

## مقایسه دز دریافتی ارگانهای حساس در سی تی آنژیوگرافی عروق کرونر با آنژیوگرافی عروق کرونر

کیومرث امید\*، محمد سماواتیان، مهدی شمسی، حسین کریمی  
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، بیمارستان شهید مدرس، تهران، ایران

### چکیده:

این مطالعه برای بررسی دوز موثر و دوز ورودی پوست در اندامهای حساس به رادیواکتیو از طریق روشهای آنژیوگرافی کرونر تهاجمی و سی تی آنژیوگرافی با استفاده از تکنیک های مختلف صرفه جویی در دوز، بر روی یک فانتوم انسانی انجام شد. دوز موثر به ترتیب ۲/۴۹ میلی سیورت، ۳/۳۵ میلی سیورت و ۹/۶۲ میلی سیورت محاسبه شد که مربوط به سه پروتکل سی تی آنژیوگرافی عروق کرونر شامل prospective ECG-gating, retrospective ECG-gating و بدون مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب. در مقایسه، دوز موثر در چهار بزرگنمایی مختلف به دست آمده با آنژیوگرافی عروق کرونر به ترتیب ۷.۲۶ میلی سیورت، ۶/۳۵ میلی سیورت، ۵۸/۵ میلی سیورت و ۷۱/۴ میلی سیورت محاسبه شد. بیشترین دوز ورودی پوست در سینه در طی سی تی آنژیوگرافی کرونر و در غده تیروئید در حین آنژیوگرافی کرونر تهاجمی اندازه گیری شد. اگرچه آنژیوگرافی کرونر تهاجمی نسبت به سی تی آنژیوگرافی کرونر دوز تابش کمتری ایجاد می کند، اما استفاده از تکنیک های اصلاح شده در سی تی آنژیوگرافی و آنژیوگرافی عروق کرونر در عمل بالینی برای کاهش دوز اشعه توصیه می شود.

واژه های کلیدی: سی تی اسکن، اشعه، دوز عضو، کاهش دوز

## Comparison of the dose received by sensitive organs in CT coronary angiography with coronary angiography

Omid kiumars\*, Samavatiyan mohamad, Shamsi Mahdi, Karimi hosein

Shahid beheshti medical sciences university, Modarres hospital, Tehran, Iran

### Abstract

This study was conducted on a human anthropomorphic phantom to investigate the effective dose and entrance skin dose in selected radiosensitive organs through invasive and CT coronary angiography procedures using different dose-saving techniques. The effective dose was calculated as 2.49 mSv, 3.35 mSv, and 9.62 mSv respectively, corresponding to three coronary CT angiography protocols including, prospective ECG-gating, retrospective ECG-gating with and without tube current modulation. In comparison, effective dose was calculated as 7.26 mSv, 6.35 mSv, 5.58 mSv, and 4.71 mSv at four different magnifications acquired with invasive coronary angiography. The highest entrance skin dose was measured at the breast during the coronary CT angiography and at the thyroid gland during invasive coronary angiography. Although invasive coronary angiography produces lower radiation dose than coronary CT angiography, application of modified techniques in both CT and invasive coronary angiography is recommended in clinical practice for radiation dose reduction.

**Keywords:** Computed tomography, radiation, organ dose, dose reduction

Email: omidikiumars@yahoo.com

## ۱- مقدمه

آنژیوگرافی تهاجمی به عنوان روش استاندارد برای اهداف تشخیصی و درمانی با توجه به بیماری های قلبی- عروقی در نظر گرفته می شود [۱،۲]. از زمان ظهور سی تی اسکن مولتی اسلایس، به ویژه کاربردهای گسترده روش سی تی آنژیوگرافی، معاینات تهاجمی آنژیوگرافی با این روش کم تهاجمی با هدف کاهش عوارض مربوط به عمل جایگزین شده است. امروزه سی تی آنژیوگرافی به دلیل پیشرفت های سریع فن آوری، که منجر به اسکن سریع و دستیابی به داده ها با تفکیک پذیری های مکانی و زمانی می شود و در بسیاری از کاربردهای عروقی به یک جایگزین قابل اعتماد برای آنژیوگرافی معمولی تبدیل شده است. در جهان از زمان توسعه بسیاری از برنامه های جدید برای اقدامات سی تی اسکن برای بهبود دقت تشخیصی، تعداد معاینات سی تی اسکن به تدریج افزایش یافته است. [۳] در بیشتر مراکز بالینی، از سی تی آنژیوگرافی مولتی اسلایس به طور فزاینده ای استفاده می شود تا جایگزین آنژیوگرافی معمولی به عنوان یک روش جایگزین در تصویربرداری عروقی شود.

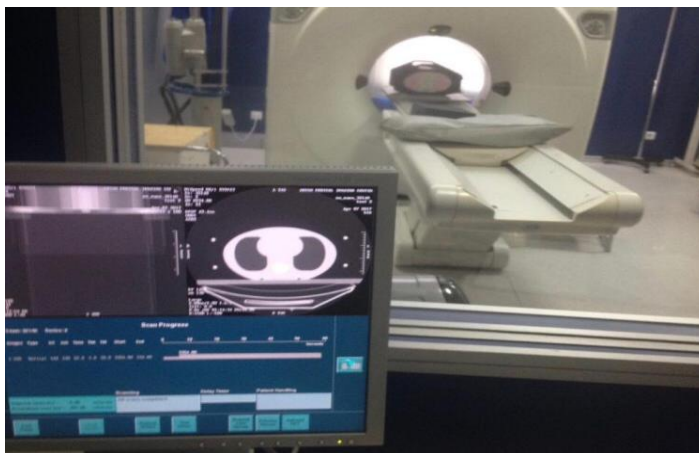
یکی از اصلی ترین کاربردهای سی تی آنژیوگرافی مولتی اسلایس، که با پیشرفت سریع فنی از نسل قبلی ۴ اسلایس به آخرین مدل سی تی اسکن ۳۲۰ اسلایس، سی تی آنژیوگرافی کرونر است [۴،۵]، ارزش تشخیصی به طور قابل توجهی بهبود یافته است. با وجود ارزش تشخیصی بالای سی تی آنژیوگرافی کرونر، دوز تابش مرتبط با سی تی آنژیوگرافی کرونر نگرانی های جدی را در زمینه پزشکی ایجاد کرده است. در پاسخ به این نگرانی، روشهای مختلف صرفه جویی در دوز برای کاهش یا به حداقل رساندن دوز تابش در هنگام دستیابی به تصاویر با کیفیت تشخیصی ارائه شده است. پارامترهایی مانند کاهش ولتاژ تیوب اشعه ایکس، کنترل نوار قلب و تعدیل جریان تیوب از جمله، مدولاسیون کنترل شده با نوار قلب گزارش شده است که منجر به کاهش دوز قابل توجهی در سی تی آنژیوگرافی قلب می شود [۵،۶]. از آنجا که هنوز آنژیوگرافی عروق کرونر به عنوان بهترین روش استاندارد در تشخیص بیماری عروق کرونر در نظر گرفته می شود، این روش با آخرین تحولات در استراتژی های کاهش دوز (فیلتر شکل دهی طیفی، پالس فلوروسکوپی در آنژیوگرافی قلب، آشکارساز صفحه تخت و روش شکاف هوا) به منظور افزایش دقت و کاهش دوز تابش صورت می گیرد. [۷،۸]

در طی سی تی آنژیوگرافی عروق کرونر یا معاینات آنژیوگرافی تهاجمی، قرار گرفتن در معرض تابش غیرضروری برخی از اندام ها غیرعادی نیست، که این امر منجر به جذب بیش از حد مجاز دوز می شود. بسیاری از اندام های حساس به پرتو در معرض پرتوگیری قرار دارند، زیرا در میدان تابش اشعه قرار دارند، مانند بافت پستان و غده تیروئید. بدیهی است که خطر ابتلا به سرطان ریه یا پستان ممکن است با قرار گرفتن در معرض تابش سی تی اسکن قفسه سینه افزایش یابد. [۹،۱۰] بنابراین، از آنجا که ارتباط مستقیمی بین افزایش سرطان تیروئید و قرار گرفتن در معرض اشعه وجود دارد، باید از آن اندام ها محافظت بعمل آید. اگرچه بسیاری از مطالعات نشان می دهد که شیلد محافظ منجر به کاهش قابل توجه دوز تابش می شود. [۱۱]، ولی محافظت از همه این اندام ها عملی نیست زیرا ممکن است کیفیت تصویر را به خطر بیندازد. شیلد کردن این اندامها با محافظ مشخص امکان پذیر نمیباشد و ممکن است مناطق مورد نظر را به طور همزمان پنهان کند. با این حال، فقط اندام های خاصی را مانند غده تیروئید، چشم ها (لنز) و غدد جنسی به راحتی می توان محافظت نمود، اما این امر به نوع و هدف معاینه بستگی دارد. بهینه سازی پارامترهای فنی یکی دیگر از روشهای موثر برای محافظت از اندامهای حساس به پرتو با کاهش دوز تابش در معاینات سی تی اسکن است. هدف از این مطالعه مقایسه برآورد دوز موثر (effective dose) و دوز پوست (skin dose) اندامهای حساس به پرتو از طریق سی تی آنژیوگرافی عروق کرونر و آنژیوگرافی تهاجمی عروق کرونر با تنظیمات مختلف پروتکل انجام شده است.

## ۲- روش کار

این مطالعه با شبیه سازی یک مرد بزرگسال متوسط با قد ۱۷۵ سانتی متر و وزن ۷۴ کیلوگرم با استفاده از دستگاه سی تی اسکن ۶۴ اسلایس بر روی یک فانتوم انسانی با دستگاههای فیلیپس برلیانس ۶۴ اسلایس و دستگاه آنژیوگرافی (الورا زپر فیلیپس) انجام شد. (شکل ۱)

سه پروتکل سی تی آنژیوگرافی کرونر، retrospective ECG-gating بدون مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب، retrospective ECG-gating با مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب کنترل شده (پروتکل های کاهش دوز) برای مقایسه دوز تابش ED<sup>1</sup> و ESD<sup>2</sup> تنظیم شده است. از طرف دیگر، روش آنژیوگرافی کرونر تهاجمی با چهار پروتکل مختلف نشان داده شده توسط بزرگنمایی های مختلف آشکارساز صفحه تخت از فاکتورهای بزرگنمایی ۱.۶، ۱.۸، ۲.۲ و ۲.۵ انجام شد. ESD با استفاده از دزیمتر ترمولومینسانس TLD<sup>3</sup> اندازه گیری شد و ED با محاسبه از طول دوز DLP<sup>4</sup> تعیین شد. هر دو دوز در طی مراحل ثبت شد و برای سی تی آنژیوگرافی و آنژیوگرافی تهاجمی مقایسه شد.



شکل ۱. فانتوم انسانی در حین سی تی اسکن

## ۳- تحلیل آماری

تمام داده ها برای تجزیه و تحلیل آماری و آردنرم افزار SPSS شدند. مقدار  $p > 0.05$  در نظر گرفته شد تا تفاوت آماری معنی داری را نشان دهد. همه دوزهای هر پروتکل در نمودارهای جعبه ای ارائه شد. تجزیه و تحلیل واریانس یک طرفه ANOVA<sup>5</sup> و اندازه گیری های مکرر، در تجزیه و تحلیل ESDs برای تعیین تفاوت موجود در میانگین ESD اندام های حساس به اشعه ایکس (تیروئید، پستان و غدد) در سی تی آنژیوگرافی و آنژیوگرافی عروق کرونر تهاجمی در همه پروتکل ها استفاده شد. با توجه به دوز موثر، آزمون ANOVA برای تعیین تفاوت معنی دار مقادیر میانگین بین پروتکل ها انجام شد.

<sup>1</sup> Effective dose

<sup>2</sup> Skin effective dose

<sup>3</sup> Thermos luminescence dosimeter

<sup>4</sup> Dose-length product

<sup>5</sup> Analysis of variance

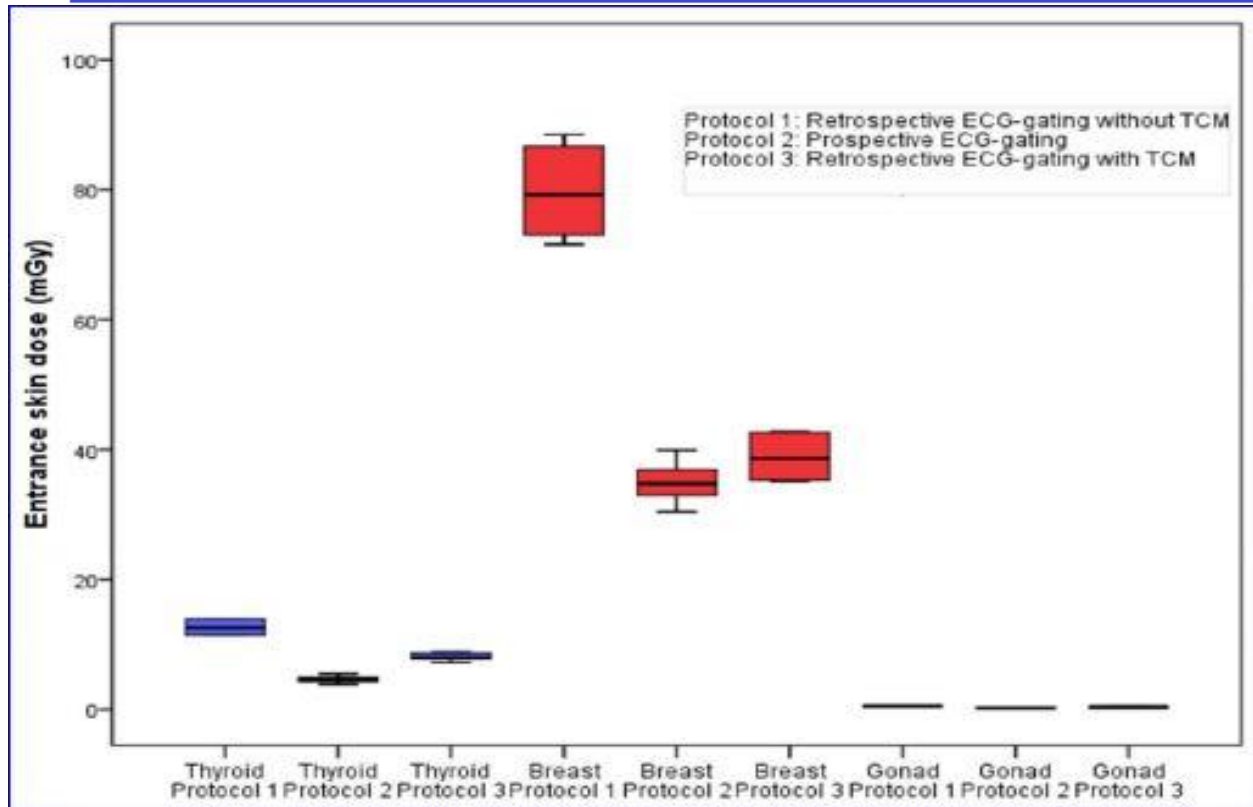
#### ۴- نتایج و بحث

در آنژیوگرافی کرونر تفاوت معنی داری در اندازه گیری ESD بین اندام های حساس به پرتو وجود ندارد که با ANOVA یک طرفه آزمایش شده است ( $P = 0/32$ ) با این حال، با استفاده از ANOVA اندازه گیری های مکرر، ESD اندازه گیری شده در تیروئید، پستان و غدد جنسی در هر سه پروتکل (سی تی آنژیوگرافی عروق کرونر شامل، prospective ECG-gating , retrospective ECG-gating با و بدون مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب متفاوت است ( $P > 0.05$ ). مشخص شد که ESD بالاترین میزان پستان در مقایسه با سایر اندام ها با مقدار متوسط  $1.1 \pm 79.2$  میلی گری است که با standard retrospective ECG-gating (پروتکل ۱) بدست آمده است. (شکل ۲)

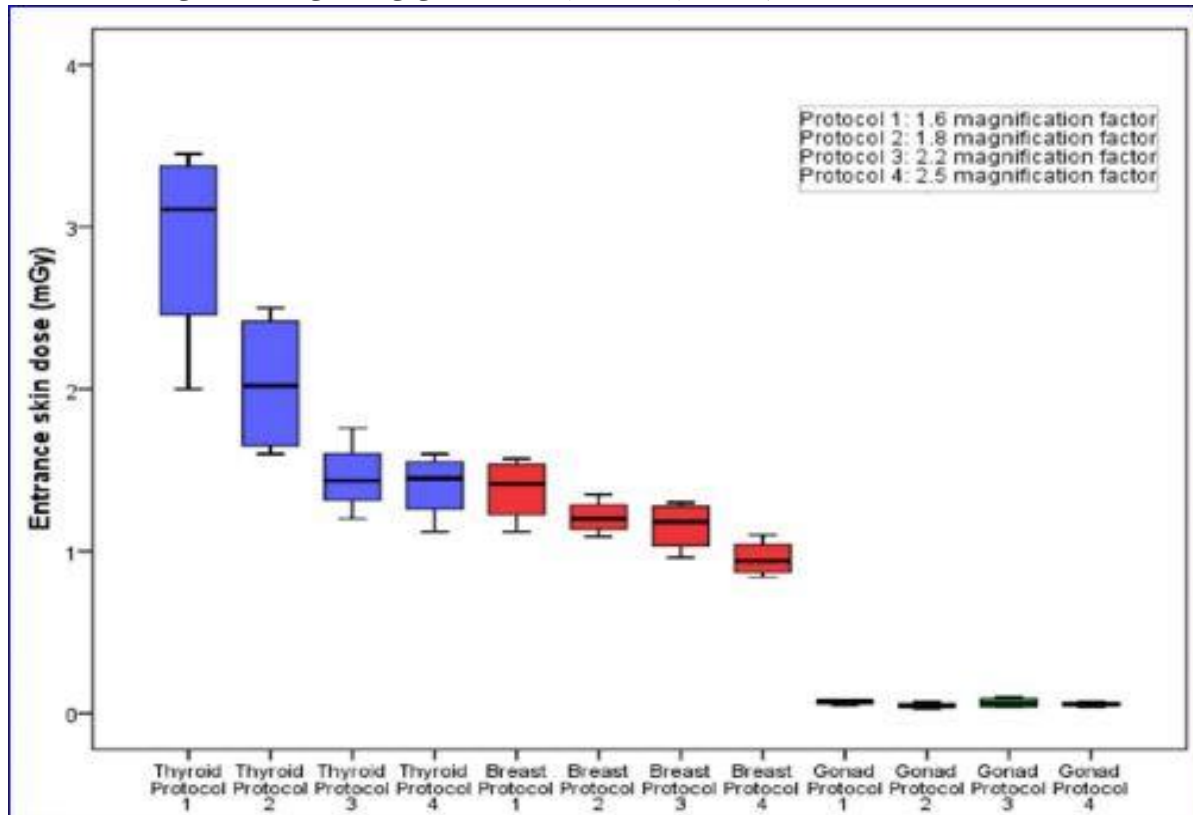
$1.9 \pm 34.7$  میلی گری با ECG-gating بدست آمده است. تکنیک retrospective ECG-gating با مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب (پروتکل ۲) و  $0.1 \pm 38.6$  میلی گری با retrospective با مدولاسیون جریان تیوب (پروتکل ۳). دوز دریافتی توسط پستان شش برابر بیشتر از تیروئید در طول عمل بود.

DLP به صورت جداگانه برای مقایسه دوز در میان سه پروتکل با در نظر گرفتن برآورد دوز موثر ثبت شد. از نظر آماری اختلاف معنی داری بین میانگین مقادیر ED در پروتکل های مختلف یافت شد. ( $P < 0.001$ ) میانگین ED نشان داد که پروتکل retrospective ECG-gating (پروتکل ۱) منجر به بالاترین دوز  $9/6.9$  میلی سیورت و به دنبال آن retrospective با مدولاسیون جریان تیوب (پروتکل ۳) ( $3/3 \pm 5/0$  میلی سیورت نشان داده شد. retrospective ECG-gating با مدولاسیون (تغییر) جریان تیوب (پروتکل ۲)  $2.5 \pm 0.8$  میلی سیورت ثبت شد.

در آنژیوگرافی عروق کرونر دوز ورودی پوست برای هر سه اندام حساس به پرتو (تیروئید، غدد جنسی و سینه) در هر چهار پروتکل (ابلیک قدامی راست با زاویه ۳۰ درجه به سمت سر، ابلیک قدامی راست با زاویه ۴۰ درجه به سمت پا، ابلیک قدامی چپ با زاویه ۳۰ درجه به سمت سر و ابلیک قدامی چپ با ۳۰ درجه به سمت پا) با ضریب بزرگنمایی ۱.۶، ۱.۸، ۲.۲ و ۲.۵ اندازه گیری و ثبت شد. به طور کلی، تفاوت قابل توجهی در ESD بین اندام های حساس به پرتو (تیروئید، پستان و غدد جنسی) وجود ندارد که با ANOVA یک طرفه در  $p = 0.26$  آزمایش شده است. با این حال، در بررسی بیشتر با اندازه گیری های مکرر، تفاوت معنی داری در ESD در پروتکل ها وجود دارد. به عبارت دیگر، تغییرات در دوز دریافتی توسط اندام هنگامی قابل توجه است که بزرگ نمایی با  $p > 0.05$  افزایش یا کاهش یابد. بنابراین، غده تیروئید با میزان دز بالاتر از پستان و غدد جنسی در تمام پروتکل ها با نتیجه  $0.7 \pm 0.4$  میلی گری،  $0.2 \pm 1.6$  میلی گری و  $0.3 \pm 1.4$  میلی گری (پروتکل ۱)،  $1.8$  (پروتکل ۲)،  $2.2$  (پروتکل ۳) و بزرگنمایی آشکار ساز صفحه تخت  $2.5$  (پروتکل ۴) ثبت شد. (شکل ۳)



شکل ۲. جعبه نمودار ESD متوسط ۳ اندام حساس به پرتو (تیروئید، پستان و غدد) در سی تی آنژیوگرافی کرونر را نشان می دهد.



شکل ۳. توزیع میانگین ESD با استفاده از فاکتورهای بزرگنمایی

## ۵- نتیجه گیری

این مطالعه چهار یافته مهم کاهش دوز تابش در آنژیوگرافی کرونر با استفاده از سی تی آنژیوگرافی و رویکرد تهاجمی را نشان می دهد. اولاً سی تی آنژیوگرافی کرونر یک دوز موثر را به وجود می آورد که حدود ۲.۵ برابر بیشتر از آنژیوگرافی تهاجمی است. در مرحله دوم، پروتکل های صرفه جویی در دوز در سی تی آنژیوگرافی کرونر به کاهش دوز موثر به میزان قابل توجهی تا ۷۰٪ در مقایسه با روش retrospective کمک می کند. ثالثاً، دوز موثر ناشی از آنژیوگرافی تهاجمی با افزایش بزرگنمایی ها تا ۱۳٪ کاهش می یابد. سرانجام، آنژیوگرافی تهاجمی منجر به کاهش قابل توجهی در دوز ورودی پوست تا ۹۵٪ در مقایسه با سی تی آنژیوگرافی کرونر در سه اندام حساس به پرتو (تیروئید، پستان و غدد جنسی) می شود.

دوز ورودی پوست توسط هر اندام در سی تی آنژیوگرافی کرونر و آنژیوگرافی عروق تهاجمی متفاوت است. این به دلیل فاصله بین تیوب اشعه ایکس و ارگان هدف در هنگام قرار گرفتن در معرض اشعه و موقعیت مکانی آنها است. به عنوان مثال، در سی تی آنژیوگرافی کرونر، فانتوم قلب در مرکز تیوب اشعه ایکس قرار گرفت تا پستان حداکثر دوز را از پرتوی تابش اولیه دریافت کند. با این حال، تیروئید و غدد جنسی فقط اشعه پراکنده دریافت می کنند زیرا از نظر تشریحی دور از پستان قرار گرفته اند. این با اندازه گیری دز TLD در مطالعه ما تأیید شد. در آنژیوگرافی تهاجمی، اوضاع کمی متفاوت بود. دوز غده تیروئید اندازه گیری شده در مقایسه با پستان و غدد جنسی بیشترین بود. به دلیل اینکه زاویه تیوب اشعه ایکس را به غده تیروئید نزدیک می کند و منجر به افزایش دوز تابش می شود. [۲۱] علاوه بر این، تکرار زاویه تیوب اشعه ایکس در این مطالعه انجام شده، این واقعت را نشان می دهد که غده تیروئید دوز تابش بیشتری نسبت به سایر اندام ها دریافت می کند.

در نتیجه، این مطالعه نشان می دهد که آنژیوگرافی تهاجمی به طور قابل توجهی دوز تابش کمتری نسبت به سی تی آنژیوگرافی کرونر ایجاد می کند، که با دوز موثر و دوز ورودی پوست نشان داده می شود. تکنیک های اصلاح در سی تی آنژیوگرافی کرونر (پروتکل های کاهش دوز) و آنژیوگرافی تهاجمی (بزرگنمایی چند سایز) در تمرین بالینی روزانه توصیه می شود زیرا باعث کاهش بیشتر دوز می شود.

## ۶- منابع

1. Tan, K., Reed, D., Howe, J., Challenor, V., Gibson, M. and McGann, G. *CT vs conventional angiography in unselected patients with suspected coronary heart disease*. Int J Cardiol **121**, 125–126 (2007).
2. Tins, B., Oxtoby, J. and Patel, S. *Comparison of CT angiography in aortoiliac occlusive disease*. Br J Radiol **74**, 219–225 (2001).
3. National Council on Radiation Protection and Measurements. *Ionizing radiation exposure of the population of the United States, in Computed Tomography*. National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda. 85–96 (2009).
4. Hein, P. A., Romano, V. C., Lembcke, A., May J. and Rogalla, P. *Initial experience with a chest pain protocol using 320-slice volume MDCT*. Eur Radiol **19**, 1148–1155 (2009).
5. Sun, Z., Choo, G. H., Ng, K. H. *Coronary CT angiography: current status and continuing challenges*. Br J Radiol (in press).
6. Sun, Z. and Ng, K. H. *Multislice CT angiography in cardiac imaging-part III: radiation risk and dose reduction*. Singapore Med J **51**, 374–380 (2010).
7. Lederman, H. M., Khademan, Z. P., Felice, M. and Hurh, P. J. *Dose reduction fluoroscopy in pediatrics*. Pediatr Radiol **32**, 844–848 (2002).
8. Partridge, J., McGahan, G., Causton, S., Bowers, M., Mason, M., Dalby, M. and Mitchell, A. *Radiation dose reduction without compromise of image quality in cardiac angiography and intervention with the use of a flat panel detector without an antiscatter grid*. Heart **92**, 507–510 (2006).
9. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K. *Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998*. Radiat Res **168**, 1–64 (2007)15



10. Angel, E., Yaghamai, N., Jude, C. M., DeMarco, J. J., Cagnon, C. H., Goldin, J. G., McCollough, C. H., Primak, A. N., Cody, D. D., Stevens, D. M. et al. *Dose to radiosensitive organs during routine chest CT: effects of tube current modulation*. Am J Roentgenol **193**, 1340–1345 (2009).
- Am J Roentgenol **193**, 1340–1345 (2009).
11. McLaughlin, D. J. and Mooney, R. B. *Dose reduction to radiosensitive tissues in CT. Do commercially available shields meet the users' needs?* Clin Radiol **59**, 446–450 (2004).
12. Kalra, M. K., Maher, M. M., Toth, T. L., Schmidt, B., Westerman, B. L., Morgan, H. T. and Saini, S. *Techniques and applications of automatic tube current modulation for CT*. Radiology **233**, 649–657 (2004).
13. Vano, E., Sanchez, R., Fernandez, J. M., Gallego, J. J., Verdu, J. F., Gonzalez de Garay, M., Azpiazu, A., Segarra, A., Hernandez, M. T., Canis, M., Diaz, F., Moreno, F., Palmero, J. *Patient dose reference levels for interventional radiology: a national approach*. Cardiovasc Intervent Radiol **32**, 19–24 (2009).
14. Schultz, F. W. and Zoetelief, J. *Dose conversion coefficients for interventional procedures*. Radiat Prot Dosim **117**, 225–230 (2005).
15. Huda, W., Ogden, K. M. and Khorasani, M. R. *Converting dose-length product to effective dose at CT*. Radiology **248**, 995–1003 (2008).
16. Broadhead, D. A., Chapple, C. L., Faulkner, K., Davies, M. L. and McCallum, H. *The impact of cardiology on the collective effective dose in the North of England*. Br J Radiol **70**, 492–497 (1997).
17. Earls, J. P. *How to use a prospective gated technique for cardiac CT*. J Cardiovasc Comput Tomogr **3**, 45–51 (2009).16
19. Mayo, J. R., and Leipsic, J. A. *Radiation dose in cardiac CT*. Am J Roentgenol **192**, 646–653 (2009).
20. Greess, H., Lutze, J., Nömayr, A., Wolf, H., Hothorn, T., Kalender, W. A. and Bautz, W. *Dose reduction in subsecond multislice spiral CT examination of children by online tube current modulation*. Eur Radiol **14**, 995–999 (2004).
21. Kuon, E., Dahm, J. B., Empen, K., Robinson, D. M., Reuter, G. and Wucherer, M. *Identification of less-irradiating tube angulations in invasive cardiology*. J Am Coll Cardiol **4**, 1420–1428 (2004).
22. Martin, C. J. *Effective dose: how should it be applied to medical exposures?* Br J Radiol **80**, 639–647 (2007).
23. Bogaert, E., Bacher, K., Lemmens, K., Carlier, M., Desmet, W., Wagter, X. D., Djian, D., Hanet, C., Heyndrickx, G., Legrand, V., Taeymans, Y., Thierens, H. *A large-scale multicentre study of patient skin doses in interventional cardiology: dose-area product action levels and dose reference levels*. Br J Radiol **82**, 303–312 (2009).
24. Neofotistou, V., Vano, E., Padovani, R., Kotre, J., Dowling, A., Toivonen, M., Kottou, S., Tsapaki, V., Willis, S., Bernardi, G., Faulkner, K. *Preliminary reference levels in interventional cardiology*. Eur Radiol **13**, 2259–2263(2003).