

Evaluation of Patients Doses Undergoing Orthopedic Surgeries Using Monte Carlo Simulations and Experimental Measurements

Salar Bijari ^{1*}, Amin Banaei^{1,2}, Masoud Rezaei-Joo¹

¹ Department of Medical Physics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Department of Radiology Technology, Faculty of Paramedical Sciences, AJA University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: The use of ionizing radiation in diagnosis and treatment of diseases has become inevitable in most medical branches. One of the important sections in medicine is orthopedic surgery room, which also serves to operate many of bone injuries. The aim of this study was to measure the delivered doses to the patients undergoing orthopedic surgeries in common and high usage radiographic imaging techniques.

Methods and Materials: In this study, delivered doses to 81 patients (58% male, 42% female) underwent four orthopedic radiography examinations including intramedullary nailing (IMN), intertrochanteric/peritrochanteric (IP), Dynamic Hip Screw(DHS) and Dynamic Cannula Screw(DCS) was estimated at a general hospital in Tehran, using indirect measurements and Monte Carlo simulations base on the peak kilo-voltage, electrical current (mA), time of the irradiation (sec), exposure angle, imaging region and size of the patients.

Results: The average effective dose measured for IMN, IP, DHS and DCS examinations were estimated equal to 0/95, 1/31, 2/22, 0/95 (mSv) respectively. The mentioned values were calculated just for one radiography procedure, although in real orthopedic surgical operations, the number of radiographies can differ from 5 to 20 with respect to the physician and radiation technician proficiency, method of the operation and type of the injuries. So the delivered effective dose to patients can have much higher values than mentioned above.

Discussion and Conclusion: The patients delivered dose had great variations between different patients and techniques, because it depends on many factors including the type of medical imaging systems, examination complexity, region of imaging, physician and technician skills and patient weight. It is possible to reduce patients' effective dose by using small field of views, appropriate potential difference, time of irradiation and electrical current. There is still a need for personnel training and national guidance for optimizing the patients' doses

Keyword: Effective dose, Entrance Skin Dose, Orthopedic surgical operation, Radiography

*(Corresponding author) Salar Bijari, Department of Medical Physics, Faculty of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

ارزیابی دز دریافتی بیماران تحت عمل‌های ارتوپدی با استفاده از فانتوم محاسباتی شبه انسانی و اندازه‌گیری‌های تجربی

سالار بیجاری^{۱*}، امین بنایی^{۱،۲}، مسعود رضایی^۱ جوا

^۱ گروه فیزیک پزشکی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

^۲ گروه تکنولوژی پرتوشناسی (رادیولوژی)، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی آجا، تهران، ایران.

چکیده

مقدمه: امروزه استفاده از پرتوهای یونساز در تشخیص و درمان بیماری‌ها به امری اجتناب‌ناپذیر مبدل شده است و در اغلب شاخه‌های پزشکی وارد شده است. یکی از بخش‌های مهم پزشکی اتاق عمل می‌باشد که جهت عمل بسیاری از شکستگی‌های استخوانی ایفای نقش می‌نماید. هدف این مطالعه اندازه‌گیری پرتوگیری بیماران تحت عمل ارتوپدی در روشهای رایج و پر کاربرد تصویربرداری می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق دز دریافتی ۸۱ بیمار (۵۸٪ مذکر، ۴۲٪ مونث) که تحت ۴ آزمون رایج ارتوپدی Intramedullary nailing (IMN)، Intertrochanteric/peritrochanteric (IP)، Dynamic Hip Screw (DHS)، Dynamic Cannula Screw (DCS) بودند در یک مرکز آموزشی و درمانی در شهر تهران با استفاده از اندازه‌گیری غیر مستقیم و شبیه‌سازی مونت کارلو بر پایه داده‌های کیلوولتاژ پیک، شدت جریان الکتریکی (mA)، زمان تابش دهی (بر حسب ثانیه)، زاویه تابشدهی، ناحیه مورد تصویربرداری و اندازه بیمار برای هر یک از بیماران برآورد شد.

یافته‌ها: مقادیر میانگین دوز موثر روشهای مختلف IMN، IP، DHS و DCS به ترتیب، ۰/۹۵، ۱/۳۱، ۲/۲۲ و ۰/۸۵ میلی‌سیورت برآورد گردید. البته مقادیر ذکر شده تنها برای یکبار تصویربرداری ذکر شده‌اند، درحالی‌که معمولاً در حین عملهای ارتوپدی تعداد تصویربرداریهایی می‌تواند بین ۵ تا ۲۰ بار با توجه به مهارت پزشک و کارشناس پرتویی، روش اجرای جراحی و نوع ضایعه متغیر بوده و دوز رسیده به بیمار از مقادیر ذکر شده بسیار بیشتر خواهد شد.

بحث و نتیجه‌گیری: همانطور که انتظار می‌رفت دز دریافتی بیماران تغییرات زیادی داشت زیرا این مقادیر به عوامل زیادی از جمله نوع سیستم تشخیصی، ناحیه آزمون، تجربه و مهارت پزشک ارتوپد، کارشناس پرتویی و وزن بیمار بستگی دارد. در آزمون‌های رادیولوژی جهت ارتوپدی می‌توان با استفاده از میدان دیدهای کوچک، اختلاف پتانسیل مناسب، میلی‌آمپر ثانیه مناسب دز دریافتی بیماران را کاهش داد و این نیازمند آموزش‌های فردی در راستای بهینه‌سازی دز دریافتی بیماران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دز موثر، دز پوستی، جراحی‌های ارتوپدی، پرتونگاری

مقدمه

ارتوپدی بوده که جهت درمان بسیاری از شکستگی‌های استخوانی ایفای نقش می‌نماید. اغلب این روش‌ها با استفاده از پرتوهای رادیولوژی در حین عمل، انجام می‌پذیرد (۵-۱)، بطوری‌که به قسمت جدایی‌ناپذیر آن مبدل شده است. یکی از مسائل مهم که

امروزه استفاده از پرتوهای یونساز در تشخیص و درمان بیماری‌ها به امری اجتناب‌ناپذیر مبدل شده است و در اغلب شاخه‌های پزشکی وارد شده است. یکی از بخش‌های مهم پزشکی جراحی‌های

$$ESD=A*(kV/85)^2*mAs*\frac{1}{FSD^2}*B \quad (1)$$

A= خروجی تیوب در اختلاف پتانسیل ۸۵ در فاصله ۷۵ سانتی متری
 B= ضریب بر اساس رپورت شماره ۴۵۷ IAEA (بر اساس اختلاف پتانسیل، میدان دید، لایه نیمه جذب)
 mAs= میلی امپر ثانیه اعمال شده
 FSD= فاصله تیوب تا سطح ورودی پوست بیمار

همچنین برنامه شبیه سازی PCXMC بر اساس محاسبات به دست آمده از روش مونت کارلو (شکل ۱) ساخت شرکت STRUK کشور فنلاند، برای برآورد دز ارگانی و دز موثر با استفاده از پارامترهای تابش دهی (اختلاف پتانسیل، میلی امپر ثانیه، فاصله تیوب تا گیرنده، ضخامت فیلتراسیون، میدان دید) بر اساس ICRP ۱۰۳ بکار گرفته شد (۱۲-۱۶).

یافته‌ها

در جداول زیر به ترتیب شرایط تابش دهی (۱)، مقادیر دز ورودی پوست و دز موثر (۲)، بیماران ارتوپدی تحت عمل‌های intertrochanteric/peritrochanteri، intramedullary nailing (IMN) (IP)، (DHS) Dynamic Hip Screw، (DCS) Dynamic Cannula Screw گزارش شده است. مقادیر میانگین دوز موثر روشهای مختلف IMN، IP، DHS و DCS به ترتیب، ۰/۹۵، ۱/۳۱، ۲/۲۲ و ۰/۸۵ میلی سیورت برآورد گردید، البته مقادیر ذکر شده تنها برای یکبار تصویربرداری ذکر شده‌اند، درحالی که معمولاً در حین عملهای ارتوپدی تعداد تصویربرداریه‌ها می‌تواند بین ۵ تا ۲۰ بار با توجه به مهارت پزشک و کارشناس پرتویی، روش اجرای جراحی و نوع ضایعه متغیر بوده و دوز رسیده به بیمار از مقادیر ذکر شده بسیار بیشتر خواهد شد و می‌تواند برای یک بیمار و تنها طی یک عمل جراحی به ۵۰ mSv نیز برسد.

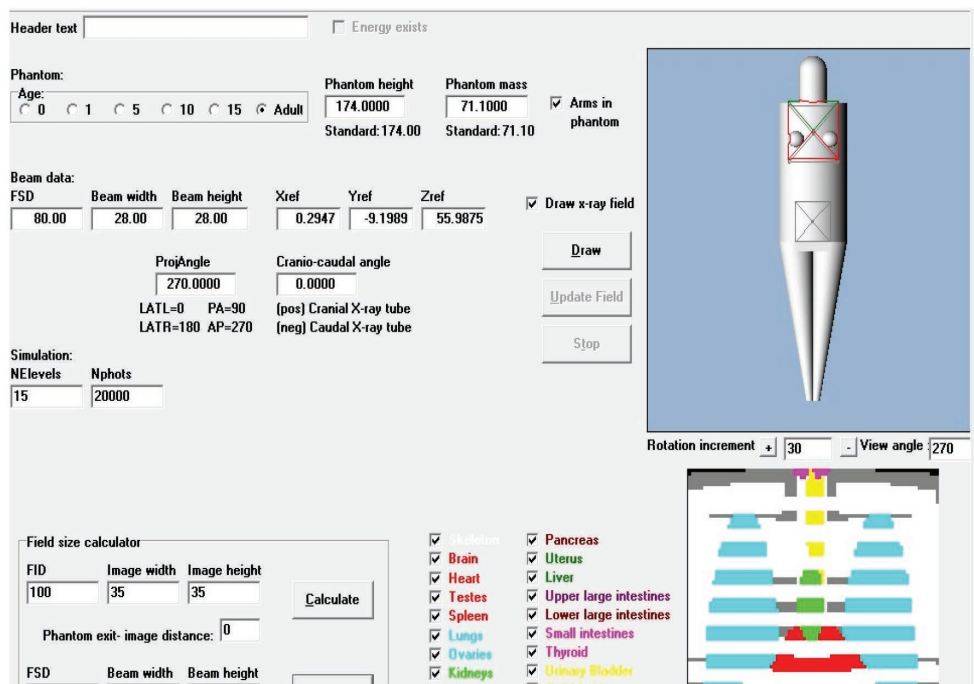
بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه دز ورودی پوست و دز موثر ۸۱ بیماران ارتوپدی تحت سی-آرم طی ۶ ماه با استفاده از روش‌های غیر مستقیم و نرم افزار محاسباتی بر اساس شبیه سازی مونت کارلو PCXMC برآورد

در این مورد مطرح می‌شود، آگاهی از مقادیر دز جذبی بیماران در حین این عمل‌ها است که در نهایت بتوانند از این داده‌ها جهت ارزیابی دز تجمعی جامعه استفاده شود (۷و۶)، از طرفی مقادیر دز دریافتی بیماران به عوامل زیادی بستگی دارد که شامل نوع سیستم تشخیصی، پیچیدگی و سختی آزمون، تجربه و مهارت اپراتور، وزن بیمار و... است. در آزمون‌های رادیولوژیکی از دو کمیت دز موثر و دز پوستی جهت ارزیابی میزان خطرات ناشی از آن استفاده می‌شود (۹و۸). با توجه به گزارش‌های داده شده در ارتباط با خطرات ناشی از پرتوگیری‌ها، تلاش‌هایی برای اندازه‌گیری و ثبت دزهای دریافت شده انجام شده است در هیچ کدام از گزارش‌های موجود، آسیب‌های پوستی سطحی و عمیق ناشی از آزمون‌های رادیولوژی در اتاق عمل جهت ارتوپدی مطرح نگردیده است (۹و۱۰). آگاهی از مقادیر دز دریافتی بیمار به کارشناس پرتویی و پزشک ارتوپدی اجازه می‌دهد که از بروز عوارض زودرس پرتوی جلوگیری کند و همچنین از بروز خطرات غیرقطعی در آینده بکاهد (۱۱-۱۳). این پژوهش با توجه به این نکته که بررسی مقادیر پرتوگیری بیماران تحت عمل ارتوپدی می‌تواند اهمیت بالایی در جهت بهینه سازی آزمون‌ها داشته باشد انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۸۱ بیمار (۵۸٪ مذکر، ۴۲٪ مونث) که تحت ۴ آزمون رایج ارتوپدی (intertrochanteric، intramedullary nailing (IMN) (IP) peritrochanteri، (DHS) Dynamic Hip Screw، (DCS) Dynamic Cannula Screw بودند در یک مرکز آموزشی و درمانی در شهر تهران مورد ارزیابی قرار گرفتند. ابتدا تست‌های صحت لایه نیمه جذب، صحت اختلاف پتانسیل، زمان، میلی امپر و... با استفاده از ابزار مناسب و دزیومتر باراکودا (Barracuda x-ray multipurpose detector) بر روی دستگاه سی-آرم انجام گرفت، سپس میزان خروجی دستگاه تصویربرداری در فاصله ۷۵ سانتی متری و اختلاف پتانسیل kV ۸۵ ثبت گردید و این عمل ۳ بار تکرار شد، سپس کلیه پارامترهای تابش دهی (اختلاف پتانسیل، میلی امپر ثانیه، فاصله تیوب تا گیرنده، ضخامت فیلتراسیون، اندازه میدان دید (FOV) برای همه بیماران مورد بررسی ثبت گردیده بود، جهت برآورد دز پوستی بیماران (۶) در فرمول (۱) بکار گرفته شد.



شکل ۱- برنامه شبیه سازی PCXMC

جدول ۱- پارامترهای متغیر تابشی در آزمون‌های رایج ارتوپدی تحت سی-آرم

زمان بر حسب ثانیه (حداقل-حداکثر)	میانگین شدت جریان بر حسب میلی آمپر (حداقل-حداکثر)	میانگین اختلاف پتانسیل بر حسب کیلو ولت پیک (حداقل-حداکثر)	تعداد بیماران	آزمون‌های ارتوپدی
۲۱ (۱۰-۴۰)	۳/۸ (۲/۹-۴/۴)	۸۵ (۷۹-۹۵)	۲۸	intramedullary nailing (IMN)
۲۸ (۱۲-۳۵)	۳/۹ (۲/۶-۴/۸)	۸۸ (۶۹-۹۵)	۱۶	intertrochanteric/peritrochanteric (IP)
۴۲ (۲۰-۵۰)	۴/۴ (۳/۳-۵/۲)	۹۵ (۸۰-۱۰۰)	۱۸	Dynamic Hip Screw (DHS)
۱۶ (۸-۳۵)	۳/۴ (۲/۸-۳/۹)	۸۵ (۷۶-۷۱)	۹	Dynamic Cannula Screw(DCS)

جدول ۲- دز دریافتی بیماران ناشی از آزمون‌های ارتوپدی تحت سی-آرم

میانگین دز موثر (میلی سیورت) (حداقل-حداکثر)	میانگین دز ورودی (میلی گری) (حداقل-حداکثر)	آزمون‌های ارتوپدی
۰/۹۵ (۰/۳۵-۲/۱)	۱۷ (۱/۸۶-۳۵)	intramedullary nailing (IMN)
۱/۳۱ (۰/۳۸-۲/۰۹)	۴۵ (۲/۸-۴۲)	intertrochanteric/peritrochanteric (IP)
۲/۲۲ (۰/۴۲-۳/۱)	۵۸ (۳/۸-۶۸)	Dynamic Hip Screw (DHS)
۰/۸۵ (۰/۲۱-۱/۸۹)	۱۵ (۱/۵-۲۲)	Dynamic Cannula Screw(DCS)

کمتر بود که به ترتیب مقادیر آن ۱۸۰، ۳۳۰ میلی گری گزارش شده بود و همچنین مقدار دز جذبی در دو آزمون DHS، DCS نسبت به مطالعه A Sulieman و همکارانش (۱۷) بیشتر بود به طوری که

شده است. در هیچ یک از بیماران آسب پوستی ناشی از شدت بالای پرتوگیری مشاهده نشده بود. مقادیر دز ورودی پوستی دو آزمون IP و IMN نسبت به مطالعه ی Ioannis A (۱۶) و همکارانش

گری و ۵۰ میلی سیورت نیز در حین یک عمل جراحی فراتر رود. این مقادیر دوز در محدوده دوزهای خطرناک (High Risk) بر طبق گزارشات ICRP طبقه‌بندی شده و از لحاظ مقایسه، چندین برابر دوز موثر میانگین یک تصویربرداری CT شکم و لگن می‌باشند. بنابراین لزوم استفاده از روشهای کاهش دوز بیمار و آموزش به جراحان ارتوپد در رابطه با آگاهی از خطرات پرتویی و مبنای حفاظت پرتویی توسط افراد متخصص (مانند فیزیسیست‌های پزشکی و فیزیکدانان بهداشت پرتویی) امری ضروری به نظر می‌رسد.

از آن جایی که از عوامل تاثیرگذار بر روی مقدار دز پرتویی رسیده به بیمار در آزمون‌های ارتوپدی اندازه میدان، اختلاف پتانسیل، فاصله تیوب تا گیرنده و سایر عوامل موثر می‌باشد، می‌توان با استفاده از بهترین شرایط پروتکل‌های اعمالی سهم موثرتری را در کاهش دز بیمار ایفا نمود، باید به این نکته توجه داشت که کمتر کردن دز پرتویی بیمار نهایتاً منجر به کمتر شدن سایر پرتوکاران و پزشکان و پرسنل اتاق عمل نیز می‌شود.

مقادیر آن به ترتیب ۰/۴۶، ۰/۰۷ میلی‌گری گزارش شده بود. از جمله دلایل دز موثر پرتویی بالای برخی از آزمون‌ها می‌توان به قرار گرفتن ارگان‌هایی با ضریب توزین بافتی بالا در مسیر اشعه و همچنین مقادیر بالای دز ورودی اشاره نمود و از طرفی در مطالعه‌هایی که روش انجام آن مشابه روش‌های این تحقیق بوده است نتایج نزدیک به هم مشاهده شده است.

باید توجه داشت که مقادیر دوز موثر محاسبه شده رسیده به بیمار در این تحقیق تنها برای یک رادیوگراف محاسبه شده‌اند. با توجه به تحقیقات انجام شده در مراکز خارج از کشور، تعداد متوسط تصویربرداری حین عمل جراحی معمولاً بیشتر از ۵ بار بوده، اما با توجه به عواملی نظیر نوع عمل جراحی، ناحیه آناتومیکی ضایعه، مهارت پزشک و فرد پرتوکار و... این تعداد می‌تواند متغیر باشد. که در ایران تحقیقی در رابطه با این موضوع انجام نگردیده است. عل ایحال با توجه به سایر تحقیقات خارجی می‌توان گفت دوز و دوز موثر با توجه به تعداد تصویربرداریه‌ها می‌تواند به ترتیب ۰/۲۵

References

- 1- Faulkner K, Van'o' A, Ortiz P, et al. Practical aspects of radiation protection in interventional radiology. The 10th International Congress of the International Radiation Protection Association. Hiroshima, Japan: The International Radiation Protection Association 2000:T-23-3.
- 2- Mehdizade A, Lovblad KO, Wilhelm KE, et al. Radiation dose in vertebroplasty. *Neuroradiology* 2004;46:243-5.
- 3- Miller DL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures. The RAD-IR Study: I. Overall measures of dose. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14:711-28.
- 4- Miller DL, Balter S, Cole PE, et al. Radiation doses in interventional radiology procedures. The RAD-IR Study: II. Skin dose. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14:977-90.
- 5- Kumari G, Kumar P, Wadhwa P, Aron M, Gupta NP, Dogra PN. Radiation exposure to the patient and operating room personnel during percutaneous nephrolithotomy. *Inter Urol Nephrol* 2006; 38: 207-10.
- 6- Prevedello LM, Sodickson AD, Andriole KP, Khorasani R. IT tools will be critical in helping reduce radiation exposure from medical imaging. *J Am Coll Radiol* 2009; 6:125-26.
- 7- Majidpour HS. Risk of radiation exposure during PCNL. *Urol J* 2010; 7:87-89.
- 8- Katz JD. Radiation exposure to anesthesia personnel: the impact of an electrophysiology laboratory. *Anesth Analg* 2005; 101:1725-26.
- 9- Blattert TR, Fill UA, Kunz E, Panzer W, Weckbach A, Regulla DF. Skill dependence of radiation exposure for the orthopaedic surgeon during interlocking nailing of long-bone shaft fractures: a clinical study. *Arch. Orthop. Trauma. Surg.* 2004;124:659-64.
- 10- Bone CM, Hsieh GH. The risk of carcinogenesis from radiographs to pediatric orthopedic patients. *J Pediatr Orthoped* 2000;20(2):251-54.
- 11- Botchu R, Ravikumar K. Radiation exposure from fluoroscopy during fixation of hip fracture and fracture of ankle: Effect of surgical experience. *Indian J Orthop.* 2008;42(4): 471-73.
- 12- Crawley MT, Rogers AT. Dose-area product measurements in a range of common orthopaedic procedures and their possible use in establishing local diagnostic reference levels. *Br J Radiol.* 2000; 73:740-44.
- 13- Kleiman NJ. Radiation cataract. In: Working Party on Research Implications on Health and Safety Standards of the Article 31 Group of Experts, ed. *Radiation Protection 145. EU Scientific Seminar 2006. New insights in radiation risk and basic safety standards.* Brussels: European Commission, 2007;81-95. Available at http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/145_en.pdf. Accessed 2.1.2014.
- 14- Martin CJ, Sutton DG, Workman A, Shaw AJ, Temperton

- D. Protocol for Measurement of Patient Entrance Surface Dose Rates for Fluoroscopic X-ray Equipment. *Br J Radiol.* 1998; 71(12):83-87.
- 15- Miller DL. Interventional Fluoroscopy: Reducing Radiation Risks for Patients and Staff. *J Vasc Interv Radiol.* 2009; 20 (7):S274.
- 16- Tsalafoutas IA, Tsapaki V, Kaliakmanis A, Pneumaticos S, Tsoroni F, Koulentianos ED, Papachristou G. Estimation of radiation doses to patients and surgeons from various fluoroscopically guided orthopaedic surgeries. *Radiation protection dosimetry.* 2008;128(1):112-9.
- 17- Sulieman A, Alzimami K, Habeebballa B, Osman H, Abdelaziz I, Sassi SA, Sam AK. Evaluation of occupational and patient radiation doses in orthopedic surgery. *Applied Radiation and Isotopes.* 2015;30;100:65-9.