Archive of SID

مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد 7، شمارهٔ 4، پاییز 1398، صفحه 53-58
تاریخ دریافت مقاله: 1398/05/17، تاریخ پذیرش مقاله: 1398/08/04

اندازه‌گیری معادل دز دست و چشم تکنسین مرکز پزشکی هسته‌ای حین آماده‌سازی رادیوداروی حاوی ^{99m}Tc

هانیه شعبانپور[1]، پیمان رضاییان[2*]، آنیتا عالیپور[2] و امیرعباس صبوری‌دودران[1]

[1]گروه فیزیک، دانشگاه پیام‌نور مرکز کرج، کرج، ایران.
[2]پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران.
[*]تهران، انتهای خیابان کارگر شمالی، سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، کدپستی: 11365-3486
پست‌الکترونیکی: prezaeian@aeoi.org.ir

چکیده

به علت تابش گاما ناشی از رادیوایزوپ های مورد استفاده برای اهداف تشخیصی و درمانی مانند ^{99m}Tc، کارکنان پزشکی هسته‌ای دز دریافت می‌کنند. مقدار معادل دز دریافتی کارکنان، با استفاده از دزیمترهای فردی تعیین می‌شود. با توجه به این که مراحل دوشیدن، آماده‌سازی و تزریق رادیودارو توسط تکنسین انجام می‌شود، دست‌ها و سایر اعضاء تکنسین در معرض تابش قرار خواهد گرفت. در این مقاله میزان معادل دز انگشتان و چشم تکنسین شاغل در یک مرکز پزشکی هسته‌ای حین آماده‌سازی رادیوداروی حاوی رادیوایزوتوپ ^{99m}Tc با استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس GR-200 اندازه‌گیری شده است. نتایج حاصل از این اندازه‌گیری نشان می‌دهد که بیشینه معادل دز جذبی در انگشتان یک دست و چشم به ترتیب حدود 16 و 3 میکروسیورت است. با در نظر گرفتن ساعت کاری در طول یک سال معادل دز چشم و دست برای این مورد بررسی شده کمتر از مقدارحد مجاز سالانه برا ی این دو عضواست.

کلیدواژگان: معادل دز، پزشکی هسته‌ای، فرآیند تشخیصی، دزیمتر ترمولومینسانس، حد دز.

1. مقدمه

پرتوهای یونساز در زمینه‌های مختلف پزشکی، صنعتی و کشاورزی کاربرد دارند. در پزشکی این پرتوها برای کارهای تشخیصی و درمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌های استفاده از پرتوهای یونساز در زمینه تشخیص پزشکی، استفاده از رادیوداروهاست [1، 2]. یک رادیو دارو متشکل از یک رادیوایزوتوپ و یک حامل است. نقش رادیو دارو انتقال رادیو ایزوتوپ به بافت یا عضو مورد نظر در بدن بیمار می‌باشد. از رادیوایزوتوپ‌های مورد استفاده در کارهای تشخیصی می‌توان به ^{99m}Tc اشاره کرد. این رادیوایزوتوپ با گذار ایزومریک با گسیل دو پرتوی گاما با انرژی‌های 142/6 (1/4%) و 140/5(98/6%) کیلوالکترون‌ولت به حالت پایدار می‌رسد، که در این میان فوتون گاما با انرژی 140/5 کیلوالکترون‌ولت غالب می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور استفاده از این رادیوایزوتوپ پیش از تزریق به بیمار باید با یک حامل ترکیب شود. با توجه به پرتوزا بودن رادیوایزوتوپ‌ها در مراحل دوشیدن، آماده‌سازی و تزریق رادیودارو، تکنسین مربوطه پیوسته درمعرض پرتوهای یونساز قرار می‌گیرد. قسمت‌های مختلف بدن تکنسین با توجه به موقعیت مکانی نسبت به رادیودارو ممکن است مقادیر مختلف دز را دریافت کند. در میان اعضاء مختلف، دست‌ها بیشتر در معرض تابش قرار دارند، بنابراین تعیین معادل دز جذبی انگشتان و دست‌ها حائز اهمیت است. محققین مختلف تلاش کرده‌اند تا در مراکز مختلف با استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس معادل دز جذبی انگشتان و عوامل مؤثر بر آن را تعیین کنند.

بر این اساس در سال 2002 معادل دز انگشتان وسط 60 نفر از کارکنان 5 مرکز هسته‌ای که از رادیوایزوتوپ‌های تکنسیوم و ید استفاده می‌کردند، با استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس لیتیوم فلوراید اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان معادل دز جذبی انگشت وسط دست کمتر از مقدار مجاز سالیانه است [3]. در سال 2003 میزان معادل دز جذبی انگشتان مختلف دست تخمین و با یکدیگر مقایسه شد و مشاهده شد که میزان معادل دز جذبی انگشتان مختلف با یکدیگر متفاوت می‌باشد، همچنین دراین کار با استفاده از یک فانتوم معادل انگشت و مچ دست اندازه‌گیری‌هایی نیز انجام شد[4].

وریزنس[1] و همکاران درسال 2008 به بررسی تفاوت‌ها در میزان معادل دز جذبی انگشتان دو دست پرداختند و نشان دادند که تفاوت در دز معادل جذبی میان دست های چپ و راست و انگشتان بستگی به روش‌های مورد استفاده تکنسین دارد. با این وجود مقادیر گزارش شده در این مقاله نشان می‌دهد معادل دز جذبی در انگشتان اشاره بیش از سایر انگشتان است [5]. در سال 2011 پیشنهاداتی برای کاهش معادل دز جذبی انگشتان دست های کارکنان مراکز درمانی ارائه شد که از آن جمله می‌توان به پایش دائمی معادل دز جذبی انگشتان، استفاده از سرنگ‌ها و ویال حفاظدار و استفاده از تکنیک‌هایی برای افزایش فاصله میان شخص و رادیو دارو اشاره کرد [6]. در سال 2011 بکر و بلانک با استفاده از شبیه‌سازی میدان پرتویی، معادل دز جذبی در انگشتان به تفکیک بند انگشتان را محاسبه کردند و نشان دادند که میزان دز جذبی در انگشت شست بیش از سایرانگشتان می‌باشد [7].

بررسی مقالات موجود نشان می‌دهد که میزان معادل دز در انگشتان مختلف می‌تواند متفاوت باشد و این تفاوت نیاز به پایش دائمی معادل دز انگشتان را مشخص می‌کند. این پایش در شش کشوری اروپایی(فرانسه، اسپانیا، بلژیک، ایتالیا، اسلواکی و سوییس) تحت پروژه ی اورامد[2] [8، 9] در حال انجام می‌باشد. اما تاکنون در منابع جستجو شده گزارشی در خصوص انجام این نوع اندازه‌گیری‌ها در کشور مشاهده نشده است.

بر این اساس در این پژوهش با استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس (GR-200) میزان معادل دز جذبی دست کارکنان شاغل در یک مرکز پزشکی هسته‌ای به تفکیک انگشتان دست اندازه‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان معادل دز جذبی در یک روز کاری، با اکتیویته رادیوایزوتوپدر حدود 800 میلی‌کوری، از حدود0/23 تا 16/33 میکروسیورت متفاوت است. همچنین بیشینه دز جذبی برای چشم 3/09 میکروسیورت است. مقادیر به‌دست آمده نشان می‌دهد که علیرغم تفاوت در میزان معادل دز جذبی، با درنظر گرفتن ساعات کار روزانه و اکتیویته مورد استفاده در هر روز میزان دز جذبی دست‌ها کمتر از حد مجاز 500 میلی‌سیورت و چشم‌ها نیز کمتر از 150 میلی‌سیورت در سال است.

[1] Wrzesien

[2] ORAMED

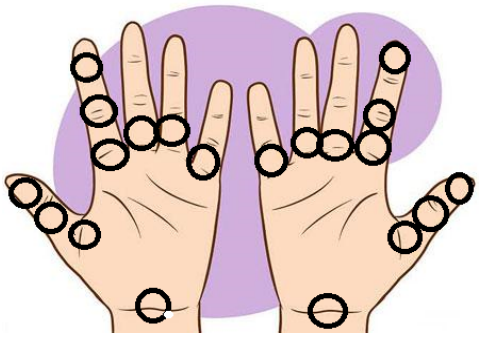
www.SID.ir

Archive of SID

2. مواد و روش‌ها

برای تعیین مقدار دز جذبی، از آشکارسازهای ترمولومینسانس (GR-200) استفاده می‌شود. از ویژگی‌های این دزیمتر می‌توان به حساسیت بالا، پاسخ انرژی فوتون مستقیم، حدود محوشدگی کم و پاسخ خطی دز اشاره کرد. این دزیمتر در مقایسه با سایر دزیمترهای ترمولومینسانس حساسیت بیشتری دارد و برای اندازه‌گیری دز بافت مناسب است. همچنین عدد اتمی مؤثر این دزیمتر در حدود 8/2 می‌باشد که نزدیک به عدد اتمی بافت (7/4) می‌باشد. بنابراین این دزیمتر ابزاری مناسب برای دزیمتری فردی است.

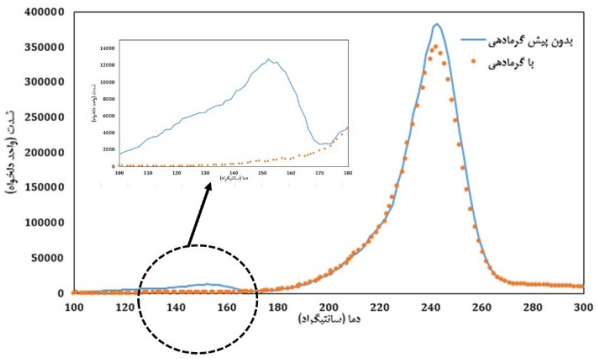
به منظور انجام اندازه‌گیری، ابتدا دزیمترها به منظور خالی شدن کلیه ترازهای گیرانداز به مدت 10 دقیقه در دمای 240 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. دزیمترها را در 22 مکان در دستان چپ و راست دو تکنسین، از جمله انگشتان دست و مچ دست قرار گرفتند. نحوه‌ی قرارگیری دزیمترها در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل (1): نحوه‌ی قرارگرفتن دزیمترها روی دست‌های تکنسین.

با توجه به اهمیت انگشتان اشاره و شست، دزیمترها در 3 قسمت از این دو انگشت قرار داده شدند. برای محافظت در برابر آلودگی‌های خارجی دزیمترها را در یک فویل شفاف قرار گرفتند و با استفاده از چسب روی دستکش تکنسین‌ها ثابت شدند. لازم به ذکر است که محوشدگی نوری دزیمترهای GR-200 بسیار کم می باشد، از این رو قرارگیری این دزیمترها در نور محیط تاثیری بر پاسخ آن‌ها ندارد. همچنین برای تخمین دز جذبی چشم، دزیمترهایی بر روی عینک تکنسین قرار داده شد. به این ترتیب در حین دوشیدن و آماده‌سازی رادیوداروها با استفاده از دزیمترهای قرار داده شده، میزان معادل دزجذبی انگشتان و چشم اندازه‌گیری شد. شکل 2 مرحله‌ی دوشیدن را نشان می‌دهد. پس از انجام اندازه‌گیری‌ها، به منظورحذف قله‌های ناشی از ترازهای سطحی، ابتدا دزیمترها به مدت 10 دقیقه در دمای 100 درجه سانتی‌گراد در کوره قرار گرفتند. در شکل 3، تاثیر این گرمادهی نشان داده شده است.

شکل (2): تکنسین در حال دوشیدن و آماده‌سازی رادیودارو.



شکل (3): تأثیر پیش گرمادهی بر قله‌های سطحی GR-200.

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود پیش گرمادهی سبب حذف قله‌های سطحی و بطور کلی بخش کم دمای منحنی تابش می‌شود. برای خوانش دزیمترها از دستگاه قرائت‌گر مدل Harshaw-4500 استفاده شد.دزیمترها با آهنگ خطی 10 درجه سانتی‌گراد بر ثانیه از دمای محیط تا 240 درجه

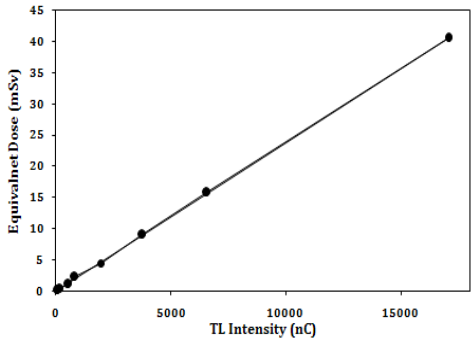
www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌گراد گرم و منحنی تابش ترمولومینسانس آن‌ها ثبت و مقدار بار جمع شده تعیین شد. مقدار قرائت شده بار (Q_{TL}) با استفاده از رابطه زیر به دز جذبی تبدیل شد.

$$Dose\ Equivalnet = (Q_{TL} \times ECC) \times \alpha \times \frac{RI}{RI_0} \times Cf \qquad (1)$$

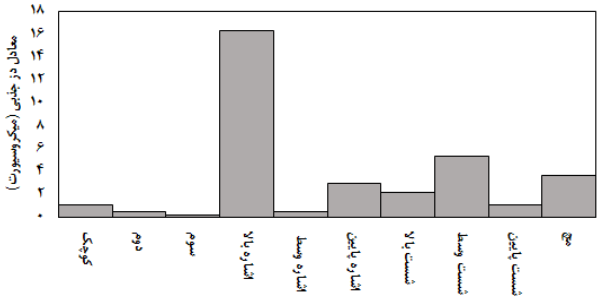
در رابطه 1، ECC حساسیت دزیمترهای ترمولومینسانس، α ضریب تصحیح انرژی، RI_0 شدت نور مرجع در آغاز به کار دستگاه، RI شدت نور مرجع در هر 10 قرائت و Cf ضریب کالیبراسیون دزیمترهای می‌باشد. مقدار حساسیت دزیمترها با پرتودهی آن‌ها در یک میدان پرتویی کالیبره ^{137}Cs تعیین شد. مقدار حساسیت و کالیبراسیون دزیمترهای مورد استفاده در این تحقیق در میدان پرتویی ^{137}Cs با انرژی 662 کیلوالکترون ولت انجام شد، در حالی که از این دزیمترها برای تعیین معادل دز فوتون‌های 140/5 کیلو الکترون ولت ناشی از رادیوایزوتوپ ^{99m}Tc استفاده شد. بر این اساس باید ضریب تصحیح انرژی تعیین و در محاسبات اعمال شود. ضریب تصحیح انرژی دزیمترهای GR-200 برای انرژی 140/5 کیلوالکترون‌ولت 0/86 محاسبه شد [10]. همانگونه که پیش از این بیان گردید، کالیبراسیون دزیمترها در میدان پرتویی کالیبره ^{137}Cs انجام شد. بدین منظور دزیمترها در 8 دز مختلف پرتودهی و پاسخ آن‌ها ثبت شد. منحنی کالیبراسیون بدست آمده در شکل 4 نشان داده شده است.



شکل (4): منحنی کالیبراسیون آشکارسازهای ترمولومینسانس GR-200.

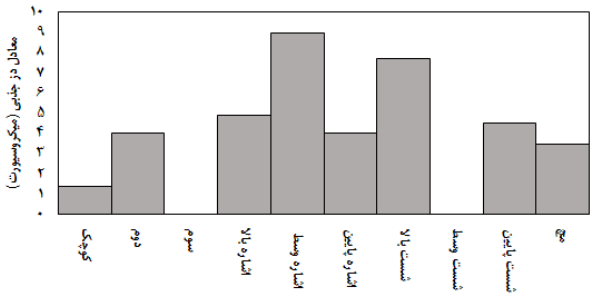
3. نتایج

اندازه‌گیری دز معادل دست در بخش پزشکی هسته‌ای یکی از بیمارستان‌های استان البرز انجام شد. به طور کلی در مدت زمان اندازه‌گیری 8 ساعت تکنسین با اکتیویته‌ای حدود 790 میلی‌کوری کار کرد و جمعا 3 بار راکتور دوشیده شده است. در این مدت زمان اسکن برای 30 بیمار انجام شده است. در شکل 5 نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی انگشتان دست راست نشان داده شده است.



شکل (5): اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی انگشتان دست راست، مقادیر دز جذبی با عدم قطعیت 6% محاسبه شده‌اند.

همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود بیشترین میزان معادل دز جذبی مربوط به بند بالایی انگشت اشاره می‌باشد. که با توجه به موقعیت این انگشت در مراحل دوشیدن و آماده‌سازی رادیو دارو قابل توجیه است. در شکل 6، نتایج اندازه‌گیری‌ها بر روی انگشتان دست چپ نشان داده شده است.



شکل (6): اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی انگشتان دست چپ، مقادیر دز جذبی با عدم قطعیت 6% محاسبه شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

مشاهده می‌شود علی‌رغم اینکه تکنسین راست دست بوده است اما به دلیل درگیرشدن دست چپ در فرآیندهای دوشیدن و آماده‌سازی رادیو دارو، انگشتان این دست نیز در معرض پرتو قرار گرفته‌اند. علی‌رغم اینکه بیشینه معادل دز جذبی در دست چپ کمتر از دست راست است. اما معادل دز جذبی در دست چپ بیش از دست راست است. در شکل 6 نتایج مربوط به بند میانی انگشت شست و انگشت سوم به دلیل آسیب دیدن دزیمترها گزارش نشده است.

با توجه به سایز دزیمترها و البته در نظر گرفتن شرایط کاری تکنسین‌ها، برای اینکه حین فرآیند دوشیدن، آماده‌سازی و تزریق مشکلی ایجاد نشود، در هر یک از نقاط نشان داده شده در شکل 1، یک دزیمتر قرار داده شد. البته با توجه به اهمیت انگشتان شست و اشاره بر روی هر بند این انگشتان یک دزیمتر قرار گرفت. با توجه وجود یک دزیمتر در هر نقطه ، امکان تعیین میزان انحراف استاندارد وجود ندارد بر این اساس عدم قطعیت پاسخ ها با توجه به دقت دزیمترهای GR-200 تعیین شد. با توجه به عدم قطعیت سیستماتیک 6% دزیمترهای GR-200، میزان دز جذبی در هر نقطه با عدم قطعیت 6% محاسبه شد. البته ذکر این نکته ضروری است که با تعیین انحراف معیار استاندارد در خصوص مقادیر تعیین شده بهتر می‌توان اظهار نظر کرد که بدین منظور باید چندین بار اندازه‌گیری‌ها برای یک تکنسین صورت گیرد یا جامعه آماری بیشتری برای اندازه‌گیری انتخاب شود که با توجه به محدودیت‌های مراکز درمانی در حال حاضر این شرایط فراهم نیست. .

برای این تکنسین تلاش شد تا دز جذبی، چشم‌ها نیز تعیین شود. بدین منظور بر روی عینک تکنسین در نزدیک‌ترین فاصله به چشم تکنسین، دو دزیمتر ترمولومینسانس قرار داده شد. بر این اساس مقادیر معادل دز جذبی چشمان راست و چپ به ترتیب 1/19 و 3/09 میکروسیورت اندازه‌گیری شد.

4. نتیجه‌گیری

در یک مرکز پزشکی هسته‌ای، به دلیل استفاده از مواد رادیواکتیو در تشخیص و یا درمان، کارکنان درگیر همواره در معرض پرتو قرار دارند. از این جهت پایش پرتویی مستمر و دقیق این افراد ضروری است. در این مقاله با استفاده از دزیمترهای ترمولومینسانس، معادل دز جذبی انگشتان دست و چشم یک تکنسین شاغل در یک مرکز پزشکی هسته‌ای در استان البرز اندازه‌گیری شده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین دز جذبی در میان انگشتان، مربوط به بند بالای انگشت اشاره دست راست است (حدود 16 میکرسیورت). اما با توجه به دخالت دست چپ، میزان بیشینه معادل دز جذبی انگشتان این دست نیز در حدود 9 میکروسیورت است. با توجه به اینکه اندازه‌گیری‌های در یک روز کاری کامل (حدود 8 ساعت) انجام شده است، با در نظر گرفتن 3 روزی کار در هفته برای هر تکنسین و 4 هفته کاری در ماه، می توان نتیجه گرفت دستان راست و چپ این فرد در طول سال به ترتیب معادل دز جذبی حدود 2/3 و 1/2 میلی‌سیورت دریافت خواهد کرد که بسیار کمتر از حد مجاز 500 میلی‌سیورت در سال است. حتی در یک تقریب بدبینانه اگر مجموع معادل دز جذبی انگشتان یک دست را به عنوان معیاری برای معادل دز جذبی دست در نظر گرفته شود، دز جذبی دست‌های راست و چپ به ترتیب 5/2 و 6/8 میلی‌سیورت خواهد بود. همچنین با انجام محاسبات مشابه 0/17 و 0/44 میلی‌سیورت می‌شود که از مقدار مجاز 150 میلی‌سیورت در سال پایین‌تر است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن شرایط کاری تکنسین مورد مطالعه، مقدار معادل دز جذبی تکنسین در محدوده قابل قبول برای یک فرد پرتو کار قرار دارد. اما ذکر این نکته ضروری است که با توجه به روش‌های متفاوت تکنسین‌ها در استفاده از سرنگ، تفاوت ساعات کاری، تجربه، تبحر و اکتیویته مورد استفاده در مراکز مختلف، نتایج این

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش قابل تعمیم به سایر تکنسین‌های شاغل در این مرکز و مراکز دیگر نیست. با افزایش جامعه آماری برای انجام این اندازه‌گیری و یا اندازه‌گیری‌های مشابه می‌توان به نتایج قابل تعمیمی دست یافت.

5. مراجع

[1] M. Krupa, R. Nguyen, J. Revels, and L. S. Johnson. Technetium-99m pyrophosphate cardiac SPECT in endomyocardial biopsy negative cardiac amyloidosis, Radiology Case Reports, 13(5)(2018)925–928.

[2] G. Cook, S. Houston, SF. Barrington and I. Fogelman. Technetium-99m-Labeled HL91 to Identify Tumor Hypoxia: Correlation with Fluorine-18-FDG, The Journal of Nuclear Medicine, 39(1) (1998) 99–103.

[3] W. Chruscielewski, J. Olszewski, J. Jankowski and M. Cygan. Hand exposure in nuclear medicine worker, Radiation Protection Dosimetry, 101(1-4) (2002) 229–232.

[4] J. Jankowski, J. Olszewski and K. Kluska. Distribution of equivalent doses to skin of the hands on nuclear medicine personnel, Radiation Protection dosimetry, 106(2) (2003) 177–180.

[5] M. Wrzesien, J. Olszewski and J. Jankowski. Hand exposure to ionizing radiation of nuclear medicine workers, Radiaiton Protection Dosimetry, 130(3) (2008) 325–330.

[6] M. Sans-Merce, N. Ruiz, I. Barth, A. Carnicer, L. Donadille, P. Ferrari, M. Fulop, M. Ginjaume, G. Gualdrini, S. Krim, F. Mariotti, X. Ortega, A. Rimpler, F. Vanhavere and S. Baechler. Recommendations to reduce hand exposure for standard nuclear medicine procedures, Radiation Measurements, 46(11) (2011) 1330–1333.

[7] F. Becker, C. Blunck. Investigation of radiation exposure of medical staff: Measurements supported by simulations with an articulated hand phantom, Radiation Measurements, 46(11) (2011) 1299–1302.

[8] http://oramed-fp7.eu

[9] A. Carnicer, M. Sans-Merce, S. Baechler, I. Barth, L. Donadille, P. Ferrari, M. Fulop, M. Ginjaume, G. Gualdrini, S. Krim, M. Mariotti, X. Ortega, A. Rimpler, N. Ruiz and F. Vanhavere. Exposure in diagnostic nuclear medicine with 18F- and 99mTc-labelled radiopharmaceuticals - Results of the ORAMED project, Radiation Measurements, 46() (2011) 1277–1282.

[10] L. Duggan, C. Hood, H. Warren-Forward, M. Haque and T. Kron. Variations in dose response with x-ray energy of LiF:Mg,Cu,P thermoluminescence dosimeters: implications for clinical dosimetry, Physics in Medicine and Biology 49(17) (2004) 3831–3845.

www.SID.ir