

## Calculation of the Received dose to the gonads arising from some common diagnostic radiography

Hasan Zarghani<sup>1</sup>, Mohammad Taghi Bahreyni Toossi<sup>2</sup>

**Background and Aim:** The basic aim in radiography is to scan a clear image from the body organs, but the issue of the patient's protection against the harmful effects of ionizing radiation should never be neglected. The present study aimed at calculating the received dose to the perigonadic areas during radiography.

**Materials and Methods:** In the current study thermoluminescence dosimeter was used to measure the dose absorbed by the skin. Dap values for each examination and also the patients demographic information such as age, body size, weight; and radiographic setting like mA, time, kVp, and focal spot distance from the film were recorded. Gonadal doses were calculated using PCXMC software (V: 2).

**Results:** Maximum dose received by the testicles in the pelvis AP projection was 0.45 mGy and for the ovaries in abdomen PA it was, 0.306 mGy. Minimum dose received by the testicles and ovaries in lumbar LAT was 0.065 and 0.101, respectively.

**Conclusion:** One of the ways for patients' gonadal dose reduction is to use appropriate shields for radiosensitive organs such as gonads. Hence, it is recommended to use appropriate shields for testicles because of their high radiosensitivity.

**Key Words:** Skin absorbing dose, Thermoluminescent dosimeter, Organ doses, Gonad doses, Shield, Radiography.

*Journal of Birjand University of Medical Sciences. 2017; 24 (2):101-107*

*Received: January 15, 2017*

*Accepted: July 15, 2017*

---

<sup>1</sup>**Corresponding Author;** Birjand CardioVascular Diseases Research Center, School of Medicine, Birjand University of Medical Sciences, Birjand, Iran.

Email: [hmedicalphysics@gmail.com](mailto:hmedicalphysics@gmail.com)

Tel: +985632441620

Fax: +985632441620

<sup>2</sup> Medical Physics Research Center, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

## محاسبه دوز رسیده به گنادها ناشی از برخی رادیوگرافی تشخیصی رایج

حسن زرقانی<sup>۱</sup>، محمدتقی بحرینی طوسی<sup>۲</sup>

### چکیده

#### زمینه و هدف:

در رادیوگرافی بیماران قطعاً حفاظت مناطق حساس از جمله گنادها، از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از مطالعه حاضر، محاسبه دوز پرتوی رسیده به گنادها در رادیوگرافی‌های ناحیه مجاور گنادها بود.

**روش تحقیق:** در این مطالعه از دوزیمترهای ترمولومینسانس (TLD) برای اندازه‌گیری دوز ورودی پوست استفاده شد. مقدار DAP برای هر معاینه و همچنین اطلاعات مربوط به بیماران شامل: سن، قد، وزن و شرایط رادیوگرافی از قبیل میلی‌آمپر، زمان، کیلوولتاژ پیک و فاصله فیلم تا کانون ثبت گردید و با استفاده از نرم‌افزار PCXMC 2 دوز گنادها محاسبه شد.

**یافته‌ها:** بیشترین مقدار دوز رسیده به بیضه‌ها در نمای قدامی - خلفی لگن ۰/۴۵ mGy و برای تخمدان نیز بیشترین مقدار در نمای قدامی - خلفی شکم ۰/۳۰۶ mGy مشاهده شد. کمترین مقدار میانگین دوز رسیده به بیضه‌ها و تخمدان مربوط به نمای جانبی کمر و به ترتیب برابر ۰/۰۶۵ mGy و ۰/۱۰۱ mGy بود.

**نتیجه‌گیری:** یکی از راهکارهای کاهش دوز پرتوی رسیده به بیماران و به‌ویژه گنادها استفاده از حفاظ‌های مناسب برای ارگان‌های حساس به پرتو می‌باشد. با توجه به اینکه دوز دریافتی بیضه‌ها در رادیوگرافی لگن زیاد می‌باشد؛ از این رو استفاده از حفاظ‌های مناسب به‌خصوص برای بیضه‌ها در رادیوگرافی لگن اکیداً توصیه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** حفاظ، رادیوگرافی، دوز گنادها، دوز ورودی پوست، دوزیمتری ترمولومینسانس.

مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند. ۱۳۹۶؛ ۲۴ (۲): ۱۰۱-۱۰۷.

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۶ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۲۴

<sup>۱</sup> نویسنده مسؤول؛ مرکز تحقیقات بیماری‌های قلب و عروق، دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، بیرجند، ایران.

آدرس: بیرجند- دانشگاه علوم پزشکی بیرجند- مرکز تحقیقات بیماری‌های قلب و عروق

تلفن: ۰۵۶۳۲۴۴۱۶۲۰ شماره: ۰۵۶۳۲۴۴۱۶۰۰ پست الکترونیکی: hmedicalphysics@gmail.com

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

## مقدمه

هدف اصلی تهیه عکس‌های رادیوگرافی، گرفتن عکس‌هایی با کیفیت بالا از اعضای بدن بیماران است. با این وجود حفاظت بیماران در برابر اثرات زیان‌بار پرتوهای یون‌ساز را نباید نادیده گرفت (۱،۲) برای انجام یک معاینه رادیوگرافی، همواره باید سه اصل توجیه‌پذیری، بهینه‌سازی حفاظت و محدودکردن دوز افراد و خطرات آن مورد توجه قرار گیرد (۳،۴). آزمایشاتی که فواید انجام آن برای بیمار، بیش از آسیب‌های ناشی از عدم بکارگیری آزمایش باشد و دوز بیمار تا حد عملی و قابل قبول پایین باشد توجیه‌پذیر هستند. برای ارتقاء بهینه‌سازی حفاظت بیمار در آزمایشات تشخیصی پزشکی (۵)، اندازه‌گیری منظم دوز بیمار در تمامی بخش‌های پرتوشناسی و تعیین سطوح دوز مرجع ضروری است، به این دلیل که تصویربرداری تشخیصی، بزرگترین منبع پرتوگیری مصنوعی می‌باشد؛ به طوری که رادیولوژی تشخیصی و پزشکی هسته‌ای در حدود ۸۰ درصد دوز مؤثر تجمعی ناشی از منابع مصنوعی را در ایالات متحده موجب می‌شوند. طبق گزارش ۱۶۰ NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements)، پرتوگیری پزشکی عامه مردم در ایالات متحده نزدیک به نیمی از پرتوگیری از کل منابع را در بر می‌گیرد (۶). از این رو، توجه روزافزون به بهینه‌سازی حفاظت بیماران و توجیه‌پذیربودن انجام آزمون‌های تشخیص پزشکی با پرتوهای یون‌ساز در سراسر جهان صورت می‌گیرد. چنین اندازه‌گیری‌هایی در جهت بهینه‌سازی حفاظت پرتویی بیماران می‌تواند منجر به ایجاد و کنترل استانداردهای یک آزمون مطلوب گردد. اندازه‌گیری دوز ورودی پوست برای معاینات مختلف تشخیص پزشکی، علاوه بر افزایش آگاهی عمومی از میزان پرتوگیری بیماران، می‌تواند معیاری برای مقایسه دوز بیماران در مراکز پرتونگاری مختلف باشد (۷،۸). یکی دیگر از فاکتورهای مهم در ارزیابی خطرات پرتو، میزان دوز رسیده به ارگان‌های حساس به پرتو می‌باشد. در این میان یکی از

ارگان‌های بسیار حساس و البته مهم در بحث حفاظت پرتویی، گنادها می‌باشند. به دلیل اینکه گنادها دارای سلول‌های تمایزنیافته می‌باشند، به پرتو حساسیت بالایی نشان می‌دهند. از طرف دیگر، چون این ارگان‌ها در تولید مثل دخیل هستند، آسیب پرتویی به آن‌ها می‌تواند منجر به آسیب‌های ژنتیکی در فرزندان فرد تابش‌دیده شده و این آسیب به نسل‌های بعد نیز قابل انتقال خواهد بود (۹،۱۰).

یکی دیگر از مواردی که به آثار پرتوگیری گنادها مرتبط می‌شود، تأثیر پرتو بر غلظت و تعداد اسپرم‌ها و میزان قدرت باروری آن‌ها است. پرتوگیری غدد جنسی مردان از پرتوهای یونیزان ممکن است باروری آن‌ها را بسته به ویژگی‌های اسپرم تحت تأثیر قرار دهد که به نوبه خود منجر به کاهش توانایی اسپرم برای بارورسازی تخمک یا افزایش خطر اولیه از دست دادن جنین شود. اولین نوع اثر پرتوهای یونیزان بر اسپرم، مربوط به غلظت آن می‌شود. اثر وابسته به دوز پرتوهای ایکس بر تولید اسپرم، در جمعیتی از زندانیان سالم به‌طور واضح و روشن نشان داده شده است (۱۱،۱۲).

در دوز رسیده به گنادها در رادیوگرافی، علاوه بر پرتوهای مستقیم، پرتوهای پراکنده یا ثانویه نیز نقش عمده‌ای دارند. از این رو، تلاش جهت اندازه‌گیری دوز رسیده به اندام‌های حساسی مانند گنادها در معاینات مختلف تشخیصی با پرتوهای ایکس، به‌خصوص معاینات اندام‌هایی که در آن‌ها گنادها در میدان تابشی قرار دارد یا گنادها در نزدیکی میدان تابشی قرار می‌گیرند، از اهمیت بالایی برخوردار است.

## روش تحقیق

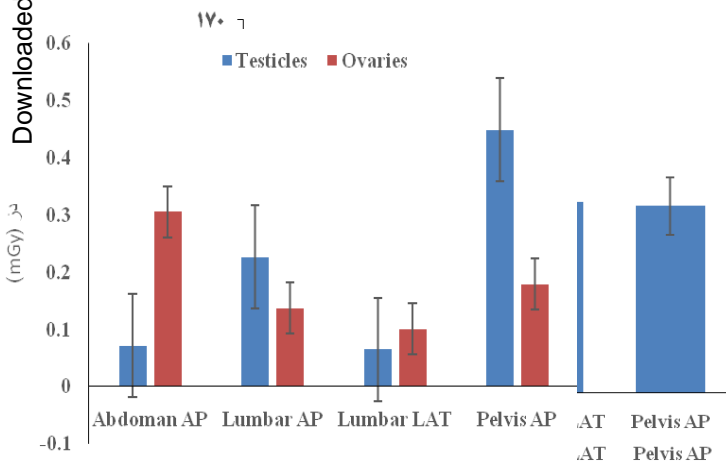
این مطالعه در ۸ مرکز رادیولوژی موجود در شهرستان سبزواری وابسته به دانشگاه علوم پزشکی و برای چهار نمای رادیوگرافی مهره‌های کمری قدامی - خلفی و جانبی، شکم و لگن قدامی - خلفی انجام شد. این مطالعه بر روی ۲۱۰ بیمار بالغ از هر دو جنس، در بازه وزنی ۱۰۷-۴۰ کیلوگرم انجام شد. به دلیل اینکه برای برخی بیماران بیش از یک

پوست و اطلاعات بیماران توسط نرم‌افزار PCXMC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و دوز گنادها از آن نرم‌افزار استخراج شد. نرم‌افزار مورد نظر از فانوم استاندارد هرمافرودیت جهت بررسی سنین مختلف برای شبیه‌سازی استفاده می‌کند. به کمک این محاسبات، میانگین دوز گنادها برای چهار نوع رادیوگرافی رایج مورد نظر در مطالعه حاضر تعیین شد.

### یافته‌ها

در نمودارهای ۱ و ۲، میانگین وزن و قد بیماران در معاینات مورد بررسی نشان داده شده است. در نمودار ۳ دوز رسیده به گنادها در چهار نمای مورد مطالعه نشان داده شده است. همچنین، میانگین دوز ورودی سطح پوست، میانگین پارامترهای مورد استفاده برای هر یک از انواع رادیوگرافی‌ها و میانگین مقدار DAP در جدول ۱ ارائه شده است. در جدول ۲ نیز، مقادیر میانگین دوز گنادها در این مطالعه با مطالعه Begum (۱۶) و همچنین مقادیر قیدشده در گزارش ICRP 60 آورده شده است.

نمودار ۱- میانگین وزن بیماران در نماهای مورد مطالعه



نمودار ۲- میانگین قد بیماران در نماهای مورد مطالعه

تصویربرداری انجام شد، تعداد نماهای مورد مطالعه ۳۲۰ نما بود. نمونه‌ها به صورت تصادفی از بیماران بالغ مراجعه‌کننده به مراکز رادیولوژی شهرستان سبزوار انتخاب شدند. از دوزیمترهای ترمولومینسانس (TLD) که از نظر فیزیکی دارای ابعادی کوچک و معادل بافت می‌باشند برای اندازه‌گیری دوز ورودی پوست استفاده شد (۷). در هر معاینه، یک یا دو عدد تراشه در مرکز میدان روی بدن مریض قرار گرفت. در مواردی که از دو تراشه استفاده گردید، میانگین دوز آن‌ها به عنوان شاخص ورودی سطح پوست در نظر گرفته شد. علاوه بر استفاده از دوزیمتر ترمولومینسانس، از دستگاه DAP-meter (Middleton, WI) (کمیت حاصل ضرب دوز در مساحت را اندازه‌گیری می‌کند) به طور همزمان در دستگاه‌های رادیوگرافی که امکان نصب این وسیله روی آن‌ها وجود داشت، استفاده شد و مقدار DAP برای هر معاینه و اطلاعات مربوط به بیماران شامل: سن، قد، وزن و شرایط رادیوگرافی از قبیل میلی‌آمپر، زمان، کیلوولتاژ پیک و فاصله فیلم تا کانون نیز ثبت گردید.

دوز اندام‌ها را می‌توان با استفاده از فانوم‌های فیزیکی مناسب که مکان‌های خاصی برای قراردادن دوزیمتر در آن‌ها تعبیه شده است، اندازه‌گیری کرد (۱۳). روش دیگر استفاده از کامپیوتر جهت شبیه‌سازی آزمون روی یک فانوم شبیه‌سازی شده از بدن انسان است که می‌توان دوز اکثر اعضاء را بسیار سریع محاسبه نمود (۱۴، ۱۵). در این مطالعه، از نرم‌افزار PCXMC 2 برای به دست آوردن دوز ارگان‌ها استفاده شد. نرم‌افزار PCXMC 2 توسط مرکز ایمنی هسته‌ای و تابش فنلاند تولید شده و بر پایه محاسبات مونت کارلو (Carlo-Monte) استوار است. این نرم‌افزار با ثبت اطلاعاتی از قبیل: قد، وزن، کیلوولتاژ پیک و فاصله فیلم تا کانون، مقدار DAP و تعیین موقعیت میدان پرتو روی بدن مریض در فایل ورودی آن، دوز اندام‌ها را محاسبه می‌نماید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های مقادیر DAP و دوز ورودی

## نمودار ۳- میانگین دوز گنادها در نماهای مورد مطالعه در این تحقیق

جدول ۱- میانگین دوز ورودی سطح پوست، DAP و پارامترهای اصلی تابش بر اساس نمای معاینه

معاینه	kVp	mAs	ESD (mGy)	DAP (mGycm <sup>2</sup> )
AbdomenAP	۶۹/۵۴ (۵۶-۷۶)	۲۹/۷۲ (۱۲/۵-۸۰)	۲/۱۵ (۰/۹۱-۳/۴۳)	۸۵۲/۳۸
Pelvis AP	۶۶/۹۵ (۶۰-۸۱)	۴۰/۲۷ (۱۶-۷۵)	۱/۴۷ (۱/۲۲-۱/۹۸)	۷۴۴/۲
Lumbar AP	۷۱/۴۵ (۸۰-۶۰)	۴۳/۹۰ (۱۰-۹۰)	۱/۹۹ (۱/۰۶-۳/۳۸)	۵۰۲/۰۸
Lat	۷۸/۳۲ (۶۳-۹۰)	۶۸/۰۸ (۲۰-۱۸۰)	۳/۸۳ (۲/۰۲-۶/۴۸)	۱۰۸۵/۱

kVp کیلو ولتاژ پیک، mAs میلی آمپر ثانیه، ESD دز ورودی سطح پوست

جدول ۲- میانگین دوز گنادها در این مطالعه و مطالعه Begum و گزارش ICRP

معاینه	مطالعه حاضر		مطالعه Begum (۱۶)		گزارش ICRP (۱۷)
	testicles	Ovaries	testicles	Ovaries	Gonads
AbdomenAP	۰/۱۱	۰/۳۱	-	-	۰/۱۸
Pelvis AP	۰/۴۵	۰/۱۸	۳/۰۱	۰/۷۵	۱/۰۷
Lumbar AP	۰/۰۶	۰/۱	۰/۰۱	۰/۴۲	۱/۰۴
Lumbar Lat	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۲	۱/۰	۰/۱۸

## بحث

می‌روند، میزان دوز جذب شده در آن اندام متفاوت می‌شود. در این مطالعه، بیشترین مقدار دوز رسیده به بیضه‌ها در نمای رادیوگرافی قدامی - خلفی لگن با مقدار میانگین ۰/۴۵ mGy و برای تخمدان نیز بیشترین مقدار میانگین دوز رسیده به آن مربوط به نمای قدامی - خلفی شکم با میانگین ۰/۳۰۶ mGy می‌باشد. کمترین مقدار میانگین دوز رسیده به بیضه‌ها و تخمدان به ترتیب مربوط به نمای جانبی کمر به میزان mGy ۰/۰۶۵ و ۰/۱۰۱ mGy بود. با توجه به اینکه بیضه‌ها در نمای رادیوگرافی‌های لگن در میدان تابش قرار می‌گیرند، انتظار می‌رود که دوز آن‌ها مقادیر بالاتری نسبت به دیگر نماها داشته باشد. برای تخمدان‌ها نیز که در نمای رادیوگرافی شکم مستقیماً در میدان تابش قرار می‌گیرند، دور از انتظار نیست که نسبت به سایر نماها دارای میانگین دوز جذبی بیشتری باشند. در مورد نمای جانبی مهره‌های کمری با توجه به اینکه میزان دوز رسیده به سطح پوست بالاتری نسبت به دیگر نماها دارد. در هر دو مورد بیضه‌ها و تخمدان میانگین دوز کمتری دارد که به نظر می‌رسد به این دلیل است که عرض میدان در این نما کمتر است و پرتو پراکنده کمتری به

در میان چهار نمای مورد مطالعه، در نمای رادیوگرافی جانبی مهره‌های کمری، بیشترین میانگین دوز ورودی پوست بیماران ۳/۸۳ mGy می‌باشد. برای مقادیر DAP نیز، بیشترین مقدار مربوط به همین نمای جانبی مهره‌های کمری با میانگین ۱۰۸۵/۱ mGycm<sup>2</sup> می‌باشد. یکی از دلایل عمده بالابودن میزان دوز ورودی پوست و DAP در این نما، بالابودن میانگین میلی‌آمپر در ثانیه مورد استفاده نسبت به دیگر نماها می‌باشد. در این نمای رادیوگرافی به‌طور میانگین از میلی‌آمپر در ثانیه ۶۸/۰۸ استفاده شده است. این پارامتر تعیین‌کننده کمیت پرتوهای ایکس خروجی از یک تیوب اشعه ایکس می‌باشد. با توجه به ضخامت بیشتر بدن در این وضعیت، تعداد فوتون بیشتری برای ایجاد تصویر با کیفیت مناسب لازم است. از این رو پرتوهای کم انرژی و پراکنده‌ی بیشتری تولید می‌شود و در نتیجه دوز بیمار افزایش می‌یابد. در مورد دوز اندام‌های مختلف بسته به اینکه چقدر هر اندام از میدان پرتویی فاصله داشته باشد و حجمی از بافت‌های بدن سر راه پرتوهایی که به سمت هر اندام

را طوری انتخاب کرد تا ضمن حفظ کیفیت تصویر، دوز دریافتی بیمار کاهش یابد. مثلاً می‌توان با استفاده از kVp بالا و mA پایین، مقدار دوز ورودی پوست بیماران را کاهش داد و به دلیل وابسته بودن دوز اندام‌ها به این مقدار، دوز رسیده به گنادها را کاهش داد. همچنین، می‌توان با کلیماسیون دقیق میدان تابش از بازشدن بیش از حد نیاز اندازه‌ی میدان جلوگیری کرد تا پرتوهای اولیه و پراکنده‌ی ناشی از حجم‌های اضافی و غیرضروری تابش دیده کاهش پیدا کند. یکی دیگر از راهکارهای کم‌کردن دوز بیماران و دوز گنادها، استفاده از حفاظ‌های مناسب برای اندام‌های حساس به پرتو است. در این راستا، در تمام مراکز رادیوگرافی استفاده از حفاظ‌های مناسب به‌خصوص برای گنادها به دلیل حساسیت پرتویی بالاتر، اکیداً توصیه می‌شود.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل از بخشی از یافته‌های طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی بیرجند با کد طرح ۴۴۳۳ و با کد اخلاق Ir.bums.REC.1396.28 می‌باشد.

گنادها می‌رسد.

در جدول ۲، نتایج به‌دست آمده از این مطالعه با بررسی Begum و همچنین مقادیر میانگین دوز برای گنادها در گزارش ICRP 60 نشان داده شده است. مطالعه Begum و همکاران، در چندین نمای مختلف صورت گرفته بود؛ ولی در نمای شکمی مطالعه‌ای انجام نشده است. نتایج مذکور نشان می‌دهد که دوز رسیده به بیضه‌ها در نماهای مهره‌ای کمری-جانبی و قدامی- خلفی در این مطالعه بیشتر از مطالعه Begum بوده است و در نمای قدامی- خلفی لگن، دوز دریافتی بیضه‌ها از مطالعه حاضر کمتر بوده است. در مورد دوز دریافتی تخمدان‌ها در تمام نماهای مورد مطالعه، دوز محاسبه‌شده در این مطالعه کمتر از مقادیر مطالعه Begum به‌دست آمد. در گزارش ICRP 60 نیز مقادیر مشاهده‌شده برای دوز گنادها در تمامی موارد بیشتر از مقادیر حاصل از مطالعه حاضر بود.

### نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیتی که شرایط تابش بر دوز دریافتی بیماران و کیفیت تصویر دارد، می‌توان شرایط تنظیمی دستگاه

### منابع:

- 1- Beerington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 2004; 363(9406): 345-51.
- 2- Hall EJ, Brenner DJ. Cancer risks from diagnostic radiology. *Br J Radiol*. 2008; 81(965): 362-78.
- 3- Wall BF, Kendall GM, Edwards AA, Bouffler S, Muirhead CR, Meara JR. What are the risks from medical X-rays and other low dose radiation? *Br J Radiol*. 2006; 79(940): 285-94.
- 4- International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60: 1990 recommendations of the international commission on radiological protection. New York: Elsevier Health Sciences; 1991.
- 5- Le Heron J. Guidelines on patient dose to promote the optimisation of protection for diagnostic medical exposures: documents of the NRPB v. *Radiat Protect News Notes*. 1999; 10(1): 17-8.
- 6- Schauer DA, Linton OW. NCRP Report No. 160, ionizing radiation exposure of the population of the United States, medical exposure are we doing less with more, and is there a role for health physicists? *Health Phys*. 2009; 97(1): 1-5.
- 7- Asadinezhad M, Bahreyni Toossi MT. Doses to patients in some routine diagnostic X-ray examinations in Iran: proposed the first Iranian diagnostic reference levels. *Radiat Prot Dosimetry*. 2008; 132(4): 409-14.

- 8- Zarghani H, Jafari R. Assessment of outdoor and indoor background gamma radiation, the annual effective dose and excess lifetime cancer risk in Birjand, Iran. *Jundishapur J Health Sci.* In Press 2016.
- 9- Karami V, Zabihzadeh M, Shams N, Sarikhani S. Evaluation of the prevalence and utility of gonad shielding in pediatrics undergoing pelvic X-ray. *Int J Pediatr.* 2016; 4(11): 3735-40.
- 10- Frantzen MJ, Robben S, Postma AA, Zoetelief J, Wildberger JE, Kemerink GJ. Gonad shielding in pediatric pelvic radiography: disadvantages prevail over benefit. *Insights Imaging.* 2012; 3(1): 23-32.
- 11- Clifton DK, Bremner WJ. The effect of testicular x-irradiation on spermatogenesis in man. A comparison with the mouse. *J Androl.* 1983, 4(6): 387-92.
- 12- Pasqualotto FF, Agarwal A. Radiation effects on spermatogenesis. *Fertil Preserv Male Cancer Patients.* 2013; 21: 104.
- 13- Hunt JG, da Silva FC, Mauricio CL, dos Santos DS. The validation of organ dose calculations using voxel phantoms and Monte Carlo methods applied to point and water immersion sources. *Radiat Prot Dosimetry.* 2004; 108(1): 85-9.
- 14- Candela-Juan C, Perez-Calatayud J, Ballester F, Rivard MJ. Calculated organ doses using Monte Carlo simulations in a reference male phantom undergoing HDR brachytherapy applied to localized prostate carcinoma. *Med Phys.* 2013; 40(3): 033901.
- 15- Schultz FW, Geleijns J, Spoelstra FM, Zoetelief J. Monte Carlo calculations for assessment of radiation dose to patients with congenital heart defects and to staff during cardiac catheterizations. *Br J Radiol.* 2003; 76(909): 638-47.
- 16- Begum Z. Entrance surface, organ and effective doses for some of the patients undergoing different types of X-ray procedures in Bangladesh. *Radiat Prot Dosimetry.* 2001; 95(3): 257-62.
- 17- International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60: 1990 recommendations of the international commission on radiological protection. New York: Elsevier Health Sciences; 1991.