از دستگاه‌های رادیولوژی دارای طیف گسترده‌ای از انرژی‌های مختلف هستند، به‌طوری که انرژی میانگین باریکه در حدود یک‌دوم تا یک‌سوم انرژی بیشینه است.^{۶۳} پرتوهای نرم (کم انرژی) در سانتی‌مترهای نخست بافت جذب می‌شوند و ارزش تشخیصی ندارند. برای کاهش دوز بیمار، در مواردی که عملی باشد، می‌توان از فیلتر اضافی استفاده کرد. مس و آلومینیوم دو فیلتر رایج مورد استفاده در رادیولوژی هستند، آلومینیوم به‌دلیل عدد اتمی پایین‌تر ($Z=13$) یک جاذب برتر است.^{۶۱}

در رادیوگرافی، برخی نماها از دیدگاه حفاظت تشعشی برای بیمار برتری دارند. برای نمونه در رادیوگرافی جمجمه، استفاده از نمای خلفی-قدامی (Posterior Anterior, PA) به‌جای نمای قدامی-خلفی (Anterior Posterior, AP)، پرتوگیری عدسی چشم را به‌میزان ۹۵٪ کاهش می‌دهد. همچنین در رادیوگرافی ستون فقرات در بیماران اسکولیوزیس استفاده از نمای PA به‌جای نمای AP تابش پستان‌ها را

کولیماسیون مناسب بوده است.^{۵۷} Karami و همکاران در مطالعه‌ای با بررسی ۳۴۸ رادیوگرافی قفسه صدری در نوزادان زیر یک سال نشان دادند که تنها ۵۴ رادیوگرافی (۱۵/۵٪) دارای محدودسازی مناسب بودند.^{۵۳} تخمین زده شد که کولون و گناده‌ها به‌عنوان اندام‌های حساس به پرتو به‌دلیل محدودسازی نامناسب به‌ترتیب در ۶۳٪ و ۱۸٪ موارد به‌طور غیرضروری پرتوتابی شده بودند.

حفاظ یکی از روش‌های بالقوه کاهش پرتوگیری در آزمون‌های رادیولوژیکی است.^{۵۸،۶۴} در رادیوگرافی جنرال، پوشاندن گنادهای ۱ mm سرب، دوز رسیده به بیضه‌ها را تا ۹۵٪ و دوز تخمدان‌ها را تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد.^{۶۵،۶۶} همچنین روپوش سربی ۷۵ تا ۸۰٪ مغز فعال استخوان بدن را می‌پوشاند.^{۶۲} با این حال گزارشات حاکی از وضعیت ضعیف حفاظ‌گذاری بیماران در رادیوگرافی جنرال است.^{۶۴} حفاظ بیسموتی به‌عنوان روشی موثر برای کاهش پرتوگیری اندام‌های حساس به پرتو بیماران در آزمون‌های CT پیشنهاد شده است.^{۵۸،۶۷} با وجود منافع بالقوه حفاظ‌های بیسموتی، بیشتر تکنولوژیست‌های رادیولوژی از وجود چنین حفاظ‌هایی آگاهی ندارند.^{۶۶}

در مطالعه‌ای که توسط گروه حاضر در پنج بیمارستان عمومی شهر اهواز انجام شد، تمام مراکز CT مورد بررسی، فاقد حفاظ بیسموتی بودند.^{۶۷} Karami و Zabihzadeh در یک بررسی مروری سیستماتیک گسترده، وضعیت حفاظت در برابر پرتوهای یونیزان در مراکز پرتو تشخیصی ایران را طی سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۴ بررسی و گزارش کردند و نتیجه گرفتند، با وجود گسترش استفاده از پرتوهای یونیزان در تشخیص و درمان بیماری‌ها، وضعیت حفاظتی مراکز پرتو تشخیصی کشور در ۱۸ سال گذشته بهبودی حاصل نکرده است.^{۶۴} آن‌ها تاکید کردند که یکی از نگرانی‌های عمده، وضعیت ضعیف حفاظ‌گذاری برای بیماران در مراکز پرتو تشخیصی کشور بود، در حالی‌که بیشتر مراکز کم و بیش از وجود تجهیزات حفاظتی برای بیماران بهره‌مند بوده‌اند، ولی به‌دلیل عدم پذیرش از جانب رادیوگرافرها، به‌ندرت برای بیماران مورد استفاده قرار می‌گرفتند. بنابراین تهیه و به‌کارگیری حفاظ‌های سربی در رادیوگرافی جنرال و حفاظ‌های بیسموتی در CT تاکید می‌شود.

برای انجام هر آزمون رادیولوژیکی جهت کاهش دوز بیمار استفاده از سریع‌ترین ترکیب فیلم-صفحه متناسب با کیفیت تصویر توصیه می‌شود. در رادیوگرافی دیجیتالی به‌دلیل اینکه از فیلم استفاده

حذف و یا کاهش آزمون‌های رادیولوژیکی غیرضروری نیازمند عزم ملی بین وزارت بهداشت، انجمن‌های رادیولوژی، سازمان‌های بیمه‌گر و سازمان صدا و سیما با تاکید بر روی برنامه‌های آموزشی دوره‌ای برای پزشکان است.

آسیب بالقوه سطوح پایین دوزهای مورد استفاده در رادیولوژی تشخیصی، خطر القای سرطان (به‌ویژه لوسمی) است. اگرچه احتمال بروز بدخیمی‌ها و سرطان در این سطح بسیار پایین است، اما با توجه به افزایش سریع تعداد آزمون‌های پرتونگاری در دو دهه گذشته و همچنین گزارشات مربوط به بخش قابل توجهی از بیماران که در مدت زمان کوتاهی تحت آزمون‌های پرتونگاری گوناگونی قرار گرفته‌اند، اثرات بدخیم احتمالی نباید نادیده گرفته شوند. بنابراین بر مبنای اصل "هرچه کمتر موجه شدنی" هر گونه تلاشی جهت کاهش پرتونگاری بیماران (به‌ویژه بچه‌ها و بیماران) که پرتونگاری مکرر دارند) باید انجام شود. آگاهی و تاکید مکرر بر رعایت دستورکارهای حفاظتی موجود از طرف پزشکان در تجویز رادیوگرافی و نیز تکنسین‌های رادیولوژی در بخش‌های تصویربرداری می‌تواند مخاطرات پرتونگاری بیماران را کاهش دهد.

سپاسگزاری: این مقاله برگرفته از بخشی از پایان‌نامه تحت عنوان "طراحی و دوزیمتری حفاظی نوین برای حفاظت از گنادهای کودکان در رادیوگرافی لگن" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۴ به شماره U-94150 است که با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز به انجام رسیده است. نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از این معاونت محترم ابراز می‌دارند.

References

1. Khan FM, Gibbons JP. Khan's the Physics of Radiation Therapy. Philadelphia, PA: Lippincott Williams and Wilkins; 2014.
2. Boyd WL. Using thermoluminescent dosimeters to measure the dose from high and low energy X-ray sources. [Thesis] Las Vegas: University of Nevada; 2009.
3. Holmberg O, Malone J, Rehani M, McLean D, Czarwinski R. Current issues and actions in radiation protection of patients. *Eur J Radiol* 2010;76(1):15-9.
4. Gholamhosseinian-Najjar H, Bahreyni-Toosi MT, Zare MH, Sadeghi HR, Sadoughi HR. Quality control status of radiology centers of hospitals associated with Mashhad University of Medical Sciences. *Iran J Med Phys* 2014;11(1):182-7.
5. Schauer DA, Linton OW. NCRP Report No. 160, Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States, medical

به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد.^{۱۲} برای انجام هر رادیوگرافی به شرطی که کیفیت تصویر در حد قابل قبولی باقی بماند، باید از حداکثر کیلو ولتاژ و کمترین میلی‌آمپرتانیه استفاده شود. در این حالت گرچه در عمل ممکن است کنتراست تصویر کاهش یابد ولی پرتونگاری بیمار به‌میزان قابل توجهی کمتر خواهد شد. بنابراین برای بهینه‌سازی دوز دریافتی بیماران باید توازن مناسبی بین کنتراست و شرایط پرتودهی وجود داشته باشد. برای نمونه، تابش با شرایط ۹۰ kVp و ۳۶ mAs در مقایسه با شرایط ۷۶ kVp و ۷۵ mAs، بدون کاهش کیفیت تصویر، دوز جذبی بیضه‌ها و تخمدان‌ها را به ترتیب به میزان ۳۲ و ۲۶٪ کاهش می‌دهد.^{۱۳}

بر پایه اصل توجه‌پذیری، انجام هرگونه پرتونگاری تنها زمانی قابل توجه است که سود کافی برای جمعیت تابش‌دیده داشته باشد تا ضررهای پرتونگاری قابل توجهی نباشد. با این حال بررسی‌ها نشان می‌دهد که حداقل یک‌سوم آزمون‌های رادیولوژیکی غیرضروری و بدون کاهش منافع بیمار قابل حذف هستند.^{۶۴} Karami و Zabihzadeh تخمین زدند که روزانه بیش از ۱۰ میلیون آزمون رادیولوژی تشخیصی غیرضروری در دنیا انجام می‌شود که رقمی قابل توجه است.^{۱۴}

تخمین زده می‌شود که آزمون‌های رادیولوژیکی غیرضروری سالانه مسئول القای ۲۵۰-۱۰۰ مورد سرطان در جمعیت انگلستان هستند.^{۶۵} با حذف این آزمون‌های غیرضروری می‌توان تا حدود یک‌سوم مخاطرات پرتونگاری را کاهش داد.^{۶۶} به نظر می‌رسد راه‌حل

exposure: are we doing less with more, and is there a role for health physicists? *Health Phys* 2009;97(1):1-5.

6. Mercuri M, Sheth T, Natarajan MK. Radiation exposure from medical imaging: A silent harm? *CMAJ* 2011;183(4):413-4.
7. Zabihzadeh M, Karami, V. Current Status of the Fetography: Preventing of the future radiation induced cancer. *Iran J Cancer Prev* 2016:e5209. [In press]
8. Gholami M, Nemati F, Karami V. The evaluation of conventional X-ray exposure parameters including tube voltage and exposure time in private and governmental hospitals of Lorestan Province, Iran. *Iran J Med Phys* 2015;12(2):85-92.
9. Ofori K, Gordon SW, Akrobertu E, Ampene AA, Darko EO. Estimation of adult patient doses for selected X-ray diagnostic examinations. *J Radiat Res Appl Sci* 2014;7(4):459-62.

10. Karami V, Zabihzadeh M, Gholami M. Gonad shielding for patients undergoing conventional radiological examinations: Is there cause for concern? *Jentashapir J Health Res* 2016;7(2):e31170.
11. Zoetelief J. Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. *Radiat Prot Dosimetry* 2013;155(3):380-7.
12. Dowd SB, Tilson ER, editors. Practical Radiation Protection and Applied Radiobiology. 2nd ed. Philadelphia, PA: W.B. Saunders; 1999.
13. Fatahi-Asl J, Cheki M, Karami V. Quality control of diagnostic radiology devices in the selected hospitals of Ahvaz city. *Jentashapir J Health Res* 2013;4(5):371-7.
14. Karami V, Zabihzadeh M. Radiation protection in diagnostic X-ray imaging departments in Iran: a systematic review of published articles. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2016;26(135):175-88.
15. Sadre-Momtaz AR, Ghasemi-nezhad Z. Study of the workers absorbed dose on the basis of their organizational post in three nuclear medicine clinics in Guilan Province. *J Guilan Univ Med Sci* 2011;21(81):53-61.
16. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, Ross JS, Chen J, Ting HH, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med* 2009;361(9):849-57.
17. Linet MS, Slovis TL, Miller DL, Kleinerman R, Lee C, Rajaraman P, et al. Cancer risks associated with external radiation from diagnostic imaging procedures. *CA Cancer J Clin* 2012;62(2):75-100.
18. Chou LB, Cox CA, Tung JJ, Harris AH, Brooks-Terrell D, Sieh W. Prevalence of cancer in female orthopaedic surgeons in the United States. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(1):240-4.
19. Ronckers CM, Land CE, Miller JS, Stovall M, Lonstein JE, Doody MM. Cancer mortality among women frequently exposed to radiographic examinations for spinal disorders. *Radiat Res* 2010;174(1):83-90.
20. Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(16):2052-63.
21. Fatahi-Asl J, Tahmasbi M, Karami V. The Protection knowledge and performance of radiographers in some hospitals of Ahvaz County. *Jentashapir J Health Res* 2013;4(5):405-12.
22. Giles D, Hewitt D, Stewart A, Webb J. Malignant disease in childhood and diagnostic irradiation in utero. *Lancet* 1956;271(6940):447.
23. Stewart A, Webb J, Hewitt D. A survey of childhood malignancies. *Br Med J* 1958;1(5086):1495-508.
24. MacMahon B. Prenatal X-ray exposure and childhood cancer. *J Natl Cancer Inst* 1962;28:1173-91.
25. Wakeford R. Childhood leukaemia following medical diagnostic exposure to ionizing radiation in utero or after birth. *Radiat Prot Dosimetry* 2008;132(2):166-74.
26. Linet MS, Kim KP, Rajaraman P. Children's exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk: epidemiologic and dosimetric considerations. *Pediatr Radiol* 2009;39 Suppl 1:S4-26.
27. Boice JD Jr, Preston D, Davis FG, Monson RR. Frequent chest X-ray fluoroscopy and breast cancer incidence among tuberculosis patients in Massachusetts. *Radiat Res* 1991;125(2):214-22.
28. Howe GR, McLaughlin J. Breast cancer mortality between 1950 and 1987 after exposure to fractionated moderate-dose-rate ionizing radiation in the Canadian fluoroscopy cohort study and a comparison with breast cancer mortality in the atomic bomb survivors study. *Radiat Res* 1996;145(6):694-707.
29. Ron E. Cancer risks from medical radiation. *Health Phys* 2003;85(1):47-59.
30. Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004;363(9406):345-51.
31. Elgazzar AH, editor. The Pathophysiologic Basis Of Nuclear Medicine: New York, NY: Springer Science; 2006.
32. Hall EJ, Giaccia AJ. Radiobiology for the Radiologist. 6th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
33. Radiation Control and Radiological Services. University of Florida. Biological effects of ionizing radiation. [Internet] 2016 Apr [cited 2016 Nov 15]; Available from: webfiles.ehs.ufl.edu/rssc_biological_effects_ionizing_rad.pdf
34. Shannoun F, Blettner M, Schmidberger H, Zeeb H. Radiation protection in diagnostic radiology. *Dtsch Arztebl Int* 2008;105(3):41-6.
35. Vorees M. The increasing use of CT and its risks. *Radiol Technol* 2007;79(2):186-90.
36. Karami V, Zabihzadeh M. Ovarian shielding during pelvis radiography: risk versus benefit. *J Radiol Radiat Ther* 2016;4(1):1058.
37. Tavakoli M-B. Radiobiology and Radiation Protection. Isfahan: Mani; 2000. [Persian]
38. Marshall G, Keene S. Radiation safety in the modern radiology department: a growing concern. *Internet J Radiol* 2007;5(2):1-6.
39. Radiations NRCACotBEoI, Office USEPAR. The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation: report: National Academies; 1972.
40. Protection ICoR. ICRP Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: Elsevier Health Sciences; 1991.
41. Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, et al. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. *BMJ* 2005;331(7508):77.
42. ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26. Annals of the ICRP. 1977;1.
43. Wall B, Fisher E, Shrimpton PC, Rae S. Current levels of gonadal irradiation from a selection of routine diagnostic X-ray examinations in Great Britain. National Radiological Protection Board, Harwell (UK), 1980.
44. Moore C, Heeckt P. Reducing radiation risk in orthopaedic trauma surgery. *Bone Joint Sci*;2011;2(7).
45. Engel-Hills P. Radiation protection in medical imaging. *Radiography* 2006;12(2):153-60.
46. Karami V. Report a concern. *Tehran Univ Med J* 2015;73(7):544. [Persian]
47. Karami V, Zabihzadeh M. Prevalence of radiosensitive organ shielding in patients undergoing computed tomography examinations: an observational service audit in Ahvaz, Iran. *Asian Biomed J* 2015;9(6):771-5.
48. Task Group on Control of Radiation Dose in Computed Tomography. Managing patient dose in computed tomography. A report of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 2000;30(4):7-45.
49. Berrington de González A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M, Lewis R, Mettler F, et al. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med* 2009;169(22):2071-7.
50. Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2003;100(24):13761-6.
51. Eisenberg MJ, Afilalo J, Lawler PR, Abrahamowicz M, Richard H, Pilote L. Cancer risk related to low-dose ionizing radiation from cardiac imaging in patients after acute myocardial infarction. *CMAJ* 2011;183(4):430-6.
52. Willis CE, Slovis TL. The ALARA concept in pediatric CR and DR: dose reduction in pediatric radiographic exams: a white paper conference executive summary. *Pediatr Radiol* 2004;34:S162-S4.
53. Karami V, Zabihzadeh M, Gilavand A, Shams N. Survey of the use of X-ray beam collimator and shielding tools during infant chest radiography. *Int J Pediatr* 2016;4(4):1637-42.
54. Bailey E, Anderson V. Syllabus on Radiography Radiation Protection. acramento, California: Department of Health Services; 1995:46-50.

55. Fauber TL, Dempsey MC. X-ray field size and patient dosimetry. *Radiol Technol* 2013;85(2):155-61.
56. Koernig KJ. The effect of collimation on image quality and radiation safety in digital radiography of small animals. [Thesis] Alabama, United States: Auburn University; 2013.
57. Zetterberg LG, Espeland A. Lumbar spine radiography: poor collimation practices after implementation of digital technology. *Br J Radiol* 2011;84(1002):566-9.
58. Curtis JR. Computed tomography shielding methods: a literature review. *Radiol Technol* 2010;81(5):428-36.
59. Raissaki MT. Pediatric radiation protection. *Europ Radiol Suppl* 2004;14(1):74-83.
60. Frantzen MJ, Robben S, Postma AA, Zoetelief J, Wildberger JE, Kemerink GJ. Gonad shielding in paediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit. *Insights Imaging* 2012;3(1):23-32.
61. Knight SP. A paediatric X-ray exposure chart. *J Med Radiat Sci* 2014;61(3):191-201.
62. Frank ED, Long BW, Smith BJ. Merrill's Atlas Of Radiographic Positioning And Procedures. 12th ed. St. Louis, Mo.: Elsevier Mosby; 2012.
63. Curry TS III, Dowdey JE, Murry RC Jr. Christensen's Physics of Diagnostic Radiology. 4th ed. Philadelphia, PA: Lea & Febiger; 1990. P. 61-9.
64. Brenner DJ. Minimising medically unwarranted computed tomography scans. *Ann ICRP* 2012;41(3-4):161-9.
65. Quinn AD, Taylor CG, Sabharwal T, Sikdar T. Radiation protection awareness in non-radiologists. *Br J Radiol* 1997;70:102-6.
66. Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT, Weinmann S, Solberg LI, et al. The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr* 2013;167(8):700-7.
67. Mettler F, Huda W, Yoshizumi T, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology* 2008;248(1):254.

Review on radiation protection in diagnostic radiology

Vahid Karami M.Sc.¹
Mansour Zabihzadeh Ph.D.^{1,2*}

1- Department of Medical Physics,
Student Research Committee,
School of Medicine, Ahvaz Jundishapur University of Medical
Sciences, Ahvaz, Iran.

2- Department of Clinical Oncology,
Golestan Hospital, Ahvaz Jundishapur University of Medical
Sciences, Ahvaz, Iran.

* Corresponding author: Department of
Medical Physics, School of Medicine,
Ahvaz Jundishapur University of Medical
Sciences, Golestan Blvd., Ahvaz
61357-33118, Iran.
Tel: +98 61 33332066
E-mail: manzabih@gmail.com

Abstract

Received: 29 May 2016 Revised: 05 Dec. 2016 Accepted: 18 Dec. 2016 Available online: 19 Dec. 2016

Discovery of x-ray and using of it for medical imaging have produced tremendous outcomes for diagnosis and treatment of diseases. More than 10 million diagnostic radiological procedures and 100,000 nuclear medicine exams are being performed daily around the world. According to the national commission on radiological protection and measurements (NCRP)-report 160, medical x-ray is contribute to approximately 95% of all radiological examinations that is responsible for 74% of the collective dose to the US population. Despite of unique benefits of ionizing radiations, in the field of radiation protection, they are associated with potential risks such as cancer and genetically abnormalities. The cancer risk attributable to diagnostic radiology is estimated about 0.6% to 3%. It is estimated that the radiation dose from diagnostic x-ray procedures are annually responsible for 7,587 and 5,695 cases of radiation induced cancer in the population of Japan and US, respectively. Although the radiation dose associated with most radiological procedures are very low, but rapid increasing use of radiography procedures during two past decades have been concerned due to the cancer risk associated with ionizing radiations. On the base of linear no-threshold (LNT) model of dose-response curve, any level of exposure is dangerous. Deoxyribonucleic acid (DNA) is the main target of ionizing radiation. For radiological exposure with low dose, the stochastic effects such as genetic damages and leukemia are concerned. According to the recommendations of the radiation protection regulatory organizations, radiological procedure must be done with respect to social and economic factors in which exposure of patient and population kept as low as reasonable and achievable. Hence, prescription of a radiological test is acceptable only when its advantages are higher than its damages. Optimizing the different parameters such as: collimating the primary beam field to the area of diagnostic interest, exposure conditions (high kVp and low mAs), projections, exposure time and shielding can reduce the patients' exposure besides the saving of image quality. Following the radiation protection guidelines can considerably decrease the exposure risks.

Keywords: organs at risk, radiation protection, radiography.