

# اندازه‌گیری دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان در آزمایش سنتی گرافی کلیه

## با رادیو داروهای $^{99m}\text{Tc-EC}$ و $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ با استفاده از فنتوم به روش

### دوزیمتری ترمولومینسانس

#### چکیده

**زمینه و هدف:** هدف از این مطالعه اندازه‌گیری دوز رسیده به کلیه‌ها، مثانه، کبد و تخمدان در سنتی گرافی کلیه با رادیو داروی ( $^{99m}\text{Tc-EC}$ -Ethylene dicysteine) و  $^{99m}\text{Tc}$  و مقایسه آن با دوز رسیده از رادیو داروی ( $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  -Diethylethylne Triamine Penta-Acid) می‌باشد، که به طور متداول در سنتی گرافی کلیه از آن استفاده می‌شود.

**روش کار:** این مطالعه از نوع کاربردی می‌باشد. در این پژوهش ابتدا از یک فنتوم آب با ابعاد هندسی مشابه بدن، متشکل از قسمت‌های تنه و شکم استفاده شد. در داخل قسمت‌های شکم و تنه، فنتوم‌های کلیه، کبد، مثانه و تخمدان از جنس Perspex با ابعاد استاندارد مطابق با دستورالعمل ۲۳ ICRP ساخته و در داخل فنتوم شکم و تنه قرار گرفت. برای دوزیمتری از ۳۰ تراشه مکعبی شکل لیتیم فلوراید دوزیمتر ترمولومینسانس (۱۰۰-TLD) استفاده گردید. دوز رسیده به کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها با توزیع مقادیر متفاوت از رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  که در کلینیک از آن‌ها استفاده می‌شود، در قسمت‌های مختلف فنتوم قرار داده شده و دوز جذبی اندام و نیز دوز سطحی در ناحیه هر اندام اندازه‌گیری شد. سپس با اندازه‌گیری دوز جذبی پوست در نواحی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها در ۲۰ بیمار زن (۱۰ بیمار برای هر رادیو دارو) تحت اسکن کلیه، دوز جذبی اندام‌های مذکور با استفاده از نتایج به دست آمده از فنتوم محاسبه گردید. در این طرح، نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ۱۶.۷ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت؛ به طوری که ابتدا با استفاده از آزمون One-sample Kolmogorov-Smirnov نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد و سپس با استفاده از آزمون t-test مقایسه‌ای بین مقادیر میانگین دوز جذبی بین دو گروه از بیماران تحت اسکن کلیه با دو رادیو دارو انجام گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج اندازه‌گیری دوز سطح پوست و دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها ارتباط خطی خوبی را با یکدیگر نشان می‌داند. همچنین رابطه بین دوز جذبی و دوز سطح پوست اندام‌های مذکور با اکتیویته کل به کار رفته به صورت خطی تغییر می‌کرد. دوز جذبی محاسبه شده اندام‌های مورد نظر با رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  عبارتند از:

الف: برای مثانه به ترتیب  $2/91 \pm 0/74$  mrad/mCi و  $4/42 \pm 0/98$  mrad/mCi بود ( $p=0/001$ ).

ب: برای کبد برای به ترتیب  $1/58 \pm 0/19$  mrad/mCi و  $2/44 \pm 0/44$  mrad/mCi بود ( $p=0/000$ ).

ج: برای کلیه چپ در اسکن به ترتیب  $2/60 \pm 0/14$  mrad/mCi و  $4/11 \pm 0/93$  mrad/mCi بود ( $p=0/000$ ).

د: برای کلیه راست در اسکن به ترتیب  $2/67 \pm 0/36$  mrad/mCi و  $4/04 \pm 0/16$  mrad/mCi بود ( $p=0/003$ ).

ه: برای تخمدان‌ها نیز به ترتیب  $1/62 \pm 0/25$  mrad/mCi و  $2/55 \pm 0/28$  mrad/mCi بود ( $p=0/000$ ).

**نتیجه‌گیری:** به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها در مقایسه با دوز جذبی از رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است. رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  با توجه به مزایای دیگری مانند سهولت تهیه، کم هزینه بودن، برداشت کبدی ناچیز، دفع کلیوی سریع و تصاویر با کیفیت بالا که نسبت به رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  دارد، می‌تواند به عنوان رادیو داروی مناسب در اسکن رادیوایزوتوپی کلیه در بخش‌های پزشکی هسته‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** ۱- دوز جذبی اندام‌ها ۲- سنتی گرافی کلیه ۳- دوزیمتری ترمولومینسانس ۴- فنتوم معادل بافت

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۱، تاریخ پذیرش: ۸۹/۴/۸

این مقاله خلاصه‌ای است از پایان‌نامه آقای توحید مرتضی‌زاده جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی به راهنمایی دکتر علی‌اکبر شرفی و دکتر سپیده حکمت و مشاوره دکتر منصور موحد، سال ۱۳۸۸.

(I) استاد و متخصص فیزیک پزشکی، گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، تقاطع بزرگراه‌های شهید همت و چمران، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی ایران، تهران، ایران (\*مؤلف مسؤل)

(II) متخصص پزشکی هسته‌ای، بیمارستان هاشمی‌نژاد، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی ایران، تهران، ایران

(III) کارشناس ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی ایران، تهران، ایران

## مقدمه

یکی از روش‌های متداول کاربرد مواد پرتوزا در تشخیص، روش پزشکی هسته‌ای است. پزشکی هسته‌ای عبارت است از کاربرد رادیو داروها در تشخیص و درمان بیماری‌ها. در این روش، عنصر پرتوزا به صورت یک ماده شیمیایی معین به نام رادیو دارو، به بیمار تجویز می‌شود. سپس توزیع و تمرکز ماده پرتوزا در بدن توسط یک یا چند آشکارساز پرتوهای گاما که در خارج از بدن قرار دارند، به تصویر کشیده می‌شود.

در ۳۰ سال گذشته استفاده از مواد پرتوزا در پزشکی هسته‌ای افزایش سریعی داشته است. امروزه این آزمایش‌ها بالغ بر ۳۰ نوع و در یک بیمارستان پیشرفته حدود یک سوم بیماران تحت یکی از آزمایش‌های پزشکی هسته‌ای قرار می‌گیرند.<sup>(۱)</sup> وجود ۳۰ مرکز پزشکی هسته‌ای در تهران و ۲۳ مرکز در سایر شهرستان‌ها بر طبق آمار سازمان انرژی اتمی ایران در سال ۱۳۷۷، نشانگر گسترده بودن اجرای روش‌های پزشکی هسته‌ای در ایران می‌باشد.<sup>(۲)</sup>

بدون شک کار با منابع پرتوزای باز در پزشکی هسته‌ای مشکلات متعددی را به همراه خواهد داشت که یکی از آنها احتمال آلودگی انسان و محیط به مواد پرتوزا است. پرتوگیری داخلی زمانی صورت می‌گیرد که یک ماده پرتوزا به طریقی وارد بدن شده باشد. امروزه روش اسکن رادیو ایزوتوپی یا سینتی گرافی در پزشکی هسته‌ای، برای بسیاری از اعضاء چه به صورت استاتیک و چه به گونه دینامیک انجام می‌شود. تصاویر پزشکی هسته‌ای به علت در برداشتن داده‌های فیزیولوژیکی، از ارزش بسیاری برخوردار هستند.

اسکن رادیوایزوتوپی از کلیه‌ها یکی از روش‌های معمول در پزشکی هسته‌ای است که مشتمل بر تصویرگیری از ناهنجاری‌های ساختاری و همچنین برآورد نیمه کمی پرفیوژن و عملکرد کلیه‌ها است. مهم‌ترین اندیکاسیون اسکن کلیه عبارتند از: وجود

حساسیت به مواد کنتراست در رادیوگرافی، بررسی جریان خون، عملکرد تمایزی یا کمی کلیه‌های نرمال و پیوندی و تعیین آهنگ تصفیه گلومرولی (Glomerular Filtration Rate-GFR) است.<sup>(۲)</sup>

مطالعه برای یافتن رادیو داروی مناسب جهت تصویربرداری از کلیه‌ها از حدود سال ۱۹۶۰ شروع گردیده است.<sup>(۳)</sup> رادیو داروهای به کار رفته برای اسکن براساس تصفیه گلومرولی، دفع توبولار و اتصال به کورتکس تقسیم‌بندی می‌شوند.<sup>(۴)</sup>

در زیر شرح مختصری از دو رادیو داروی به کار رفته در این مطالعه که برای انجام اسکن کلیه در بخش‌های پزشکی هسته‌ای کاربرد دارند، آورده شده است:

۱-  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  ( $^{99m}\text{Tc-Diethylenetriamine}$ 

penta acetic acid)

این رادیو دارو به طور متداول در بررسی پرفیوژن کلیه‌ها و در انجام تصویربرداری از کلیه‌ها و دستگاه ادراری مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه مقدار مختصری از این رادیو دارو (حدود ۵ تا ۱۰ درصد) به پروتئین‌های پلاسما متصل می‌شود، همواره مقدار آهنگ فیلتراسیون گلومرولی (GFR) را اندکی پایین‌تر برآورد می‌کند. نزدیک به ۹۰٪ DTPA طی ۴ ساعت با مکانیسم مبادله ساده یا انتشار به داخل ادرار، از خون پاک می‌شود. بنابراین با برداشتن تصاویر متوالی به وسیله دوربین گاما، محاسبه عملکرد دفع ادرار توسط کلیه امکان پذیر خواهد بود.<sup>(۵)</sup>

۲-  $^{99m}\text{Tc-Ethylene dicysteine}$ 

$^{99m}\text{Tc-EC}$  یک متابولیت از ترکیب ECD

(Ethylene Cysteine Dimer) می‌باشد که این ترکیب

عامل تصویرگیری از مغز است. بعد از تزریق، ECD هیدرولیز شده و به دو متابولیت قطبی تبدیل می‌شود [مونو اسید (ECM) و دی اسید (EC)] که این

رادیو دارو برای بیماران، از اهمیت فراوانی برخوردار است.

هدف از این مطالعه اندازه‌گیری دوز رسیده به کلیه‌ها و اندام‌های اطراف آن‌ها می‌باشد. در این بررسی علاوه بر دوز جذبی کلیه‌ها، دوز جذبی کبد، مثانه و تخمدان‌ها نیز با استفاده از تراشه‌های TLD در فنتوم معادل بافت اندازه‌گیری شده و مقدار آن با دوز جذبی ناشی از کاربرد رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  مقایسه گردید. دوز سطحی اندام‌های مذکور در بیماران مراجعه کننده به بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان هاشمی‌نژاد با هر دو رادیو داروی مذکور اندازه‌گیری شده و با استفاده از اطلاعات به دست آمده از فنتوم دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها در دو گروه از بیماران وارد شده به مطالعه، محاسبه گردید.

## روش کار

### فنتوم

این مطالعه از نوع کاربردی است. فنتوم ساخته شده در این مطالعه یک فنتوم آب است که به صورت انسان نما از نواحی تنه و شکم تشکیل شده است. در ساخت دیواره این فنتوم، از ورقه‌های Perspex به ضخامت ۶ میلی متر (mm) با عدد اتمی مؤثر  $(Z_{\text{eff}}=7/7)$  و چگالی الکترونی  $(1.0^{23} \times 3/36 \text{ Electrons/cm}^3)$  استفاده شده است. ابعاد هندسی فنتوم مشابه با بدن، شکل قسمت‌های شکم و تنه، هشت وجهی منتظم، که می‌توان آن‌ها را تقریباً بیضوی در نظر گرفت و سطح مقطع آن‌ها به ترتیب برای شکم  $20 \times 36$  سانتی‌متر مربع ( $\text{cm}^2$ ) و برای تنه  $20 \times 30$  است و ارتفاع آن‌ها برای شکم  $20 \text{ cm}$  و تنه  $40 \text{ cm}$  است.

با توجه به اینکه در این پژوهش از مواد رادیواکتیو مایع استفاده می‌شد، تمام قسمت‌های فنتوم از نظر نشست آب، کاملاً آب‌بندی شد. در داخل قسمت‌های فنتوم ساخته شده، فنتوم‌های کبد، کلیه‌ها، تخمدان‌ها و مثانه نیز با

متابولیت‌های قطبی سریعاً از طریق کلیه‌ها دفع می‌شوند. آنزیم‌هایی که مسئول هیدرولیز ECD هستند در بافت‌های کلیه، کبد، مغز و پلاسمای گلوبول‌های قرمز وجود دارند.<sup>(۱)</sup> Verbruggen و همکارانش در سال ۱۹۹۰ دریافتند که متابولیت‌های قطبی ECD از طریق کلیه‌ها حذف می‌شوند و می‌توانند به عنوان عوامل تصویرگیری از کلیه‌ها در نظر گرفته شود.<sup>(۷)</sup>  $^{99m}\text{Tc-EC}$  یک دی امید دی تیولات  $(\text{N}_2\text{S}_2)$  است و زنجیره کربن گلیسین (Carbon glycine) آن نقش اصلی را در اتصال این ترکیب به پروتئین‌های کلیه دارد.<sup>(۸)</sup>

بعضی از خصوصیات و ویژگی‌های فیزیکی و بیولوژیکی مطلوب این رادیو دارو عبارتند از:

۱-  $^{99m}\text{Tc-EC}$  در کیت‌های lyophilised قابل دسترسی هستند و به آسانی در دمای اتاق آماده می‌شود و ترکیب به وجود آمده به این طریق تا ۸ ساعت بعد از ساخت پایدار است. فرآیند نشاندار کردن در  $\text{pH}=10$  و یا بالاتر منجر به ترکیبی با خلوص رادیو شیمیایی آن در  $\text{pH}=12$  بالاتر از ۹۸٪ می‌شود.<sup>(۹)</sup>

۲- تقریباً ۷۰٪ رادیواکتیویته  $^{99m}\text{Tc-EC}$  به طور طبیعی در یک ساعت اول وارد ادرار می‌شود. زمان لازم برای رسیدن به حداکثر اکتیویته در کلیه‌ها در حدود ۴ دقیقه است و زمان لازم برای رسیدن از مقدار ماکزیمم به نصف مقدار اولیه حدود ۷ دقیقه است. مهم‌ترین و بزرگ‌ترین مزیت  $^{99m}\text{Tc-EC}$  نسبت به سایر ترکیبات، تجمع اندک آن در کبد و نسبت بسیار بالای اکتیویته کلیه‌ها به اکتیویته زمینه است. بنابراین خصوصیات تصاویر گرفته شده با این ترکیب نسبت به سایر ترکیبات دارای کیفیت بهتری است.<sup>(۱۰)</sup>

در پزشکی هسته‌ای ترکیبات نشاندار شده با مواد رادیواکتیو به صورت سرباز وارد بدن می‌شوند، لذا، باعث رسیدن دوز پرتو به تمام بافت‌ها و اندام‌های بدن می‌شوند. به همین خاطر اندازه‌گیری دقیق مقدار دوز رسیده به اندام‌های مختلف در تعیین ایمنی استفاده از

مقادیر معلوم از تابش 140KeV، ماده رادیواکتیو  $^{99m}\text{Tc}$  به دست آمد.

دستگاه قرائتگر TLD مدل دستی ۳۵۰۰ ساخت کارخانه Harshaw/Bicorn کشور آمریکا است، که متصل به یک کامپیوتر مدل Pentium III می‌باشد. نرم‌افزار مورد استفاده برای انجام این محاسبات WinREM بوده که تحت سیستم عامل ویندوز - ۹۸ کار می‌کند.<sup>(۱۳)</sup>

رادیو داروهای مورد استفاده تکنسیوم - 99m - اتیلن دی سیتئین (EC) می‌باشد که برای سنتی گرافی کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc} - \text{EC}$  (کیت تجاری ساخت سازمان انرژی اتمی ایران) و رادیو داروی تکنسیوم - 99m - دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید ( $^{99m}\text{Tc} - \text{DTPA}$ ) که به صورت کیت تجاری DTPA ساخت سازمان انرژی اتمی ایران می‌باشد.

جمعاً ۲۰ بیمار زن (برای هر رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc} - \text{EC}$  و  $^{99m}\text{Tc} - \text{DTPA}$  ۱۰ بیمار) در رده‌های سنی مختلف و مراجعه‌کننده به بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان هاشمی‌نژاد برای انجام اسکن کلیه به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند. با توجه به اینکه بیشترین جذب رادیو دارو در مورد بیماران با عملکرد طبیعی کلیه‌ها وجود دارد، لذا بیماران که عملکرد کلیوی نرمال داشتند، برگزیده شدند. با اندازه‌گیری دوز سطح پوست در نواحی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان با قرار دادن تراشه‌های TLD در روی سطح پوست منطبق بر این نواحی و استفاده از روابط به دست آمده از فنتوم، دوز جذبی اندام‌های مذکور محاسبه گردید.

قبل از انجام اندازه‌گیری با بیماران مصاحبه و رضایت آن‌ها جهت دوزیمتری گرفته می‌شد.

در هر بار آزمایش روی فنتوم، مقدار اکتیویته  $^{99m}\text{Tc}$  مورد نیاز از بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان هاشمی‌نژاد تحویل گرفته می‌شد. برای هر رادیو دارو، ۵ بار آزمایش انجام گرفت.

محدوده دوز تجویزی به بیماران در بخش پزشکی

توجه به ابعاد استاندارد 23 - ICRP Publication (International Committee on Radiation Protection) از دیواره Perspex به ضخامت ۳ سانتی‌متر ساخته شده و در نواحی مورد نظر در داخل شکم و لگن نصب گردید. شکل، اندازه و وزن اندام‌های کبد، کلیه‌ها، مثانه و تخمدان‌های فنتوم مطابق با مقادیر داده شده توسط ICRP Publication- 23 در نظر گرفته شد. برای ساخت اندام‌های داخل فنتوم از اشکال نزدیک به شکل واقعی آناتومیکی استفاده گردید. اندازه و شکل اندام‌ها به گونه‌ای طراحی گردید که وزن آن‌ها بعد از پر کردن با آب مطابق با استاندارد فوق باشد.<sup>(۱۱)</sup>

با توجه به اینکه انرژی پرتو گامای ساطع شده از ماده رادیواکتیو تکنسیم - 99m KeV ۱۴۰، می‌باشد و با توجه به اینکه در انرژی‌های بالای ۱۰۰ KeV، آب از نظر جذب و پخش پرتوهای گاما تقریباً مشابه با بدن عمل می‌کند، برای اندازه‌گیری دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها از فنتوم آب استفاده گردید.

### دوزیمتری

برای دوزیمتری از لیتیم فلوراید با ناخالصی Mg و Ti استفاده شد که نام تجاری آن 100-TLD می‌باشد و توسط کارخانه Horshaw / Bicorn کشور آمریکا ساخته شده است. این تراشه‌های مکعبی شکل با ابعاد  $9/10 \times 3/1 \times 3/1$  سانتی‌متر مکعب دارای عدد اتمی مؤثر  $8/2$  و چگالی  $2/64 \text{ gr/cm}^3$  می‌باشند.

علت انتخاب این نوع از TLDها، معادل بافت بودن آن‌ها و ابعاد کوچک این نوع TLDها است و امکان استفاده از آن‌ها در محل‌های مختلف وجود دارد. همچنین پاسخ این نوع از دوزیمترها برای انرژی از 100 KeV به بالا، مستقل از انرژی فوتون تابشی است.<sup>(۱۲)</sup>

قبل از انجام آزمایش‌ها، ابتدا ضریب ECC تراشه‌های TLD محاسبه و منحنی کالیبراسیون و فاکتور تصحیح (Correction Factor-CF) آن‌ها با پرتودهی تراشه‌ها با

معادله منحنی و تعیین ضریب همبستگی خطی با نرم‌افزار Excel انجام می‌گرفت. در این طرح، نتایج با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS V.16 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نیز با استفاده از آزمون One-sample Kolmogorov-Smirnov توزیع داده‌ها با نظر یک متخصص آمار بررسی شد. با توجه به توزیع نرمال داده‌ها، با استفاده از آزمون آماری t-test مقایسه‌ای بین مقادیر میانگین دوز جذبی بین دو گروه از بیماران تحت اسکن کلیه با دو رادیو دارو انجام گرفت.

### یافته‌ها

#### روابط بین دوز سطح پوست با دوز جذبی هر اندام و میزان اکتیویته مورد استفاده در فنتوم

با توجه به نتایج اندازه‌گیری دوز سطح پوست منطبق بر کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان و دوز جذبی اندام‌های فوق در هر کدام از دو رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  و نیز میزان اکتیویته مورد استفاده، منحنی‌های تغییرات دوز جذبی ( $D_0$ ) بر حسب دوز پوستی ( $D_s$ ) و نیز اکتیویته مورد استفاده ( $A_i$ ) برای هر کدام از اندام‌های مذکور با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم و رابطه آن‌ها با استفاده از روش بهترین برازش (Best Fit) به دست آمد.

از عوامل مؤثر بر میزان دوز جذبی هر اندام، مقدار اکتیویته به کار رفته می‌باشد. انتظار می‌رود که با افزایش میزان اکتیویته به کار رفته برای انجام اسکن مقدار دوز جذبی اندام‌ها نیز افزایش یابد. برای تمام اندام‌ها، تأثیر میزان اکتیویته کل به کار رفته در میزان دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان در مورد رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  بررسی و مشاهده شد که یک رابطه خطی با ضریب همبستگی ( $R^2$ ) بالا بین دوز جذبی اندام و اکتیویته کل به کار رفته وجود دارد. در جداول شماره ۱ و ۲ مقادیر دوز جذبی اندام و اکتیویته کل به کار رفته برای هر دو رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  نشان داده شده است.

هسته‌ای موقع انجام اسکن کلیه در مورد رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  بین ۲/۵ تا ۶ میلی کوری می‌باشد. در مورد آزمایش با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  روی فنتوم با مقادیر ۲/۵، ۳، ۴، ۵ و ۶ میلی کوری اندازه‌گیری انجام می‌گرفت. موقع تحویل گرفتن اکتیویته، اکتیویته مورد نظر در ۱۰ سی‌سی آب مقطر حل می‌شد تا توزیع آن در داخل قسمت‌های مختلف فنتوم ساده‌تر شود.

در مورد رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  با توجه به محدوده دوز تجویزی این رادیو دارو به بیماران برای اسکن کلیه، آزمایش فنتوم ۵ بار با اکتیویته ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ میلی کوری اکتیویته انجام گرفت. انتخاب مقادیر اکتیویته فوق براساس مقدار تجویزی این رادیو دارو به بیماران با توجه به قد و وزن بیماران و نیز نوع بیماری و نظر متخصص پزشکی هسته‌ای در بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان هاشمی‌نژاد می‌باشد.

از مقدار ۱۰ cc اکتیویته تحویل گرفته شده، ۲ cc (۲۰٪) در داخل هر کدام از کلیه‌ها، ۴ cc (۴۰٪) در داخل مثانه، ۱ cc (۱۰٪) در داخل کبد و ۱ cc (۱۰٪) در سایر قسمت‌های فنتوم توزیع می‌گردید.

تراشه‌های TLD در گروه‌های سه تایی روی سطح پوست و روی سطح اندام مورد نظر در فنتوم قرار می‌گرفت و پس از تابش‌گیری به مدت ۳۰ دقیقه مطابق با زمان لازم برای انجام کامل اسکن کلیه، تراشه‌ها از فنتوم خارج و با استفاده از دستگاه قرائتگر TLD مقادیر قرائت و سپس با استفاده از منحنی‌های کالیبراسیون و تصحیح مقدار، دوز جذبی هر اندام محاسبه گردید. تغییرات فیزیکی با توجه به اندازه‌گیری روی فنتوم مستقیماً اندازه‌گیری شده و با توجه به گزارش Beiki و همکارانش در سال ۲۰۰۸ مدت زمان ۳۰ دقیقه در نظر گرفته شد.<sup>(۱۴)</sup>

#### روش‌های آماری

در هر مرحله پس از جمع‌آوری اطلاعات رسم نمودار،

جدول شماره ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده دوز جذبی اندام (Do) و اکتیویته کل به کار رفته در فنتوم برای رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 

ارگان	Dose±SD(mrad)				
	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
کلیه راست	۲۲/۹۴±۰/۶۴	۲۹/۵۹±۱/۱	۳۰/۶۶±۰/۵۹	۳۱/۷۴±۰/۶۷	۳۲/۲۴±۰/۷۴
کلیه چپ	۲۶/۸۹±۰/۴۵	۲۸/۶±۰/۸۳	۲۹/۷۶±۱/۳۷	۳۰/۶۹±۰/۷۵	۳۱/۰۲±۰/۸۴
کبد	۱۴/۴۳±۰/۷۱	۱۶/۶۷±۱/۸۷	۱۷/۳۱±۱/۱۴	۱۹/۰۸±۰/۳۲	۲۰/۱۱±۰/۷۴
مثانه	۲۷/۸۵±۱/۰۸	۳۱/۰۴±۱/۵۰	۳۲/۳۴±۰/۸۴	۳۵±۰/۹۹	۳۶/۲۵±۰/۸۱
تخمندان	۱۵/۶۴±۰/۷۷	۱۶/۳۸±۱/۱۴	۱۷/۵۷±۱/۲	۱۹/۷۹±۰/۹۴	۲۰/۷۱±۰/۷۵

جدول شماره ۲- مقادیر اندازه‌گیری شده دوز جذبی اندام (Do) و اکتیویته کل به کار رفته (A<sub>tot</sub>) در فنتوم برای رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$ 

ارگان	Dose±SD(mrad)				
	۲/۵	۳/۵	۴	۵	۶
کلیه راست	۱۴/۵۶±۱/۰۴	۱۷/۵±۰/۶۳	۱۸/۲۷±۰/۳۴	۱۹/۵۲±۰/۴۱	۲۰/۶۷±۰/۳۵
کلیه چپ	۱۴/۴۸±۰/۰۴	۱۶/۲۵±۰/۴۴	۱۹/۱۱±۰/۹۵	۲۰/۲۱±۰/۷۳	۲۱/۵۸±۰/۴
کبد	۸/۶۲±۱/۲۵	۹/۳۲±۰/۵۴	۱۰/۷۵±۰/۸۳	۱۱/۱۶±۰/۹۳	۱۳/۸۸±۰/۳۱
مثانه	۱۶/۳۹±۱/۲۲	۱۷/۰۵±۰/۳۵	۲۰/۲۶±۰/۱۶	۲۱/۳±۰/۸۲	۲۳/۵۹±۰/۹۲
تخمندان	۸/۳۳±۰/۲۹	۸/۴۶±۰/۵۳	۱۱/۳۳±۰/۸۲	۱۲/۱۱±۰/۳۵	۱۴/۸۳±۱

جذبی مثانه در بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  به طور قابل ملاحظه‌ای ( $p=0.01$ ) کمتر از رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  است.

جدول شماره ۳- مقایسه دوز جذبی کلیه‌ها، مثانه، کبد و تخمدان بیماران برآورد شده با دو رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ 

اندام	متوسط دوز جذبی برآورد شده برای رادیو داروی		p-value
	$^{99m}\text{Tc-EC}$	$^{99m}\text{Tc-DTPA}$	
کلیه راست	۲/۶۷±۰/۰۳۶	۴/۰۴±۱/۰۶	۰/۰۰۳
کلیه چپ	۲/۶۰±۰/۱۴	۴/۱۱±۰/۹۳	۰/۰۰۰
کبد	۱/۵۸±۰/۰۱۹	۲/۴۴±۰/۴۴	۰/۰۰۰
مثانه	۲/۹۱±۰/۷۴	۴/۴۲±۰/۹۸	۰/۰۰۱
تخمندان	۱/۶۲±۰/۰۲۵	۲/۵۵±۰/۲۸	۰/۰۰۰

\*رابطه (۱): رابطه بین دوز جذبی اندام و اکتیویته کل تزریق شده است.

(ب) کلیه راست:

دوز جذبی کلیه راست برای دو گروه از بیماران تحت

تعیین دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان در سنتی گرافی کلیه در بیماران

در سنتی گرافی کلیه، اکتیویته تجویزی به هر بیمار با توجه به سن، قد و وزن بیمار و نیز حساسیت دستگاه دوربین گاما و نظر پزشک متخصص تعیین می‌شود. در این مرحله با توجه به اطلاعات به دست آمده از انجام آزمایش روی فنتوم و نمودارها و روابط بین دوز جذبی اندام‌ها، و اکتیویته کل تجویزی، مقادیر دوز جذبی کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان در بیماران برای دو رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  و  $^{99m}\text{Tc-EC}$  محاسبه شد. نتایج در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

(الف) مثانه:

میانگین دوز جذبی مثانه در دو گروه از بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  و  $^{99m}\text{Tc-EC}$  به ازای واحد اکتیویته کل تزریقی به ترتیب (mrad/mCi)  $۲/۹۱±۰/۷۴$  و (mrad/mCi)  $۴/۴۲±۰/۹۸$  بود، که نشان می‌دهد دوز

کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  کمتر از رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  است.

### بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اطلاعات شرکت سازنده رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  (Institute of Isotopes Co.Ltd) میزان پاک‌شدگی آن از خون بسیار سریع بوده و حداکثر اکتیویته در کلیه‌ها در ۳-۵ دقیقه بعد از تزریق مشاهده می‌شود. در طول تصویربرداری دینامیک از کلیه‌ها در طول ۲۰-۲۵ دقیقه، ۸۵-۷۵٪ اکتیویته تزریق شده به داخل ادرار تخلیه می‌شود.

مقادیر دوز جذبی کلیه‌ها  $۰.۱۷ \mu\text{Gy/MBq}$  کبد  $۵ \mu\text{Gy/MBq}$ ، مثانه  $۴۳ \mu\text{Gy/MBq}$  و تخمدان‌ها  $۷ \mu\text{Gy/MBq}$  گزارش شده است.<sup>(۱۵)</sup> کم بودن دوز جذبی کبد و تخمدان نسبت به مثانه و کلیه‌ها با نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر توافقی دارد. اگر مقادیر دوز جذبی گزارش شده توسط این شرکت را بر حسب  $\text{mrad/mCi}$  تبدیل کنیم، مقادیر به دست آمده دوز جذبی کبد و تخمدان‌ها با مقادیر شرکت سازنده رادیو دارو توافق دارد.

مقادیر دوز جذبی برای رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  بر حسب  $\mu\text{Gy/MBq}$  برای افراد در سنین مختلف در گزارش ICRP-80 در سال ۱۹۹۹ منتشر شده است. در این گزارش دوز رسیده به مثانه  $۴ \mu\text{Gy/MBq}$ ،  $۳ \times ۱۰^{-۴} \mu\text{Gy/MBq}$ ،  $۳ \times ۱۰^{-۳} \mu\text{Gy/MBq}$ ،  $۳ \times ۱۰^{-۲} \mu\text{Gy/MBq}$  و تخمدان‌ها  $۵ \times ۱۰^{-۲} \mu\text{Gy/MBq}$  می‌باشد. این مقادیر با مقادیر به دست آمده در مطالعه حاضر توافق ندارد. علت این اختلاف می‌تواند به دلیل متفاوت بودن روش محاسبه دوز باشد. این اختلاف موجود نیاز به مطالعه بیشتر را ضروری می‌سازد.<sup>(۱۶)</sup>

میزان کم انباشت رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  در کلیه‌ها باعث کاهش دوز جذبی این اندام نسبت به رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  است. با توجه به برداشت کم توسط کلیه‌ها در مورد رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$ ،

اسکن با رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  و  $^{99m}\text{Tc-EC}$ ، اختلاف معنی‌داری را به لحاظ آماری با یکدیگر نشان می‌دهند ( $p=۰/۰۰۳$ )، که مقدار میانگین دوز جذبی برای دو رادیو دارو به ترتیب  $(\text{mrad/mCi}) ۱/۰۶ \pm ۰/۰۴$  و  $(\text{mrad/mCi}) ۰/۳۶ \pm ۲/۱۷$  بود.

مشاهده می‌شود که دوز جذبی کلیه راست در بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  کمتر از رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  است.

#### ج) کلیه چپ:

در مورد کلیه چپ میانگین دوز جذبی در گروه بیماران تحت اسکن با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ،  $(\text{mrad/mCi}) ۱/۹۳ \pm ۰/۱۱$  و گروه اسکن شده با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$ ،  $(\text{mrad/mCi}) ۲/۱۰ \pm ۰/۱۴$  بود که دوز جذبی کلیه چپ در اسکن با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  به طور معنی‌داری ( $p=۰/۰۰۰$ ) کمتر از دوز جذبی آن در اسکن با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  می‌باشد.

#### د) کبد:

دوز جذبی کبد با رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  و  $^{99m}\text{Tc-EC}$  در دو گروه از بیماران تحت اسکن، نیز اختلاف معنی‌داری را به لحاظ آماری با هم دارند ( $p=۰/۰۰۰$ ) به طوری که میانگین دوز جذبی توسط کبد برای دو گروه به ترتیب  $(\text{mrad/mCi}) ۲/۴۴ \pm ۰/۴۴$  و  $(\text{mrad/mCi}) ۱/۵۸ \pm ۰/۱۹$  بود.

در این اندام نیز دوز جذبی در بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  کمتر از رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  است.

#### ه) تخمدان:

در رابطه با تخمدان نیز اختلاف آماری معنی‌داری ( $p=۰/۰۰۰$ ) بین دوز جذبی در دو گروه از بیماران مشاهده شد. میانگین دوز جذبی در گروه تحت اسکن با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ ،  $(\text{mrad/mCi}) ۲/۵۵ \pm ۰/۲۸$  و  $^{99m}\text{Tc-EC}$ ،  $(\text{mrad/mCi}) ۱/۶۲ \pm ۰/۰۲۵$  است.

دوز جذبی تخمدان در بیماران تحت اسکن

منبع اصلی و سایر اندام‌های اطراف به عنوان عضو هدف می‌باشند. تخلیه مثانه به صورت مکرر و توصیه به تخلیه برای بیماران مراجعه‌کننده برای اسکن کلیه می‌تواند در کاهش میزان دوز رسیده به اندام‌های مجاور به خصوص گنادها به دلیل حساسیت بالای آن، مؤثر باشد.

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که در بیماران تحت اسکن کلیه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  دوز رسیده به کلیه‌ها، کبد، مثانه و تخمدان‌ها در مقایسه با رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر می‌باشد.

همچنین رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-EC}$  با داشتن مزایای دیگری نسبت به رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  از قبیل سهولت تهیه، کم هزینه بودن، برداشت کبدی ناچیز، تصاویر با کیفیت بالا و دفع کلیوی سریع دارای استفاده بالینی بسیار فراوانی در اسکن رادیوایزوتوپی کلیه در بخش‌های پزشکی هسته‌ای می‌باشد. در اجرای این پژوهش، مشکل یا محدودیت خاصی وجود نداشت.

هر دو رادیو دارو به یک اندازه بعد از تزریق در مثانه تخلیه نمی‌شوند. لذا، می‌توان انتظار داشت که اختلاف آماری مابین دوز جذبی کلیه‌ها در دو گروه از بیماران وجود داشته باشد.

رادیو داروی زیاد انباشته شده در مثانه برای رادیو داروی  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  باعث بالا بودن دوز جذبی مثانه و برداشت بیشتر توسط کلیه‌ها باعث بالا بودن دوز جذبی این اندام در بیماران تحت اسکن با این رادیو دارو می‌باشد. اکتیویته بالای انباشته در مثانه می‌تواند دلیل بالا بودن دوز رسیده به تخمدان در گروه تحت اسکن با  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  باشد، ولی دفع غیر یکسان به داخل مثانه در مورد هر دو رادیو دارو باعث وجود اختلاف آماری بین دو گروه می‌شود.

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش و مطالعات دیگران می‌توان نتیجه گرفت که در انجام اسکن کلیه با رادیو داروهای  $^{99m}\text{Tc-EC}$  و  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$  به دلیل اینکه بیشتر رادیو داروی تزریقی به بیماران در مثانه انباشته می‌شود، بنابراین این اندام به عنوان عضو

## فهرست منابع

1- Situation of using Ionizing Radiation in Iran, Shaghat Iran Co., Iran Atomic Energy Agency, 1997 (Persian).

2- Matter Jr FA, Guibertean MJ. Essential of Nuclear Medicine Imaging. 3rd ed. London: Lea and Febiger Publisher; 1991.p. 290-350

3- Moran JK. Technetium-99m-EC and other potential new agents in renal nuclear medicine. Semin Nucl Med; 1999. 29(2): 91-101.

4- Campbell MG, Thomas A. Powers: Nuclear Medicine Imaging. 3rd ed. New York: Join Sinclair; 2001.p. 1177.

5- Liu Y, Blaufax MD. Use of Radiopharmaceuticals to Study Renal Disease Techniques and Protocols. 3rd ed. New York: Join Sinclair; 1998.p. 1122.

6- Walvoitch RC, Franceschi M, Cheesman EH. Metabolism of Tc-99m-L,L-Ethylcysteinate dimmer in healthy volunteers. Neuropharmacology; 1991. 30; 283-92.

7- Verbruggen A, Nosco DD, Van Nerom C, Bormans G, Adriaens P, Deroo MJ. Tc-99m-L,L-Ethylendicysteine, a potential alternative to Tc-99m-MAG<sub>3</sub>. J Nucl Med; 1990. 31: 908-15.

8- Taylor A, Hansen L, Eshima D, Comparison of Tc-99m-L, L-EC isomers in rats and humans. J Nucl Med; 1997. 38: 821-26.

9- Verbruggen AM, Nosco DL, Van Nerom CG, Bormans GM, Adriaens PJ, Deroo MJ. Technetium-99m-L,L-ethylenedicysteine: a renal imaging agent. I. Labeling and evaluation in animals. J Nucl Med; 1992. 33: 551-57.

10- Prulovich EM, Bomanji JB, Waddington WA, Rudrasingham P, Verbruggen A, Ell PJ. Clinical evaluation of technetium-99m-L,L-ethylenedicysteine in patients with chronic renal failure. J Nucl Med; 1997. 38: 809-14.

11- Annals of ICRU. Report of the task Group Reference Man Report No.23. Switzerland: Elsevier

Science Ltd; 1974.p. 91-183.

12- Solon CR. The summary of TLD-100,s Properties from Harshaw/Bicorn Comp.'s Catalog. Atalanta: Elsevier; 1998.p. 172-76.

13- Kron. Model 3500 Manual TLD Reader with WINREMS Operator's Manual. Australas: Publication No.3500-W-O; 1999. 1299-001.

14- Beiki D, Eftekhari M, Fallahi B, Takavar

Gheisari F, Saghari M, Ansari Gilani K. Comparative scintigraphy study of renal function with  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  and  $^{99m}\text{Tc-EC}$ . DARU; 2008. 16(1): 41-46.

15- Institute of Isotopes Co. Ltd. Summary of product characteristic EC Radiopharmaceutical kit. H-1535.Budapest,P.O.B:851,February 18<sup>th</sup>,2002.

16- Annals of the ICRP. Radiation dose to patients from Radiopharmaceuticals. Publication No.80. Published: Elsevier Science Ltd. 1999.

# Measurement of the Absorbed Dose of Radiopharmaceuticals $^{99m}\text{Tc}$ -EC and $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA by Kidney, Liver, Bladder and Ovary in Renal Scintigraphy Experiments using Water Phantom and TLD Dosimetry

\*A.A. Sharafi, PhD<sup>I</sup>      S. Hekmat, MD<sup>II</sup>      T. Mortezaazadeh, MSc<sup>III</sup>  
M. Movahed, MD<sup>II</sup>

## Abstract:

**Background:** In this survey the absorbed dose by kidneys, bladder, liver and ovaries with  $^{99m}\text{Tc}$ -EC ( $^{99m}\text{Tc}$  Ethylene dicysteine) renal scintigraphy was measured and compared with the absorbed dose from  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA ( $^{99m}\text{Tc}$  - Diethyleine Triamine Penta-Acid), which often is used in renal scintigraphy.

**Methods:** In this applicable study, we used a water phantom with geometrical sizes similar to that of human body and composed of thorax and hip. Then in accordance with International Committee on Radiation Protection ICRP -23, we placed kidney, liver, bladder and ovary phantoms in to the thorax and hip parts. For dosimetry 30 cubical Lithium fluoride chips (TLD-100) were used.

By using different values of  $^{99m}\text{Tc}$ -EC and  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA distributed in different phantom parts, the absorbed doses in kidneys, liver, bladder and ovaries were measured. Then by measuring skin dose in the region of kidneys, bladder, liver and ovaries in 20 female patients (10 patients for each radioisotope) that were under renal scan, the absorbed doses of above mentioned organs using phantom results were calculated. Statistical software used was SPSS V.16 and statistical data analysis was done by One sample Kolmogorov-Smirnov and t-tests.

**Results:** The results of skin and organ absorbed doses of kidneys, liver, bladder and ovaries showed a good linear regression. The relationship between organ dose and skin dose with total activity varied linearly. The results of organ absorbed dose in patients that were under renal scan with both radiopharmaceuticals showed:

- Bladder absorbed dose with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and  $^{99m}\text{Tc}$ -EC respectively were:  $4.42 \pm 0.98$  mrad/mCi,  $2.91 \pm 0.74$  mrad/mCi ( $p=0.001$ ).

-Liver absorbed dose with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and  $^{99m}\text{Tc}$ -EC respectively were:  $2.44 \pm 0.44$  mrad/mCi,  $1.58 \pm 0.019$  mrad/mCi ( $p=0.000$ ).

-Right kidney absorbed dose with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and  $^{99m}\text{Tc}$ -EC respectively were:  $4.04 \pm 1.06$  mrad/mCi,  $2.67 \pm 0.036$  mrad/mCi ( $p=0.003$ ).

- Left kidney absorbed dose with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and  $^{99m}\text{Tc}$ -EC respectively were:  $4.11 \pm 0.93$  mrad/mCi,  $2.60 \pm 0.14$  mrad/mCi ( $p=0.000$ ).

-Ovaries absorbed dose with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA and  $^{99m}\text{Tc}$ -EC respectively were:  $2.55 \pm 0.28$  mrad/mCi,  $1.62 \pm 0.025$  mrad/mCi ( $p=0.000$ ).

**Conclusion:** The results of this study showed that in patients under renal scan with  $^{99m}\text{Tc}$ -EC, absorbed dose by kidneys, liver, bladder and ovaries is considerably lower than those with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA. Also as  $^{99m}\text{Tc}$ -EC has several other advantages such as: easily prepared, cheap, lower hepatic uptake, produces high quality images and has high renal excretion as compared to  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA, thus it could be used more in radioisotopic renal scan in nuclear medicine clinics.

**Keywords:** 1) Organ absorbed dose      2) Renal scintigraphy  
3) Thermoluminescence dosimetry      4) Antropomorphic phantom

*This article is a summary of the thesis by T. Mortezaazadeh for the degree of MSc in Medical Physics under supervision of A.A Sharafi, Ph.D. and S. Hekmat, MD and consultation with M. Movahed, Ph.D. (2009).*

*I) Professor of Medical Physics, Faculty of Paramedical Sciences, Crossing of Shahid Hemmat and Chamran Expressways, Iran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran (\*Corresponding Author)*

*II) Nuclear Medicine Specialist, Shahid Hashemi Nejad Hospital, Iran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran*

*III) MSc in Medical Physics, Iran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran*