



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



## سنجش و ارزیابی مواجهه با پرتوهای یونیزان نشتی محیطی در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین

اکرم سمیعی فرد<sup>۱</sup>، اکرم باحجب مقنیان<sup>۲</sup>، مهدی رنجبران<sup>۳</sup>، حمید کاریاب<sup>۴\*</sup>

- ۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
- ۲- گروه سلامت محیط، معاونت بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
- ۳- مرکز تحقیقات بیماری‌های غیرواگیر، پژوهشکده پیشگیری از بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
- ۴- مرکز تحقیقات عوامل اجتماعی موثر بر سلامت، پژوهشکده پیشگیری از بیماری‌های غیرواگیر، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

### چکیده

### اطلاعات مقاله:

**زمینه و هدف:** اندازه‌گیری میزان نشت پرتوها در مراکز پرتوپزشکی برای حفاظت سلامت پرتوکاران و مراجعه‌کنندگان ضروری است. این پژوهش با هدف ارزیابی میزان مواجهه پرتوکاران (منطقه تحت کنترل) و مراجعه‌کنندگان (منطقه تحت نظارت) با پرتوهای یونیزان در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین انجام شد. **روش بررسی:** این مطالعه توصیفی-مقطعی، بصورت سرشماری در ۷۹ مرکز پرتوپزشکی انجام شد. مقدار دوز نشتی با دستگاه اتافک یونش مدل FLUKE 451B اندازه‌گیری و برحسب  $\mu\text{Sv/h}$  گزارش شد. با استفاده از الگوی کمیسیون حفاظت رادیولوژیکی آمریکا، میزان مواجهه در مناطق تحت کنترل و تحت نظارت برحسب  $\text{mSv/year}$  برآورد و در نهایت با شبیه‌سازی مونت کارلو، توزیع احتمالاتی میزان مواجهه پرتوکاران و مراجعه‌کنندگان تحلیل شد.

۱۴۰۴/۰۹/۱۲

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۱۱/۲۵

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۴/۱۱/۲۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۱۲/۱۹

تاریخ انتشار:

**یافته‌ها:** میانگین دوز نشتی در مناطق تحت کنترل و نظارت به ترتیب در محدوده  $0.1-1.7 \mu\text{Sv/h}$  و  $0.1-2.19 \mu\text{Sv/h}$  شناسایی شد. میانگین دوز مواجهه سالانه پرتوکاران و مراجعه‌کنندگان به ترتیب  $0.1755 \pm 0.3079 \text{ mSv/year}$  و  $6.2 \pm 14.9 \times 10^{-5} \text{ mSv/year}$  برآورد شد که دارای اختلاف معنادار بود ( $p < 0.001$ ). مطابق نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو، ۹۳ درصد دوز مواجهه پرتوکاران در محدوده  $0.000-0.1 \text{ mSv/year}$  و ۹۵ درصد دوز مواجهه مراجعه‌کنندگان در محدوده  $0.000-0.1 \text{ mSv/year}$  برآورد شد.

**واژگان کلیدی:** پرتو یونیزان، دوز نشتی، مراکز پرتوپزشکی، پایش دوز، ALARA

**نتیجه‌گیری:** نتایج مطالعه نشان داد که دوز نشتی در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین در محدوده مجاز قرار دارد. با این وجود، مشاهده مقادیر بالایی از نشت پرتوهای یونساز در بخش‌های سی‌تی‌آزبوغرافی و پزشکی هسته‌ای، بر لزوم پایش مستمر، اجرای دقیق برنامه‌های کنترل کیفیت تجهیزات و رعایت اصول ALARA تاکید می‌کند. اگرچه نتایج مطالعه ماهیت مقطعی دارد، یافته‌ها می‌تواند مبنایی برای تدوین سیاست‌های ایمنی در سطح ملی قرار گیرد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

hkaryab@qums.ac.ir

Please cite this article as: Samieifard A, Bahojb Moqanian A, Ranjbaran M, Karyab H. Assessment and evaluation of leakage ionizing dose from radiation medicine centers of Qazvin province. Iranian Journal of Health and Environment. 2026;18(4):685-700.

## مقدمه

استفاده از پرتوهای یونیزان به عنوان ابزاری کلیدی در تشخیص و درمان بیماری‌ها، انقلابی در حوزه علوم پزشکی ایجاد کرده است. امروزه، تجهیزات تصویربرداری نظیر رادیوگرافی، فلوروسکوپی، ماموگرافی، سی تی اسکن و همچنین فناوری‌های پیشرفته درمانی مانند پرتودرمانی با شتاب‌دهنده خطی در مراکز درمانی جهان به صورت گسترده به کار گرفته می‌شوند (۱، ۲). بر اساس گزارش کمیته علمی سازمان ملل (UNSCEAR)، سالانه بیش از ۴ میلیارد آزمون تصویربرداری با استفاده از پرتوهای یونیزان در سراسر جهان انجام می‌شود که نشان‌دهنده وابستگی روزافزون نظام سلامت به این فناوری است (۳). این توسعه فناوری اگرچه منجر به افزایش دقت تشخیص و اثربخشی درمان شده، اما در عین حال با چالش‌هایی در زمینه ایمنی پرتو و سلامت شغلی همراه است. به نحوی که پرتوهای یونیزان می‌توانند با تخریب پیوندهای مولکولی و ایجاد آسیب در DNA، منجر به بروز جهش‌های ژنتیکی، سرطان‌زایی و اختلالات بافتی شوند (۴). خطرات ناشی از پرتوهای نشت‌یافته (Leakage Radiation) به‌ویژه در اتاق‌های کنترل، اتاق انتظار، یا نواحی مجاور اتاق تصویربرداری ممکن است به‌طور مزمن سلامت پرسنل و مراجعین را تهدید کند (۵). بنابراین، ارزیابی و کنترل میزان نشت پرتو در محیط‌های پرتو پزشکی اهمیت ویژه‌ای دارد و یکی از ارکان اصلی برنامه‌های حفاظت پرتویی محسوب می‌شود. سازمان‌های بین‌المللی مانند کمیسیون بین‌المللی حفاظت رادیولوژیکی (ICRP)، کمیسیون ملی حفاظت رادیولوژیکی (NCRP) و آژانس بین‌المللی انرژی اتمی (IAEA) حدود مجاز دوز تابش را برای عموم  $1 \text{ mSv/year}$  و برای کارکنان شاغل در مراکز پرتویی  $20 \text{ mSv/year}$  تعیین کرده‌اند و بر اجرای دقیق اصل (As Low As Reasonably Achievable) ALARA در تمامی فعالیت‌های پرتو پزشکی تأکید دارند (۶-۸). در ایران نیز «قانون حفاظت در برابر اشعه» مصوب ۱۳۶۸ مجلس شورای اسلامی و آیین‌نامه‌های مربوطه، بر اجرای دقیق اصول

ایمنی در مراکز پرتویی تأکید دارند (۹). مرور پژوهش‌های پیشین در سطح بین‌المللی و ملی، اهمیت سنجش و پایش دوزهای نشتی را به‌خوبی نشان می‌دهد. در مطالعات میدانی خارج از ایران، تلاش برای ارزیابی دوزهای نشت پرتو معمول بوده است. در مطالعه ای که Phinsiri و همکاران (۲۰۲۴) در کشور تایلند به منظور بررسی میزان پرتوگیری شغلی در میان کارکنان بخش‌های تصویربرداری تشخیصی، پرتودرمانی و پزشکی هسته‌ای انجام دادند، نشان داده شد که اگرچه کارکنان پزشکی هسته‌ای در معرض دوز بیشتری قرار داشتند، اما میزان دوز دریافتی در تمامی گروه‌ها در محدوده مجاز تعیین شده از سوی کمیسیون بین‌المللی حفاظت در برابر پرتوها (ICRP) قرار دارد. ایشان بر لزوم اجرای منظم دوزیمتری و رعایت اصل ALARA در مراکز پرتو پزشکی تأکید کردند (۱۰). همچنین، ALMasri و همکار (۲۰۱۴) در کشور ژاپن گزارش کردند که کارکنان رادیولوژی بالاترین میانگین دوز سالانه را دریافت می‌کنند. اما در طول یک دهه مطالعه، میزان مواجهه هیچ‌یک از کارکنان از حد مجاز فراتر نرفت که نشان‌دهنده اثربخشی آموزش و پایش گزارش شد (۱۱). در مقابل، Zira و همکاران (۲۰۲۰) در نیجریه وضعیت نامطلوبی را گزارش کرده و اعلام نمودند که میزان دوز تابش در مناطق کنترل نشده دو اتاق رادیولوژی، از حد مجاز ICRP و IAEA برای مواجهه عموم مردم فراتر رفته است (۱۲). در عربستان سعودی، Saeed و همکار (۲۰۲۱) میانگین دوز مؤثر سالانه را برای پرتوکاران در بخش‌هایی مانند کاردیولوژی مداخله‌ای  $0.81 \text{ mSv}$  و برای پزشکی هسته‌ای  $11.6 \text{ mSv}$  برآورد کردند که اهمیت نظارت مستمر بر بخش‌های پرخطر را نشان می‌دهد (۱۳). علاوه بر این، مطالعه Alomairy (۲۰۲۳) نشان داد که با وجود رعایت حدود استاندارد، در برخی بخش‌های سی تی اسکن، دوز نشتی در نقاط کنترل شده به‌طور معناداری بالا بود (۱۴). در ایران نیز مطالعات مختلفی بر اهمیت پایش دوز و رعایت اصول حفاظتی در مراکز پرتویی تمرکز کرده‌اند. برای نمونه،

## مواد و روش‌ها

مطالعه توصیفی-مقطعی حاضر به منظور سنجش و ارزیابی مواجهه با پرتوهای نشتی یونیزان در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین از دی ماه سال ۱۴۰۳ تا خرداد ماه ۱۴۰۴ انجام شد. در این پژوهش ابتدا کلیه مراکز خصوصی و دولتی، بیمارستانی و کلینیکی و درمانگاهی مرتبط با کاربرد پرتوهای یونیزان برای مقاصد تشخیصی و درمانی شناسایی شد. بر این اساس تعداد ۷۹ مرکز پرتوپزشکی، شامل ۷۶ بخش تشخیصی (رادیولوژی، سی تی اسکن، آنژیوگرافی، سی تی آنژیوگرافی، ماموگرافی، سنجش تراکم استخوان، سنگ شکن، رادیولوژی دندانپزشکی)، ۱ مرکز پرتودرمانی و ۲ مرکز پزشکی هسته‌ای شناسایی و به صورت سرشماری مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه‌گیری دوز نشتی در هر مرکز در دو روز غیرمتوالی در هفته و در ساعت ۸ صبح تا ۱۶ انجام شد. زمان مورد نیاز برای هر مرحله اندازه‌گیری دوز نشتی در هر ایستگاه حدود ۵ s تا ۱۲۰ s بود. همچنین مدت زمان مصاحبه برای دریافت اطلاع از وضعیت مواجهه با هر یک از کارکنان حدود ۱۰ min و برای مراجعه کنندگان ۵ min بود. در مجموع مدت زمان اختصاص یافته برای تعیین دوز نشتی و بررسی وضعیت مواجهه در هر مرکز ۴ ساعت کاری بود.

برای اندازه‌گیری دوز محیطی پرتوهای یونیزان، در هر مرکز سه ایستگاه شامل: (۱) داخل اتاق کنترل (منطقه تحت کنترل)، (۲) در جوار شیشه سربی اتاق کنترل و (۳) در جوار درب اتاق انتظار (منطقه تحت نظارت) انتخاب شدند. اندازه‌گیری دوز محیطی پرتوهای نشتی یونیزان با دستگاه آشکارساز اتاقک یونش مدل FLUKE 451B ساخت شرکت Biomedical America با گستره اندازه‌گیری  $0-50 \text{ mSv/year}$  و دقت  $\pm 10\%$  درصد انجام گرفت. پیش از انجام سنجش، دستگاه فوق در تاریخ ۴ مهر ۱۴۰۳ توسط سازمان انرژی اتمی ایران کالیبره شد. در هر ایستگاه، سه بار اندازه‌گیری صورت گرفت و میانگین آنها به عنوان دوز معادل محیطی بر حسب  $\mu\text{Sv/h}$  ثبت شد. برای برآورد دوز مواجهه سالانه  $\text{mSv/year}$  از معادله ۱، برگرفته از گزارش کمیسیون

Motevalli و همکار (۲۰۱۴) در گیلان، میانگین دوز نشتی در بین کارکنان بخش‌های پزشکی هسته‌ای، رادیوتراپی و رادیولوژی را به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۱۸ و  $0/06 \text{ mSv/year}$  گزارش نمودند و نشان دادند که تفاوت معناداری در دوز نشتی در بخش‌های مختلف پزشکی هسته‌ای، رادیوتراپی و رادیولوژی وجود دارد (۱۵). همچنین، Taghaddosi و همکاران (۲۰۲۳) در مطب‌های دندانپزشکی کاشان، نشت پرتوهای یونیزان در ۲۰ درصد از مراکز را گزارش کردند که ضرورت نظارت و استفاده از حفاظ سربی را تقویت می‌کند (۱۶). Hamzian و همکاران (۲۰۲۲) وضعیت حفاظت پرسنل در برابر پرتوها را در بیمارستان‌های ایران بررسی و نتایج آن را با استانداردها مقایسه نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که نقص‌های ایمنی به‌ویژه در اتاق‌های کنترل، اتاق انتظار و اتاق‌های تاریک (نواحی پردازش فیلم رادیوگرافی) قابل مشاهده است که نشان‌دهنده نیاز به بهبود در رعایت اصول حفاظتی در برابر نشت پرتوها در بیمارستان است (۱۷). Fattahi-Asl و همکار (۲۰۱۷) نیز در مطالعه‌ای در شهر اهواز گزارش نمودند که دوز محیطی در مناطق تحت کنترل و نظارت بیمارستان‌ها در حد استاندارد قابل قبول بوده و انجام عملیات پایش محیطی تأثیر بسزایی در ایجاد فضای مطلوب کاری داشته است (۱۸). در مجموع یافته‌های مطالعات ملی حاکی از آن است که با وجود انجام مطالعات پراکنده در مراکز درمانی و تشخیصی، تاکنون در استان قزوین مطالعه جامع و معتبری برای سنجش و ارزیابی مواجهه با پرتوهای یونیزان نشتی محیطی صورت نگرفته است. با توجه به آنکه فقدان داده‌ها نقص مهمی در تصمیم‌سازی‌های حوزه ایمنی پرتویی ایجاد می‌نماید، این پژوهش با هدف سنجش میزان نشت پرتوهای یونیزان محیطی در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین، برآورد مواجهه سالانه پرتوکاران و مراجعه‌کنندگان و مقایسه نتایج با استانداردهای ملی و بین‌المللی انجام شد. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به عنوان مبنایی برای تدوین پروتکل‌ها و سیاست‌های ایمنی در سطح ملی قرار گیرد.

پرتو پزشکی به صورت تصادفی ساده و از میان افرادی انجام شد که در زمان حضور پژوهشگر در مناطق تحت نظارت (اتاق انتظار) حضور داشتند. از هر فرد مراجعه کننده ۲ سوال کلیدی مشتمل بر مدت زمان حضور در منطقه تحت نظارت (بر حسب دقیقه) و تعداد دفعات مراجعه به مراکز پرتو پزشکی در سال (بر حسب دفعه در سال) پرسیده شد و نتایج ثبت گردید. مقایسه میانگین داده های مرتبط با دوز مواجهه افراد در مراکز مختلف (شامل رادیوگرافی، پزشکی هسته ای، رادیوتراپی، سنگ شکن و ...) و همچنین مقایسه میانگین مواجهه پرتوکاران و مراجعه کنندگان با نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام و با توجه به نرمال نبودن توزیع متغیرها، از آزمون های ناپارامتریک Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis H test استفاده شد. جهت توزیع احتمالاتی میزان مواجهه سالانه، برآورد میزان مواجهه و همچنین الگوی پراکندگی متغیرهای مختلف در برآورد میزان مواجهه از شبیه سازی مونت کارلو در نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. برای این منظور آنالیزها با ۱۰/۰۰۰ بار تکرار در محیط شبیه سازی انجام پذیرفت.

### یافته ها

نتایج سنجش دوز نشتی محیطی در مناطق تحت کنترل و تحت نظارت در ۷۹ مرکز پرتو پزشکی استان قزوین در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر دوز نشتی در مناطق تحت کنترل در بازه بین  $0.1-1.7 \mu\text{Sv/h}$  و در مناطق تحت نظارت بین  $0.1-2.19 \mu\text{Sv/h}$  شناسایی شد. در مناطق تحت کنترل ترتیب میزان پرتو نشتی محیطی اندازه گیری شده به ترتیب شامل سی تی آنژیوگرافی < پزشکی هسته ای < سنگ شکن < رادیوتراپی < آنژیوگرافی < رادیولوژی و سی تی اسکن < ماموگرافی < رادیولوژی دندان < سنجش تراکم استخوان بود. در جدول ۲ اطلاعات مواجهه سالانه پرتوکاران و مراجعه کنندگان با پرتوهای نشتی ارائه شده است. میانگین دوز مواجهه سالانه پرتوکاران برابر با  $0.1755 \pm 0.3079 \text{ mSv/year}$  و میانگین آن  $0.495 \text{ mSv/year}$  بود. همچنین

ملی حفاظت رادیولوژیکی آمریکا (NCRP Report No. 147) استفاده شد (۸، ۱۴، ۱۹):

$$\text{Exposure Dose (mSv/year)} = \text{EqDose} \\ (\text{mSv/h}) \times \text{EF (h/year)} \times T \times U \quad (1)$$

در این معادله، EqDose میانگین دوز معادل محیطی بر حسب mSv/h است. EF فراوانی مواجهه (Exposure Frequency) بر حسب h/year بوده و عبارت از حاصل ضرب میانگین مدت زمان حضور هر فرد در منطقه مواجهه در تعداد دفعات حضور سالانه است. T فاکتور اشغال (Occupancy Factor) بوده و عبارت از نسبت زمانی است که فرد در محل مورد نظر حضور دارد. U نیز مخفف فاکتور استفاده (Used Factor) بوده و بیانگر نسبت زمانی است که پرتو به سمت منطقه مورد نظر تابیده می شود. فاکتورهای T و U ضرایب بین المللی بدون بعد هستند که مقادیر آنها بر اساس دستورالعمل های IAEA و NCRP برای مناطق تحت کنترل ۰/۵ و برای مناطق تحت نظارت ۰/۲ لحاظ گردید (۸، ۱۹، ۶). اطلاعات مربوط به فراوانی مواجهه از طریق چک لیست (ضمائم) و مصاحبه حضوری با پرتوکاران و مراجعه کنندگان جمع آوری شد. در بخش تحت کنترل، مقادیر EF با مصاحبه با کلیه پرتوکاران در ۷۹ مرکز پرتو پزشکی تعیین شد (۸۸ نفر). در این مصاحبه ۳ سوال کلیدی مشتمل بر مدت زمان حضور در اتاق کنترل در هر شیفت کاری، تعداد شیفت کاری در هر ماه و سابقه کار در مراکز پرتو پزشکی (بر حسب سال) مطرح و نتایج توسط کارشناس آموزش دیده در فرم ثبت شد. برای تعیین مقادیر EF در بین مراجعه کنندگان به مراکز پرتو پزشکی، حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران و انحراف معیار برآورد شده از مطالعه پایلوت (به دلیل فقدان مطالعات مشابه)، با سطح اطمینان ۹۵ درصد ( $Z=1.96$ ) و خطای مجاز ۱ درصد، برابر با ۱۰۰ نفر تعیین شد. معیار ورود افراد، حضور در مرکز پرتو پزشکی در زمان مطالعه و رضایت ایشان در نظر گرفته شد. انتخاب مراجعه کنندگان در مراکز

Mann-Whitney U نشان داد که اختلاف بین میانگین دوز مواجهه سالانه این دو گروه (پرتوکاران و مراجعه کنندگان) از نظر آماری معنادار است ( $p < 0/0001$ ).

میانگین دوز سالانه مواجهه مراجعه کنندگان  $6/2 \pm 14/9 \times 10^{-5}$  mSv/year و میانه آن  $8 \times 10^{-6}$  mSv/year حاصل شد. آزمون آماری

جدول ۱- میانگین دوز محیطی نشتی ( $\mu\text{Sv/h}$ ) در مناطق تحت کنترل و تحت نظارت مراکز پرتو پزشکی استان قزوین

میانگین دوز محیطی بر حسب $\mu\text{Sv/h}$		مراکز پرتو پزشکی استان قزوین	
منطقه تحت نظارت	منطقه تحت کنترل	تعداد مراکز	نوع مرکز
$2/19 \pm 9/7$	$0/44 \pm 0/5$	۲۶	رادیولوژی
$0/33 \pm 0/60$	$0/44 \pm 0/60$	۱۳	سی تی اسکن
$0/22 \pm 0/1$	$0/67 \pm 1/3$	۴	آنژیوگرافی
$0/25 \pm 0/07$	$1/7 \pm 2/2$	۲	سی تی آنژیوگرافی
$0/1 \pm 0/0$	$0/1 \pm 0/0$	۳	سنجش تراکم استخوان
$0/3 \pm 0/0$	$1 \pm 0/0$	۱	سنگ شکن
$0/4 \pm 1/1$	$0/22 \pm 0/4$	۲۲	رادیولوژی دندان
$0/14 \pm 0/09$	$0/4 \pm 0/3$	۵	ماموگرافی
$0/1 \pm 0/0$	$0/7 \pm 0/0$	۱	رادیوتراپی
$0/85 \pm 0/07$	$1/5 \pm 0/6$	۲	پزشکی هسته ای

جدول ۲- مقادیر دوز مواجهه سالانه ( $\text{mSv/year}$ ) پرتوکاران و مراجعه کنندگان با پرتوهای نشتی

گروه هدف	تعداد	میانه	انحراف معیار $\pm$ میانگین	سطح معناداری Mann-Whitney U
مراجعه کنندگان	۱۰۰	$8 \times 10^{-6}$	$6/2 \pm 14/9 \times 10^{-5}$	$p < 0/0001$
پرتوکاران	۸۸	$0/0495$	$0/1755 \pm 0/3079$	

در بخش ماموگرافی و محدودیت تعداد مراجعه کنندگان در بخش های تراکم استخوان و ماموگرافی، تحلیل های آماری گروهی برای موارد فوق در نرم افزار SPSS اجرا نشد.

در جدول های ۳ و ۴ اطلاعات مرتبط با دوز مواجهه سالانه با پرتوهای نشتی پرتوکاران و مراجعه کنندگان در بخش های مختلف ارائه شده است. به دلیل کم بودن تعداد نمونه پرتوکاران

جدول ۳- مقادیر دوز مواجهه سالانه (mSv/year) پرتوکاران در بخش‌های مختلف مراکز پرتوپزشکی

بخش	تعداد افراد	میان	انحراف معیار $\pm$ میانگین	سطح معناداری Kruskal-Wallis H test
آنژیوگرافی	۵	۰/۰۲۵۲۰	۰/۰۴۰۳ $\pm$ ۰/۰۳۳۱۴	p < ۰/۰۰۰۱
سنجش تراکم استخوان	۳	۰/۰۰۳۰	۰/۰۰۵۰ $\pm$ ۰/۰۰۳۴۶	
سی تی اسکن	۲۲	۰/۰۴۴۶	۰/۱۵۰۷ $\pm$ ۰/۰۲۲۰۳۰	
سی تی آنژیوگرافی	۳	۱/۵۹۳۹	۱/۴۱۹۰ $\pm$ ۰/۰۳۰۲۹۴	
دندانپزشکی	۹	۰/۱۵۰۰	۰/۲۳۷۶ $\pm$ ۰/۰۲۰۶۶۱	
پزشکی هسته‌ای	۶	۰/۴۵۰۵	۰/۴۳۵۰ $\pm$ ۰/۱۷۱۸۸	
رادیولوژی	۳۹	۰/۰۳۳۸	۰/۰۷۱۹ $\pm$ ۰/۱۵۰۲۰	
کل	۸۷	۰/۰۴۴۶	۰/۱۷۶۳ $\pm$ ۰/۰۳۰۹۵۸	

جدول ۴- مقادیر دوز مواجهه سالانه (mSv/year) مراجعه کنندگان در بخش‌های مختلف مراکز پرتوپزشکی

بخش	تعداد	میان	انحراف معیار $\pm$ میانگین	سطح معناداری Kruskal-Wallis H test
سی تی اسکن	۱۸	$6 \times 10^{-6}$	$(4/4 \pm 1/9) \times 10^{-6}$	p < ۰/۰۰۰۱
سی تی آنژیوگرافی	۶	$6 \times 10^{-6}$	$(1/3 \pm 1/36) \times 10^{-6}$	
دندانپزشکی	۲۲	$2/3 \times 10^{-6}$	$(1/15 \pm 1/86) \times 10^{-6}$	
پزشکی هسته‌ای	۷	$1 \times 10^{-6}$	$(1/01 \pm 0/81) \times 10^{-6}$	
رادیولوژی	۳۶	$2 \times 10^{-6}$	$(0/5 \pm 1/77) \times 10^{-6}$	
رادیوتراپی	۶	$2/1 \times 10^{-6}$	$(4/5 \pm 4/62) \times 10^{-6}$	
سنگ شکن	۳	$1/2 \times 10^{-6}$	$(1 \pm 0/86) \times 10^{-6}$	
کل	۹۸	$1/2 \times 10^{-6}$	$(0/63 \pm 1/41) \times 10^{-6}$	

بخش‌های مختلف نیز مواجهه مراجعه‌کنندگان با پرتوهای نشتی محیطی تفاوت معناداری داشت ( $p < 0/0001$ ). بالاترین میانگین مواجهه با پرتوهای نشتی در میان مراجعه‌کنندگان در بخش دندانپزشکی و پزشکی هسته‌ای بدست آمد و کمترین مقدار در بخش سنگ‌شکن بود (جدول ۴). در این مطالعه جهت اجرای شبیه‌سازی، توزیع ورودی (input distribution) فاکتورهای مختلف مطابق با جدول ۵ حاصل شد.

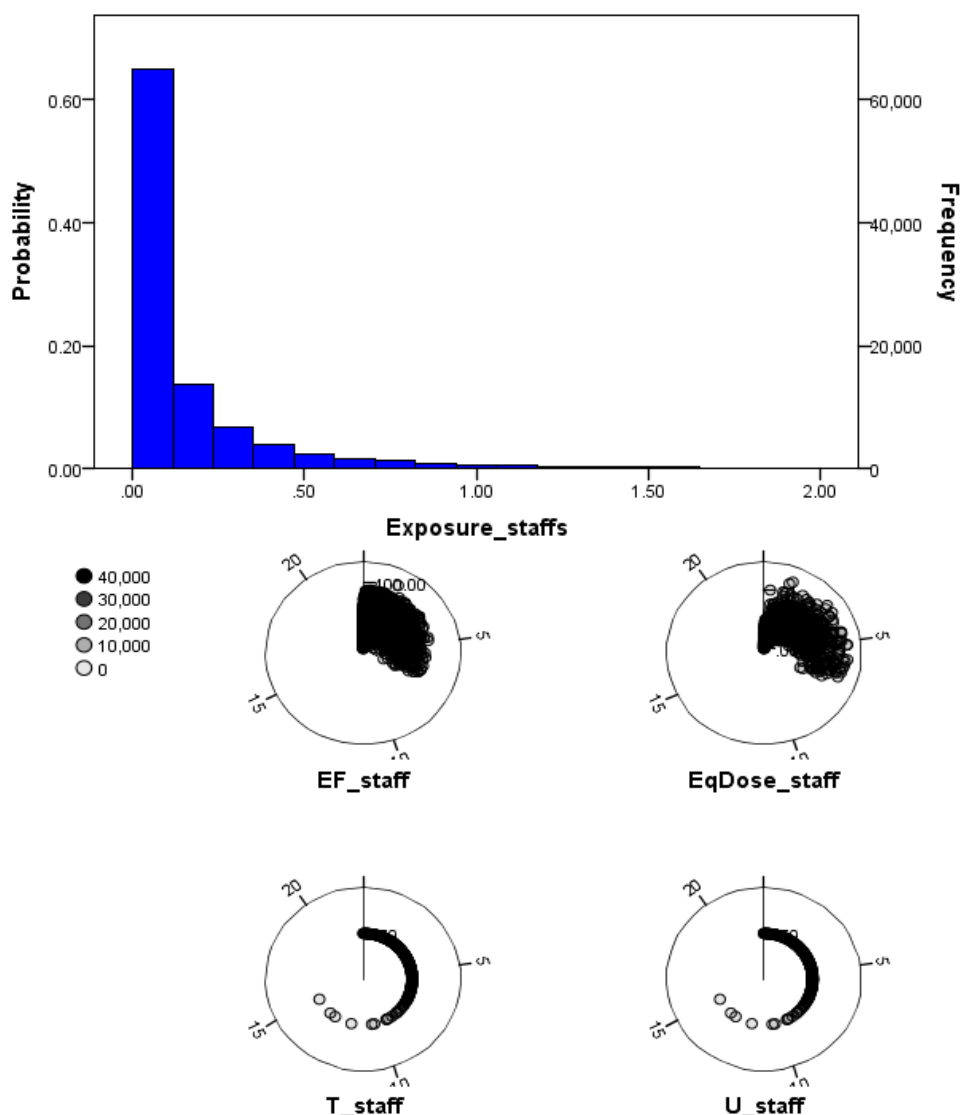
تحلیل مقایسه‌ای بین بخش‌های مختلف با استفاده از Kruskal-Wallis H test نشان داد که دوز مواجهه سالانه پرتوکاران با پرتوهای نشتی در بخش‌های مختلف به‌طور معناداری متفاوت است ( $p < 0/0001$ ). بالاترین میانگین دوز مواجهه سالانه در بخش سی‌تی آنژیوگرافی و پس از آن در پزشکی هسته‌ای مشاهده شد. در حالی که کمترین مقدار مربوط به بخش سنجش تراکم استخوان بود (جدول ۳). در

**جدول ۵- نوع توزیع ورودی در تعیین احتمال برآورد میزان مواجهه مراجعه‌کنندگان در منطقه تحت نظارت و میزان مواجهه پرتوکاران در منطقه تحت کنترل با کاربرد شبیه‌سازی مونت کارلو**

ردیف	متغیر	نوع توزیع ورودی	
		مخفف	منطقه تحت نظارت / منطقه تحت کنترل
۱	میانگین دوز معادل محیطی	EqDose	lognormal / lognormal
۲	فراوانی مواجهه	EF	Weibull / lognormal
۳	فاکتور اشغال	T	Empirical / Empirical
۴	فاکتور استفاده	U	Empirical / Empirical

همچنین توزیع احتمالاتی میزان مواجهه سالانه پرتوکاران در منطقه تحت کنترل بر اساس نتایج شبیه‌سازی مونت‌کارلو با ۱۰,۰۰۰ تکرار نشان داده شده است (شکل ۱). بر اساس این نتایج، مواجهه سالانه پرتوکاران در ۹۳ درصد موارد در محدوده  $0/0$  تا  $0/98$  mSv/year قرار داشت و تنها در ۵ درصد موارد مقدار مواجهه بیش از  $0/89$  mSv/year بود. بیشترین احتمال وقوع مواجهه در بازه  $0/0$  تا  $0/12$  mSv/year مشاهده شد.

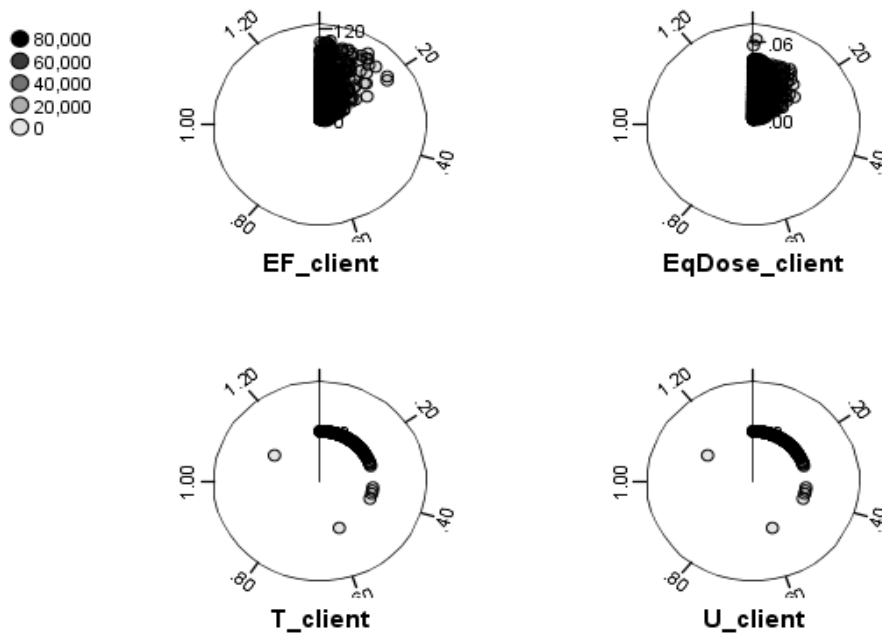
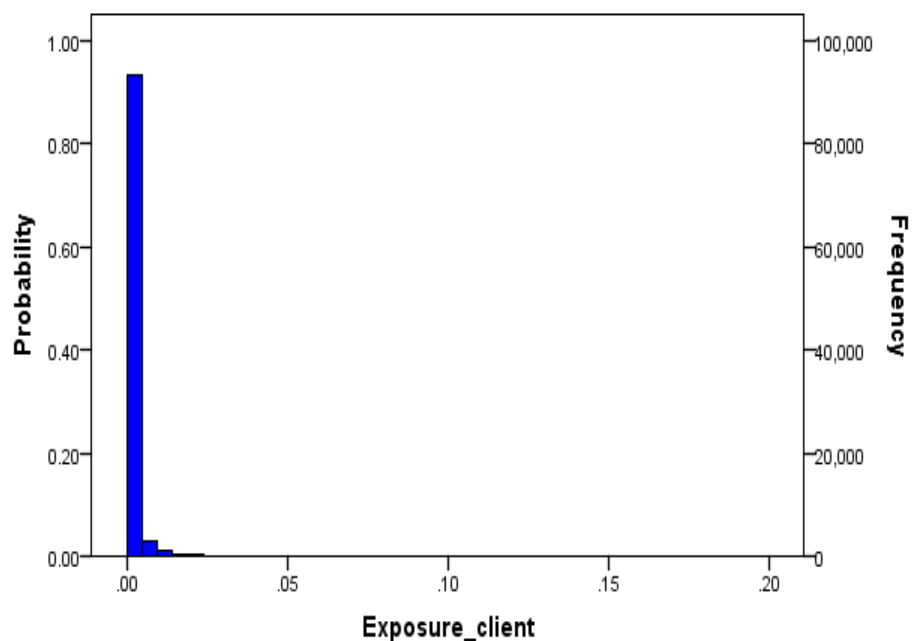
بررسی اثر متغیرهای EF و EqDose ( $p = 0/65$ ). برآورد مواجهه پرتوکاران نشان داد که این دو پارامتر نسبت به فاکتورهای U و T پراکندگی بیشتری دارند. الگوی پراکندگی متغیرهای EF و EqDose متراکم بوده و فاقد نقاط پرت است. این نتایج نشان می‌دهد که مواجهه پرتوکاران عمدتاً در محدوده‌ی دوزهای پایین متمرکز است و احتمال مواجهه‌های بالا محدود می‌باشد.



شکل ۱- توزیع احتمالاتی میزان مواجهه سالانه (mSv/year) و الگوی پراکندگی متغیرهای مختلف در برآورد میزان مواجهه پرتوکاران در منطقه تحت کنترل

بازه ۰/۰ تا ۰/۰۱ mSv/year مشاهده شد (p = ۰/۹۴۵). بررسی اثر متغیرهای EF و EqDose نشان داد که این دو پارامتر نسبت به فاکتورهای U و T پراکندگی بیشتری دارند. الگوی پراکندگی پارامترهای EF و EqDose نیز مترکم بوده و فاقد نقاط پرت است. این یافته نشان‌دهنده کارایی حفاظهای پرتویی و رعایت نسبی اصول ایمنی در مناطق تحت نظارت است.

در شکل ۲، توزیع احتمالاتی میزان مواجهه سالانه مراجعه‌کنندگان در منطقه تحت نظارت بر اساس نتایج شبیه‌سازی مونت کارلو با ۱۰,۰۰۰ تکرار نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، میزان مواجهه سالانه مراجعه‌کنندگان در ۹۵ درصد از داده‌ها در محدوده ۰/۰ تا ۰/۰۱ mSv/year قرار داشت و تنها در ۵ درصد موارد مقادیر بالاتر از ۰/۰۱ mSv/year بود و بیشترین احتمال وقوع مواجهه در



شکل ۲- توزیع احتمالاتی میزان مواجهه سالانه (mSv/year) و الگوی پراکندگی متغیرهای مختلف در برآورد میزان مواجهه مراجعه کنندگان در منطقه تحت نظارت

## بحث

یافته های مطالعه نشان داد که در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین دوز نشتی پرتوهای یونیزان در مناطق تحت کنترل و تحت نظارت به ترتیب در محدوده  $0.1-1.7 \mu\text{Sv/h}$  و  $0.1-2.19 \mu\text{Sv/h}$  قرار داشته و در کلیه موارد در محدوده مجاز تعیین شده توسط سازمان انرژی اتمی ایران و مراجع بین المللی نظیر IAEA, NCRP, ICRP قرار دارد (۶-۹، ۱۹). این یافته با مطالعه Fattahi-Asl و همکار (۲۰۱۷) در بیمارستان های دانشگاه علوم پزشکی اهواز که دوز نشتی را در محدوده  $0.08-0.88 \mu\text{Sv/h}$  گزارش نمودند، مطابقت دارد (۱۸). با این حال شناسایی مقادیر بالایی از پرتوهای نشتی در بخش رادیولوژی ( $2.19 \mu\text{Sv/h}$ ) در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین (جدول ۱) می تواند نشان دهنده وجود خلاءهایی از جمله طراحی حفاظتی نامناسب، آسیب فیزیکی به حفاظها و یا عدم رعایت دقیق استانداردهای کنترل کیفیت تجهیزات باشد. این یافته با نتایج مطالعه Alomairy (۲۰۲۳) در بیمارستان های کشور عربستان که دوز نشتی را در بخش های سی تی اسکن در جوار درب کنترل و درب اصلی به ترتیب  $12.16 \mu\text{Sv/h}$  و  $8.38 \mu\text{Sv/h}$  گزارش کردند، همخوانی دارد (۱۴).

با توجه به اثرات حاد و مزمن مواجهه با پرتوهای یونیزان نشتی، محققین مختلف بر پایش برنامه ریزی شده دوز نشتی و رعایت اصول حفاظتی در مراکز پرتوپزشکی، حتی در صورت مجاز بودن میزان نشتی، تاکید دارند. بطور مثال Fattahi-Asl و همکار (۲۰۱۷) علیرغم آنکه میزان دوز نشتی در اتاق های رادیوگرافی را در محدوده مجاز شناسایی نمودند، ولی بر انجام عملیات پایش محیطی تاکید داشتند (۱۸). همچنین مطالعه Phinsiri و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی میزان پرتوگیری شغلی در میان کارکنان بخش های تصویربرداری تشخیصی، پرتودرمانی و پزشکی هسته ای در کشور تایلند، اگرچه میزان مواجهه با پرتوهای نشتی در مراکز بررسی شده را در محدوده ایمن اندازه گیری نمودند، اما بر

لزوم تمرکز ویژه بر حفاظت پرسنل، اجرای پایش بلندمدت و ارائه آموزش های دوره ای برای کارکنان تاکید نمودند (۱۰). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که میانگین دوز مواجهه پرتوکاران در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین ( $0.176 \text{ mSv/year}$ ) به طور معناداری بالاتر از میانگین دوز مواجهه مراجعه کنندگان با پرتوهای نشتی ( $6/2 \times 10^{-5}$ ) است ( $p < 0.0001$ ). همچنین در مطالعه حاضر نشان داده شد که میزان مواجهه پرتوکاران در بخش های مختلف نیز تفاوت معناداری دارد. بالاترین میانگین دوز مواجهه پرتوکاران در بخش سی تی آنژیوگرافی ( $1/419 \text{ mSv/year}$ ) و پس از آن در پزشکی هسته ای ( $0/435 \text{ mSv/year}$ ) بود. Motevalli و همکار (۲۰۱۴) نیز در بررسی میزان مواجهه با پرتوهای نشتی در بیمارستان های استان گیلان نشان دادند که تفاوت معناداری در دوز نشتی در بخش های مختلف پزشکی هسته ای، رادیوتراپی و رادیولوژی وجود دارد (۱۵). تفاوت ها در میزان پرتو نشتی در بخش های مختلف نشان می دهد که نوع روش تصویربرداری، میزان انرژی مورد استفاده و حجم کاری، نقش تعیین کننده ای در میزان مواجهه پرتوکاران دارد؛ بطور مثال بالا بودن دوز نشتی در بخش سی تی آنژیوگرافی را می توان به حجم بالای پرتو پراکنده در خلال فرآیندهای طولانی مدت تصویربرداری در این بخش منتسب نمود. این یافته با نتایج Asgari و همکاران (۲۰۲۰) در بیمارستان افشار یزد همخوانی دارد که نشان داد متوسط دوز موثر سالیانه مواجهه پزشکان، پرستاران و تکنسین های رادیولوژی در بخش آنژیوگرافی در محدوده ۱ تا  $1/6 \text{ mSv/year}$  است. Ghahremani-Asl و همکاران (۲۰۲۴) نیز میزان پرتوگیری پرسنل رادیولوژی در بیمارستان های سبزوار را بررسی و گزارش نمودند که حجم بالای کاری سبب افزایش میزان پرتوگیری پرسنل در بخش هایی با پروتکل های تصویربرداری طولانی مدت می شود (۲۰، ۲۱). همچنین در مطالعه حاضر نشان داده شد که میزان مواجهه مراجعه کنندگان در بخش های مختلف تفاوت معناداری دارد.

## نتیجه گیری

در مطالعه حاضر برای نخستین بار مطالعه جامعی جهت ارزیابی میزان مواجهه پرتوکاران و مراجعه کنندگان به مراکز پرتویزشکی استان قزوین با دوز نشتی پرتوهای یونیزان به اجرا رسید. یافته های مطالعه بیانگر آن بود که اگرچه مقادیر اندازه گیری شده دوز نشتی پرتوهای یونیزان در کلیه مراکز تشخیصی و درمانی در محدوده مجاز قرار دارد، ولی در مراکز سی تی آنژیوگرافی و پزشکی هسته ای میزان مواجهه با پرتوهای نشتی در مقادیر بالایی است. همچنین مطالعه نشان داد که میزان مواجهه پرتوکاران در مناطق تحت کنترل به طور معناداری بالاتر از میزان مواجهه مراجعه کنندگان در مناطق تحت نظارت قرار دارد. با توجه به شناسایی مقادیر دوز بالای دوز نشتی پرتوهای یونیزان در مراکزی از قبیل رادیولوژی، پزشکی هسته ای، سنگ شکن و سی تی آنژیوگرافی، بهبود طرح های حفاظتی و ارتقای کنترل کیفیت تجهیزات ضرورت دارد. همچنین با توجه به ساعات حضور پرتوکاران در مناطق تحت کنترل، لزوم اصلاح شرایط ایمنی ایشان حیاتی است. در مجموع یافته های این مطالعه مبنایی برای اطلاع از میزان پرتوهای نشتی و مواجهه با آن در مراکز پرتویزشکی استان قزوین فراهم کرده و زمینه ای را برای شناسایی مخاطرات سلامتی و الزام بازنگری در طرح های حفاظتی در سایر مراکز مشابه در کشور ارائه نموده است.

## ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل رضایت آگاهانه، عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده ها و داده سازی را در این مقاله رعایت کرده اند. کد اخلاق این پژوهش نیز IR.QUMS.RES.1403.342 است.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه با عنوان "سنجش و ارزیابی مواجهه

بالاترین میانگین مواجهه با پرتوهای نشتی در میان مراجعه کنندگان در بخش دندانپزشکی ( $1/15 \times 10^{-4}$  mSv/year) و پزشکی هسته ای ( $1/01 \times 10^{-4}$  mSv/year) و کمترین مقدار در بخش سنگ شکن ( $1 \times 10^{-5}$  mSv/year) بود. سایر محققین نتایج مشابهی را گزارش نموده اند. به عنوان مثال، Taghaddosi و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه میزان پرتوهای نشتی در مراکز دندانپزشکی، دوز بالای مواجهه مراجعه کنندگان با پرتوهای نشتی را ناشی از تراکم بیماران و فضای محدود اتاق انتظار بیان نمودند (۱۶).

با وجود اینکه این مطالعه اولین ارزیابی جامع از مواجهه با پرتوهای نشتی در مراکز پرتویزشکی استان قزوین است، دارای محدودیت هایی از جمله ماهیت مقطعی مطالعه است؛ به گونه ای که امکان بررسی روند تغییرات دوز نشتی در طول زمان را فراهم نمی کند. بنابراین انجام مطالعات مستمر با تاکید بر پایش مداوم و طولانی مدت دوز محیطی و برآورد مواجهه در مناطق تحت کنترل و نظارت پیشنهاد می گردد. همچنین وقوع خطا در تعیین میزان دوز نشتی شامل خطاهای دستگاهی، انسانی و خطاهای محیطی (نوسانات شدت تابش به علت تغییر حجم کار یا نوع دستگاه در ساعات مختلف) متصور است. برای کاهش این خطاها، دستگاه پیش از انجام مطالعه کالیبره شد. همچنین قبل از هر مرحله اندازه گیری، دستگاه تنظیم شد. همچنین برای کنترل و کاهش خطاهای خوانش فردی و عوامل محیطی، سنجش ها در شرایط ثابت محیطی و صرفا توسط یک فرد آموزش دیده اجرا و ثبت گردید. در مجموع نتایج این پژوهش بر ضرورت پایش مستمر نشت پرتو جهت ارتقای ایمنی و بهداشت محیط تاکید دارد. با توجه به اینکه مواجهه با پرتوهای یونیزان حتی در سطوح زمینه ای می تواند با پیامدهای احتمالی برای سلامت همراه شود (۲۲) پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی ارزیابی دقیق تر مواجهات محیطی در کنار نظارت های مستمر حفاظتی مورد توجه قرار گیرد تا ایمنی کارکنان و مراجعین در مراکز تشخیصی و درمانی به طور کامل تضمین گردد.

است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی  
درمانی قزوین اجرا شده است.

با پرتوهای یونیزان در مراکز پرتوپزشکی استان قزوین" در  
مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۳ با کد ۴۰۳۰۰۰۳۴۸

چک لیست شماره ۱: فرم ارزیابی مواجهه پرتوکاران با پرتوهای یونیزان

نوع مرکز (بیمارستان، کلینیک، مطب و غیره):		
بخش/واحد کاری:		
سابقه کار در زمینه پرتوکاری (سال):		
میانگین مدت حضور در اتاق کنترل در هر شیفت (ساعت):		
میانگین تعداد شیفت کاری در طول ماه اخیر (شیفت):		
میانگین تعداد شیفت کاری در طول ماه اخیر (شیفت) به تفکیک بخش:		
رادیولوژی دندان:	رادیولوژی:	سی تی اسکن:
رادیوتراپی:	آنژیوگرافی:	پزشکی هسته ای:
سنجش تراکم استخوان:		سایر خدمات:

چک لیست شماره ۲: فرم ارزیابی مواجهه مراجعه کنندگان با پرتوهای یونیزان

نوع مرکز (بیمارستان، کلینیک، مطب و غیره):	
علت مراجعه به مرکز	بیمار <input type="checkbox"/> همراه بیمار <input type="checkbox"/> داوطلب <input type="checkbox"/> (برای آزمایش های چکاب) <input type="checkbox"/>
نوع و تعداد خدماتی که در مراکز پرتوپزشکی ارائه می شود:	
<input type="checkbox"/> رادیولوژی دندان <input type="checkbox"/> رادیولوژی <input type="checkbox"/> سی تی اسکن <input type="checkbox"/> ماموگرافی <input type="checkbox"/> رادیوتراپی <input type="checkbox"/> آنژیوگرافی <input type="checkbox"/> پزشکی هسته ای <input type="checkbox"/> سنگ شکن <input type="checkbox"/> سنجش تراکم استخوان <input type="checkbox"/> سایر موارد: .....	
در طول یک سال گذشته چند بار شما به این بخش مراجعه کرده اید؟ .... مرتبه	
هر بار چند دقیقه در این مرکز وقت انتظار گذرانده اید؟ .....	

## References

- Bushberg J, Seibert J, Leidholdt E, Boone J. The Essential Physics of Medical Imaging. 3 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
- Hall E, Giaccia A. Radiobiology for the Radiologist. 7 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York: United Nations; 2008.
- Valentin J. Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. A report of the international commission on radiological protection. Annals of the ICRP. 2005;35(1):1-110.
- Moore BM, Charnock P, Ward M. Radiation protection and quality assurance in medical imaging: The role of the medical physicist. Radiation Protection Dosimetry. 2012;153(1):25-33.
- National Council on Radiation Protection Measurements (NCRP). Limitation of Exposure to Ionizing Radiation. Bethesda: NCRP; 1993.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna: IAEA; 2014.
- International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the ICRP. Ottawa: ICRP; 2007.
- Atomic Energy Organization of Iran (AEOI). Radiation Protection Regulations. Tehran: AEOI Publications; 2005 (in Persian).
- Phinsiri D, Asavaruangkitkul P, Kurdsithong S, Suttho D. The estimation of the occupational radiation dose for medical staff in Thailand by using retrospective annual dosimetry data. International Journal of Radiation Research. 2024;22(3):763-66.
- Al Masri H, Kakinohana Y, Yogi T. Occupational radiation monitoring at a large medical center in Japan. Radiological Physics and Technology. 2014;7:271-76.
- Zira J, Lawal A, Ibrahim U. Assessment of radiation leakage from X-ray rooms in Nigerian hospitals. Radiography. 2020;26(4):213-17.
- Saeed M, Almalki Y. Assessment of the occupational dose and radiogenic risk in diagnostic radiology and nuclear medicine examinations. International Journal of Radiation Research. 2021;19(2):365-72.
- Alomairy N. Evaluation of radiation leakage in CT scan rooms of hospitals in Saudi Arabia. Journal of Radiological Protection. 2023;43(1):120-28.
- Motevalli S, Borhanazad A. Study of occupational exposure of medical centers in Guilan province. Journal of Guilan University of Medical Sciences. 2014;22(88):41-48 (in Persian).
- Taghaddosi A, Kamalynia N, Rabiei B. Radiation safety evaluation in dental radiology centers in Kashan, Iran. Journal of Kashan University of Medical Sciences. 2023;27(1):44-51 (in Persian).
- Hamzian N, Asadian S, Zarghani H. A study

- of radiation protection standards compliance in hospital radiographic departments in Iran. *Journal of Biomedical Physics & Engineering*. 2022;12(5):513.
18. Fattahi Asl J, Mirdoraghi M. The measurement of leakage dose from radiology rooms of Ahwaz University of Medical Sciences Educational Hospital. *Paramedical Sciences and Military Health*. 2017;12(2):36-41 (in Persian).
19. National Council on Radiation Protection Measurements (NCRP). *Structural Shielding Design for Medical X-ray Imaging Facilities*. Bethesda: NCRP; 2004.
20. Asgari A, Parach A, Mirmohammadi S, Mehrparvar A, Daneshian E, Nekoofar Z. Investigating the effective annual dose of radiation angiography department of Afshar hospital in Yazd and providing radiation protection strategies to better manage the dose received by staff. *Occupational Medicine*. 2020;12(1):34-44 (in Persian).
21. Ghahramani Asl R, Omidbakhsh A, Soleimanpor P. Establishing the occupational health of radiography personnel of hospitals affiliated to Sabzevar University of Medical Sciences. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences*. 2024;31(1):106-17.
22. Jonidi Jafari A, Ghorbannezhad F, Rastegar A. Estimation excess risk cancer due to natural gamma radiation exposure in outdoor areas for residents of Dargaz city in 2016. *Iranian Journal of Health and Health*. 2019;12(2):185-19 (in Persian).



Available online: <https://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



## Assessment and evaluation of leakage ionizing dose from radiation medicine centers of Qazvin province

Akram Samieifard<sup>1</sup>, Akram Bahojb Moqanian<sup>2</sup>, Mehdi Ranjbaran<sup>3</sup>, Hamid Karyab<sup>4\*</sup>

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

2- Department of Environmental Health, Health Deputy, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

3- Non-Communicable Diseases Research Center, Research Institute for Prevention of Non-Communicable Diseases, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

4- Social Determinants of Health Research Center, Research Institute for Prevention of Non-Communicable Diseases, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran

### ARTICLE INFORMATION:

**Received:** 3 December 2025

**Revised:** 14 February 2026

**Accepted:** 18 February 2026

**Published:** 10 March 2026

### ABSTRACT

**Background and Objective:** Measuring leakage radiation dose in radiology centers is essential for protecting public health. This study aimed to assess the exposure levels of radiation workers (in controlled areas) and visitors (in supervised areas) to ionizing radiation in radiology centers of Qazvin Province.

**Materials and Methods:** This descriptive cross-sectional study was conducted as a census in 79 radiology centers across Qazvin Province. Leakage dose was measured using a FLUKE 451B ionization chamber and reported in  $\mu\text{Sv/h}$ . Using the U.S. Radiological Protection Commission model, exposure in controlled and supervised areas was estimated in mSv/year. Finally, Monte Carlo simulation was applied to analyze the probabilistic distribution of exposure for workers and visitors.

**Results:** The mean leakage dose in controlled and supervised areas was 0.1–1.7  $\mu\text{Sv/h}$  and 0.1–2.19  $\mu\text{Sv/h}$ , respectively. The mean exposure dose for radiation workers and visitors was estimated at  $0.1755 \pm 0.3079$  mSv/year and  $6.2 \pm 14.9 \times 10^{-5}$  mSv/year, respectively, which showed a statistically significant difference ( $p < 0.0001$ ). Based on Monte Carlo simulation results, 93 percent of exposure for workers fell within 0.0–0.98 mSv/year, and 95% of exposure for visitors fell within 0.0–0.01 mSv/year.

**Conclusion:** The findings indicate that leakage doses in radiology centers of Qazvin Province are within permissible limits. However, the detection of elevated ionizing radiation leakage in CT angiography and nuclear medicine departments underscores the need for continuous monitoring and adherence to the ALARA principle. Although the study has a cross-sectional design, its results may serve as a basis for developing national radiation safety policies.

**Keywords:** Ionizing radiation, Leakage dose, Radiology centers, Dose monitoring, ALARA

**\*Corresponding Author:**

hkaryab@qums.ac.ir

Please cite this article as: Samieifard A, Bahojb Moqanian A, Ranjbaran M, Karyab H. Assessment and evaluation of leakage ionizing dose from radiation medicine centers of Qazvin province. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2026;18(4):685-700.

