

## بر آورد دوز جذبی رحم و تیروئید زنان بر اساس دوز مرکز اسکن حاصل از سیستم DEXA با دسته پرتو قلمی

نوگس مخلصیان<sup>۱</sup>، دکتر علی اکبر شرفی<sup>۲</sup>، دکتر منیژه مختاری دیزجی<sup>۳</sup>، دکتر باقر لاریجانی<sup>۴</sup>

### خلاصه

مقدمه: امروزه جذب سنجی دوگانه اشعه X به عنوان تکنیک استاندارد برای تشخیص استئوپورز استفاده می شود. از آنجا که هنوز ارزیابی بر اساس همبستگی میان دوز (dose) در مرکز اسکن و دوز سطحی اندامهای بحرانی گزارش نشده است، در این مطالعه ابتدا دوز سطحی اندامهای تیروئید و رحم همراه با دوز در مرکز اسکن زنان اندازه گیری شد و همبستگی میان دوز مرکز اسکن با دوز سطحی اندامهای تیروئید و رحم به منظور تعیین میزان مواجهه با اشعه در بیماران مورد بررسی قرار گرفت.

روش: در این مطالعه ۴۰ زن با سیستم دانسیتومتر استخوان Lunar-DPX-MD با دسته اشعه قلمی، در دو مد اسکن مهره‌ای و فمورال به طور همزمان تحت تابش قرار گرفتند. سپس دوز سطحی اندامهای بحرانی تیروئید و رحم و نیز دوز در مرکز اسکن و دوز زمینه اندازه گیری شد. ۴۳۳ دوزیمتر ترمولومینسنت در سطح اندامهای تیروئید و رحم زنان و همچنین مرکز اسکن قرار داده شد و پس از تابش دهی قرائت گردید. درصد دوز سطحی تیروئید و رحم بر دوز مرکز اسکن محاسبه شد. سپس همبستگی میان دوز مرکز اسکن و دوز سطحی اندامهای بحرانی آنالیز شد و توابع رگرسیون همراه با سطح معنی داری تعیین گردید.

یافته‌ها: در اسکن مهره‌ای و فمورال، متوسط دوز سطحی تیروئید، رحم و دوز مرکز اسکن به ترتیب  $1/36 \pm 1/8$ ،  $1/03 \pm 1/81$  و  $2/8 \pm 5/70$  میکروگری به دست آمد. همبستگی معنی داری میان دوز سطحی تیروئید و رحم با دوز در مرکز اسکن زنان تحت مطالعه وجود داشت، بنابراین توابع رگرسیون و ضرایب همبستگی محاسبه شد.

نتیجه گیری: همبستگی معنی داری میان دوز سطحی اندامهای بحرانی و دوز مرکز اسکن مشاهده شد. سیستم Lunar-DPX-MD با دسته پرتو قلمی، دارای دوز تابشی بسیار کم و در حد دوز زمینه است.

واژه‌های کلیدی: جذب سنجی دوگانه اشعه X، دوزیمتری، دوز سطحی، دوز مرکز اسکن، اندام بحرانی، همبستگی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پرتو پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران، واحد علوم و تحقیقات ۲- دانشیار گروه رادیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی ایران ۳- دانشیار گروه فیزیک پزشکی،

دانشگاه تربیت مدرس ۴- استاد غدد، مرکز تحقیقات غدد و متابولیسم ایران و دانشگاه علوم پزشکی تهران

\* نویسنده مسؤول: گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران • آدرس پست الکترونیک: [mokhtam@modares.ac.ir](mailto:mokhtam@modares.ac.ir)

دریافت مقاله: ۱۳۸۴/۱۱/۲۶ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۵/۵/۲۴ پذیرش مقاله: ۱۳۸۵/۶/۸

## مقدمه

ضروری به نظر می‌رسد. سازندگان دستگاه‌ها عموماً بر دوز پوستی تأکید می‌کنند، اما تعیین دوز سطحی بدون در نظر گرفتن دوز عمقی اندام‌های بحرانی، برای تخمین میزان خطر کافی نیست. بیشتر مطالعات مربوط به دوزیمتری سیستم‌های DEXA به مقایسه میزان دوز سطحی حاصل از باریک‌های تابشی قلمی و پهن پرداخته‌اند. چنانچه در اولین مطالعاتی که چهار سیستم با دسته اشعه پهن را مورد بررسی قرار داده‌اند، لزوم اجرای پروتکل دوزیمتری نواحی بحرانی توصیه شده است (۹،۱۰). در مطالعات مربوط به سیستم‌های DEXA با باریک پهن، دوز مؤثر بیماران محاسبه شده و دیده شده است که این دوز کمتر و یا در حد آهنگ دوز استاندارد است (۲،۱۷). بررسی دوز پرسنل نیز مؤید میزان دوز سطحی کم سیستم‌های DEXA نسبت به روش‌های معمول رادیوگرافی بوده است (۲۰،۲۱). جهت بررسی میزان دوز سطحی حاصل از سیستم‌های DEXA با دسته اشعه پهن، فانتوم های ستون مهره معادل بافت پیشنهاد گردیده است (۹،۱۰). دوز سطحی در سیستمی با باریک قلمی نیز بر روی فانتوم‌های ۵ و ۱۰ ساله با دوزیمتر ترمولومینسنت مورد بررسی قرار گرفته است. با وجودی که در آزمایشات مربوط به کودکان دوزیمتر TLD میزان دوز تابشی کمی را نشان داده، لکن لزوم اجرای دوزیمتری سیستم‌ها توصیه شده است (۱۸). مقایسه دو باریک اشعه X پهن و قلمی نشان داد که دوز مؤثر دسته اشعه پهن حدود دو برابر بیشتر از باریک قلمی است، لکن هنوز مقدار آن از رادیوگرافی معمولی کمتر است (۱۶،۱۹).

در بررسی کارایی روش‌های جذب‌سنجی دوگانه اشعه ایکس در فانتوم خانم‌های باردار، فانتوم‌های معادل جنین طی سه دوره سنی طراحی شد و ارزیابی باریک قلمی در سال ۲۰۰۲ ثابت کرد که در هر دوره سنی جنین، استفاده از پوشش محافظ سربی ضروری نیست (۷). امروزه سیستم‌های دانسیتومتری با باریک مخروطی نیز جهت کاهش زمان تابش مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعات انجام شده نشان داده که دوز سطحی فانتوم ناشی از باریک مخروطی مشابه دوز سطحی حاصل از باریک پهن است (۴)، لکن تحقیقی پیرامون برآورد دوز عمقی بر اساس دوز سطحی ملاحظه نشده است.

از آن‌جا که اغلب افراد مراجعه کننده به بخش‌های تراکم‌سنجی استخوان را زنان تشکیل می‌دهند، همواره احتمال خطر پرتودهی به اندام‌های بحرانی نظیر اندام‌های تولیدمثل هنگام تراکم‌سنجی با پرتوهای X مورد سؤال بوده است. بنابراین، لازم است که میزان دوز رسیده به عمق این اندام‌ها بررسی شود.

بیماری پوکی استخوان یک بیماری متابولیکی شایع به ویژه در زنان است که عدم توجه به آن منجر به پیشرفت گسترده این بیماری در سالمندان و زنان در دوران یائسگی خواهد شد (۳). این بیماری با کاهش تدریجی ماده معدنی استخوانی (استئوپنی) همراه است که به دنبال آن با پیدایش پوکی (استئوپروز) خطر شکستگی استخوان بالا می‌رود. به طوری که در مراحل پیشرفته استخوان با کوچک‌ترین ضربه می‌شکند. در حال حاضر پوکی استخوان به عنوان یکی از پرمخاطره‌ترین بیماری‌ها در دنیا مطرح است (۸). ارگان‌ها و سازمان‌های متعدد ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی تدابیر گسترده‌ای را در راستای پیشگیری و درمان آن انجام داده‌اند و روش‌های غربالگر متعددی را جهت بررسی پوکی استخوان در زنان ارائه نموده‌اند.

اهمیت تشخیص پوکی استخوان در مراحل اولیه و اهمیت پیشگیری و درمان آن باعث به وجود آمدن روش‌های مختلف سنجش تراکم استخوان و تعیین چگالی ماده معدنی استخوانی (BMD: Bone Mineral Density) گردیده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های QUS (Quantitative Ultrasound)، QCT (Quantitative Computed Tomography)، peripheral PQCT (Quantitative Computed Tomography Radiographic) RA، (Quantitative Computed Tomography Absorptiometry) MXA، (Mono Energy X-ray Absorptiometry) و DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) اشاره کرد. امروزه روش DEXA به علت پایداری دراز مدت، قدرت تفکیک فضایی بالا و کاهش خطای تکرارپذیری به عنوان روش معمول جهت تراکم‌سنجی استخوان مطرح است (۱،۳،۴،۸). در سیستم‌های جذب‌سنجی، سنجش تراکم استخوان براساس ارتباط انرژی پرتو و میزان پرتو عبوری بر اساس ضریب عبور پرتو که بسته به سخت یا نرم بودن بافت‌های مسیر عبور، متفاوت می‌باشد، انجام می‌گیرد. به طوری که در سیستم‌های جذب‌سنجی دوگانه با ایجاد دو انرژی متفاوت امکان تمایز بین بافت نرم و بافت استخوانی به بهترین وجه انجام می‌گیرد. همچنین با استفاده از الگوریتم آشکارساز لبه، تصویری از لبه‌های استخوان ساخته و سطح استخوان برآورد می‌گردد. مقدار چگالی ماده معدنی استخوان (BMD)، در واقع متوسط پیکسل‌های تعیین شده توسط لبه‌های استخوان است. از حاصل ضرب سطح استخوان در مقدار متوسط BMD مقدار ماده استخوانی (BMC) برآورد می‌شود. در راستای مسئله حفاظت در برابر پرتو و کاهش تا حد ممکن دوز تابشی (در بیماران یا پرتوکاران) ارزیابی میزان مواجهه با پرتوها

میزان دوز سطحی اندام‌های بحرانی تیروئید، رحم و نیز دوز در دو مرکز اسکن و دوز زمینه حاصل از سیستم جذب‌سنجی دوگانه اشعه X با باریکه قلمی Lunar سری DPX مدل MD با دقت  $\pm 0.1\%$  میکروگری، مورد بررسی قرار گرفت. مولد اشعه ایکس در حداکثر ولتاژ ۷۶ کیلو ولت و حداکثر جریانی معادل ۵ میلی‌آمپر، جریان عملیاتی  $0.75/0$  میلی‌آمپر و فیلتراسیونی معادل ۳۵ میلی‌متر آلومینیوم و حداکثر میدان تابشی مقارنی به ابعاد  $10 \times 10$  میلی‌متر مربع کار می‌کند. با استفاده از فیلتر لبه K، دو انرژی متفاوت در محدوده ۴۰ و ۷۰ کیلو الکترون ولت تولید می‌کند، تا بتواند بین استخوان و بافت نرم تمایز قائل شود. فاصله کانونی مولد تا آشکارساز  $58.5/5$  سانتی‌متر و تا بیمار برابر  $33$  تا  $33.5/5$  سانتی‌متر است. این سیستم توانایی سنجش تراکم استخوان را در پروتکل‌های ستون مهره، گردن فمور و کل بدن دارد. ابعاد منطقه اسکن در پروتکل مهره‌ای  $18 \times 20$  سانتی‌متر مربع با حداکثر خط اسکن ۱۶۷ خط با پهنای اسکن ۱۸ سانتی‌متر و در پروتکل اجرایی فمور دارای پهنای خط ۱۵ سانتی‌متر و با کلیماسیون مدیوم ( $1/68$  میلی‌متر) است. این سیستم بنا به ضخامت بیمار در سه حالت کند، متوسط و سریع فعال است. در مطالعه حاضر، حالت غالب حالت متوسط و کند است. با توجه به اینکه منبع سیستم در قسمت پشت بیمار است، لذا منظور از ثبت سطحی، موضعی است که به منبع نزدیک‌تر است. نتایج حاصل از قرائت تراشه‌های دوزی‌متر نصب شده در پشت بیمار معرف دوز سطحی خواهد بود. در اسکن مهره‌ای، منبع بین مهره اول تا مهره چهارم (L1-L4) را اسکن می‌کند. به منظور اطمینان از صحت موقعیت بیمار، اسکن از T12-L5 انجام شد. در اسکن استخوان فمور نیز، پای بیمار از قسمت کناری داخلی ناحیه میچ چرخانده می‌شد، به طوری که استخوان پا به موازات تخت باشد. دوزی‌متر مورد استفاده در این تحقیق، دوزی‌مترهای ترمولومینسنت است. تراشه‌های مکعبی شکل TLD-400 با ابعاد  $2/2 \times 3/2 \times 9/9$  میلی‌متر مکعب و حساسیت در محدوده  $0.1$  میکروگری تا  $100$  گری برای سنجش دوز حاصل از پرتودهی سیستم DEXA در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت و نتایج دوزی‌متری توسط قرائت‌گر (Harshaw 3500) خوانده شد. پس از کالیبراسیون، منحنی درخشندگی توسط نرم‌افزار WinREMS رسم و انتگرال کل ناحیه زیر منحنی بر حسب نانوکولن محاسبه و نمایش داده شد. TLDها به ۵ گروه سه‌تایی (برای برآورد دوز اندام‌ها) و ۱ گروه دوتایی (برآورد دوز زمینه) تقسیم شدند. به ۵ دسته TLD دوزهای ۲۱، ۳۱، ۴۱، ۴۴، ۵۶، ۷۱، ۸۰، ۹۳، ۱۰۶ و

مسئله کنترل مقدار پرتو رسیده به اندام‌های بحرانی در مورد تیروئید نیز همواره مورد بررسی بوده است. در مطالعه حاضر، با توجه به امکان اندازه‌گیری دوز مرکز اسکن، همبستگی آن با دوز سطحی اندام‌های بحرانی مورد بررسی قرار گرفته است.

با توجه به اینکه در تراکم‌سنجی با سیستم DEXA دو اندام بحرانی رحم و تیروئید خارج از مسیر اسکن هستند، سهم دوز جذبی آن‌ها، تنها از پرتوهای پراکنده است به طوری که اهمیت دوزی‌متری این اندام‌ها، در این پروتکل خاص تصویربرداری را مطرح می‌سازد. محققین مقاله حاضر، در یک مطالعه *in vivo* همبستگی میان دوز عمقی اندام‌های بحرانی رحم و تیروئید فانتوم را بر اساس دوز سطحی در دو مد اسکن مهره‌ای و فمورال سیستم DEXA مورد بررسی قرار دادند. آنها بر اساس ضرایب همبستگی، توابع رگرسیون خطی را که مؤید رابطه میان دوز عمقی بر اساس دوز سطحی است، ارائه نمودند (۱۵).

در مطالعه حاضر، ابتدا، دوز سطحی اندام‌های بحرانی رحم و تیروئید زنان مراجعه کننده به مرکز دانسیتومتری استخوان در دو مد اسکن مهره‌ای و فمورال با دسته پرتو قلمی اندازه‌گیری شد. سپس همبستگی میان دوز اندام‌های بحرانی با دوز مرکز اسکن مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه بر اساس مطالعه فانتومی (۱۵)، دوز در عمق‌های مختلف اندام‌های تیروئید و رحم زنان برآورد و با حد دوز مجاز مقایسه گردید.

### روش بررسی

بیماران مورد مطالعه تحقیق حاضر را ۴۰ زن مراجعه کننده به مرکز تراکم‌سنج استخوان مؤسسه تحقیقات غدد و متابولیسم ایران تشکیل می‌دادند. تعداد زنان تحت مطالعه بر اساس ضرایب همبستگی مطالعه قبل (۱۵) تعیین گردید. با توجه به اینکه میانگین ضریب همبستگی میان دوز سطحی و دوز عمقی فانتوم آنتروپومورفیک قرار گرفته تحت تابش سیستم دانسیتومتر با باریکه اشعه قلمی و تحت دو مد اسکن مهره‌ای و فمورال  $0.80$  بدست آمد، با ۹۵ درصد اطمینان و توان آزمون ۸۰ درصد، تعداد نمونه ۱۲ بیمار برآورد گردید. ابتدا مشخصات فردی بیماران شامل سن، قد، وزن، ضخامت بدن و شاخص توده بدنی (BMI)، همراه با رضایت آن‌ها از انجام آزمون ثبت گردید (جدول ۱). شدت جریان سیستم برای هر بیمار متناسب با BMI او در هر دو پروتکل مهره و فمور متفاوت بود ( $397 \pm 57$  میلی‌آمپر ثانیه). تعداد خطوط اسکن فمور برای هر بیمار متناسب با وزن و قد تعیین می‌شد.

ازاء واحد دوز تابشی در هر اسکن ( $D_i$ )، توسط رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$D = \frac{D_0}{D_i} \times 100 \quad (1)$$

پس از استخراج دوز سطحی، دوز عمقی بر اساس توابع استخراج شده از پروتوکل اسکن فانتوم (۱۵) تخمین زده شد. سپس با توجه به برآورد دوز عمقی اندام‌های تیروئید و رحم، سهم دوز معادل مؤثر مربوط به این اندام‌ها بر حسب میکروسیورت از دوز معادل مطابق با رابطه (۲) محاسبه شد، که در آن  $H_T$ ، دوز معادل بافت است که از حاصل ضرب دوز جذبی بر حسب میکروگری در فاکتور کیفی پرتو به دست می‌آید (فاکتور کیفی پرتو  $X$ ، واحد است) و  $W_T$  فاکتور وزنی بافت می‌باشد که برای اندام‌های مختلف متفاوت است:

$$E = \sum_i^n H_T \times W_T \quad (2)$$

برای کاهش خطا، هر بیج از سه TLD-400 تشکیل شده است. در ادامه، نتایج دوزیمتری با دوز زمینه و دوز ناشی از آزمایش‌های رادیوگرافی مقایسه شد.

### نتایج

دوزیمتری سطحی (نزدیک به منبع) تیروئید، رحم، دوز در مرکز اسکن و دوز زمینه در اسکن ستون مهره و فمورال، برای ۴۰ بیمار زن و با قرائت ۱۲۰ تراشه TLD-400 انجام شد. خلاصه نتایج به صورت میانگین و انحراف معیار در جدول ۲ آمده است.

۱۳۳ میکروگری طی دو بار آزمون تاییده شد. همبستگی نتایج دوزیمتری TLD بر حسب نانوکولن ( $X$ )، پس از اعمال ضرایب تصحیح (۱۶) با نتایج دوزیمتری توسط مولتی متر Unforse بر حسب میکروگری ( $Y$ )، حاصل گردید ( $Y = 1.32 X - 0.30$ )، جهت حفاظت از جذب مجدد تابش و نور، دوزیمترها در بیج‌های تیره رنگ پلاستیکی قرار داده شدند (۱۶).

برای دوزیمتری بیماران دو بیج TLDs-400 در مرکز اسکن (بین مهره کمری اول تا چهارم) بر روی سطح posterior (دوز سطحی) پوست، دو بیج بر روی سطح پوست در ناحیه posterior (دوز سطحی) و در موقعیت مکانی دو لوب تیروئید، دو بیج بر روی ناحیه posterior (دوز سطحی) و در موقعیت مکانی رحم، دو بیج در مرکز اسکن فمور بر روی سطوح posterior و دو بیج در خارج از محیط سیستم برای ثبت دوز زمینه قرار داده شد. برای هر بیمار یک پروتوکل اسکن شامل هر دو مد مهره و فمور انجام گرفت. دوز ورودی بیمار در محل اندام‌های بحرانی، مرکز اسکن و دوز زمینه توسط قرائت گر TLD-400 اندازه‌گیری شد. پس از ارائه نتایج به صورت آمار توصیفی، همبستگی میان دوز مرکز اسکن با دوز سطحی اندام‌های بحرانی مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به ضریب همبستگی معنی‌دار، آنالیز رگرسیون خطی جهت تخمین دوز اندام‌های بحرانی (متغیر وابسته) بر اساس دوز مرکز اسکن (متغیر مستقل) محاسبه شد.

چون اندام‌های فوق در مسیر اسکن نیستند و سهم آن‌ها از دوز جذبی ناشی از پرتوهای پراکنده است، لذا درصد دوز سطحی اندام‌ها ( $D$ ) به صورت نسبت دوز سطحی اندام ( $D_0$ ) به

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار مشخصات ۴۰ زن تحت مطالعه

مشخصات بیماران	سن (سال)	قد (سانتی‌متر)	وزن (کیلوگرم)	ضخامت (سانتی‌متر)	BMI ( $Kg.m^{-2}$ )
میانگین ± انحراف معیار	۵۵ ± ۱۲	۱۵۷ ± ۷	۶۷ ± ۱۰	۲۰ ± ۲	۲۶/۳ ± ۴/۴

جدول ۲: میانگین و انحراف معیار دوز سطحی (نزدیک منبع) در نواحی تیروئید، رحم، مرکز اسکن و زمینه ( $\mu Gy$ )

موقعیت	سطحی تیروئید (۹۱ دوزیمتری)	سطحی رحم (۸۴ دوزیمتری)	مرکز اسکن (۱۵۰ دوزیمتری)	زمینه (۱۰۸ دوزیمتری)
دوز جذبی ( $\mu Gy$ )	۱/۸۸ ± ۱/۳۶	۱/۸۱ ± ۱/۰۳	۵/۷۰ ± ۲/۳۸	۱/۴۵ ± ۰/۹۸

**جدول ۳:** توابع رگرسیون خطی، ضریب همبستگی، سطح معنی داری میان دوز مرکز اسکن (متغیر مستقل) و دوز اندام (متغیر وابسته)

توابع رگرسیون	ضریب همبستگی	سطح معنی داری
دوز سطحی تیروئید = $0.384 - 0.400 \times$ دوز مرکز اسکن	۰/۵۵۴	<۰/۰۰۱
دوز سطحی رحم = $0.379 + 0.267 \times$ دوز مرکز اسکن	۰/۶۹۰	<۰/۰۰۱

**جدول ۴:** میانگین و انحراف معیار دوز تابشی بر حسب میکروگری

و درصد دوز تابشی اندام‌های تیروئید و رحم

دوز تابشی (میکروگری)	درصد دوز نسبی تیروئید	درصد دوز نسبی رحم
۵۷۰ ± ۲۳۸	۳۳ ± ۱۳	۳۵ ± ۱۳

**جدول ۵:** تخمین دوز عمقی (میکروگری) بر اساس دوز سطحی (میکروگری) اندام‌های تیروئید و رحم

تیروئید			رحم - اسکن مهره‌ای			رحم - اسکن فمورال	
لوب راست	لوب چپ	عمق	عمق	عمق	عمق	عمق	عمق
۱/۶۹ ± ۰/۷۸	۱/۵۱ ± ۰/۶۴	۱۲/۵cm	۱۷/۵cm	۲۲cm	۹/۵cm	۱۴/۵cm	۲۲cm
۱/۶۹ ± ۰/۷۸	۱/۵۱ ± ۰/۶۴	۱/۸۵ ± ۰/۹۷	۲/۳۰ ± ۰/۵۷	۱/۶۷ ± ۰/۷۸	۳/۴۲ ± ۰/۵۲	۲/۲۳ ± ۰/۲۳	۲/۲۳ ± ۰/۵۹

است. برای برآورد دوز عمقی با استفاده از دوز سطحی بافت تیروئید از توابع رگرسیون خطی (۱۵) مورد سنجش در فانتوم بالغ آنتروپومورفیک استفاده شد. نتایج تخمین دوز عمقی بر اساس دوز پوستی بافت، در جدول ۵ آمده است

در جدول ۵ لوب راست و چپ تیروئید، منظور تخمین دوز عمقی در مرکز تیروئید، دوز جذبی در عمق ۱۲/۵ سانتی‌متر در مرکز رحم، عمق ۱۷/۵ سانتی‌متر، در روی رحم و عمق ۹/۵ سانتی‌متر پشت رحم است. پس از اعمال ضریب کیفی اشعه ایکس و فاکتور وزنی تیروئید (۰/۰۵) و رحم (۰/۰۵)، میانگین سهم دوز معادل مؤثر عمقی مربوط به تیروئید، ۰/۰۸۱ میکروسیورت و سهم دوز معادل مؤثر مربوط به رحم ۰/۱۲۶ میکروسیورت در اسکن مهره‌ای و ۰/۱۴۱ میکروسیورت در اسکن فمورال حاصل شد.

با توجه به مطالعه‌ای که محققین حاضر در ارائه دوز عمقی بر اساس دوز سطحی بر روی فانتوم آنتروپومورفیک انجام داده‌اند (۱۵)، دوز عمقی اندام‌های بحرانی رحم و تیروئید در دو پروتوکل اسکن مهره و فمورال برآورد شد.

بررسی همبستگی میان دوز در مرکز اسکن و دوز سطحی رحم و تیروئید نیز نشان داد که همبستگی معنی داری میان دوز

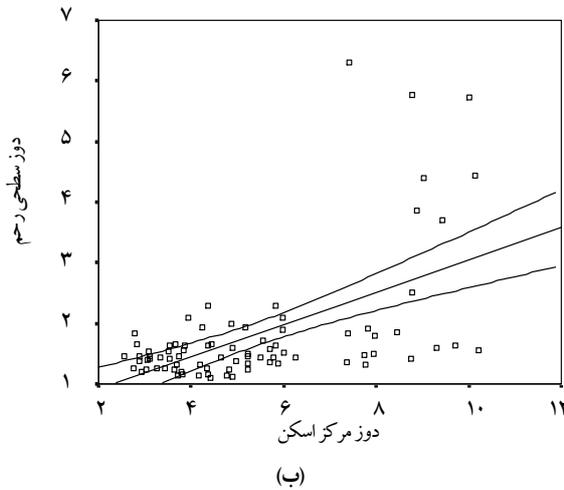
آنالیز همبستگی میان دوز مرکز اسکن با دوز سطحی تیروئید و رحم نشان داد که همبستگی معنی داری میان دوز مرکز اسکن با دوزهای اندازه‌گیری شده در سطح تیروئید و رحم وجود دارد. بنابراین بررسی آماری رگرسیون خطی انجام شد که نتایج آن به صورت توابع رگرسیون و ضرایب همبستگی همراه با سطح معنی داری در جدول ۳ آمده است.

در ضمن همبستگی معنی داری با ضریب همبستگی ۰/۹۴۱ و سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۰۱ میان دوز سطحی تیروئید با دوز سطحی رحم در دو مدل اسکن مهره‌ای و فمورال وجود دارد. بنابراین با ثبت دوز در یکی از اندام‌ها و یا در مرکز اسکن امکان برآورد دوز سطح اندام‌های بحرانی فراهم خواهد شد.

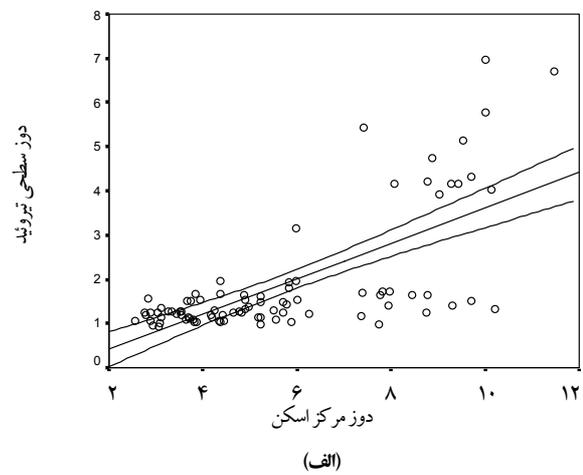
میانگین فاصله تیروئید و رحم تا لبه اسکن مهره‌ای در ۴۰ بیمار به طور متوسط ۳۷/۱۸ و ۲۶/۳۹ سانتی‌متر به دست آمد. همچنین متوسط فاصله این دو اندام از لبه اسکن فمورال به ترتیب ۵۹/۴۷۰ و ۶/۲۸ سانتی‌متر بود. میانگین و انحراف معیار درصد دوز سطحی اندام‌های تیروئید و رحم به ازاء دوز تابشی در مرکز اسکن در جدول ۴ آمده است.

ملاحظه می‌گردد که از مجموع دوز تابشی، حدود ۳۳ درصد سهم دوز سطحی تیروئید و ۳۵ درصد سهم دوز سطحی رحم

سطحی رحم همراه با بازه اطمینان ۹۵ درصد در شکل ۱- الف و ۱- ب نشان داده شده است.



در مرکز اسکن با دوز سطحی رحم و تیروئید وجود دارد. منحنی همبستگی میان دوز مرکز اسکن و دوز سطحی تیروئید و دوز



شکل ۱: منحنی همبستگی میان دوز مرکز اسکن با (الف) دوز سطحی تیروئید ( $\mu Gy$ ) و (ب) دوز سطحی رحم ( $\mu Gy$ ) با بازه اطمینان ۹۵ درصد

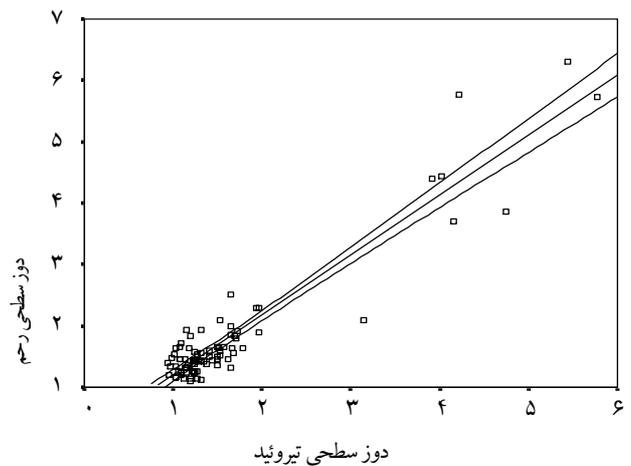
با توجه به اینکه سیستم مورد مطالعه دارای دسته اشعه قلمی است و دوز جذبی اندامهای بحرانی ناشی از پراکندگی پرتوهاست، لذا همبستگی معنی دار میان دوز مرکز اسکن و دوز سطحی اندامها قابل توجه است.

همبستگی معنی داری نیز میان دوز سطحی تیروئید و دوز سطحی رحم با ضریب همبستگی ۰/۹۴۱ به دست آمد که در شکل ۲ ملاحظه می شود.

### بحث و نتیجه گیری

بررسی دوز سطحی اندامهای تیروئید و رحم و نیز دوز سطحی مرکز اسکن در دو مد اسکن ستون مهره و فمور نشان می دهد که این مقادیر کمتر از حدی است که کارخانه سازنده برای اسکن مهره (۹/۶ میکروگری) ادعا کرده است (۶). بررسی میانگین سهم دوز معادل مؤثر در اندامهای تیروئید و رحم در اسکن مهره ای و فمور نیز نشان داد که سهم دوز اندامهای فوق کمتر از متوسط دوز زمینه روزانه کشور انگلستان (۷ میکروسیورت) است (۱۲). مقایسه نتایج مطالعه حاضر با نتایج ICRP60 که در آن حد دوز جنین و رحم به ترتیب ۵ و ۳ میلی سیورت و نیز دوز قابل تحمل تیروئید ۴۵۰ سانتی گری عنوان شده است (۱)، نشان می دهد که سهم دوز اندامها در این مطالعه بسیار کمتر از دوز قابل تحمل است.

مشابه مطالعه حاضر، در مطالعه ای دیگر دوزیمتری دستگاههای Hologic QDR-1000 با دسته اشعه قلمی و Hologic QDR-2000 با دسته پرتو پهن انجام شده است که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشته و سهم دوز مؤثر اندامهای مورد مطالعه کمتر از حد مجاز بوده اند (۵).



شکل ۲: منحنی همبستگی میان دوز سطحی تیروئید و دوز سطحی رحم ( $\mu Gy$ ) با بازه اطمینان ۹۵ درصد

آنالیز رگرسیون انجام شد و تابع رگرسیون خطی و سطح معنی داری بسیار کمتر از ۰/۰۵ طبق رابطه زیر است:

$$\text{دوز سطحی تیروئید} = ۰/۰۰۸ - ۰/۹۰۶ \times \text{دوز سطحی رحم} \quad (۳)$$

بارداری به ترتیب ۲/۷ و ۴/۹ میکروگری برای اسکن مهره‌ای و ۱/۴ و ۱ میکروگری برای اسکن فمور تخمین زده شد. محققین به دلیل تابش در این حد، استفاده از پوشش سربی را ضروری ندانستند (۷).

خطاهای مطالعه حاضر ناشی از واریانس دانسیته فوتونی است. خطای دیگر به دلیل دقت دوزیمتر TLD است به طوری که حداکثر ضریب پراکندگی این دوزیمتر ۴ درصد بدست آمد.

در مطالعه حاضر همبستگی معنی‌داری میان دوز سطحی با دوز مرکز اسکن اندام‌های بحرانی رحم و تیروئید مشاهده گردید. دوز عمقی اندام‌های بحرانی بر اساس دوز سطحی اندام‌های تیروئید و رحم تخمین زده شد. درصد دوز سطحی اندام‌های بحرانی نسبت به دوز مرکز اسکن نیز نشان داد که به ترتیب ۳۳ و ۳۵ درصد از دوز مرکز اسکن به سطح اندام بحرانی می‌رسد. مقایسه سهم دوز معادل مؤثر حاصل از سیستم DEXA در مطالعه حاضر با دوز مؤثر رادیوگرافی معمولی قفسه سینه (۱۷/۲ میکروسیورت) و شکم (۳۰۲ میکروسیورت) نشان داد که دوز معادل مؤثر سیستم دانسیتومتر از رادیوگرافی قفسه سینه و رادیوگرافی شکم به مراتب کمتر است (۱۱).

نتایج مؤید این است که تراکم‌سنجی استخوان با سیستم Lunar-DPX-MD از میزان مواجهه پایین برخوردار است، لذا استفاده آن به صورت دوره‌ای کم‌خطر خواهد بود. در ضمن با دوزیمتری در مرکز اسکن می‌توان برآوردی از دوز جذبی اندام‌های تیروئید، رحم و تخمدان ارائه نمود.

دوزیمتری دستگاه Lunar DPX-L با دسته پرتو قلمی با TLD-800 توسط Njeh و همکاران نشان داده که سهم دوز معادل مؤثر اندام‌های تیروئید و گنادها در حد صفر است و دوز تابشی در مرکز اسکن در حد ۶ میکروگری گزارش شد (۱۸) که با حذف خطای ناشی از TLD مورد استفاده در این محدوده انرژی، نتایج کاملاً با مطالعه حاضر توافق دارد.

Steel و همکاران دوزیمتری سیستم Lunar Expert-XL را انجام داده و در بررسی آنها سهم دوز مؤثر رحم بیش از دوز مطالعه حاضر گزارش شده که ناشی از نوع دسته پرتو خروجی است. سیستم فوق دارای دسته پرتو پهن و ۱۴۳ کیلو ولت پیک است که تفاوت نتایج مطالعه حاضر و Steel را توجیه می‌کند (۲۱). سهم دوز مؤثر رحم و تخمدان ناشی از تابش با دستگاه Hologic QDR-2000 نیز بیش از نتایج مطالعه حاضر بوده است که به دلیل پهن بودن باریکه پرتو قابل انتظار است (۱۴).

Koo و همکاران طی مطالعه‌ای دوز سطحی مرکز اسکن کودکان را ۳ میکروگری گزارش کردند (۱۳) که این مقدار کمتر از حد دوزی است که در مطالعه حاضر برای مرکز اسکن (حدود ۶/۵ میکروگری) حاصل شد. در مطالعه‌ای که بر روی دسته اشعه پهن انجام گرفت، دوز سطحی در مرکز اسکن ۱۰ میکروگری گزارش شد که بیش از تخمین حد دوز مطالعه حاضر است. بدیهی است دسته اشعه پهن به دلیل پراکندگی بیشتر اشعه، دوز سطحی بیشتری را نسبت به دسته اشعه قلمی ایجاد خواهد کرد.

در مطالعه‌ای دیگر دوز دریافتی فانتوم جنین با دسته اشعه قلمی اسکن مهره و فمور، در سه ماهه اول بارداری مادر، به ترتیب ۱/۲ و ۲/۷ میکروگری و طی دوره‌های دوم و سوم

## Summary

### Estimation of Absorbed Dose of Uterus and Thyroid in Women Based on Scan Center Dose in Radiation with DEXA Pencil-beam System

Mokhlesian N, BSc.<sup>1</sup>, Sharafi AA, MD.<sup>2</sup>, Mokhtari-Dizaji M, PhD.<sup>3</sup> and Larijani B, MD.<sup>4</sup>

1. MSc Student of Medical Radiation, Azad University, Tehran, Iran. 2. Associate Professor of Radiology, Iran Medical Sciences University Tehran, Iran. 3. Associate Professor of Medical Physics, Tarbiat Modares University, Tehran Iran. 4. Professor of Endocrinology, Metabolism and Endocrine Research Center and Tehran Medical Sciences University, Tehran, Iran.

**Introduction:** Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) is presently considered as the standard technique for diagnosis of osteoporosis. Since there is still no evaluation based on the correlation between scan center dose and critical organs doses, in this study after measuring surface doses of thyroid and uterus as critical organs the correlation

between scan center dose and thyroid and uterus surface doses were calculated in order to assess the rate of radiation dose to patients.

**Methods:** In this study, 40 women underwent bone densitometry of Lunar DPX-MD system with pencil beam in two scan modes of AP spine and femur, simultaneously. Then surface doses of thyroid, uterus, scan center, and background were measured by placing 433 TLDs-400 at the surface of thyroid and uterus and also scan center. Then correlation between scan center dose and critical organs surface dose were analyzed and regression functions with significant level were determined.

**Results:** In AP spine and femoral scanning, average surface doses of thyroid (91 TLD-400) and uterus (84 TLD-400) were  $1.88 \pm 1.36$  and  $1.81 \pm 1.03$   $\mu\text{Gy}$ , respectively. Scan center dose in this scanning mode was  $5.70 \pm 2.38$   $\mu\text{Gy}$ . There was significant correlation between surface doses of thyroid and uterus and scan center dose. Therefore, regression functions and correlation coefficients were calculated.

**Conclusion:** The observed significant correlation between critical organs surface dose and scan center dose showed that Lunar DPX-MD with pencil beam has very low radiation, similar to background doses.

**Key words:** Dual X-ray absorptiometry, Dosimetry, Surface dose, Scan center dose, Critical organs, Correlation

*Journal of Kerman University of Medical Sciences, 2006; 13(2): 75-83*

## References

- Annals of the ICRP. ICRP publication 60: 1990 Recommendations of the international commission on radiation protection. Oxford, Pergamon Press. 1991; 21(1-3).
- Blake G. Radiation dose measurements for bone densitometry system. Radiation dose considerations in bone densitometry. *Hologic* 1995; 11: F-103.
- Blinov NN, Gubenko MB, Utkin PM. Development of equipment for bone densitometry. *Med Tech* 2002; (5): 36-40.
- Boudousq V, Kotzki PO, Dinten JM, Barrau C, Robert-Coutant C, Thomas E, et al. Total dose incurred by patients and staff from BMD measurement using a new 2D digital bone densitometer. *Osteoporos Int* 2003; 14(3): 263-9.
- Boutros M. Radiation dose assessment to patients and staff from the new LEXXOS bone dosimeter. MSc thesis in Medical Engineering and Physics, 2003, King's College London: PP45-63.
- Buroker KD. DPX series operator's manual. 1998: 45-80.
- Damilakis J, Perisinakis K, Vrahoriti H, Kontakis G, Varveris H, Gourtsoyiannis N. Embryo/ fetus radiation dose and risk from dual x-ray absorptiometry examinations. *Osteoporos Int* 2002; 13(9): 716-22.
- Diez F. Guidelines for the diagnosis of osteoporosis by densitometric methods. *J Manipulative Physiol Ther* 2002; 25(6): 403-15.
- Eiken P, Barenholdt O, Bjorn Jensen L, Gram J, Pros Nielson S. Switching from DXA pencil-beam to fan-beam. I: studies *in vitro* at four centers. *Bone* 1994; 15(6): 667-70.
- Eiken P, Kolthoff N, Barenholdt O, Hermansen F, Pros Nielsen S. Switching from DXA pencil-beam to fan-beam. II: studies *in vivo*. *Bone* 1994; 15(6): 671-6.
- Hart D, Jones DG, Wall BF. Coefficients for estimating effective doses from paediatric X-ray examinations (NRPB-R279). London: HMSO, 1996.
- Hughes JS, Shaw KB, O'Riordan MC. Radiation exposure of the UK population: 1988 review. National Radiation Protection Board (Report NRPB-R227), London: HMSO, 1989.
- Koo WW, Walters J, Bush AJ. Technical considerations of dual-energy X-ray absorptiometry-based bone mineral measurements for paediatric studies. *J Bone Miner Res* 1995; 10(12): 1998-2004.
- Lloyd T, Egli DF, Miller KL, Egli KD, Dodson WC. Radiation dose from DXA scanning to reproductive tissues of females. 1999, available at: <http://www.hmc.psu.edu/ywhs/publications/radiation.htm>, update in 2003.

15. Mokhtari-Dizaji M, Mokhlesian N, Sharafi AA, Larijani B. Estimation of depth dose of critical organs of thyroid and uterus based on skin dose detected with Dual X-ray absorptiometry with pencil beam: in vitro study. *Med Phys J* 2006, In print.
16. Njeh CF, Apple K, Temperton DH, Boivin CM. Radiological assessment of a new bone densitometer-the Lunar EXPERT. *Br J Radiol* 1996; 69(820): 335-40.
17. Njeh CF, Boivinn CM, Apple K, Temper D. Radiation dosimetry of a new densitometer, The Lunar Expert (11<sup>th</sup> International Bone Density Workshop). Glemeden Beach 1995; 58.
18. Njeh CF, Samat SB, Nightingale A, McNeil EA, Boivin CM. Radiation dose and in vitro precision in paediatric bone mineral density measurement using dual x-ray absorptiometry. *Br J Radiol* 1997; 70(835): 719-27.
19. Patel R, Blake GM, Batchelor S, Fogelman I. Occupational dose to the radiographer in dual x-ray absorptiometry: a comparison of pencil beam and fan beam systems. *Br J Radiol* 1996; 69: 539-43.
20. Royal College of Radiologist and National Radiological Protection Board. Patient dose reduction in diagnostic radiology (documents of the NRPB). 1990, London: HMSO, 1: 3.
21. Steel SA, Baker AJ, Saunderson JR. An assessment of the radiation dose to patients and staff from a Lunar Expert-XL fan beam densitometer. *Physiol Meas* 1998; 19(1): 17-26.