

بررسی پرتوگیری ناشی از گاز رادن در کارکنان مراکز رادیوتراپی شهر تهران در سال ۱۳۹۴

آرزو ایمانی^۱، دکتر فریدون میانجی^۲، دکتر وحید چنگیزی^۳، دکتر سید حسین موسوی انیجدان^۴، دکتر رضا پایدار^۵

چکیده

زمینه و هدف: ارزیابی تراکم رادن در ساختمان های زیر زمینی از اهمیت بالایی برخوردار است و مراکز رادیوتراپی با توجه به کارگیری منابع بسیار پر قدرت پرتوزا معمولاً در طبقات زیر زمین ساخته می شوند. هدف از این مطالعه بررسی پرتوگیری ناشی از گاز رادن در کارکنان رادیوتراپی مراکز رادیوتراپی شهر تهران در سال ۱۳۹۴ می باشد.

روش بررسی: این مطالعه توصیفی-تحلیلی به صورت مقطعی و آینده نگر بوده است. تعداد ۳۲ آشکارساز اتاقک نفوذی گاز رادن در مراکز رادیوتراپی شهر تهران به مدت ۳ ماه نصب گردید. پس از جمع آوری آشکارسازها، مقدار غلظت گاز رادن هر آشکارساز متناسب با محل مربوط محاسبه شد. دوز موثر سالیانه پرسنل با استفاده از مدت زمان اشتغال پرسنل در هفته، ارزیابی گردید.

یافته ها: حداقل و حداکثر غلظت های ثبت شده در این مطالعه در طول یک سال ۲۲/۱۴ و ۳۹۸/۵۲ و با میانگین $۸۷/۰۱ \pm ۸۰/۶۸ \text{ Bq/m}^3$ بود. همچنین میزان دوز موثر سالانه بررسی شده ی پرسنل رادیوتراپی $۰/۳۴ \pm ۰/۴۳$ میلی سیورت در سال به دست آمد که این میزان هم بین حداقل $۰/۰۲$ و حداکثر $۲/۳۵$ میلی سیورت در سال قرار داشت.

نتیجه گیری: نتایج حاکی از این امر است که سطح رادن موجود در مراکز رادیوتراپی و نیز میزان دوز موثر پرسنل شاغل در این مراکز در حدود مجاز است و نیاز به اقدام خاصی نیست. اما در صورتی که به عواملی از جمله وضع تهویه در این مراکز رسیدگی بیشتری شود، می توان حتی حدود این گاز را به کمتر از این حد نیز رسانید.

واژه های کلیدی: رادن، دوز موثر، رادیوتراپی، اتاقک نفوذی رادن

دریافت مقاله: آذر ۱۳۹۵

پذیرش مقاله: فروردین ۱۳۹۶

*نویسنده مسئول:

دکتر وحید چنگیزی؛

مرکز تحقیقات مدیریت اطلاعات سلامت

دانشگاه علوم پزشکی تهران

Email :
changizi@sina.tums.ac.ir

^۱ کارشناس ارشد رادیوبیولوژی و حفاظت پرتوی، گروه علوم پرتوی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

^۲ استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران

^۳ استاد گروه علوم پرتوی، دانشکده پیراپزشکی، مرکز تحقیقات مدیریت اطلاعات سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

^۴ استادیار گروه تکنولوژی پرتوها، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

^۵ استادیار گروه علوم پرتوی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

مقدمه

کاهش میزان تهویه می تواند به افزایش غلظت رادن و محصولات آن در هوا کمک کند(۳). غلظت های رادن داخلی همیشه بیشتر از غلظت های رادن خارجی(در محیط باز) است. زیرا در داخل یک ساختمان رادن نمی تواند به آسانی فرار کند. سطح رادن به طور کلی در طبقه ی هم کف و زیرزمین بالاترین مقدار است زیرا این نواحی به منبع انتشار رادن(سطح زمین) نزدیک تر بوده و اغلب تهویه ضعیف تری دارند، بنابراین رادن می تواند به راحتی از زمین به چنین فضاهای دارای مرز مشترک نفوذ کند(۱۵و۳).

غلظت رادن در هوای داخلی ساختمان ها در درجه ی اول به غلظت رادیوم در خاک زیر آن ساختمان بستگی دارد(۱۶). منابع رادن داخلی، مجاورت خاک با خانه، مصالح ساختمانی با منشا زمینی، آب محلی، هوای خارجی و گاز طبیعی است. اگرچه هوای حاوی رادن به طور عمده از خاک های زیرزمینی و مصالح ساختمانی می آید و در کل رادن ۲۲۲ بالاترین سطح را در زیرزمین و طبقات پایینی که در تماس بیشتر با خاک هستند، دارد(۱۷و۳۰). منشا رادن داخلی از دیوار، کف و سقفی که از مصالح ساختمانی سنگ و خاک تشکیل شده نیز می باشد(۱۸و۱۹). غلظت زیادی از رادن در ساختمان های مسکونی و عمومی از قبیل مدارس و ادارات در خیلی از کشورها ارزیابی شده است و به طور کلی زیرزمین ها و طبقات پایین ساختمان ها از آنجا که در تماس بیشتر با خاک هستند، غلظت بالاتری از رادن را نشان داده اند. بنابراین پرتوگیری افرادی که در مناطق زیرزمینی کار می کنند، از نظر دریافت رادن، باید مورد توجه قرار بگیرد(۲۰و۵).

از آنجا که افراد حدود ۸۰ درصد از عمر خود را در هوای حاوی رادن سپری می کنند، ارزیابی مقدار رادن مهم است(۲۴-۲۱). از دیگر سو ارزیابی تراکم رادن در ساختمان های زیر زمینی از اهمیت بیشتری برخوردار است و مراکز رادیوتراپی با توجه به به کارگیری منابع بسیار پر قدرت پرتوزا معمولا در طبقات زیر زمین ساخته می شوند تا حفاظ سازی آنها آسان تر و کم هزینه تر باشد. تاکنون گزارشی در زمینه ی ارزیابی غلظت رادن در مراکز پرتودرمانی ایران ارائه نشده است در حالی که با توجه به شرایط ساخت آنها امکان تراکم یافتن گاز رادن در اتاق های درمان و کنترل وجود دارد و بسیار مناسب است که پژوهشی در این زمینه با هدف ارزیابی میزان پرتوگیری شغلی کارکنان از رادن و ارتباط شرایط طراحی، ساختمانی و تهویه مرکز با غلظت رادن در آنها انجام شود. هدف از این مطالعه بررسی پرتوگیری شغلی ناشی از گاز رادن در مراکز رادیوتراپی و تعیین ارتباط آن با شرایط سازه ای و فیزیکی این مراکز در شهر تهران در سال ۱۳۹۴

منابع طبیعی پرتوگیری شامل دو دسته ی خارجی و داخلی است(۱)، که مهمترین منشا آنها پرتوهای کیهانی، پرتوهای ساطع شده از قشر زمین، رادن ۲۲۲ و محصولات حاصل از تجزیه ی آن است(۲). پرتوگیری خارجی به وسیله ی پرتو گاما و پرتوگیری داخلی بیشتر به وسیله ی محصولات تجزیه ای با عمر کوتاه از واپاشی رادن ایجاد می گردد(۱).

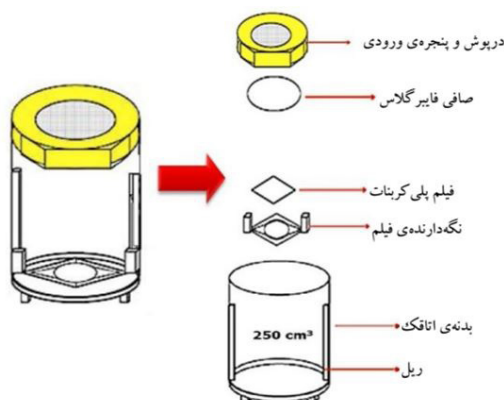
رادن به طور طبیعی گازی بدون رنگ، بدون بو و بدون مزه است و در همه ایزوتوپ هایش از لحاظ شیمیایی یک گاز خنثی و رادیواکتیو است(۳و۴). همه ی ایزوتوپ های طبیعی رادن (^{222}Rn ، ^{220}Rn و ^{226}Rn) از سه زنجیره ی رادیواکتیویته ی طبیعی تولید می شوند(۳) و به طور خاص رادن ^{222}Rn بصورت پیوسته از رادیوم ^{226}Ra در سری تجزیه اورانیوم ^{238}U ایجاد می گردد و بیشترین سهم را در پرتوگیری خارجی بشر دارد و در محیط های مختلف برای تعیین سهم پرتوگیری انسان اندازه گیری می شود(۱۱-۳و۵).

رادن ۲۲۲ حدود ۳۷ درصد از میانگین پرتوگیری انسان از همه منابع طبیعی و مصنوعی را تشکیل می دهد(۱۲). از آنجا که اورانیوم در هر جایی از پوسته زمین یافت می شود، رادیوم ۲۲۶ و رادن ۲۲۲ تقریبا در همه صخره ها، خاک ها و آب ها وجود دارند. رادن ۲۲۲ و محصولات آن بزرگ ترین منبع دوز موثر در پرتوگیری طبیعی به شمار می آیند(۱۳).

طبق گزارش WHO پرتوگیری های بالا از غلظت های رادن دومین علت منجر به سرطان ریه در افراد بزرگسال پس از استفاده از دود تنباکو بوده است(۳). محیط های با غلظت کم رادن در کل سهم بیشتری در ایجاد سرطان ریه نسبت به غلظت های بالای آن دارد زیرا به طور کلی افراد کمتری در معرض غلظت های بالای رادن قرار می گیرند و بخش بسیار بزرگی از جمعیت مردم در معرض غلظت های کم یا متوسط رادن قرار دارند(جمعیت کمی در معادن کار می کنند)(۱۴).

پرتوگیری از رادن به طور عمده از چند فاکتور تاثیر می گیرد که در بین آنها میزان اورانیوم یا رادیوم موجود در خاک و لایه های زیرین منطقه، دما و نفوذپذیری خاک و سطح رطوبت، قرار داشتن کف محیط سرپوشیده بر روی زمین و مصالح استفاده شده در ساخت ساختمان بیشترین اهمیت را در تراکم یافتن رادن در محیط بسته دارند. همچنین غلظت رادن در مکان های سرپوشیده مانند خانه ها یا ادارات به سطح تهویه ی این اماکن بستگی دارد و توجه به این امر ضروری است که

اقتصادی جهت اندازه‌گیری گاز رادن به شمار می‌آیند. آشکارساز مورد استفاده در این پژوهش اتاقک نفوذی گاز رادن است و شامل یک ظرف استوانه‌ای پلاستیکی می‌باشد. در دزیمتر حاوی یک قسمت مشبک برای عبور هوا به داخل اتاقک می‌باشد. از یک فیلتر برای جلوگیری از نفوذ دختران رادن استفاده می‌شود که روی نگهدارنده‌ی فیلتر قرار می‌گیرد.



شکل ۱: ساختار اتاقک نفوذی گاز رادن استفاده شده

رادن درون اتاقک ثبت شده است (۲۶). میانگین حساسیت بدست آمده اتاقک نفوذی رادن برابر با مقدار زیر است (۲۶):

$$S = 15.1 + 0.6 (\text{track cm}^{-2}) \cdot (\text{kBq m}^{-3} \cdot \text{day})^{-1} \quad (2)$$

بعد از طی این مرحله ردپاهای حاصل از پرتو با استفاده از میکروسکوپ یا تصویر اسکن شده قابل رویت می‌باشند. شمارش تعداد ردپاها به صورت نیمه اتوماتیک با استفاده از یک برنامه نرم افزاری انجام می‌پذیرد.

پس از تکمیل اطلاعات، به منظور تحلیل آنها، داده‌ها وارد نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ شده و جهت تحلیل داده‌ها $P < 0.05$ در نظر گرفته شده است.

محاسبه‌ی غلظت رادن

به منظور محاسبه غلظت رادن از فرمول زیر استفاده شده است (۲۲):

$$C \left(\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right) = \rho / kt * 1000 \quad (3)$$

که در آن ρ مقدار دانسیته‌ی ردپاها، k فاکتور کالیبراسیون ($= 13.55 \text{ track/cm}^2 \cdot \text{kBq} \cdot \text{day/m}^3$) و t مدت زمان اندازه‌گیری برحسب تعداد روز می‌باشد که در این پژوهش برابر ۹۰ روز است.

تعیین دز موثر

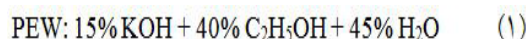
برای تعیین دز موثر ناشی از رادن و دختران آن در محیط بسته از فرمول زیر استفاده شده است:

روش بررسی

با وجود اینکه روش‌های متفاوتی تاکنون جهت اندازه‌گیری گاز رادن و دختران آن ابداع و به کار گرفته شده است، استفاده از پلیمرهای حساس به عنوان آشکارساز ذرات آلفا بسیار مؤثر، آسان و

آشکارساز پلیمری مورد استفاده در این دزیمتری پلی‌کربنات لگزان با مساحتی به قطر ۳ سانتیمتر و ضخامت ۲۵۰ میکرومتر است. حساسیت آشکارسازی با عواملی مثل نوع آشکارساز، شرایط خورش، جنس، شکل هندسی، قطر دهانه و همچنین محل آشکارساز در داخل اتاقک تغییر می‌کند.

این مجموعه باید به مدت سه ماه در ارتفاع یک متری از سطح زمین در محل مورد نظر و دور از شرایط نامساعد محیطی نظیر باد و باران قرار گیرد. بعد از خارج کردن فیلم‌های پلی‌کربنات پرتودیده از داخل اتاقک نفوذی گاز رادن، از آنجا که ردپاهای ایجاد شده بر روی آنها قابل رویت با چشم عادی نیستند، عملیاتی به منظور آشکارسازی آنها موسوم به عملیات خورش الکتروشیمیایی بر روی آنها انجام می‌گیرد. شرایط بهینه ترکیب محلول خورش PEW در فرایند ECE دارای درصد جرمی زیر در ولتاژ ۸۰۰، فرکانس ۲ KHz و دمای 25°C و مطابق با رابطه ۱، است:



این عملیات به مدت ۳ ساعت با شرایط گفته شده انجام شده است (۲۵).

کالیبراسیون اتاقک در محفظه‌ی حاوی غلظت معینی از رادن حدود $29/4 \text{ Bq/m}^3$ انجام شده است. به منظور پرتودهی اتاقک در مقادیر مختلف غلظت رادن، زمان‌های پرتودهی مختلفی انتخاب شده و در زمان پرتودهی، غلظت رادن درون محفظه با استفاده از دستگاه فعال اندازه‌گیری رادن، میزان

در مکان مورد نظر برحسب تعداد ساعت در سال است (۲۷).

$$E_{in} = C_{Rno} \times 0.4(EEC) \times 12(nSv \cdot h^{-1})(Bq \cdot m^{-3})^{-1}(EEC) \times 0.8(\text{occupancy factor}) \times 8760 \text{ hy}^{-1} \quad (4)$$

یافته ها

در این پژوهش تعداد ۳۲ آشکارساز اتاقک نفوذی گاز رادن در ۸ مرکز رادیوتراپی شهر تهران به مدت ۳ ماه نصب گردید (اول آبان ۱۳۹۴ تا اول بهمن ۱۳۹۴). این مراکز تقریباً تمام شهر را پوشش می دهند.

EEC ضریب تعادل رادن با دخترانش است که برای محیط بسته ۰/۴ در نظر گرفته می شود و ۱۲ ضریب دز جذبی برای رادن است. occupancy factor برابر با میزان ضریب حضور فرد در سال



شکل ۲: مراکز رادیوتراپی مورد ارزیابی

در مراکز بررسی شده در طول سه ماه اندازه گیری در جدول ۱ نشان داده شده است.

غلظت رادن به میزان زیادی وابسته به مقدار تهویه آن مکان دارد. حداقل و حداکثر غلظت های ثبت شده در این مطالعه ۲۲/۱۴ و ۳۹۸/۵۲ و با میانگین $87.01 \pm 68.80 \text{ Bq/m}^3$ بوده است. غلظت های رادن

جدول ۱: مقادیر غلظت گاز رادن در طول ۳ ماه به تفکیک هر مرکز

نام مرکز رادیوتراپی	میانگین	انحراف معیار	حداکثر غلظت رادن	حداقل غلظت رادن
۱	۳۵/۶۷	۷/۲۸	۴۳/۴۶	۲۶/۲۴
۲	۴۹/۲۰	۹/۱۵	۵۹/۰۴	۳۷/۷۲
۳	۱۰۱/۴۷	۱۵۱/۱۱	۳۲۸	۲۲/۱۴
۴	۱۰۲/۷۰	۴۷/۴۰	۱۴۸/۴۲	۵۰/۸۴
۵	۷۲/۷۷	۳۵/۷۰	۱۰۹/۰۶	۲۳/۷۸
۶	۱۶۶/۴۶	۱۵۵/۳۷	۳۹۸/۵۲	۷۵/۴۴
۷	۹۵/۹۴	۳۷/۵۵	۱۴۹/۲۴	۶۱/۵۰
۸	۶۰/۲۷	۲۱/۶۷	۸۳/۶۴	۳۳/۶۲

هم بین حداقل ۰/۰۲ و حداکثر ۲/۳۵ قرار دارد. این مقادیر به تفکیک هر مرکز در جدول ۲ آورده شده است.

همچنین میزان دوز موثر سالانه بررسی شده ی پرسنل رادیوتراپی 0.34 ± 0.43 میلی سیورت در سال است که این میزان

جدول ۲: میانگین و حداقل و حداکثر میزان دوز موثر در پرسنل رادیوتراپی به تفکیک هر مرکز

نام مرکز	میانگین	انحراف معیار	حداکثر دوز موثر برحسب میلی سیورت در سال	حداقل دوز موثر برحسب میلی سیورت در سال
۱	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۰۲
۲	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۳۷	۰/۱۵
۳	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۳۹	۰/۰۷

۰/۴	۰/۵۸	۰/۰۶	۰/۴۳	۴
۰/۰۴	۰/۵۸	۰/۲۱	۰/۲۳	۵
۰/۶۶	۲/۳۵	۰/۸۳	۱/۲۸	۶
۰/۴۲	۱/۶۸	۰/۴۹	۱/۰۴	۷
۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۰۸	۰/۲۸	۸

میلی سیورت در سال تخمین زده شده است. این مقادیر دوز دریافتی خیلی کمتر از حد مجاز پرتوگیری می باشد و بیانگر رعایت نکات حفاظتی پرتویی در این مراکز است.

مطابق با جدول ۳ مقدار دوز حاصل از پرتوگیری خارجی پرسنل که با استفاده از فیلم بچ ارزیابی شده است، در بیش از ۹۶ درصد پرسنل در حد صفر می باشد. از طرفی مقدار دوز دریافتی حاصل از گاز رادن آنان نیز در سطح مجاز و با میانگین 0.34 ± 0.43

جدول ۳: میزان دوز حاصل از فیلم بچ پرسنل

درصد	تعداد	واحد
۹۶/۸۰	۱۸۲	دوز کمتر از ۰/۰۵ میلی سیورت
۳/۲۰	۶	دوز بین ۰/۰۵ تا ۱ میلی سیورت
۱۰۰	۱۸۸	جمع

میزان ارتباط غلظت گاز رادن با پارامترهای سنجیده شده در مراکز در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: ارتباط غلظت گاز رادن با پارامترهای فیزیکی مراکز رادیوتراپی

نام پارامتر	p-value
۱ وضعیت تماس با زمین	۰/۱۲۷
۲ تهویه	۰/۰۰۱
۳ طبقه	۰/۶۷۳
۴ روکش دیوار	۰/۰۷۹
۵ جنس دیوار	۰/۴۹۷
۶ سیستم سرمایشی و گرمایشی	۰/۱۵۶
۷ تعداد ضلع متصل به زمین	۰/۰۱۱
۸ تعداد در و پنجره	۰/۱۵۴
۹ قدمت ساختمان	۰/۰۰۵
۱۰ ارتفاع از سطح دریا	۰/۴۲۱

بحث

مطالعه ی حاضر برای اولین بار به بررسی سطح رادن در مراکز رادیوتراپی شهر تهران پرداخته است. در این مطالعه، پارامترهای مختلف تاثیرگذار بر غلظت گاز رادن بررسی شده است. غلظت رادن ۳۲ آشکارساز در بازه زمانی ۳ ماه بین $22/14 \text{ Bq/m}^3$ تا 164 و دو مورد آن دارای غلظت 328 Bq/m^3 و $398/5$ بود. علت بالا بودن غلظت گاز رادن در این دو مورد به عواملی از جمله وضعیت نامناسب تهویه، تعداد ضلع های اتاق متصل به خاک که باعث انتشار زیاد گاز

استفاده از اتاقک های نفوذی گاز رادن، ساده و نسبتا ارزان است و برای تخمین دوز موثر سالانه، استفاده از این نوع آشکارسازها مناسب است. این آشکارسازها به اپراتور وابسته نیست و لزومی ندارد اپراتور روزانه غلظت گاز رادن را اندازه گیری کند و تنها در انتهای زمان اندازه گیری غلظت مورد نظر، شمارش ردپاها در آزمایشگاه صورت می گیرد (۲۸).



رادن می شود و نیز بیشتر بودن نزدیکی به زیرزمین برمی گردد. از آنجا که رادن به طور عمده از خاک و سطح زمین انتشار می یابد، با توجه به اینکه محل این دو آشکارساز در تماس با سطح زمین بوده و نیز از تهویه ی مناسب برخوردار نبودند، می توان علت را به این عوامل نسبت داد.

غلظت گاز رادن به میزان زیادی به وضعیت تهویه بستگی دارد. به طوری که مراکز رادیوترایی که از تهویه ی مناسبی برخوردار نبودند، غلظت های بالایی از گاز را نشان دادند. بین میزان گاز رادن و تهویه، ارتباط معناداری وجود داشت ($P\text{-value} < 0.05$).

در مطالعه ای که توسط Perrier و Girault در فرانسه انجام شده است و به بررسی پارامترهای موثر در میزان غلظت رادن پرداخته اند، به تاثیر عواملی از جمله میزان تهویه، نزدیکی به سطح زمین و پایین بودن طبقه ی ساختمان در افزایش غلظت رادن اشاره شده است (۸). در پژوهش Sarrou و Pashalidis که به بررسی مقدار سطح رادن در مصر پرداختند، به تاثیر بالای میزان تهویه و نیز هوای آزاد حتی در فصل زمستان، در کاهش غلظت رادن اشاره شده است (۲۹). این امر در پژوهش Cucos و همکارانش (۳۰) و نیز مطالعه ی Jelle نیز بیان شده است (۳۱) که کاهش مقدار تهویه و نامناسب بودن آن سهم بسزایی در افزایش مقدار گاز رادن دارد.

میانگین غلظت گاز رادن محاسبه شده در مراکز رادیوترایی ۸۷/۰۱±۸۰/۶۸ محاسبه شد که مقدار به دست آمده در سطح مجاز می باشد. در مطالعه ی Doyi و همکارانش، مقدار گاز رادن در معادن طلا 14 ± 4 Bq/m³ تا 273 ± 9 و با میانگین 98 Bq/m³ به دست آمده است (۱۳). از آنجا که همه ی معادن در زیر زمین قرار گرفته اند و بیشتر با زمین در ارتباط هستند، می توان همواره انتظار داشت که این مناطق دارای سطح بالاتری از گاز رادن باشند اما مراکز رادیوترایی می توانند در طبقات مختلف ساخته شوند، هر چند که به خاطر دلایلی از جمله انرژی بالای دستگاه های شتاب دهنده عموماً در طبقات زیرین یا نهایتاً طبقات اولیه ساختمان ها ساخته می شوند.

از سال ۱۹۹۰ ICRP، توصیه ای مبنی بر قرار گرفتن سطوح بالای رادن به عنوان پرتوگیری شغلی را در دستور کار خود قرار داد (۳۲). طبق گزارش تخمین زده شده توسط UNSCEAR ۲۰۰۰ مقدار دوز موثر سالیانه از تمام منابع پرتوزای طبیعی حدود $2/4$ mSv است که از این مقدار، میزان میانگین دوز موثر سالیانه ی ناشی از رادن ۲۲۲ و رادن ۲۲۰ بین $0/10$ تا $1/15$ mSv می باشد (۳۳). مقدار دوز

موثر سالیانه ی پرسنل در این پژوهش $0/34 \pm 0/43$ mSv/year بوده که این مقدار در حد مقدار مجاز توصیه شده است. میزان دوز به دست آمده در نتیجه ی کار Doyi و همکارانش $0/06 \pm 0/02$ mSv/year تا $1/23 \pm 0/04$ می باشد (۱۳).

مقدار P در سنجش جنس و روکش دیوار به ترتیب $0/497$ و $0/079$ بود و از آنجا که هر دو مقدار بالای $0/05$ است، پس اختلاف معنی داری مشاهده نشده است. در مطالعه ای هم که توسط Obed و همکارانش صورت گرفته بود، نوع مصالح ساختمانی، طبقه ی ساختمان و نوع پوشش دیوار بررسی شده بود. در رابطه با نوع مصالح ساختمانی، غلظت گاز رادن در بلوک های سیمانی را 43 ± 27 Bq/m³ و در آجرهای کاهگلی 64 ± 33 Bq/m³ تخمین زدند. آنان اختلاف معنی داری در نوع مصالح ساختمانی مشاهده نکردند ($P=0/1811$) (۳۴).

از نظر نوع قسمت نصب شده ی آشکارسازها، اختلاف معنی داری بین قسمت های مختلف مشاهده نشد ($P=0/295$). این مساله در پژوهش Curguz و همکارانش نیز به چشم می خورد و آنان نیز بین غلظت رادن در اتاق های مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نکردند (۳۵). علت این امر می تواند ناشی از هم سطح بودن اتاق های یک طبقه و داشتن ارتفاع یکسان از سطح زمین باشد.

نتیجه گیری

نتایج، حاکی از آن است که سطح رادن موجود در مراکز رادیوترایی و نیز میزان دوز موثر پرسنل شاغل در این مراکز در حدود مجاز است و نیاز به اقدام خاصی نیست. اما در صورتی که به عواملی از جمله وضع تهویه در این مراکز رسیدگی بیشتری شود، می توان حتی حدود این گاز را به کمتر از این حد نیز رسانید.

پیشنهاد می گردد که در استفاده از اتاقک های نفوذی، جهت دست یافتن به دقت بیشتر، از تعداد بیشتری آشکارساز در هر محل استفاده شود. همچنین جهت ارزیابی دقیق تر دوز موثر سالیانه ی کارکنان، از اتاقک های نفوذی در بازه های زمانی ۳ ماه تا یک سال استفاده گردد و به منظور ارزیابی اثر تغییرات دمایی، آشکارسازهای با شرایط یکسان در فصول مختلف بررسی شوند. جهت سنجش کلیه عوامل روی مقدار گاز رادن نیز، سنجش پارامترهای دیگری از جمله جنس مصالح ساختمانی به کار رفته و نوع آنها، توصیه می گردد.

تشکر و قدردانی

آن با شرایط سازه های فیزیکی این مراکز در شهر تهران در سال ۱۳۹۴ " به شماره ثبت ۱۴۰۱۸۸ مصوب دانشکده پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی تهران می باشد.

با تشکر از پرسنل محترم مراکز رادیوتراپی شهر تهران که با این پروژه همکاری داشتند، این مقاله حاصل پایان نامه با عنوان "بررسی پرتوگیری شغلی ناشی از گاز رادن در مراکز رادیوتراپی و تعیین ارتباط

منابع

1. Sharaf JM & Hamideen MS. Measurement of natural radioactivity in jordanian building materials and their contribution to the public indoor gamma dose rate. *Applied Radiation and Isotopes* 2013; 80(1): 61-6.
2. Psichoudaki M & Papaefthymiou H. Natural radioactivity measurements in the city of ptolemais (Northern Greece). *Journal of Environmental Radioactivity* 2008; 99(7): 1011-7.
3. Al-Khalifa IJ & Nejam Aood H. Indoor radon levels and the associated effective dose rate determination at the Shatt-Alarab distract in the Basrah governorate, Iraq. *Impact Journal* 2014; 2(3): 117-22.
4. Rahman SU, Rafique Mir KHM, Khan F & Wazir Z. Annual effective dose due to residential radon exposure in the dwellings of Abbottabad. *A Scientific Journal of Camsats-Science Vision* 2012; 18(1-2): 39-42.
5. Pugliese M, Quarto M, De Cicco F, De Sterlich C & Roca V. Radon exposure assessment for sewerage system's workers in Naples, South Italy. *Indoor and Built Environment* 2013; 22(3): 575-9.
6. Li X, Zheng B, Wang Y & Wang X. A survey of radon level in underground buildings in China. *Environment International* 2006; 32(5): 600-5.
7. Kemerink GJ, Frantzen MJ, De Jong P & Wildberger JE. Less radiation in a radiology department than at home. *Insights Into Imaging* 2011; 2(3): 275-80.
8. Girault F & Perrier F. Estimating the importance of factors influencing the radon-222 flux from building walls. *Science of The Total Environment* 2012; 1(433): 247-63.
9. Oikawa S, Kanno N, Sanada T, Abukawa J & Higuchi H. A survey of indoor workplace radon concentration in Japan. *Journal of Environmental Radioactivity* 2006; 87(3): 239-45.
10. Zhang J, Tuo X & Li Z. The migration of radon in different air pressure experimental study and the average velocity estimation. *Energy Procedia* 2013; 39(1): 443-53.
11. Kurnaz A, Küçükömeroğlu B, Çevik U & Çelebi N. Radon level and indoor gamma doses in dwellings of Trabzon, Turkey. *Applied Radiation and Isotopes* 2011; 69(10): 1554-9.
12. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Case studies in environmental medicine. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.html>. 2012.
13. Doyi I, Oppon OC, Glover ET, Gbeddy G & Kokroko W. Assessment of occupational radiation exposure in underground artisanal gold mines in Tongo, Upper East region of Ghana. *Journal of Environmental Radioactivity* 2013; 126(1): 77-82.
14. Alzimami K, Maghraby AM & Abo-Elmagd M. Radon levels and the expected population mortality in dwellings of Al-Kharj, Saudi Arabia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2014; 7(4): 572-6.
15. Harvey JA & Kearfott KJ. The effects of high ambient radon on thermoluminescence dosimetry readings. *Radiat Prot Dosimetry* 2011; 147(4): 491-7.
16. Hámori K, Tóth E, Losonci A & Minda M. Some remarks on the indoor radon distribution in a country. *Applied Radiation and Isotopes* 2006; 64(8): 859-63.



17. Ismail B, Redzuwan Y, Chua RS & Shafiee W. Radiological impacts of the amang processing industry on neighbouring residents. *Applied Radiation and Isotopes* 2001; 54(3): 393-7.
18. Maghraby AM, Alzimami K & Abo-Elmagd M. Estimation of the residential radon levels and the population annual effective dose in dwellings of Al-kharj, Saudi Arabia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2014; 7(4): 577-82 .
19. Sathish LA, Nagaraja K, Ramanna HC, Nagesh V & Sundareshan S. Concentration of radon, thoron and their progeny levels in different types of floorings, walls, rooms and building materials. *International Journal of Radiation Research* 2009; 7(1): 1-9.
20. Singh P, Singh P, Singh S, Sahoo BK, Sapra BK & Bajwa BS. A study of indoor radon, thoron and their progeny measurement in Tosham region Haryana, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2015; 8(2): 226-33.
21. Shoeib MY & Thabayneh KM. Assessment of natural radiation exposure and radon exhalation rate in various samples of Egyptian building materials. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2014; 7(2): 174-81.
22. Amin RM & Eissa MF. Radon level and radon effective dose rate determination using ssntds in Sannur cave, Eastern desert of Egypt. *Environ Monit Assess* 2008; 143(1-3): 59-65.
23. Senthilkumar G, Raghu Y, Sivakumar S, Chandrasekaran A, Prem Anand D & Ravisankar R. Natural radioactivity measurement and evaluation of radiological hazards in some commercial flooring materials used in Thiruvannamalai, Tamilnadu, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 2014; 7(1): 116-22.
24. Maringer FJ, Baumgartner A, Rechberger F, Seidel C & Stietka M. Activity measurement and effective dose modelling of natural radionuclides in building material. *Applied Radiation and Isotopes* 2013; 81(1): 279-83.
25. Hoseini Pooya SM. Radon: Measurement techniques and environmental surveys. Tehran: Arman Negar; 2014: 51-91[Book in Persian].
26. Jafarizadeh M, Zahedifar M, Taheri M, Baradaran S & Torkzadeh F. Exposure assessment of natural background radiation gamma and radon in Kashan. *Iranian Journal of Radiation Safety and Measurement* 2013; 2(4): 37-43[Article in Persian].
27. UNSCEAR. Sources, effects and risks of ionizing radiation. Available at: <http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2012.html>. 2012.
28. United States Environmental Protection Agency. Protocols for radon and radon decay product measurements in homes. Available at: <https://www.epa.gov/radon/protocols-radon-and-radon-decay-product-measurements-homes>. 1993.
29. Sarrou I & Pashalidis I. Radon levels in Cyprus. *Journal of Environmental Radioactivity* 2003; 68(3): 269-77.
30. Cucoş DA, Cosma C, Dicu T, Begy R, Moldovan M, Papp B, et al. Thorough investigations on indoor radon in băița radon-prone area (Romania). *Science of The Total Environment* 2012; 431(1): 78-83.
31. Jelle BP. Development of a model for radon concentration in indoor air. *Science of The Total Environment* 2012; 416(1): 343-50.
32. EUR-Lex. Commission recommendation of 21 february 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31990H0143>. 1990.
33. UNSCEAR. Sources and effects of ionising radiation. Available at: http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_2.html. 2000.
34. Obed RI, Ademola AK, Vascotto M & Giannini G. Radon measurements by nuclear track detectors in secondary schools in oke-ogun region, Nigeria. *Journal of Environmental Radioactivity* 2011; 102(11): 1012-7.
35. Curguz Z, Stojanovska Z, Zunic ZS, Kolarz P, Ischikawa T, Omori Y, et al. Long-term measurements of radon, thoron and their airborne progeny in 25 schools in Republic of Srpska. *Journal of Environmental Radioactivity* 2015; 148(1): 163-9.

Assessment of Staff Exposure to Radon in Radiotherapy Centers in Tehran, 2015

Imani Arezoo¹ (M.S.) - Mianji Fereidoun² (Ph.D.) - Changizi Vahid³ (Ph.D.)
- Mousavie Anijdan Seyyed Hossein⁴ (Ph.D.) - Paydar Reza⁵ (Ph.D.)

1 Master of Science in Radiobiology & Radiation Protection, Radiation Sciences Department, School of Allied Medical Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2 Assistant Professor, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic Energy Organization of Iran, Tehran, Iran

3 Professor, Radiation Sciences Department, School of Allied Medical Sciences, Health Information Management Research Center, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

4 Assistant Professor, Radiation Technology Department, School of Allied Medical Sciences, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

5 Assistant Professor, Radiation Sciences Department, School of Allied Medicine, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Received: Nov 2016

Accepted: Mar 2017

Background and Aim: Estimation of radon density in underground centers is very important. Considering the use of high-energy medical accelerators, radiotherapy departments are usually located in underground floors. The aim of this study was to evaluate staff exposure to radon gas in these centers in Tehran in 2015-2016.

Materials and Methods: This is a descriptive, cross-sectional survey. In radiotherapy centers of Tehran, 32 radon gas diffusion chamber detectors were installed for a period of 3 months. After collecting the detectors, radon gas concentrations were calculated. The annual effective dose of personnel was evaluated using staff's working hours per week.

Results: The minimum and maximum concentrations recorded in this study during one year were 22.14 and 398.52 Bq/m³, respectively, with an average of 87.01 ± 80.68 Bq/m³. Also, radiotherapy personnel's annual effective dose was 0.34 ± 0.43 mSv per year with the minimum and maximum amounts of 0.02 and 2.35 mSv per year, respectively.

Conclusion: The results indicate that radon level in radiotherapy centers and also that the annual effective dose of personnel in these centers are permissible, and no special action is needed. However, if more attention is paid to certain factors such as air-conditioning, the amount of the gas can even be brought to less than this limit.

Keywords: Radon, Effective Dose, Radiotherapy, Radon Diffusion Chamber

* Corresponding Author:

Changizi V;

Email:

changizi@sina.tums.ac.ir