مجله سنجش و ایمنی پرتو، جلد ۸، شمارهٔ ٤، ویژه‌نامه پرتوهای یون‌ساز، ۱۳۹۹، صفحه ۲۲۳-۲۲۸
پنجمین کنفرانس ملی سنجش و ایمنی پرتوهای یون‌ساز و غیریون‌ساز (مهرماه ۱۳۹۷)
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰٦/۰۱، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

ارزیابی دز دریافتی جنین در تصویربرداری SPECT-CT نواحی شکم مادر با روش مونت‌کارلو

فائزه ملک‌زاده تربه‌بر[۱]، علیرضا کریمیان[۲]*، احمد شیرانی[۱]، مصطفی رباط‌جزی[۳] و مهدی اخلاقی[٤]

[۱]گروه فیزیک هسته‌ای، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
[۲]گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، ااصفهان، ایران.
[۳]گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، خراسان رضوی، ایران.
[٤]مرکز تحقیقات پزشکی هسته‌ای، بیمارستان شریعتی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
*اصفهان، دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی، کدپستی:۸۱۷٤٦۷۳٤٤۱
پست‌الکترونیکی: Karimian@eng.ui.ac.ir

چکیده

SPECT-CT یک روش تصویربرداری جهت تشخیص بیماری‌ها و مطالعه فیزیولوژی بدن می‌باشد. در این نوع تصویربرداری به دلیل استفاده از رادیودارو جهت تصویربرداری (SPECT) و پرتو ایکس (CT) دز پرتوی نسبتا بالایی به بیمار وارد می‌شود. اگر بیمار خانم باردار باشد با توجه به اینکه جنین در حال رشد، درون رحم در تمام طول دوره قبل از تولد نسبت به هر تابش پرتویی حساس است و ممکن است آثار مخرب و جبران‌ناپذیری دریافت کند، حفاظت از خانم باردار و جنین در برابر تابش از اهمیت خاصی برخوردار است. هدف از این پژوهش ارزیابی و محاسبه دز جذبی جنین در تصویربرداری قلب با استفاده از دستگاه SPECT-CT در حالت‌های استرس و استراحت قلب با تزریق ۲۰ mCi از رادیوداروی ^{99m}Tc-MIBI می‌باشد.

به منظور ارزیابی دز جذبی جنین از روش مونت‌کارلو و با استفاده از کد MCNPX و فانتوم ORNL جنین را در سه دوره بارداری سه، شش و نه ماهگی شبیه‌سازی کرده و میزان دز جذبی جنین در دو حالت استرس و استراحت در تصویربرداری SPECT محاسبه شده است. دز جذبی جنین در حالت استرس در سه دوره بارداری سه، شش و نه ماهگی به ترتیب $۱/۲٦ \times ۱۰^{-۲}$، $۲/۹ \times ۱۰^{-۳}$ و $۲/۸۳ \times ۱۰^{-٤}$ میلی‌گری و دز جذبی جنین در حالت استراحت در سه دوره بارداری سه، شش و نه سالگی به ترتیب $۲/۵۲ \times ۱۰^{-۲}$، $۵/۷۹ \times ۱۰^{-۳}$ و $۵/٦۸ \times ۱۰^{-٤}$ میلی‌گری محاسبه شده است.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیش‌ترین دز جذبی جنین مربوط به تصویربرداری حالت استراحت قلب در سه ماهگی جنین است. دز جذبی جنین در تمام دوره‌های بارداری کمتر از ۰/۰۵ Gy محاسبه شده که طبق گزارش NCRP 128 و ICRP 84 این میزان دز برای جنین خطر جدی ایجاد نمی‌کند. اما با این حال نیز بایستی توصیه‌های ایمنی خاص به خانم‌های باردار جهت کاهش دز جذبی جنین به خصوص در ماه‌های اولیه بارداری داده شود.

کلیدواژه‌ها: جنین، دز جذبی، خانم باردار، SPECT-CT، قلب، ^{99m}Tc-MIBI .

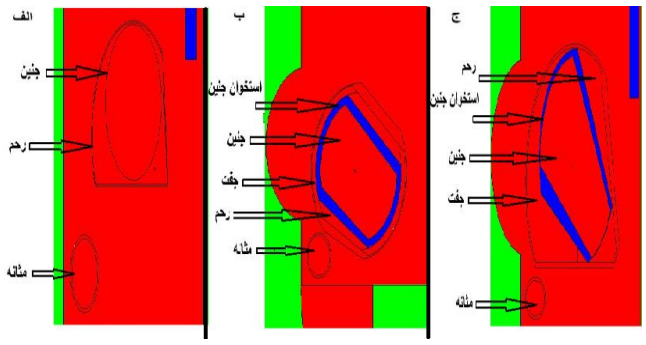
۱. مقدمه

SPECT-CT یک روش تصویربرداری جهت تشخیص بیماری‌ها و مطالعه فیزیولوژی بافت‌های بدن می‌باشد که همراه با تزریق رادیودارو به بیمار و آشکارسازی پرتوهای گامای ساطع شده از بدن بیمار انجام می‌شود. رادیوایزوتوپ‌های موجود در رادیوداروهای تزریقی دارای طول عمری هستند که با تزریق به بیمار، دز را وارد بدن می‌کنند. تصویربرداری قلب با دستگاه SPECT-CT در دو حالت انجام می‌پذیرد. در حالت استرس، با استفاده از تست ورزش یا تزریق داروی استرس به بیمار، ضربان قلب را بالا برده و ۱/۵ ٪ از رادیودارو ^{99m}Tc-sestamibi به بیمار تزریق می‌شود و بیست دقیقه بعد تصویربرداری انجام می‌شود. سپس دو ساعت یا یک روز بعد از تصویربرداری در حالت استرس، تصویربرداری در حالت استراحت انجام می‌شود و بار دوم ۱/۲ ٪ از رادیودارو ^{99m}Tc-sestamibi به بیمار تزریق می‌شود و تصویربرداری در زمان ۹۰-۴۵ دقیقه بعد در حالت استراحت انجام می‌شود[۱]. با توجه به این که رادیوایزوتوپ موجود در این رادیودارو ^{99m}Tc نیمه عمر فیزیکی ۶/۰۱ ساعت دارد[۲] و ناحیه مورد مطالعه قلب می‌باشد به خاطر مکانیزم ذاتی قلب رادیوایزوتوپ در تمام بدن پخش می‌شود و همه بدن نقش چشمه گاما را ایفا می‌کند. اگر بیمار خانم باردار باشد دز جذبی جنین و آثار مخربی که بر روی جنین می‌گذارد حائز اهمیت است، در نتیجه آگاهی از این که انجام این تصویربرداری بر روی خانم باردار چه آثار مخربی را در پی دارد و در صورت ضرورت استفاده از دستگاه SPECT-CT برای انجام تصویربرداری در چه دوره‌ای از بارداری مناسب‌تر است که دز جذبی جنین کمتر شود؛ در نتیجه یافتن دز جذبی قابل قبول برای جنین در دوره‌های مختلف بارداری و پیدا کردن راهی برای کاهش دز جذبی، از اهمیت این مسأله می‌باشد.

۲. روش کار

در این پژوهش با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو کد MCNPX2.6[1] و با استفاده از فانتوم MIRD-ORNL-Female دز جذبی که از طریق تابش رادیوایزوتوپ‌ها به جنین وارد می‌شود در ماه‌های مختلف محاسبه شد. با توجه به این‌که فانتوم ORNL[2] فاقد جنین و جفت می‌باشد با استفاده از داده‌های RPI و فانتوم ORNL جنین با استفاده از خطوط و کره در ماه‌های مختلف سه، شش و نه ماهگی شبیه‌سازی شد[۳].

در ماه‌های اولیه بارداری جنین تکامل نیافته است و فقط داری بافت نرم می‌باشد اما در سه ماهه دوم و سوم بارداری جنین تکامل یافته و دارای بافت استخوانی و جفت نیز می‌باشد (شکل ۱).

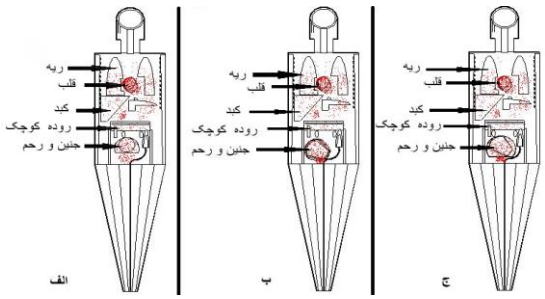


شکل (۱) : الف: جنین شبیه‌سازی شده درسه ماهگی درفانتوم ORNL. ب :جنین، استخوان جنین و جفت شبیه‌سازی شده در شش ماهگی درفانتوم ORNL. ج: جنین، استخوان جنین و جفت شبیه‌سازی شده در نه ماهگی در فانتوم ORNL.

در این پژوهش ناحیه مورد مطالعه قلب می‌باشد. رادیوداروی ^{99m}Tc-sestamibi برای تصویربرداری قلب طوری طراحی شده

[1]Monte Carlo N-Particl eXtended
[2]Oak Ridge National Laboratory

تا بیش‌ترین تجمع رادیودارو در قلب صورت بگیرد اما به خاطر مکانیزم ذاتی قلب و پمپاژ خون مقدار زیادی از این رادیودارو در



شکل (۲) : نمایش پراکندگی ماده پرتوزا در ریه‌ها، قلب،کبد، روده کوچک، سینه‌ها، جنین و رحم شبیه‌سازی شده درفانتوم ORNL.
الف: درسه ماهگی. ب: در شش ماهگی. ج: در نه ماهگی.

بدن پخش می‌شود. به همین دلیل هر عضو از بدن می‌تواند نقش چشمه گاما را ایفا کند. در نتیجه ۲۱ عضو در داخل بدن که در نزدیک‌ترین فاصله ازجنین قرار دارند شامل قلب، ریه‌ها، سینه‌ها، قفسه‌سینه، مثانه، کیسه‌صفرا، کلیه‌ها، کبد، روده‌کوچک، جفت (در سه ماهه دوم و سوم بارداری)، رحم و خود جنین به عنوان چشمه پرتوی گاما به صورت چشمه حجمی تعریف شد و دز جذبی جنین با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از کد MCNPX به ازای یک فوتون را در تعداد کل فوتون‌ها در ثانیه که از رابطه (۱) بدست آمده است ضرب کرده و دز جذبی کل جنین محاسبه شد.

(۱) میزان فعالیت × ۳/۷ × $۱۰^{۱۰}$ × ۱ = تعداد فوتون / ثانیه

۳. یافته‌ها

تصویربرداری قلب با دستگاه SPECT-CT در دو مرحله انجام می‌شود. برای این منظور داده‌های به‌دست آمده از کد MCNPX با استفاده از رابطه (۱) برای دو حالت استرس و استراحت در سه دوره بارداری سه، شش و نه ماهگی محاسبه و داده‌های به‌دست آمده در جدول (۱) جمع‌آوری شده است.

جدول (۱) : دز جذبی جنین با استفاده از داده‌های شبیه‌سازی شده در کد MCNPX در تصویربرداری از قلب مادر با دستگاه SPECT-CT (چشمه چند عضو مادر و خود جنین).

رادیودارو	۳ ماهگی mGy	۶ ماهگی mGy	۹ ماهگی mGy
^{99m}Tc-MIBI-stress	$۱/۲۶ \times ۱۰^{-۲}$	$۲/۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۲/۸۳ \times ۱۰^{-۴}$
^{99m}Tc-MIBI-rest	$۲/۵۲ \times ۱۰^{-۲}$	$۵/۷۹ \times ۱۰^{-۳}$	$۵/۶۸ \times ۱۰^{-۴}$

حسینی‌مقدم و همکارانش[٤] و زانوتی[3] و همکارانش[٥, ٦] دز جذبی جنین را در تصویربرداری پزشکی هسته‌ای با دستگاه‌های SPECT و PET در شرایط متفاوت محاسبه کردند. داده‌های به‌دست آمده از تحقیقات پیشین در جدول (۲) جمع‌آوری شده‌است.

با توجه به داده‌های به‌دست آمده در این پژوهش و مقایسه با داده‌های پیشین می‌بینیم که با وجود اختلاف‌هایی که در نتایج دیده می‌شود نتایج روند درستی دارند. همان‌طور که انتظار می‌رفت دز جذبی جنین در اوایل بارداری بیشترین مقدار را دارا است و در سه ماهه دوم و سوم به ترتیب کم و کم‌تر شده است.

[3]Zanotti

اختلاف نتایج به دلیل اختلاف در روش جمع‌آوری داده‌ها، ناحیه مورد مطالعه و رادیوداروی تزریقی می‌باشد.

جدول (۲): دز جذبی جنین درتحقیقات پیشین با روش‌های مختلف.

مشخصات مقاله	دستگاه تصویربرداری	روش محاسبه دز جذبی	ناحیه تصویربرداری	نوع رادیونوکلئید	فعالیت (mCi)	دز جنین (mGy)		
						سه ماهه اول	سه ماهه دوم	سه ماهه سوم
مرضیه سادات حسینی و همکارانش درسال۲۰۱۷	SPECT	شبیه سازی با کد MCNPX با فانتوم ORNL	آمبولی ریه	^{99m}Tc-MAA	۱	۱/۸	۰/۶۸	۰/۵۱
زانوتی و همکارانش درسال ۲۰۱۵	PET/CT,PET PET/MR	برنامه محاسباتی OLINDA/EXM	تارصوتی،پشت گردن،سینه‌ها،اطراف قلب و غده لنفاوی درگردن و زیربغل و...	^{18}F – FDG	۸ – ۱۰/۴	۱/ ۷۳ × ۱۰$^{-۲}$ ۷/ ۷۰ × ۱۰$^{-۳}$	۴/۵۹ × ۱۰$^{-۲}$ ۴/۱۰ × ۱۰$^{-۲}$	۶/ ۲۲ × ۱۰$^{-۳}$
زانوتی و همکارانش درسال ۲۰۱۴	PET/CT	نرم افزار OLINDA	ازقاعده جمجمه تا وسط ران	^{18}F – FDG	۷	۴/ ۰ × ۱۰$^{-۲}$	۱	۱

طبق گزارش ICRP84, NCRP128 نتایج و خطرات موجود در اثر قرار گرفتن در معرض پرتو در دوران بارداری شامل: ناهنجاری‌های مادرزادی، عقب‌ماندگی رشد، مرگ جنین، عقب‌ماندگی ذهنی، اثرات نروبیولوژیکی و سرطان می‌باشد. طبق گزارشات محققان تاکنون در تمام مراحل بارداری دز کمتر از ۰/۰۵Gy خطر قابل ملاحظه‌ای برای جنین نداشته است. در برخی از مراحل بارداری خانم خطر ابتلا به ناهنجاری و اثرات آن بر روی سیستم عصبی مرکزی در محدود Gy ۰/۱– ۰/۰۵ و اثرات ناهنجاری مادرزادی در جنین در محدوده Gy ۰/۲– ۰/۱ وجود دارد. از ۱۶ هفتگی تا تولد اثرات ناخوشایند دز پرتو در حدود Gy ۰/۵ بعید است. بعد از ۱۶ هفته بارداری آستانه اثرات مادرزادی جنین تقریباً Gy ۰/۷– ۰/۵ است. در ۱۳ هفتگی در بالاتر از Gy ۱ باعث عقب‌ماندگی رشد می‌شود. در ۱۶ تا ۲۵ هفتگی تابش دز بالاتر از Gy ۰/۷ خطر ابتلا به عقب‌ماندگی شدید ذهنی تقریباً ۹٪ در هر Gy ۱ است. در ۲۶ هفتگی به بعد جنین نسبت به سایر مراحل بارداری حساسیت کمتری به اثرات بهداشتی غیر خطی تابش پرتو دارد با این حال دز بالاتر از Gy ۱ خطر سقط جنین را افزایش می‌دهد[۷].

با توجه به مقادیر گزارش شده NCRP128 و ICRP84 و مقادیر محاسبه شده در این پژوهش دز جذبی جنین در هر سه دوره بارداری سه، شش و نه ماهگی کم‌تر از mGy ۰/۰۵ است. در نتیجه خطر قابل توجهی برای جنین ایجاد نمی‌شود. لذا بایستی توصیه‌های ایمنی خاص به خانم باردار جهت کاهش دز جذبی جنین مخصوصاً در ماه‌های اولیه بارداری داده شود.

با توجه به این‌که تصویربرداری SPECT-CT قلب در حالت استراحت دو ساعت بعد از حالت استرس باعث

تجمع رادیـوداروی بـیش‌تـری در بـدن شـده و دز بـیش‌تـری را بـه بیمـار و جنـین وارد مـی‌کنـد. توصـیه مـی‌شـود کـه تصـویربرداری در حالـت اسـتراحت، یـک تـا دو روز بعـد از حالت اسـترس انجـام شـود تـا میـزان رادیـودارو کـه در مرحلـه استرس اسـتفاده شـده اسـت، از بـدن دفـع شـود. هـم‌چنـین بـا توجـه بـه ایـن کـه ۲۷٪ از رادیـودارو از طریـق دفـع ادرار از بـدن خـارج مـی‌شـود، توصـیه مـی‌گـردد تـا بعـد از تزریـق رادیودارو میـزان زیـادی مایعـات نوشـیده شـود تـا فرآینـد دفـع ادرار سریع‌تـر انجـام شـود و دز پرتـوی جـذب شـده در جنـین به این صورت کاهش داده شود.

۵. مراجع

داده‌های تجربی، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، (۱۳۹۵).

[5] Zanotti-fregonara, P., Laforest, R., Wallis, J.W., Fetal radiation dose from ^{18}F-FDG in pregnant patients imaged with PET , PET/CT , PET/MR, *The Journal Nuclear Medicine*, vol. 56, (8) , (2015), pp. 1218-1222.

[6]Zanotti-Fregonara, P., Jan, S., Taieb, D.E., et al, Absorbed ^{18}F-FDG dose to the fetus during early pregnancy, *The Journal Nuclear medicine*, vol. 51, (5), (2010), pp. 803-805.

[7]https://emergency.cdc.gov/radiation/prenatalphysician.asp.

[1] Solidrissa, A., Assessment of radiation dose to patients during single photon emission computed tomography (SPECT) ^{99m}Tc-sestamibi myocardial perfusion imaging (MPI) on Niamey-neger, Department of medical physics school of nuclear and allied sciences, university of Ghana, (2016).

[2] http://www.Drugs.com/pro/technetium-tc-99m-sestamibi.html.

[3] Xu, X. G., Eckerman, K.F., HANDBOOK of anatomical models for radiation dosimetry, *Taylor and Froncis group*.

[٤] حسینی مقدم، م. ا. ، اندازه گیری و مقایسه آهنگ دز دریافتی جنین و مادر در پزشکی هسته ای با استفاده از شبیه سازی و