



## تعیین دز جذبی اندام‌ها در بیماران تحت اسکن استخوان با

### استفاده از روش MIRD

محسن چکی<sup>۱</sup>، داریوش شهبازی گهروی<sup>۱</sup>، مسعود مصلحی<sup>\*۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

(دریافت مقاله: ۹۰/۱۰/۱۵ - پذیرش مقاله: ۹۰/۱۲/۴)

#### چکیده

**زمینه:** اسکن استخوان رایج‌ترین اسکن در مراکز پزشکی هسته‌ای است. اندازه‌گیری خطرات ناشی از پرتو و استفاده بهینه از تکنیک‌های تشخیصی مختلف با رادیودارو مستلزم اندازه‌گیری دقیق دز جذبی برای هر گروه از بیماران می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق تعیین دز جذبی اندام‌ها در بیماران تحت اسکن استخوان با استفاده از روش MIRD بوده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه به هر یک از بیماران ۲۵ میلی‌کوری رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  تزریق شد. تصویربرداری از بیماران با استفاده از دوربین گاما صورت گرفت. تصاویر از کل بدن در مدت زمان‌های ۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه بعد از تزریق  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  به دست آمد. در هر یک از زمان‌ها ROI بر روی اندام‌ها جهت محاسبه شمارش در دقیقه رسم شد. شمارش به دست آمده با استفاده از روش تلفیق نماها (Conjugate View Method)، به اکتیویته تبدیل شد.

**یافته‌ها:** میانگین اکتیویته جذب شده برای هر یک از اندام‌ها در مدت زمان‌های مختلف بعد از تزریق  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  اندازه‌گیری شد. دز جذبی به ازای اکتیویته تجویزی به ترتیب برای کبد، مثانه، طحال، کلیه راست و کلیه چپ برابر با ۷/۷۸، ۸/۱۷، ۷/۹۶، ۳۰ و ۳۰/۹ میلی‌راد بر میلی‌کوری بود.

**نتیجه‌گیری:** در این مطالعه به ترتیب کلیه‌ها ماکزیمم مقدار دز جذبی و کبد مینیمم مقدار دز جذبی را دریافت کردند. این یافته‌ها مؤید دیگر مطالعات می‌باشد.

واژگان کلیدی: دز جذبی، اسکن استخوان، تلفیق نماها، اندام

\* اصفهان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی

## مقدمه

یکی از روش‌های متداول کاربرد مواد پرتوزا در تشخیص، روش پزشکی هسته‌ای است. در این روش عنصر پرتوزا به صورت یک ماده شیمیایی معین به نام رادیودارو به بیمار تجویز می‌شود و 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 بوده و در یک بیمارستان پیشرفته، حدود یک سوم بیماران تحت یکی از آزمایش‌های پزشکی هسته‌ای قرار می‌گیرند (۱).

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 (۲).

اسکن رادیوایزوتوپی از استخوان یکی از روش‌های معمول در پزشکی هسته‌ای است زیرا بیماری متاستاتیک استخوان یکی از شایع‌ترین عوامل درد در بیماران سرطانی می‌باشد و سالیانه بیش از ۱۰۰ هزار بیمار در آمریکا دچار بیماری متاستاتیک استخوانی می‌شوند (۳ و ۴).

سنتی‌گرافی استخوانی با تکنسیم متصل شده به متیلن دی فسفونات ( $^{99m}\text{Tc-MDP}$ ) بهترین روش برای غربالگری بیماران در خطر ابتلا به متاستاز استخوانی است. این روش در ارزیابی وسعت بیماری متاستاتیک در استخوان نیز مفید است (۳ و ۴). رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  یک رادیودارو بسیار مطلوب جهت سنتی‌گرافی استخوان است. رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  با استفاده از اضافه نمودن تکنسیم پرتکتات به داخل

کیت متیلن دی فسفونات و سپس احیای تکنسیم توسط یون قلع ( $+\text{Sn}++$ ) و پایین آمدن ظرفیت آن از ۷ به ۴ یا ۳ و ترکیب آن با متیلن دی فسفونات که جذب استخوانی دارد، صورت می‌گیرد. جذب استخوانی این رادیودارو سریع بوده و در عرض ۲ تا حداکثر ۶ ساعت بعد از تزریق در استخوان‌ها قابل ردیابی می‌باشد. ترکیبات این رادیودارو کلیرانس خونی سریعی داشته و بعد از ۲۴ ساعت حدود ۶۰ درصد آن توسط کلیه‌ها دفع می‌شود (۵). در پزشکی هسته‌ای تشخیصی ترکیبات نشان‌دار شده با مواد رادیواکتیو به صورت مستقیم و از طریق ورید وارد بدن بیماران می‌شوند، لذا باعث رسیدن دوز پرتو به تمام بافت‌ها و اندام‌های بدن می‌شوند. به همین خاطر اندازه‌گیری دقیق مقدار دز رسیده به اندام‌های مختلف در تعیین ایمنی استفاده از رادیودارو برای بیماران، از اهمیت فراوانی برخوردار است (۶). هدف از این مطالعه اندازه‌گیری دز رسیده به کبد، طحال، مثانه، کلیه راست و کلیه چپ در طی اسکن استخوان با رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  به روش MIRD می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

## انتخاب بیماران

این مطالعه بر روی ۳۰ بیمار بزرگسال (۱۸ زن و ۱۲ مرد) با متوسط سنی  $38 \pm 12$  سال مراجعه‌کننده به بخش پزشکی هسته‌ای بیمارستان سیدالشهدای اصفهان جهت بررسی متاستاز استخوانی انجام گرفت. انجام اسکن بر روی بیماران تحت مطالعه با رضایت کامل بیماران و بعد از تکمیل کردن فرم رضایت آگاهانه توسط آنها صورت گرفته است.

## روش انجام اسکن جهت اهداف مطالعه

در این مطالعه از روش تلفیق نماها<sup>۱</sup> که یکی از معتبرترین روش‌های تعیین مقادیر اکتیویته جذب شده در اندام‌ها بعد از تجویز رادیودارو به صورت کمی می‌باشد، استفاده شد (۷-۱۱). در ابتدا بیست و پنج میلی‌کوری (mCi25) رادیودارو  $^{99m}\text{Tc}$  MDP از طریق ورید چین قدامی آرنج به بیماران تزریق شد. بعد از آن دورین گاما را بر روی فتوپیک keV140 با عرض پنجره ۲۰ درصد  $\pm$  برای چشمه  $^{99m}\text{Tc}$  جهت اسکن از بیماران تنظیم کرده و از هر یک از بیماران خواسته شد که به صورت طاقباز<sup>۲</sup> بر روی تخت دستگاه گاما کمرا دراز بکشند و یک اسکن از ناحیه شکم و لگن در نمای قدامی<sup>۳</sup> در مدت زمان ۵ دقیقه از بیماران گرفته شد و بعد از آن باز هم از هر یک از بیماران خواسته شد به صورت دمر<sup>۴</sup> بر روی تخت دستگاه گاما کمرا دراز بکشند و یک اسکن دیگر از ناحیه شکم و لگن در همان مدت زمان (۵ دقیقه) در نمای خلفی<sup>۵</sup> از بیماران گرفته شد. این کار برای هر یک از بیماران تحت مطالعه در فواصل زمانی ۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه بعد از تزریق رادیودارو  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP انجام شد.

جهت به دست آوردن مقادیر شمارش ناشی از پرتوهای گاما ساطع شده از تجمع رادیودارو  $^{99m}\text{Tc}$  MDP در هر یک از اندام‌ها، بر روی تصاویر به دست آمده از اسکن‌های نمای قدامی و خلفی بیماران در مدت زمان‌های متفاوت (۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه) بعد از تزریق، با همکاری پزشک متخصص و به صورت دستی به دور ۵ اندام مورد نظر (کبد، طحال، مثانه،

کلیه راست و کلیه چپ) ROI رسم شد. یک ROI در ناحیه آناتومیکی که کبد قرار دارد به دور کبد، یک ROI در ناحیه آناتومیکی که طحال قرار دارد به دور طحال، یک ROI در ناحیه آناتومیکی که مثانه قرار دارد به دور مثانه و ROI دیگر در نواحی آناتومیکی که کلیه‌ها قرار دارند به دور کلیه‌ها رسم شد. برای هر یک از اندام‌ها یک ROI دیگر در ناحیه‌ای خارج از ناحیه‌ای آناتومیکی که اندام‌ها قرار دارند در حاشیه کناری، برای به دست آوردن شمارش زمینه بر روی تصاویر حاصل از اسکن رسم شد. جهت به دست آوردن مقادیر شمارش در دقیقه واقعی (با اعمال تصحیح زمینه) قدامی (IA) و خلفی (IP)، مقادیر شمارش در دقیقه زمینه قدامی (IBGA) و خلفی (IBGP) از مقادیر شمارش در دقیقه‌ای قدامی (IA) و خلفی (IP) ناشی از رسم ROI بر روی اندام‌ها (کبد، طحال، مثانه و کلیه‌ها) با استفاده از رابطه زیر کسر شد (۱۲).

$$I_A = I'_A - I_{BGA}$$

$$I_P = I'_P - I_{BGP}$$

## اندازه‌گیری مقادیر اکتیویته جذب شده در اندام‌ها

برای محاسبه مقادیر اکتیویته جذب شده در هر یک از اندام‌ها یا همان ارزیابی توزیع بیولوژیکی رادیودارو  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP به صورت کمی در هر یک از اندام‌ها در مدت زمان‌های متفاوت (۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه) بعد از تزریق از رابطه زیر استفاده شد (۱۶-۱۲):

$$A = \sqrt{\frac{I_A \times I_P}{e^{-\mu_e t}}} \times \frac{f}{C}$$

که  $I_P$  و  $I_A$  به ترتیب مقادیر شمارش در دقیقه واقعی (با اعمال تصحیح زمینه) قدامی و خلفی،  $t$  ضخامت کلی بدن بیمار (ضخامت قدامی - خلفی) در ناحیه

<sup>1</sup> Conjugate View Method

<sup>2</sup> Supine

<sup>3</sup> Anterior

<sup>4</sup> Prone

<sup>5</sup> Posterior

<sup>6</sup> Region of Interest

(MATLAB) رسم گردید. مساحت زیر سطح منحنی‌های اکتیویته- زمان جهت به دست آوردن اکتیویته تجمعی<sup>۷</sup> در هر یک از اندامها برحسب میکروکوری در ساعت (mCi.hr) با استفاده از همین نرم‌افزار محاسبه گردید.

### اندازه‌گیری دز جذبی اندامها

پس از محاسبه اکتیویته تجمعی برای هر یک از اندامها با استفاده از رابطه‌ی زیر مقادیر تقریبی دز جذبی مربوط به هر یک از اندامها به دست آمد (۱۵ و ۱۶):

$$\bar{A} \approx * D \frac{\Delta}{m}$$

که  $\bar{A}$  اکتیویته تجمعی در هر یک از اندامها برحسب میکروکوری در ساعت (mCi.hr) است،  $\Delta$  ثابت دوز تعادل می‌باشد که برای مجموع پرتوهای غیرقابل نفوذ (الکترون تبدیل داخلی و الکترون اوژه با محدوده انرژی بین ۱/۶ تا ۱۴۰ کیلوالکترون ولت) ناشی از  $^{99m}\text{Tc}$  برابر با (g rad/ $\mu\text{Ci h0332/0}$ ) است (۷) و m جرم اندامهای انسان استاندارد برحسب گرم (gr) می‌باشد که مقادیر آن در جداول استاندارد ICRP No.106 بیان شده است (۲۲).

### چگونگی پردازش داده‌ها

با استفاده از نرم‌افزار Excel و با در نظر گرفتن معادلات ۱ و ۲، مقادیر شمارش واقعی و مقادیر اکتیویته‌های جذب شده در هر یک از اندامها در مدت زمانهای متفاوت بعد از تزریق محاسبه گردید. بعد از آن مقادیر میانگین اکتیویته به دست آمده برای هر یک از اندامها را وارد نرم‌افزار مطلب<sup>۸</sup> کرده و با استفاده از جعبه ابزار Curve Fitting این نرم‌افزار منحنی‌های اکتیویته- زمان را برای هر یک از اندامها (کبد، طحال،

عضو مورد نظر (کبد، طحال، مثانه، کلیه راست و کلیه چپ) بر حسب سانتی‌متر (cm) می‌باشد که مقادیر آن با استفاده از تصاویر سی‌تی‌اسکن (CT) بیماران به دست آمد،  $\epsilon\mu$  ضریب تضعیف خطی مؤثر می‌باشد که مقدار آن بر اساس مقادیر تجربی به دست آمده با فانتوم در مقالات متعدد<sup>۱</sup> cm-12/0 در نظر گرفته شد (۲۱-۱۷)، f فاکتور تصحیح تضعیف در خود چشمه رادیواکتیو می‌باشد که برابر با یک شد و C فاکتور کالیبراسیون دورین گاما می‌باشد که واحد آن شمارش در دقیقه بر روی میلی‌کوری (cpm/ mCi) می‌باشد.

جهت محاسبه فاکتور کالیبراسیون، دورین گاما را در همان شرایطی (فتویک keV140 با عرض پنجره ۲۰ درصد  $\pm$ ) که اسکن از بیماران انجام شد قرار داده شد. بعد از آن به میزان mCi 5/2 تکنسیم ( $^{99m}\text{Tc}$ ) از ژنراتور تکنسیم - مولیدن دوشیده و بعد از این که صحت میزان اکتیویته آن توسط دستگاه دوز کالیبراتور تأیید شد، برای مدت زمان ۵ دقیقه در هوا زیر دورین گاما قرار داده شد. از تصویر به دست آمده از چشمه  $^{99m}\text{Tc}$  و رسم ROI بر روی تصویر حاصل از چشمه با اکتیویته مشخص (mCi 5/2)، میزان شمارش ناشی از  $^{99m}\text{Tc}$  حاصل شد و با استفاده از رابطه زیر فاکتور کالیبراسیون به دست آمد (۱۵-۱۲).

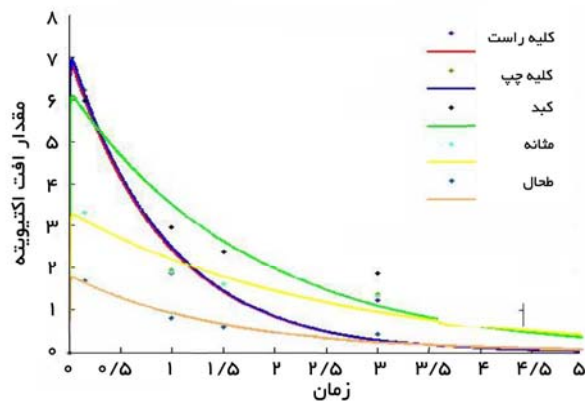
$$\text{فاکتور کالیبراسیون} = \frac{\text{شمارش در دقیقه}}{\text{اکتیویته مشخص چشمه}}$$

بعد از محاسبه مقادیر اکتیویته (برحسب میلی‌کوری) برای هر یک از اندامها (کبد، طحال، مثانه، کلیه راست و کلیه چپ) در مدت زمانهای متفاوت (۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه) بعد از تزریق، از مقادیر به دست آمده میانگین‌گیری صورت گرفت و با استفاده از مقادیر میانگین به دست آمده منحنی‌های اکتیویته- زمان برای هر یک از اندامها توسط نرم‌افزار مطلب

<sup>7</sup> Cumulated Activity

<sup>8</sup> MATLAB

زمان‌های بعد از ۱۰ دقیقه روند جذب رادیودارو در اندام‌ها کاهش می‌یابد و روند کاهش آن به صورت یک تابع نمایی نزولی می‌باشد.



شکل ۱) منحنی‌های اکتیویته - زمان کلیه راست، کلیه چپ، کبد، مثانه و طحال به صورت مقایسه‌ای

در جدول ۱ و شکل ۱ مشاهده می‌شود که نکته قابل توجه روند کاهش سریع (شیب تند منحنی اکتیویته - زمان) مقادیر اکتیویته جذب شده در کلیه‌ها در فاصله زمانی ۱۰ تا ۶۰ دقیقه نسبت به اندام‌های دیگر می‌باشد به گونه‌ای که مقدار اکتیویته جذب شده در مدت زمان ۱۰ دقیقه در کلیه چپ برابر با ۶/۲۴ میلی‌کوری و در مدت زمان ۶۰ دقیقه به ۱/۹۱ میلی‌کوری کاهش می‌یابد ولی در اندام‌های دیگر این کاهش تقریباً به نصف می‌رسد مانند کبد که در مدت زمان ۱۰ دقیقه ۵/۹۷ میلی‌کوری و در مدت زمان ۶۰ دقیقه ۲/۹۶ میلی‌کوری است. بعد از رسم منحنی‌های اکتیویته-زمان مربوط به کبد، کلیه راست، کلیه چپ، مثانه و طحال، مقادیر مساحت زیر سطح منحنی‌ها جهت به دست آوردن اکتیویته تجمعی (Å) در هر یک از اندام‌ها برحسب میلی‌کوری در ساعت (mCi.hr) به دست آمد (جدول ۲).

پس از محاسبه اکتیویته تجمعی برای هر یک از اندام‌ها، مقادیر تقریبی دز جذبی مربوط به اندام‌های

مثانه، کلیه راست و کلیه چپ) رسم نمود. مساحت زیر سطح منحنی‌های اکتیویته - زمان جهت به دست آوردن اکتیویته تجمعی در هر یک از اندام‌ها با استفاده از همین نرم‌افزار محاسبه گردید.

## یافته‌ها

با رسم ROI بر روی تصاویر حاصل از اسکن نمای قدامی و خلفی بیماران در مدت زمان‌های متفاوت (۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه) بعد از تزریق، شمارش‌های مورد نیاز جهت محاسبه مقادیر اکتیویته جذب شده در هر یک از اندام‌ها به دست آمد.

با میانگین‌گیری از مقادیر اکتیویته جذب شده در اندام‌های (کبد، طحال، مثانه، کلیه راست و کلیه چپ) بیماران در مدت زمان‌های متفاوت (۱۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۸۰ دقیقه) بعد از تزریق، مقادیر میانگین اکتیویته حاصل شد (جدول ۱).

جدول ۱) میانگین مقادیر اکتیویته جذب شده در اندام‌های (کبد، طحال، مثانه و کلیه‌ها) بیماران برحسب میلی‌کوری (mCi)

زمان (دقیقه)	۱۰	۶۰	۹۰	۱۸۰	اندام
	۵/۹۷±۱/۶	۲/۹۶±۱/۲	۲/۳۸±۰/۶	۱/۸۶±۰/۲۴	کبد
	۳/۳۱±۱/۳	۱/۸۸±۰/۳۲	۱/۵۹±۰/۲	۱/۳۱±۰/۱۵	مثانه
	۱/۶۷±۰/۱۹	۰/۸۰±۰/۱	۰/۶۰±۰/۰۹	۰/۴۳±۰/۰۵	طحال
	۶/۰۹±۲/۳	۱/۸۶±۰/۳۸	۱/۵۹±۰/۳۴	۱/۲۲±۰/۳	کلیه راست
	۶/۲۴±۲/۷	۱/۹۱±۴/۵	۱/۵۹±۰/۳۳	۱/۳۵±۰/۳۹	کلیه چپ

با استفاده از مقادیر میانگین به دست آمده برای هر یک از اندام‌ها منحنی‌های اکتیویته-زمان با استفاده از نرم‌افزار مطلب (MATLAB) رسم شد (شکل ۱).

جذب رادیودارو <sup>99m</sup>Tc-MDP در اندام‌ها در فاصله‌ی زمانی صفر تا ۱۰ دقیقه بعد از تزریق رو به افزایش است و روند افزایش آن به صورت یک تابع نمایی صعودی می‌باشد، ولی در مدت

تزریق سپری شود میزان جذب در اندامها رو به کاهش است در صورتی که در استخوانها بالعکس اندامها با گذشت زمان جذب رادیودارو رو به افزایش است. کاهش سریع مقادیر اکتیویته جذب شده در کلیهها در فاصله زمانی ۱۰ تا ۶۰ دقیقه نسبت به اندامهای دیگر می‌تواند به دلیل کاهش تصفیه سریع رادیودارو توسط سیستم کلیوی باشد. در مطالعه انجام شده کلیهها ماکزیمم مقدار دز جذبی و کبد مینیمم مقدار دز جذبی را در طی اسکن استخوان با رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  دریافت کرده‌اند. از این لحاظ نتایج به دست آمده در مطالعه، با نتایج کمیته MIRD تطابق دارد (۲۳).

استفاده از تصاویر دوربین گاما در پزشکی هسته‌ای جهت به دست آوردن مقدار کمی رادیوایزوتوپ تزریقی به بیماران در اندامهای مختلف توسط نورگرن (Norrgrén) در سال ۲۰۰۳ و پیرا (Perira) در سال ۲۰۱۰ صورت گرفت (۲۴-۲۶). در این مطالعه مانند مطالعات ذکر شده از این روش استفاده شد.

با توجه به این که روش دزیمتری مورد استفاده در مطالعه نتایج تقریباً معتبری می‌دهد و نیاز به تجهیزات خاصی به استثنای دوربین گاما موجود در بخش، جهت اندازه‌گیری دز جذبی ندارد می‌توان این روش را به عنوان یک روش ساده و معتبر به تمامی متخصصین پزشکی هسته‌ای، کارشناسان پزشکی هسته‌ای و فیزیسیتهای مراکز پزشکی هسته‌ای توصیه کرد.

(کبد، طحال، مثانه، کلیه راست و کلیه چپ) بیماران بدست آمد (جدول ۳). در جدول ۳ مشاهده شد که کلیهها ماکزیمم مقدار دز جذبی و کبد مینیمم مقدار دز جذبی را در طی اسکن استخوان با رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  دریافت کرده‌اند.

جدول ۲) مقادیر اکتیویته تجمعی  $\bar{A}$  در واحد میلی کوری در ساعت (mCi.hr) برای هر یک از اندامها

اندامها	$\bar{A}$ (mCi.hr)
کبد	۱۰/۷۴
کلیه راست	۶/۵۴
کلیه چپ	۶/۷۱
مثانه	۳/۱۳
طحال	۲/۶۵

جدول ۳) مقادیر دز جذبی به دست آمده در مطالعه برای هر یک از اندامها

اندامها	دز جذبی به ازای اکتیویته تزریقی (mrad/mCi)
کبد	۷/۷۸
کلیه راست	۳۰
کلیه چپ	۳۰/۹
مثانه	۸/۱۷
طحال	۷/۹۶

## بحث

مطابق یافته‌های این تحقیق می‌توان این گونه نتیجه گرفت که هنگام اسکن با رادیودارو  $^{99m}\text{Tc-MDP}$  بیشترین جذب رادیودارو در اندامها در دقایق اولیه بعد از تزریق می‌باشد و هر چه مدت زمان بیشتری از

## References:

- Subramanian G, McAfee JG. A new complex for  $^{99m}\text{Tc}$  for skeletal imaging. Radiology 1971; 99: 192-96.
- Foens CS, Fairbent LA, Guiberteau MJ, et al. 10 CFR Part 35: Changes to the NRC rule governing the medical use of radioisotopes and implications for radiologic practice. J Am Coll Radiol 2006; 3: 96-101.
- Fogelman I, Bessent RG, Cohen HN, et al. Skeletal uptake of disphosphonate method for

- prediction of post menopausal osteoporosis. *J Nucl Med* 1980; 42: 667-70.
4. Hyldstrup L. 24 hour whole body retention of <sup>99m</sup>Tc-methylene-diphosphonate in the assessment of bone formation. Methodological evaluation, clinical applications and comparison with serum alkaline phosphatase and serum osteocalcin. *Dan Med Bull* 1989; 36: 349-58.
  5. Blake GM, Moore AE, Park-Holohan SJ, et al. A direct in vivo measurement of <sup>99m</sup>Tc-methylene diphosphonate protein binding. *Nucl Med Commun* 2003; 24: 829- 35.
  6. Pandit-Taskar N, Dauer LT, Montgomery L, et al. Organ and Fetal Absorbed Dose Estimates from <sup>99m</sup>Tc-Sulfur Colloid Lymphoscintigraphy and Sentinel Node Localization in Breast Cancer Patients. *J Nucl Med* 2006; 47: 1202-8.
  7. Kojima A, Ohyama Y, Tomiguchi S, et al. Quantitative planar imaging method for measurement renal activity using a conjugate-emission image and transmission data. *Med Phys* 2000; 27: 608-15.
  8. Ott RJ. Imaging technologies for radionuclide dosimetry. *Phys Med Biol* 1996; 41: 1885-94.
  9. Fleming JS. A technique for the absolute measurement of activity using a gamma camera and computer. *Phys Med Biol* 1979; 24: 176- 80.
  10. Sorenson JA, editor. Methods for quantitating radioactivity, in vivo, by external counting measurements. 1st ed. Madison WI: University of Wisconsin; 1971: p.112-18.
  11. Thomas SR, Maxon HR, Kereiakes JG. In vivo quantitation of lesion radioactivity using external counting methods. *Med Phys* 1976; 3: 253-5.
  12. Buijs WC, Siegel JA, Boerman OC, et al. Absolute organ activity estimated by five different methods of background correction. *J Nucl Med* 1998; 39: 2167-72.
  13. Siegel JA, Thomas SR, Stubbs JB, et al. MIRD pamphlet no. 16: techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates. *J Nucl Med* 1999; 40: 37S - 61S.
  14. Gonzalez-Vazquez A, Ferro-Flores G, Arteaga de Murphy C, et al. Biokinetics and dosimetry in patients of <sup>99m</sup>Tc-EDDA/HYNIC-Tyr3-octreotide prepared from lyophilized kits. *Appl Radiat Isot* 2006; 64: 792-7.
  15. Jentzen W, Schneider E, Freudenberg L, et al. Relationship between cumulated radiation dose and salivary gland uptake associated with radioiodine therapy of thyroid cancer. *Nucl Med Commun* 2006; 27: 669-76.
  16. Liu B, Kuang A, Zhao Z, et al. Influence of Vitamin C on Salivary Absorbed Dose of <sup>131I</sup> in Thyroid Cancer Patients: A Prospective, Randomized, Single-Blind, Controlled Trial. *J Nucl Med* 2010; 51: 618-23.
  17. Macey DJ, Marshall R. Absolute quantitation of radiotracer uptake in the lungs using a gamma camera. *J Nucl Med* 1982; 23: 731-4.
  18. Ferrant A, Cauwe F. Quantitative organ-uptake measurement with a gamma camera. *Eur J Nucl Med* 1979; 4: 223- 9.
  19. Harris CC, Greer KL, Jaszczak RJ, et al. Tc-<sup>99m</sup> attenuation coefficients in water-filled phantoms determined with gamma cameras. *Med Phys* 1984; 11: 81-5.
  20. Vestergren E, Jacobsson L, Mattsson S. Biokinetics and dosimetry of Tc-<sup>99m</sup> HM-PAO in children. In: Stelsom A, Waatson E, editors. Proceedings of the Fifth International radiopharmaceutical Dosimetry Symposium. 1991 May 7-10, Tennessee, USA. Oak Ridge Associated Universities 1992: P. 444-56.
  21. Starck SA, Carlsson S. The determination of the effective attenuation coefficient from effective organ depth and modulation transfer function in gamma camera imaging. *Phys Med Biol* 1997; 42: 1957- 64.
  22. Cousins C, Cosset M, Gusev I, et al. ICRP No 106: Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals. *J Nucl Med* 2007; 66: 720-40.
  23. David W, Todde M, Evelyn W, et al. MIRD Dose Estimate Report No.13; Radiation Absorbed Dose from Technetium<sup>99m</sup>-Labeled Bone Imaging Agen. *J Nucl Med* 1989; 47: 1202-8.
  24. Norrgren K K, Svegborn SL, Areberg J. Accuracy of the quantification of organ activity from planar gamma camera images. *Cancer Biother Radiopharm* 2003; 18: 125-31.
  25. Pereira JM, Stabin MG, Lima FR, et al. Image quantification for radiation dose calculations limitations and uncertainties. *Health Phys* 2010; 99: 688-701.
  26. Fard-esfahani A, Beiki D, Fallahi B, et al. Neuroendocrine tumors treatment with I-<sup>131</sup> Metaiodobenzylguanidine (MIBG). *ISMJ* 2011; 14: 122-33.

*Original Article*

## Determination of organ absorbed doses in patients following bone scan with using of MIRD method

M. Cheki<sup>1</sup>, D. Shahbazi Gahrouei<sup>1</sup>, M. Moslehi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics and Medical Engineering, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, IRAN

(Received 5 Jan, 2012      Accepted 23 Feb, 2012)

*Abstract*

**Background:** Bone scintigraphy is the most commonly performed procedure in nuclear medicine departments. Radiation risk estimates and optimal use of various radiodiagnostic techniques require accurate dosimetry for representative groups of patients. The aim of the present study was to determination of organ absorbed doses in patients following bone scan with using of MIRD method.

**Material and Methods:** In this study, each patient was injected 25 mCi of <sup>99m</sup>Tc-MDP. Patients were imaged with a gamma camera. Whole-body images from patients were acquired at 10, 60, 90, 180 minutes after <sup>99m</sup>Tc-MDP injection. Regions of interest (ROIs) were drawn around organs for count per minute calculation. Count per minute was converted to activity using the conjugate view counting method.

**Results:** The mean uptake activity was measured in different time periods after injection of <sup>99m</sup>Tc-MDP for each organ. The absorbed doses per unit injected activity (mrad/mCi) for liver, bladder, spleen, right and left kidney were 7.78, 8.17, 7.96, 30.0 and 30.9 mrad/mCi, respectively.

**Conclusion:** In this study the kidneys and liver received maximum and minimum absorbed doses, respectively. These results were consistent with other studies.

**Keywords:** absorbed dose, bone scan, conjugate view, organ

\*Address for correspondence: Department of Physics and Medical Engineering, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, IRAN; E-mail: moslehi@med.mui.ac.ir