

## پرتوگیری جمعیت از پرتوهای ایکس پزشکی در آلمان در سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ \*

ملیحه عبدالهی<sup>۱</sup>، محمد تقی بحرینی طوسی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران  
۲- استاد گروه فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران

### چکیده

در این گزارش اطلاعات مربوط به پرتوگیری از منابع پزشکی به سبب انجام معاینات تشخیصی به کمک اشعه ایکس در آلمان در سال های بین ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ ارائه شده است. اطلاعات مربوط به فراوانی سالانه معاینات تشخیصی با اشعه ایکس، عمدتاً از شرکت های بیمه سلامت آلمان بدست آمد. دز موثر به ازای هر معاینه، از یک نظرسنجی و جمع آوری اطلاعات اخیر در سراسر کشور درباره توموگرافی کامپیوتری، پروژه های تحقیقاتی، نمونه های تصادفی اندازه گیری در بیمارستان ها و سایر مراکز پزشکی و مقالات علمی جاری اتخاذ شده است. با استفاده از فراوانی معاینات و برآورد های انجام شده برای دز، دز موثر تجمعی و دز به ازای هر نفر از شهروندان محاسبه شد و روند تغییرات در طول سال های فوق مورد بررسی قرار گرفت. در آلمان در سال ۲۰۰۵، حدود ۱/۶ معاینه اشعه ایکس در سال به ازای هر نفر انجام شد. از یک طرف فراوانی معاینات اشعه ایکس در طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ در حال کاهش بوده است ولی از طرف دیگر متوسط سالانه دز موثر سرانه از حدود ۱/۶ میلی سیورت در سال ۱۹۹۶ به حدود ۱۸ میلی سیورت در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است که این افزایش عمدتاً به واسطه افزایش کاربردهای توموگرافی کامپیوتری رخ داده است. توموگرافی کامپیوتری بیش از نیمی از سهم کل دز موثر تجمعی در سال ۲۰۰۵ را به خود اختصاص می دهد. این در حالی است که معاینات توموگرافی کامپیوتری از نظر فراوانی رویهم رفته فقط حدود ۷ درصد فراوانی معاینات با اشعه ایکس را به خود اختصاص می دهد. همچنین با افزایش اهمیت روش های تصویربرداری تشخیصی و استفاده رو به افزایش تکنیک های جدید به خصوص توموگرافی کامپیوتری، روند افزایشی در دز موثر سرانه سالانه ناشی از معاینات اشعه ایکس در بسیاری از کشورهای صنعتی دیگر نیز مشاهده شده اند. اما به هر حال از نظر پرتوگیری جامعه از مصارف پزشکی اشعه ایکس در سطح بین المللی، جامعه آلمان در بالای گستره قرار دارد. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۶، شماره ۳ و ۴، پیاپی (۲۴ و ۲۵)، پاییز و زمستان ۸۸: ۸۸-۸۲)

واژگان کلیدی: اکسپوزر جمعیت، اشعه ایکس تشخیصی، فراوانی، برآورد دز، دز موثر تجمعی

### ۱- مقدمه

ماده ۱۲ از دستورالعمل جامعه اروپا در مورد پرتوگیری از مصارف پزشکی<sup>۱</sup> در سال ۱۹۹۷، تحت عنوان " برآورد دز های جمعیت " که به کشور های عضو ابلاغ شده است از آنها می خواهد تا اطمینان حاصل نمایند که توزیع برآورد دز آحاد جامعه از مصارف پزشکی و نیز برای گروه های مرجع مربوط به هر جامعه تعیین شود. ضرورت انجام این امر توسط هر یک از کشورهای عضو ارزیابی می شود. با اصلاح آیین نامه اشعه ایکس " Rontgenverordnung " که از سال ۲۰۰۲ به مرحله اجرا گذاشته شد، آلمان اجرای ماده ۱۲ از دستورالعمل پرتوگیری پزشکی را موضوع بحث برای تصویب یک قانون ملی قرار داده است. براساس این

\* این متن ترجمه کاملی بر مقاله " Population exposure from medical X-rays in Germany: time trends-1996 to 2005 " می باشد.

<sup>۱</sup> Medical Exposure Directive

قانون، به سازمان ملی حفاظت پرتوی<sup>۱</sup> (BfS) رسماً ماموریت داده شده است تا به طور منظم پرتوگیری از مصارف پزشکی عموم جمعیت را ارزیابی کند. تازه ترین ارزیابی شامل داده هایی از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ می شود.

## ۲- مواد و روشها

یک روش استاندارد ایجاد شد تا بتواند یک ارزشیابی ثابت در طول زمان و بنابراین قدرت تحلیل از تغییر شرایط را داشته باشد. با آگاهی از این واقعیت که نمی توان از خطاهای سیستماتیک به طور کامل اجتناب کرد، هدف روش BfS برای برآورد فراوانی و دز سرانه این است که این خطاها را در یک حد ثابت و حداقل نگه دارد تا قادر باشد چگونگی تغییرات آنها را در اولین فرصت و بطور قابل اعتماد تحلیل کند.

### ۲-۱- داده های فراوانی

اطلاعات مربوط به فراوانی سالانه معاینات اشعه ایکس، عمدتاً از شرکت های بیمه سلامت آلمان بدست آمده است. در آلمان، قانون بیمه سلامت<sup>۲</sup> که تقریباً ۹۰ درصد جمعیت را پوشش می دهد، منبع اصلی تامین مالی مراقبت از سلامت به حساب می آید. حدود ۹ درصد جمعیت تحت پوشش کامل بیمه سلامت خصوصی<sup>۳</sup> هستند. در نتیجه این سیستم های موازی قانون بیمه و بیمه خصوصی، دو تعرفه حق الزحمه پزشکی متفاوت وجود دارد.

یعنی تعرفه بازپرداخت در آلمان یکی برای صندوق های قانون بیمه سلامت (نرخ استاندارد)<sup>۴</sup> و دیگری برای صندوق های بیمه سلامت خصوصی (تعرفه حق الزحمه برای پزشکان)<sup>۵</sup> می باشد. در این فهرست های بازپرداخت، تعداد زیادی از سرویس هایی که پزشکان ارائه می کنند، به عنوان مثال انواع مختلف اقدامات پزشکی و همچنین معاینات پرتونگاری به وسیله کد های مخصوص گزارش می شوند. (به عنوان مثال GOA5100 مربوط به معاینه دو نمای از نخاع گردنی می باشد). در حدود ۱۲۰ کد مربوط به GOA و ۱۱۰ کد مربوط به صندوق های قانون بیمه سلامت وجود دارند. هر دو کد برحسب انواع معاینات تشخیصی و یا ناحیه مورد معاینه منظم شده اند. برای ایجاد یک روش استاندارد، معاینات به طور کلی به ۱۹ طبقه تقسیم می شوند که عبارتند از: معاینات دندان، معاینات سر، شانه، قفسه سینه، شکم، لگن/هیپ، اندام های تحتانی، ستون فقرات، ماموگرافی، قسمت بالایی دستگاه گوارش، قسمت پایینی دستگاه گوارش، دستگاه ادراری، دستگاه صفراوی، تراکم سنجی استخوان، توموگرافی کامپیوتری، تصویربرداری از سرخرگها و سیاهرگ ها، روند های تداخلی و سایر معاینات تعریف نشده.

برطبق استانداردهای بین المللی، اصطلاح معاینه شامل همه کاربردهای اشعه ایکس مربوط به یک ارگان می شود که برای پاسخ به یک سوال کلینیکی با استفاده از مدالیته اشعه ایکس مورد نیاز است. برای مثال یک رادیوگرافی با دو نما از قفسه سینه همراه با پرتوبینی، یک معاینه به حساب می آید. اعداد کد کامل برای بیماران سرپایی قانون بیمه سلامت، یعنی برای حدود ۷۰ درصد کل معاینات اشعه ایکس، تهیه می شوند. برای بیماران بیمه سلامت خصوصی، فراوانی کل بر مبنی نمونه گیری تصادفی جداگانه برای بیماران بستری و سرپایی به وسیله قانون بیمه سلامت آلمان، PKV<sup>۶</sup>، تعیین شده است. اندازه نمونه ها شامل حدود ۰/۱ درصد کل

<sup>1</sup> Federal Office for Radiation Protection (BfS)

<sup>2</sup> Statutory Health Insurance (SHI)

<sup>3</sup> Private Health Insurance (PHI)

<sup>4</sup> Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM)

<sup>5</sup> Gebührenordnung für Ärzte (GOA)

<sup>6</sup> Private Krankenversicherung (PKV) (Private health insurance in Germany)

بیمه شده ها می باشد. در سال ۲۰۰۵، کاربرد های اشعه ایکس که هزینه آن توسط بیمه سلامت خصوصی پرداخت شده است، حدود ۱۵ درصد کل اقدامات تشخیصی اشعه ایکس در آلمان را شامل می شد که حدود دو سوم آن به بیماران سرپایی اختصاص دارد. تعداد کد ها برای بیماران بستری مشمول قانون بیمه سلامت باید از روی اطلاعات بیماران سرپایی برآورد شود. نسبت بیماران بستری به سرپایی برای انواع متعدد معاینات، به کمک داده های یک طرح تحقیقاتی جدید برآورد شد که فراوانی معاینات اشعه ایکس در بیمارستان های آلمان را برای سال ۲۰۰۲ برآورد کرده بود. با استفاده از این نسبت ها، فراوانی معاینات بیماران بستری از روی تعداد بیماران سرپایی برون یابی شد. به دلیل تعداد کم در گروه بیماران بستری خصوصی، تصمیم گرفته شد که از این روش برای کل بیماران بستری و نه فقط برای بیماران بستری مشمول قانون بیمه سلامت استفاده شود. حدود ۲۰ درصد کاربردهای اشعه ایکس در سال ۲۰۰۵ به مراکز بیماران بستری مشمول قانون بیمه سلامت استفاده می شود. در آلمان تخصیص واضح کد ها برای اقدامات تشخیصی اشعه ایکس معین و یا نواحی معینی از بدن و یا سیستم اعضای همیشه ممکن نیست، زیرا در شرایط خاص، کدهای یکسانی برای موارد استعمال مختلف اشعه ایکس و یا نواحی مختلف بدن استفاده می شود. برای مثال تنها کد (GOA5030) برای کاربرد های اشعه ایکس برای شانه، لگن و اندام تحتانی مورد استفاده قرار می گیرد. اخیراً یک طرح تحقیقاتی، کسر های متناسب با تخصیص نواحی مختلف بدن در این "کدهای جمع شونده" را برای بیماران بستری برآورد کرده است. این برآورد ها برای بیماران سرپایی هم مورد استفاده قرار می گیرند.

## ۲-۲- دز موثر به ازای هر معاینه و دز موثر تجمعی

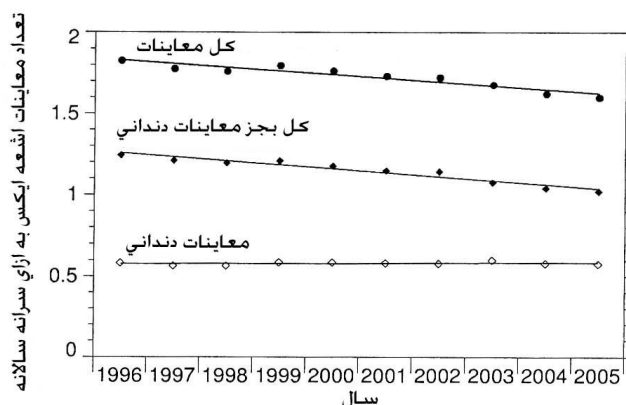
دز موثر به ازای هر یک از انواع معاینات پرتونگاری و پرتو بینی با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده و تبدیل آنها به دز موثر با استفاده از فاکتورهای تبدیلی محاسبه شده است. فاکتورهای تبدیلی با استفاده از منابع موجود و یا با استفاده از نرم افزار X-RAY DOSIMET-RG (که بر مبنای نتایج محاسبه شده مونت کارلو با فانتوم های شکل انسان انجام شده است) بدست آمده اند. کمیت های اصلی که اندازه گیری می شوند عمدتاً عبارتند از: حاصلضرب سطح-کرما،  $K_A$ ، و نیز کرمای هوا،  $K_A$ ، یا مقادیر گزارش شده برای جریان و ولتاژ تیوب. این اندازه گیری ها برای انواع معاینات متعددی در بیمارستان های انتخابی در آلمان جمع آوری شدند. برای آن دسته از معاینات که داده های اندازه گیری شده در دسترس نبودند، به بعضی از آنها مانند زمان پرتو بینی و حاصلضرب سطح-کرما در دقیقه، مقادیری بر اساس حدس نسبت داده شد. دز های موثر نماینده برای معاینات توموگرافی کامپیوتری بر مبنای نتایج یک مطالعه کشوری در سال ۱۹۹۹ برآورد شدند. این محاسبات با استفاده از نرم افزار CT-EXPO انجام شد. الگوریتم دزیمتری اجرا شده در این برنامه برای تعدادی از انواع اسکنر های توموگرافی کامپیوتری و به کمک اندازه گیری هایی توسط دزیمتر ترمولومینسانس در یک فانتوم آلدرسون شبیه انسان، اعتبارسنجی شد. دز های موثر تجمعی سالانه از فرایند های تشخیصی اشعه ایکس از حاصلضرب دز های موثر برآورد شده در هر معاینه در فراوانی سالانه نظیر آنها و جمع این مقادیر برای انواع معاینات، انجام شد. در کل دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ فرض شد که مقادیر دز برای انواع معاینات اشعه ایکس به جز برای معاینات توموگرافی کامپیوتری، ثابت بوده است. برای معاینات توموگرافی کامپیوتری نیز یک مدل در نظر گرفته شده است که از یک دز متغیر برای محاسبه پیشرفت های کلینیکی در زمینه توموگرافی کامپیوتری (به خصوص دسترسی به سیستم های توموگرافی کامپیوتری چند برشی) در کل دوره زمانی استفاده می کند.

<sup>2</sup> Kerma Area Product

### ۳- نتایج

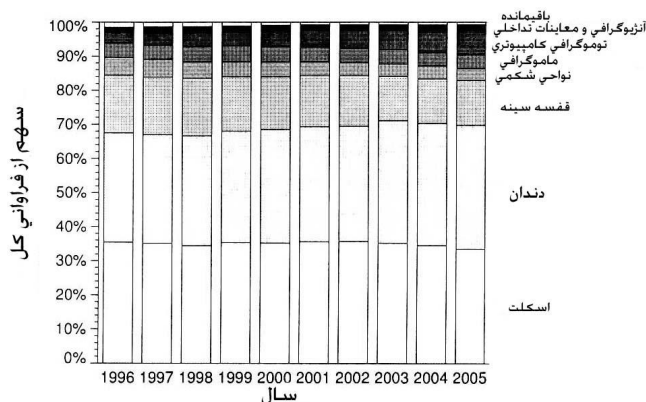
#### ۳-۱- داده های فراوانی

فراوانی معاینات اشعه ایکس به ازای هر نفر از جمعیت در آلمان در سال ۲۰۰۵ حدود ۱/۶ بوده است و روی هم رفته یک سیر نزولی در فراوانی معاینات اشعه ایکس در طی این دوره زمانی ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ مشاهده شد ( شکل ۱).



شکل ۱- تعداد معاینات پزشکی و دندان‌پزشکی و دندان‌پزشکی اشعه ایکس به ازای سرانه سالانه در آلمان برای سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵

معاینات تشخیصی اشعه ایکس دندان‌پزشکی بطور ثابت حدود یک سوم کل تعداد معاینات اشعه ایکس را به خود اختصاص می‌دهد (شکل ۲ا). جدا از معاینات اشعه ایکس دندان‌پزشکی، معاینات اشعه ایکس اسکلت (یعنی معاینات سر، شانه، ستون مهره‌ها و لگن/هیپ و اندام تحتانی) و معاینات قفسه سینه دارای بیشترین فراوانی هستند. فراوانی معاینات اشعه ایکس معمولی قفسه سینه، ستون مهره‌ها و شکم (شامل دستگاه گوارش، دستگاه صفراوی و دستگاه ادراری) و پرتونگاری سیاهرگی در حال کاهش است. در مقابل تعداد معاینات توموگرافی که حدود ۳ درصد کل فراوانی اشعه ایکس در ۱۹۹۶ و حدود ۷ درصد در سال ۲۰۰۵ را به خود اختصاص می‌دهد، رو به افزایش است (شکل ۲).

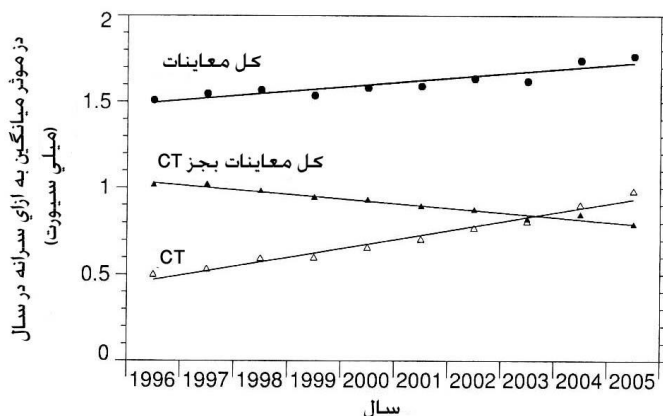


شکل ۲- سهم انواع مختلف معاینات از فراوانی کل برحسب تقویم سالانه در آلمان

#### ۳-۲- متوسط سالانه دزهای موثر سرانه

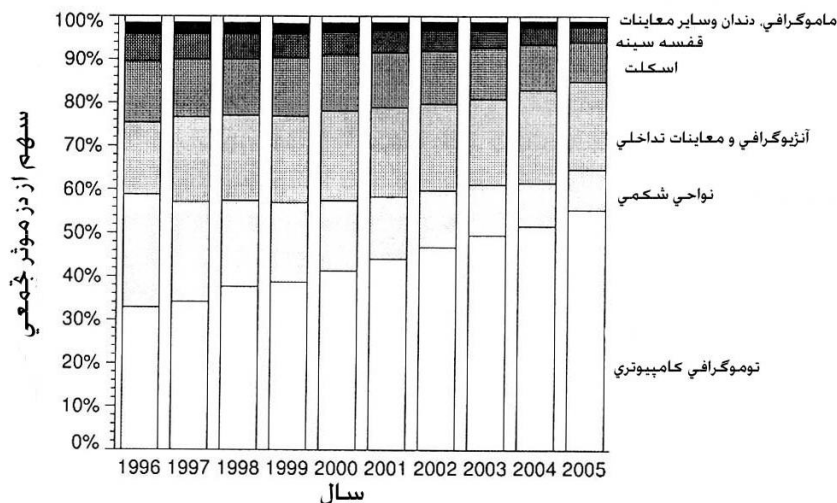
یادداشت علمی: پرتوگیری جمعیت از پرتوهای ایکس پزشکی

متوسط سالانه دزهای موثر سرانه از معاینات اشعه ایکس در آلمان از حدود ۱/۶ میلی سیورت در سال ۱۹۹۶ به حدود ۱/۸ میلی سیورت در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است که این سیر رو به رشد عمدتاً می تواند به افزایش کاربردهای توموگرافی کامپیوتری مربوط باشد (شکل ۳).



شکل ۳- میانگین دز موثر سرانه سالانه بر حسب میلی سیورت برای معاینات تشخیصی اشعه ایکس در آلمان از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵

توموگرافی کامپیوتری حدود نیمی از کل دز موثر تجمعی در سال ۲۰۰۵ را شامل می شود در حالیکه روی هم رفته حدود ۷ درصد کل کاربرد های اشعه ایکس را به خود اختصاص می دهد. (شکل ۴ و ۵)



شکل ۴- سهم انواع مختلف معاینات از دوز موثر تجمعی کل بر حسب تقویم سالانه در آلمان

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

یک روش استاندارد شده برای ارزیابی اکسپوزر جمعیت از معاینات تشخیصی اشعه ایکس در آلمان تهیه شده است تا با کمک آن بتوان یک ارزیابی ثابت در طی زمان داشت و در نتیجه بتوان روند تغییرات را تحلیل کرد. یک سیر رو به کاهش در فراوانی و یک سیر رو به افزایش در متوسط سالانه دز های موثر سرانه برای روشهای تشخیصی به کمک اشعه ایکس، در دهه ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ مشاهده می شود. این افزایش در دز سرانه در بسیاری از کشور های صنعتی می تواند مشاهده شود. این موارد بازتابی از افزایش اهمیت اقدامات تصویر برداری تشخیصی و همچنین افزایش استفاده از تکنیک های تشخیصی جدید به خصوص افزایش کاربرد توموگرافی کامپیوتری می باشد. در سال ۲۰۰۵ فراوانی معاینات اشعه ایکس به ازای هر نفر از جمعیت حدود ۱/۶ و متوسط دز موثر سرانه حدود ۱/۸ میلی سیورت است. معاینات پزشکی هسته ای سهم نسبتاً کوچکی از اکسپوزر جمعیت را در مقایسه با اشعه ایکس پزشکی به خود اختصاص می دهد. به طور متوسط، عدد سرانه سالیانه برای معاینات پزشکی هسته ای در سال حدود ۰/۰۵ است و دز موثر سرانه سالیانه حدود ۰/۱۳ میلی سیورت است.

#### ۴-۱- مقایسه بین المللی

در مقایسه با سایر کشور های صنعتی، آلمان در بالای گستره قرار گرفته است. آنسکر، کمیته علمی ملل متحد در اثرات تابش های اتمی<sup>۱</sup> معمولاً استفاده های پزشکی از پرتوهای یونساز را برای گروه کثیری از کشور ها به عنوان بخشی از یک مطالعه دائمی منابع پرتوگیری پایش کرده است. این تکان دهنده است که برآورد گزارش شده از دز های جمعیت برای اقدامات پزشکی در بین کشور های با سطوح یکسان مراقبت های سلامت، به طور گسترده تغییر می کند. هر چند تفسیر داده های آنسکر باید با احتیاط صورت گیرد. زیرا روش جمع آوری و ارزیابی نتایج در کشور های مختلف به طور اساسی متغیر است. به گونه ای که هیچ پروتوکل پذیرفته شده بین المللی برای ارزیابی پرتوگیری بیماران از روش های تصویر برداری اشعه ایکس پزشکی وجود ندارد. به این دلیل کمیسیون اروپا در پایان سال ۲۰۰۴ مطالعه ای را به منظور مرور نتایج اخیر پرتوگیری جمعیت از مصارف پزشکی اشعه ایکس آغاز کرد که به کمک آن بتوان اختلاف ها و منابع عدم قطعیت را شناخت و روش هایی برای مطالعات آینده، بنیان نهاد.

پروژه چند ملیتی (DOSE DATAMED)، با مشارکت ده کشور اروپایی آغاز شد. نتیجه اصلی این پروژه نشان داد که به راستی اختلافات زیادی در دز جمعیت از همه معاینات اشعه ایکس در میان برخی از ده کشور مورد مطالعه در این پروژه وجود دارد. برای نمونه یک اختلاف حدود چهار برابر در متوسط دز موثر در بین سه کشور، با بالاترین مقدار برآورد شده برای (بلژیک، آلمان و لوکزامبورگ) و پایین ترین مقدار برای (دانمارک، هلند و بریتانیای کبیر) مشاهده شده است. به نظر می رسد این اختلاف ها واقعی هستند و در مرتبه اول ناشی از اختلاف در سیستم های مراقبت از سلامت مورد استفاده در هر کشور می باشند. در ایالات متحده آمریکا پرتوگیری جمعیت برای کاربردهای تشخیصی اشعه ایکس حتی بالاتر از کشور های اروپایی و دز موثر سرانه تقریبی حدود ۳ میلی سیورت برآورد شده است.

#### ۴-۲- خطرات تابشی ارزیابی شده برای بیماران

<sup>۱</sup>. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR)

نگرانی هایی در رابطه با سیر رو به رشد پرتوگیری جمعیت در ایالات متحده آمریکا به دلیل افزایش استفاده از تصویر برداری پرتوشناختی در ایالات متحده بوسیله "کالج رادیولوژی آمریکا گزارش رسمی دولت در مورد دز ناشی از پرتوگیری پزشکی"<sup>1</sup> ایجاد شد که بر این اساس تصور می شود که دز تجمعی سالانه فعلی ناشی از پرتوگیری از مصارف پزشکی در ایالات متحده احتمالا ممکن است باعث یک افزایش در میزان بروز سرطان مرتبط با تصویر برداری در جمعیت آمریکا در آینده نه چندان دور باشد.

در هر صورت یک مشکل جدی ناشی از این نوع "ارزیابی خطر تابش" این است که این خطر بر مبنای برآورد دز موثر تجمعی می باشد، یعنی به این نکته توجه نمی شود که پرتوگیری های پزشکی در بین جمعیت بطور یکسان توزیع نمی شوند بلکه مقدار قابل ملاحظه ای از آن توسط گروهایی از بیماران با بیماریهای طاقت فرسا دریافت می شود. (به عنوان مثال بیماران سرطانی که امید به زندگی در آنها به طور قابل توجهی کمتر از افراد عادی و متوسط جامعه است). بنابراین یک آنالیز خطر قابل اطمینان اقدامات تصویر برداری پرتو تشخیصی، باید به گروه های بیماران مرتبط با تشخیص تفکیک شود. همچنین ارزیابی های خطر از این نظر هم دارای اهمیت هستند که احتمال یک تابش منجر به سرطان با افزایش سن در زمان پرتوگیری به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. و به خصوص این امر باید هنگام ارزیابی خطرات پرتوگیری برای بیماران که مسن تر از میانگین جمعیت هستند مورد توجه قرار بگیرد. به علاوه برآورد خطرات تابشی با استفاده از نظریه اصطلاحاً خطی بدون آستانه<sup>2</sup> استخراج شده است که بر مبنای این فرض است که افزایش در خطر و نوع سرطان با دز متناسب است. هرچند باید توجه داشت که خطرات ارزیابی شده در دز های پایین فرضی هستند. یعنی اینکه تعداد موارد افزایش سرطانی که بر اساس نظریه خطی بدون آستانه برآورد می شوند با تعداد سرطان های ایجاد شده که واقعا می توانند مشاهده شوند برابر نیست. برخلاف آنکه خطرات فرضی پرتوگیری می توانند در سال های بعد برای بیمار مزاحمت ایجاد کنند روش های تشخیصی فواید فوری برای بیماران دارند.

#### منبع

Nekolla E A, Griebel J, Brix G. Population exposure from medical X-rays in Germany: time trends-1996 to 2005. IFMBE Proceedings. 2009; 25(3):301-304.  
Federal Office for Radiation Protection, Department of Radiation Protection and Health, Neuherberg, Germany

<sup>1</sup> American College of Radiology White Paper on Radiation Dose in Medicine

<sup>2</sup> Linear Non Threshold (LNT)