



## ارزیابی میزان دز و احتمال وقوع سرطان و مرگ ناشی از آن در تصویربرداری سی‌تی اسکن کودکان

اخلاقی، پریسا

دانشگاه علوم پزشکی تبریز، دانشکده پزشکی، گروه فیزیک پزشکی

### چکیده:

تصویربرداری تشخیصی بیشترین پرتوگیری ناشی از چشمه‌های تابشی مصنوعی را دارد و نگرانی در مورد خطرپذیری آن در ایجاد سرطان افزایش یافته است. از طرفی خطرپذیری سرطان به طور خطی با افزایش دز زیاد شده و مقدار آن برای کودکان بیشتر است. هدف این پژوهش، ارزیابی احتمال وقوع سرطان و مرگ ناشی از آن در تصویربرداری سی‌تی کودکان می‌باشد. به این منظور، مقدار دز با ۱۶ فانتوم کودک محاسبه شده و با روش ارزیابی خطرپذیری BEIR، احتمال وقوع سرطان و مرگ محاسبه می‌شود. با توجه به نتایج، مقدار دز نشان‌دهنده میزان خطرپذیری نیست و استفاده از داده‌های مرجع برای تخمین ریسک تمام کودکان با سنین، جنسیت و ابعاد مختلف مناسب نمی‌باشد. کلمات کلیدی: تصویربرداری سی‌تی اسکن، دز جذبی، خطرپذیری سرطان، کودکان، شبیه‌سازی مونت کارلو

## An evaluation of dose values, cancer incidence and mortality risks in pediatric computed tomography examinations

Akhlaghi, Parisa

Department of Medical Physics, Faculty of Medicine, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

### Abstract:

Diagnostic imaging represents the greatest man-made source of radiation exposure to the population, and it increases the concerns about radiation-induced cancer risks. On the other hand, cancer risks increase linearly with dose, which have the greater values for children. The aim of this study is to evaluate cancer incidence and mortality risks in pediatric computed tomography. In this regard, organ absorbed doses are estimated for 16 pediatric phantoms and then cancer incidence and mortality risks are calculated by BEIR risk estimation models. Considering the results, only the amount of dose cannot represent risks and using the reference data for all children with anatomical discrepancies is not appropriate.

**Keywords:** Computed Tomography examinations, Absorbed dose, Radiation-induced cancer risks, Pediatric, Monte Carlo Simulations

مقدمه :



سی تی یک روش مناسب برای ارزیابی بیماری‌های گوناگون در کودکان است. در حال حاضر بین ۰ تا ۳۸٪ کودکان بیمار تحت تصویربرداری سی تی قرار می‌گیرند [۱] و تقریباً ۳۳٪ تمام تصویربرداری‌های پزشکی انجام شده روی کودکان در اولین دهه زندگی آن‌ها انجام می‌شود که حدود ۱۷٪ آن‌ها زیر ۵ سال هستند [۲]. پس از گزارش برنر و هال که بیان کردند تصویربرداری سی تی ممکن است مسئول سهم نسبتاً کوچک اما قابل توجهی در ایجاد سرطان و مرگ ناشی از آن شود، از آن زمان نگرانی‌ها و بحث در مورد امنیت آن افزایش یافته است. با توجه به این مقاله ارزیابی دوباره خطرپذیری پرتوگیری ناشی از تصویربرداری با اشعه ایکس به شدت احساس می‌شود. با توجه به این که بافت‌های حساس بدن اغلب در میدان دید اشعه ایکس تصویربرداری‌های رایج سی تی مانند قفسه سینه، شکم و لگن قرار دارند و متأسفانه بسیاری از بیماران چندین بار تحت تابش‌دهی و تصویربرداری قرار می‌گیرند، بنابراین دز جمعی سالانه بیمار افزایش می‌یابد و مسئله خطرپذیری ناشی از آن را جدی‌تر می‌کند [۳].

خطرپذیری سرطان به طور خطی با افزایش دز زیاد می‌شود تا این که در پرتوگیری‌های خیلی بالا مرگ سلولی اتفاق می‌افتد. خطرپذیری سرطان به سن و جنسیت بستگی دارد به طوری که برای زنان و افرادی که در سنین کم تحت پرتو قرار می‌گیرند خطرات پرتوگیری بیشتر است [۴]. بسیاری از اطلاعات در مورد خطرپذیری تابش و سرطان‌های ناشی از آن با مطالعه بازماندگان بمباران اتمی ژاپن در سال ۱۹۴۵ به دست آمده است. در این بررسی‌ها افزایش در خطرپذیری سرطان در بیماران/بازماندگانی که دزهای تابشی کمی دریافت کرده بودند (دز موثر بین ۵ تا ۱۵۰ mSv) مشاهده شد. میانگین دز موثر در این گروه ۴۰ mSv بود که تقریباً حدود دز ناشی از دو یا سه مرتبه تصویربرداری سی تی است [۳].

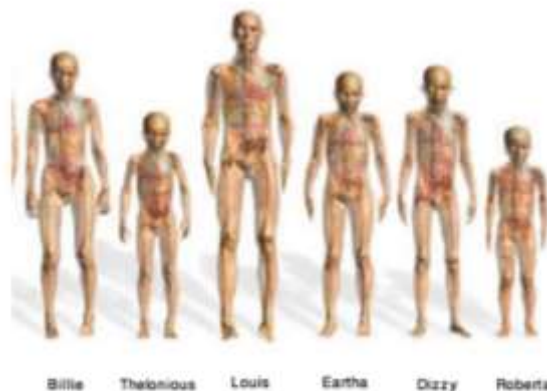
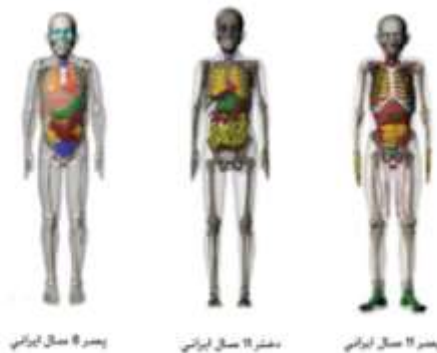
با توجه به روند افزایشی استفاده از سی تی در جمعیت خردسالان به چندین دلیل دزیمتری آن دارای اهمیت است. الف، سی تی یک چشمه بزرگ تابشی است و قسمت وسیعی از بدن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ب، ملاحظات منحصر به فردی برای کودکان وجود دارد مانند خطرپذیری بیشتر بافت‌ها مخصوصاً در دوره نوزادی [۴]، احتمال بیشتر ایجاد سرطان ناشی از تابش، و عدم تنظیم مناسب دستگاه تصویربرداری با توجه به ابعاد بدن کودکان [۵]. ج، خطرپذیری سرطان در طول عمر انسان اثری جمعی است و هر تصویربرداری سی تی سهمی در افزایش خطرپذیری ناشی از پرتوگیری در تمام عمر دارد. خطرپذیری سرطان ناشی از پرتوگیری برای افراد بالغ با کودکان یکسان نیست؛ زیرا بسیاری از سرطان‌های ناشی از تابش، مخصوصاً تومورهای بدخیم مدت زمان زیادی نهفته هستند و برای چندین دهه آشکار نمی‌شوند. لذا خطرپذیری مرگ ناشی از تابش سی تی برای کودکان که زمان بیشتری برای زندگی دارند، افزایش می‌یابد [۳].

در مطالعاتی که تاکنون برای ارزیابی خطرپذیری سرطان ناشی از تصویربرداری سی تی کودکان انجام شده است [۶-۸]، فقط به تعدادی از انواع گوناگون سرطان پرداخته شده و کودکان با سنین، جنسیت، نژاد و ابعاد مختلف در نظر گرفته نشده‌اند. بنابراین هدف این پژوهش، ارزیابی مقدار دز جذبی و احتمال وقوع سرطان

و مرگ ناشی از آن در تصویربرداری سی تی از کودکان می‌باشد. به این منظور مقدار دز جذبی در اندام‌های ۱۶ فانتوم کودک محاسبه شده و سپس با استفاده از روش ارزیابی خطرپذیری گزارش شماره ۷ کمیته بررسی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان (BEIR)، احتمال وقوع سرطان و مرگ محاسبه خواهد شد [۴].

### روش کار :

با توجه به این که آناتومی بدن بر میزان دز تابشی اثر می‌گذارد، ۱۶ فانتوم وکسل تمام بدن کودک با سنین، جنسیت، ابعاد و دو نژاد مختلف استفاده شد. این فانتوم‌ها عبارتند از: فانتوم‌های نژاد آسیایی شامل سه فانتوم کودک ساخته شده از تصاویر سی تی ایرانی (پسر ۸ سال، پسر ۱۱ سال و دختر ۱۱ سال) [۹]، و نژاد اروپایی شامل BABY (نوزاد ۸ هفته)، CHILD (دختر ۷ سال)، Roberta (دختر ۵ سال)، Theloniou (پسر ۶ سال)، Eartha (دختر ۸ سال)، Dizzy (پسر ۸ سال)، Billie (دختر ۱۱ سال)، Louis (پسر ۱۴ سال)، پنج فانتوم کودک ساخته شده در دانشگاه فلوریدا (UF) (پسر ۹ ماهه، دختر ۴ سال، دختر ۸ سال، پسر ۱۱ سال و پسر ۱۴ سال) [۱۰]. در شکل ۱ تعدادی از فانتوم‌های کودک نمایش داده شده است.



شکل شماره (۱) تصاویر تعدادی از فانتوم‌های وکسل کودک



تصویربرداری سی تی در هر فانتوم مطابق روش گزارش شده توسط خورشید و همکاران [۱۱]، با پرتودهی مجموعه‌ای از برش‌های پیوسته با ضخامت ۱ cm توسط اشعه ایکس گسیلی از چشمه‌هایی روی دایره‌ای اطراف فانتوم شبیه‌سازی شد و با مقایسه نتایج گزارش شده با دیگران مدل تایید شد [۱۰]. سپس مقدار دز جذبی اندام‌ها در تصویربرداری تنه در ولتاژ ۱۲۰ kVp و جریان تیوب-ثانیه ۲۰۰ mAs محاسبه شد. دز جذبی با استفاده از تالی F6 در کد MCNPX محاسبه شد. کمیته بررسی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان (BEIR) تخمین‌هایی برای ارزیابی احتمال وقوع سرطان خون و همچنین اندام‌های مختلف ناشی از اشعه ایکس را ارائه می‌دهد. این تخمین‌ها برای دزهای تا ۱۰۰ mSv از پرتوهای با انتقال انرژی خطی پایین (low-LET) برای گروه‌های سنی گزارش شدند. برای سنین مختلف نیز می‌توان از درونیابی خطی در تخمین ریسک استفاده کرد. که شکل استاندارد درونیابی خطی  $y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1)$  می‌باشد که  $y$  ریسک وقوع یا مرگ ناشی از سرطان در سن مورد نظر  $x$ ،  $y_1$  ریسک در سن  $x_1$  و  $y_2$  ریسک در سن  $x_2$  می‌باشند.

### نتایج :

نتایج محاسبات دز جذبی در ولتاژ ۱۲۰ kVp برای تصویربرداری تنه در جدول ۱ نمایش داده شده است. در این جدول فانتوم‌ها به ترتیب سن مرتب شدند و برای نمایش تمام داده‌ها ۱ تا ۱۶ نامگذاری شدند که به ترتیب: BABY, UF, ۹ ماهه, UF, ۴ ساله, Roberta, Thelonious, CHILD, UF, ۸ ساله, Eartha, Dizzy, ۸ سال ایرانی, UF, ۱۱ ساله, Billie, پسر ۱۱ سال ایرانی, دختر ۱۱ سال ایرانی, UF, ۱۴ ساله و Loius می‌باشند.

جدول شماره (۱) مقادیر دز جذبی برح سب mGy برای ۱۶ فانتوم و کسل کودک به ازای ولتاژ ۱۲۰ kVp و جریان-ثانیه ۲۰۰ mAs

اندام	فانتوم															
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
معهده	۲۰٫۶	۱۹٫۰	۱۸٫۰	۱۷٫۶	۱۷٫۰	۱۷٫۷	۱۸٫۵	۱۶٫۹	۱۷٫۷	۱۷٫۷	۱۶٫۶	۱۶٫۶	۱۷٫۴	۱۶٫۹	۱۵٫۵	۱۶٫۱
روده بزرگ	۲۰٫۰	۱۹٫۵	۱۹٫۲	۱۷٫۷	۱۷٫۲	۱۷٫۵	۱۷٫۹	۱۷٫۲	۱۶٫۳	۱۸٫۶	۱۷٫۱	۱۶٫۰	۱۷٫۷	۱۷٫۵	۱۶٫۱	۱۵٫۶
کبد	۲۱٫۰	۱۹٫۵	۱۸٫۳	۱۷٫۲	۱۷٫۲	۱۷٫۸	۱۸٫۰	۱۷٫۳	۱۷٫۹	۱۷٫۹	۱۶٫۸	۱۶٫۷	۱۷٫۸	۱۷٫۶	۱۶٫۰	۱۶٫۶
ریه	۲۰٫۲	۱۸٫۹	۱۷٫۹	۱۷٫۵	۱۶٫۴	۱۷٫۶	۱۶٫۲	۱۷٫۵	۱۷٫۳	۱۶٫۷	۱۵٫۳	۱۵٫۳	۱۷٫۴	۱۷٫۵	۱۷٫۳	۱۴٫۹
پروستات/ رحم	۲۰٫۰	۱۵٫۵	۱۶٫۷	۱۴٫۹	۱۳٫۰	۱۴٫۸	۱۴٫۹	۱۴٫۰	۵٫۶	۱۴٫۰	۱۳٫۴	۱۱٫۵	۱۳٫۰	۱۲٫۳	۱۲٫۰	۱۱٫۷
تخمندان	۲۱٫۸	-	۱۷٫۲	۱۶٫۳	-	۱۶٫۶	۱۵٫۴	۱۴٫۲	-	-	-	۱۲٫۳	-	۱۳٫۶	-	-
مثانه	۲۲٫۰	۱۹٫۱	۱۸٫۱	۱۶٫۹	۱۵٫۷	۱۶٫۶	۱۵٫۱	۱۴٫۴	۱۴٫۵	۱۸٫۲	۱۵٫۶	۱۳٫۲	۱۵٫۷	۱۴٫۷	۱۵٫۲	۱۴٫۵
تیروئید	۴٫۰	۶٫۱	۵٫۶	-	-	۴٫۹	۶٫۲	-	-	۴٫۶	۱۴٫۵	۳٫۵	۵٫۵	۴٫۰	۱۳٫۲	۲٫۷
مغز استخوان	۹٫۵	۸٫۸	۸٫۴	۴٫۷	۰٫۳	۷٫۳	۸٫۷	۴٫۲	۴٫۷	۹٫۱	۸٫۲	۱٫۷	۱۰٫۲	۹٫۴	۷٫۴	۲٫۷



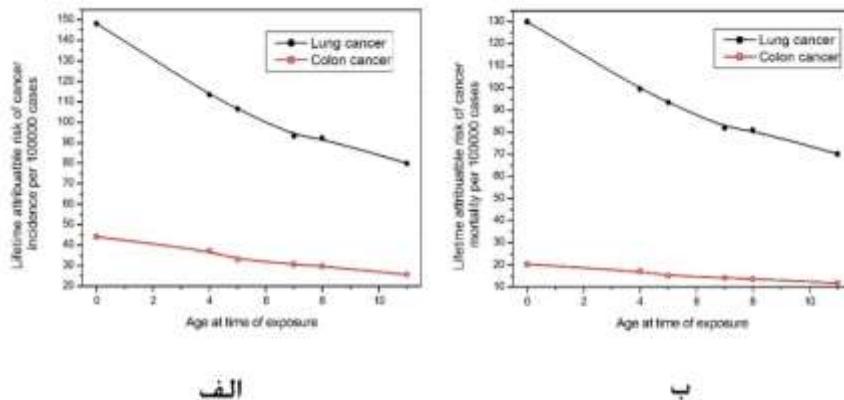
در جدول ۲ احتمال وقوع سرطان در طول عمر فرد پرتوگیری کرده برای اندام‌های موجود در جدول ۱ با توجه به داده‌های موجود در گزارش شماره ۷ کمیته بررسی اثرات بیولوژیکی پرتوهای یونیزان نمایش داده شده است. با توجه به جدول ۱ و ۲، دختر ۷ ساله CHILD دز ۱۷/۵۲ mGy در روده بزرگ دریافت می‌کند. در گزارش BEIR در جدول شماره 12D-1، احتمال تشخیص سرطان روده بزرگ به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر برای دختری که دز ۱۰۰ mGy در سن ۵ سالگی دریافت می‌کند برابر ۱۸۷ و برای دختر ۱۰ ساله ۱۵۸ می‌باشد. برای محاسبه ریسک سرطان برای دختر ۷ ساله از درونبایی خطی استفاده شد. یعنی  $y = \frac{158-187}{10-5}(7-5) + 187 = 175.4$  که مقدار ریسک در سن ۷ سالگی در دز ۱۰۰ mGy می‌باشد. به همین ترتیب احتمال وقوع سرطان برای دز ۱۷/۵۲ mGy برابر خواهد بود با:  $(17.52/100) \times 175.4 = 30.73$ .

احتمال مرگ ناشی از سرطان در جدول شماره 12D-2 از گزارش BEIR قرار گرفته است که با استفاده از روش درونبایی خطی ذکر شده در بالا، احتمال مرگ ناشی از سرطان در دزهای مختلف و در سنین مختلف محاسبه می‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رود، احتمال مرگ ناشی از سرطان در هر اندام کمتر از احتمال وقوع سرطان است و بالاترین خطرپذیری مربوط به ریه می‌باشد. از طرف دیگر احتمال سرطان برای فانتوم‌های با سنین یکسان هم متفاوت است.

شکل ۲ (الف و ب) به ترتیب احتمال وقوع سرطان ریه و روده بزرگ و مرگ ناشی از آن‌ها به ازای ۱۰۰۰۰۰ نفر برای سنین مختلف در تصویربرداری تنه کودکان در ولتاژ ۱۲۰ kVp و جریان ۲۰۰ mAs را نشان می‌دهند. این داده‌ها میانگین‌گیری شده از داده‌های فانتوم‌های با سن یکسان می‌باشند.

جدول شماره (۲) احتمال وقوع سرطان به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر در تصویربرداری تنه

فانتوم																محل سرطان
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۷۷	۷۴	۱۱۸	۹۳	۱۱۶	۸۹	۱۰۴	۱۰۴	۱۳۱	۱۴۳	۱۴۲	۱۰۷	۱۵۰	۱۵۹	۱۴۱	۲۰۸	معده
۳۳۱	۳۴۱	۲۶۸	۴۱۳	۲۴۵	۳۹۹	۴۸۱	۴۲۲	۲۹۱	۳۰۳	۳۰۷	۴۷۶	۳۳۰	۳۷۱	۶۳۹	۴۴۰	روده بزرگ
۶۲	۶۰	۳۴	۷۴	۳۲	۷۰	۸۲	۸۲	۳۷	۳۸	۳۹	۸۴	۴۲	۴۴	۱۱۶	۵۹	کبد
۲۸۰	۳۲۳	۸۵۳	۳۶۳	۷۴۶	۳۴۹	۴۰۴	۴۱۰	۸۸۲	۹۶۲	۹۳۳	۴۱۴	۱۰۶۵	۱۱۳۴	۵۸۰	۱۴۸۱	ریه
۶۹	۷۱	۴۳	۸۴	۴۰	۸۷	۱۰۱	۴۱	۵۴	۵۷	۵۹	۱۰۱	۶۳	۷۳	۱۴۱	۱۰۰	پروستات / رحم
-	-	۹۶	-	۸۷	-	-	-	۱۱۱	۱۲۱	۱۳۵	-	۱۴۲	۱۵۶	-	۲۲۷	تخمندان
۱۹۱	۲۰۱	۲۱۶	۲۲۸	۱۹۵	۲۲۷	۲۹۲	۲۳۴	۲۳۵	۲۴۶	۲۸۰	۲۷۰	۳۰۴	۳۳۸	۳۹۰	۴۶۶	مثانه
۱۰	۴۸	۱۸۳	۲۶	۱۵۸	۶۸	۲۸	-	-	۲۹۸	۲۲۴	-	-	۲۶۰	۶۷	۲۵۱	تیروئید
۲۹	۸۰	۷۹	۱۱۹	۱۴	۹۶	۱۲۰	۶۲	۴۱	۸۴	۷۴	۰۵	۵۲	۱۰۶	۱۹۷	۱۷۶	مغز استخوان



شکل شماره (۲) الف) احتمال وقوع سرطان ریه و روده بزرگ و ب) مرگ ناشی از این دو سرطان به ازای ۱۰۰۰۰۰ نفر برای سنین مختلف در تصویربرداری تنه کودکان

### بحث و نتیجه‌گیری :

در این بررسی تلاش شد تا احتمال وقوع سرطان و مرگ ناشی از آن در اثر پرتودهی با دستگاه سی تی اسکن برای کودکان سنین مختلف محاسبه شود. برای محاسبه خطرپذیری برای اندام‌های مختلف از داده‌های گزارش شده در نسخه شماره ۷ مجله BEIR استفاده شد. با در نظر گرفتن این نکته که کودکان به طور متوسط عمر بیشتری در مقابل خود دارند تا اثرات منفی تابش را نشان دهند و سلول‌های جوان آن‌ها نسبت به تابش حساس‌تر می‌باشد، بالاتر بودن مقدار ریسک برای سنین پایین‌تر در شکل ۲ توجیه می‌شود. با توجه به نتایج این بررسی فقط یک پارامتر دز نمی‌تواند نمایش‌دهنده احتمال سرطان باشد؛ بلکه نوع سرطان، سن، و جنسیت در مقدار آن موثر هستند. به عنوان مثال با توجه به شکل ۲ و جدول ۱ و ۲، مقدار دز روده بزرگ از مقدار دز ریه در برخی موارد بیشتر است اما احتمال سرطان برای آن کمتر است. از طرف دیگر، با افزایش سن، خطرپذیری سرطان ریه با شدت بیشتری کاهش می‌یابد. می‌توان گفت که علی‌رغم وجود داده‌های دز برای سنین مختلف، کتابخانه خطرپذیری وقوع و مرگ سرطان برای سنین، جنسیت، نوع سرطان در شرایط مختلف پرتودهی پزشکی و محیطی لازم است. با توجه به سطح پایین خطرپذیری برای هر بیمار، فواید یک تصویربرداری مناسب همیشه از مضرات آن بیشتر است؛ با این حال ریسک جمعی موضوع دیگری است. برای محاسبه ریسک تجمعی برای جمعی از کودکان، مقدار احتمال فردی در تعداد کودکان ضرب شده که نتایج آن نگران‌کننده است. این داده‌ها بر اندازه‌گیری بهتر خطرپذیری تاکید دارند و از آنجایی که سی تی بین ۲۰٪ تا ۷۰٪ تصویربرداری‌های پزشکی را شامل می‌شود [۱۲] و حدود یک سوم آن‌ها توجه پذیر نیستند [۳]، توجه به مسئله کاهش دز و حذف تصویربرداری‌های غیرضروری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مراجع :



1. Muhogora, W.E., et al., Pediatric CT examinations in 19 developing countries: frequency and radiation dose. *Radiat. Prot. Dosim.*, 2010. 140: p. 49-58.
2. Ghita, M., Computer simulations to estimate organ doses from clinically validated cardiac, neuro, and pediatric protocol for multiple detectors computed tomography scanners. PhD thesis at University of Florida. 2009. p. 16-25.
3. Brenner, D.J., and Hall E.J., Current concepts - Computed tomography – an increasing source of radiation exposure. *N. Engl. J. Med.*, 2007. 357: p. 2277-2284.
4. Committee on the Biological effects of Ionizing Radiation, BEIR VII Phase 2: Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation. 2005, Washington: The national academies press.
5. Huda, W., Scalzetti E.M., and Roskopf M., Effective doses to patients undergoing thoracic computed tomography examinations. *Med. Phys.*, 2000. 27: p. 838-844.
6. Brenner, D.J., et al., Estimated risks of radiation- induced fatal cancer from pediatric CT. *Am. J. Roentgenol.*, 2001. 176: p. 289-296.
7. Galanski, M., Nagel H.D., and Stamm G., Pediatric CT exposure practice in the federal republic of Germany. Results of a Nation-wide survey in 2005/06. 2006. p. 1-25. Available at: [http://sasrad.com/data/documents/Report\\_German\\_Paed-CT-Survey\\_2005\\_06.pdf](http://sasrad.com/data/documents/Report_German_Paed-CT-Survey_2005_06.pdf)
8. Paterson, A., and Frush D.P., Dose reduction in pediatric MDCT: general principles. *Clin. Radiol.*, 2007. 62: p. 507-517.
9. Akhlaghi, P., Miri-Hakimabad, H., and Rafat-Motavalli, L., Dose estimations in Iranian 11-year-old pediatric phantoms undergoing computed tomography examinations. *J. Rad. Res.*, 2015. 56: p. 646- 655.
10. Akhlaghi, P., Miri-Hakimabad, H., and Rafat-Motavalli, L., Dose estimation in reference and non-reference pediatric patients undergoing computed tomography examinations: A Monte Carlo study. *Radioprotection*, 2015. 11: p. 43-54.
11. Khursheed, A., Hillier, M.C., Shrimpton, P.C., and Wall, B.F., Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *Brit. J. Radiol.*, 2002. 75: p. 819-830.
12. UNSCEAR2008 report. Report of the United Nations Scientific committee on the effects of atomic radiation. Volume I, Annex A: medical radiation exposures. United Nations publication, 2008.