

ارزیابی کیفیت تصویر، دز ارگان‌ها، دز مؤثر و ریسک سرطان‌زایی در آزمون سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان

محبوبه کیانی^۱، جلال باقری^۲، علی چاپاریان^۳

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: افزایش فراوانی سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه در کودکان، نگرانی‌هایی را به دلیل خطرات سرطان مرتبط با آن ایجاد کرده است. هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی کیفیت تصویر، دز ارگان‌ها، دز مؤثر و ریسک سرطان‌زایی در آزمون سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان بود.

روش‌ها: این مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی از نوع مقطعی است که بر روی ۱۲۸ نفر از کودکان زیر ۱۵ سال (۵۲ دختر و ۷۶ پسر) که تحت سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه بدون کنتراست قرار گرفته بودند، انجام شد. بیماران در چهار گروه سنی ≥ 1 ، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵ و ۱۵-۱۰ سال طبقه‌بندی شدند. برای محاسبه‌ی دز ارگان‌ها از نرم‌افزار ImpactDose استفاده شد و مقادیر REID طبق گزارش BEIR VII برآورد گردید. همچنین، معیارهای کیفیت تصویر شامل نویز، نسبت سیگنال به نویز SNR (Signal-to-noise ratio) و نسبت کنتراست به نویز CNR (Contrast-to-noise ratio) نیز مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: میانگین مقادیر REID در آزمون سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان ۱۲۹/۴۳ در هر ۱۰۰۰۰۰ زن و ۴۹/۵۹ در هر ۱۰۰۰۰۰ مرد بود. مقادیر REID با افزایش سن بیماران کاهش یافت و برای دختران بیشتر از پسران بود. مقادیر SNR مربوط به آنورت نزولی، چربی زیرجلدی و عضله به ترتیب برابر با ۱۲/۱۴ و ۵/۴۲ بود. همچنین مقادیر آنورت-چربی CNR و عضله-چربی CNR به ترتیب برابر با ۱۵/۴۱ و ۱۷/۵۳ بود.

نتیجه‌گیری: سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه در کودکان با افزایش ریسک بالقوه‌ی سرطان همراه است. بنابراین، سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه در کودکان، فقط باید در صورتی درخواست شود که مزایای تشخیصی آن بیشتر از خطرات ناشی از تابش باشد.

واژگان کلیدی: سی‌تی‌اسکن؛ قفسه‌ی سینه؛ کودکان؛ دز تابشی؛ سرطان‌زایی

ارجاع: کیانی محبوبه، باقری جلال، چاپاریان علی. ارزیابی کیفیت تصویر، دز ارگان‌ها، دز مؤثر و ریسک سرطان‌زایی در آزمون سی‌تی‌اسکن

قفسه‌ی سینه‌ی کودکان. مجله دانشکده پزشکی اصفهان ۱۴۰۱؛ ۴۰ (۶۹۹): ۱۰۳۶-۱۰۲۹

پرتوهای یونیزان و خطرات سرطان‌زایی مرتبط با آن، بزرگ‌ترین نقطه ضعف CT می‌باشد (۲). کودکان به دلیل داشتن بافت‌های حساس‌تر نسبت به تشعشع و همچنین امید به زندگی بیشتر، برای بروز اثرات سرطان‌زایی ناشی از تابش، نسبت به بزرگسالان در معرض خطر بیش‌تری قرار دارند. از طرفی آزمون‌های CT قفسه‌ی سینه، بخش بزرگی از آزمون‌های CT اطفال را تشکیل می‌دهند (۳). اگرچه دز مؤثر، معیار رایجی جهت مقایسه‌ی اثرات ناشی از تابش بین روش‌های مختلف تصویربرداری پزشکی می‌باشد، با این حال

مقدمه

تصویربرداری سی‌تی‌اسکن (Computed tomography scan) CT ابزار تشخیصی ارزشمندی است که نقش ویژه‌ای در تشخیص سریع و مدیریت بهینه‌ی آسیب‌های قفسه‌ی سینه ایفا می‌کند (۱). پیشرفت‌های فنی صورت گرفته در اسکنرهای مولتی اسلایس (Multi-slice CT scanner) طی دهه‌های اخیر موجب افزایش وضوح فضایی و سرعت تصویربرداری CT شده است؛ این مزایا کاربردهای تشخیصی CT را افزایش داده است. با این حال استفاده از

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری تصویربرداری پزشکی، کمیته‌ی تحقیقات دانشکده‌ی پیراپزشکی، دانشکده‌ی پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- کارشناس رادیولوژی، بیمارستان امام حسین(ع)، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

۳- استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

نویسنده‌ی مسؤؤل: علی چاپاریان؛ استاد، گروه فیزیک پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

Email: ali_chaparian@yahoo.com

جریان تیوب، ولتاژ تیوب، تعداد ردیف‌های آشکارساز، زمان چرخش گانتری، فاکتور پیچ، محدوده‌ی اسکن و ضخامت اسلایس) و شاخص‌های دز CT شامل ضریب حجمی شاخص دز در سی‌تی (volume computed tomography dose index یا $CTDI_{vol}$) و حاصل ضرب دز در واحد طول (Dose length product) DLP برای هر یک از بیماران جمع‌آوری و ثبت گردید. همچنین قطر قدامی - خلفی و قطر طرفی قفسه‌ی سینه‌ی بیماران نیز از روی تصاویر توپوگرام رخ و نیم‌رخ قفسه‌ی سینه‌ی هر بیمار اندازه‌گیری شد. شرایط تابش و پارامترهای اسکن برای همه‌ی گروه‌های سنی مختلف این مطالعه در جدول ۱ خلاصه شده است. صحت شاخص‌های دز ($CTDI_{vol}$ و DLP) نمایش داده شده بر روی صفحات گزارش دز با استفاده از فانتوم (Polymethylmethacrylate) PMMA و دزیتر قلمی تأیید گردید (۱۳).

محاسبه‌ی دز ارگان‌ها و دز مؤثر: دز ارگان‌ها و دز مؤثر برای هر بیمار توسط برنامه‌ی محاسباتی ImpactDose (version 2.2, vamp GmbH, Erlangen, Germany) و با استفاده از پارامترهای اسکن هر بیمار محاسبه گردید. روش محاسبه در این برنامه بر اساس شبیه‌سازی مونت کارلو می‌باشد. دز مؤثر نیز بر پایه‌ی جمع وزنی دز ارگان‌های محاسبه شده توسط برنامه طبق فرمول زیر محاسبه شد.

$$E = \sum H_T \cdot W_T \quad (1)$$

در این فرمول، W_T نشان‌دهنده‌ی فاکتور وزنی هر بافت می‌باشد که میزان حساسیت آن بافت به پرتو را نشان می‌دهد. در این مطالعه محاسبه‌ی دز مؤثر بر اساس فاکتورهای وزنی بافت منتشر شده در گزارش ۱۰۳ کمیسیون بین‌المللی حفاظت رادیولوژی (International Commission on Radiological Protection) انجام شد (۱۴). H_T نیز دز جذبی ارگان‌های مختلف را نشان می‌دهد که توسط برنامه‌ی ImpactDose محاسبه شد. دقت محاسبه‌ی دز ارگان‌ها توسط برنامه‌ی ImpactDose در تحقیقات قبلی اعتبارسنجی و تأیید شده است (۱۵، ۱۶).

مطالعات بسیاری، استفاده از دز مؤثر را به منظور تخمین ریسک فردی ناشی از تابش در جمعیت مورد مطالعه مورد انتقاد قرار داده (۴-۶) و توصیه کرده‌اند که به جای دز مؤثر از مدل‌های ریسک سرطان وابسته به سن و جنس ارائه شده در گزارش هفتم کمیته‌ی BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation) (۷) برای تخمین ریسک سرطان در جمعیت استفاده شود.

تاکنون دز تابشی و ریسک سرطان ناشی از CT قفسه‌ی سینه در چندین مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است، اما از نظر مواردی همچون روش‌های محاسبه‌ی دز ارگان‌ها، دز مؤثر، ریسک سرطان ناشی از تشعشع و همچنین مدل دستگاه CT دارای تفاوت‌هایی بودند (۳، ۸-۱۰). از طرفی با توجه به وجود رابطه‌ی بسیار نزدیک بین دز تابشی و کیفیت تصویر، شایسته است که ارزیابی دز ارگان‌ها و ریسک سرطان مرتبط با CT با ارائه‌ی اطلاعات مربوط به کیفیت تصویر همراه باشد (۱۱، ۱۲). با این وجود تا به امروز در هیچ مطالعه‌ای این سه پارامتر دز تابشی، ریسک سرطان مرتبط با اشعه و کیفیت تصویر در CT قفسه‌ی سینه به طور همزمان مورد ارزیابی قرار نگرفته‌اند. بنابراین هدف از مطالعه‌ی حاضر، ارزیابی کیفیت تصویر، دز ارگان‌ها، دز مؤثر و ریسک سرطان مرتبط با تشعشع در آزمون‌های CT قفسه‌ی سینه‌ی کودکان می‌باشد.

روش‌ها

این مطالعه‌ی توصیفی-تحلیلی از نوع مقطعی، بر روی ۱۲۸ نفر از بیماران زیر ۱۵ سال (۵۲ دختر و ۷۶ پسر) که در فاصله‌ی بهمن‌ماه ۱۴۰۰ تا آبان‌ماه ۱۴۰۱ به بخش CT بیمارستان تخصصی کودکان امام حسین (ع) اصفهان مراجعه کرده و تحت CT قفسه بدون کنتراست قرار گرفته بودند، انجام شد. بیماران در ۴ گروه سنی ≥ 1 ، ۱-۵، ۵-۱۰ و ۱۰-۱۵ سال طبقه‌بندی شدند.

جمع‌آوری داده‌ها: تمامی اسکن‌ها با استفاده از دستگاه ۱۶ اسلایس جنرال الکتریک (Optima CT540, GE Healthcare) با استفاده از مد اسپیرال انجام گرفت. به منظور محاسبه‌ی دز ارگان‌های بیماران، اطلاعاتی از جمله سن و جنسیت بیماران، پارامترهای اسکن

جدول ۱. میانگین و انحراف استاندارد مقادیر پارامترهای اسکن به تفکیک گروه‌های سنی بیماران

سن بیماران (سال)	ولتاژ تیوب (کیلوولت)	جریان تیوب (میلی آمپر)	زمان چرخش گانتری (ثانیه)	فاکتور پیچ	ضخامت برش (میلی متر)	کولیماسیون (دکتور میلی متر)
کل بیماران	۱۱۸/۹۱ ± ۴/۵۷	۱۱۲/۹۶ ± ۳۴/۷۹	۰/۶۳ ± ۰/۰۹	۱/۱۵ ± ۰/۲۲	۱/۲۵	۱۶×۱/۲۵
≤ ۱	۱۱۷/۰۰ ± ۷/۲۳	۸۹/۴۵ ± ۲۰/۴۴	۰/۶۷ ± ۰/۰۸	۰/۹۶ ± ۰/۱۰	۱/۲۵	۱۶×۱/۲۵
(۲-۵)	۱۱۹/۵۷ ± ۲/۹۲	۹۹/۹۴ ± ۱۹/۸۲	۰/۶۵ ± ۰/۰۹	۱/۱۲ ± ۰/۲۲	۱/۲۵	۱۶×۱/۲۵
(۵-۱۰)	۱۲۰/۰۰ ± ۰/۰	۱۴۷/۴۵ ± ۳۶/۱۶	۰/۵۷ ± ۰/۰۹	۱/۳۵ ± ۰/۰۹	۱/۲۵	۱۶×۱/۲۵
(۱۰-۱۵)	۱۲۰/۰۰ ± ۰/۰	۱۵۴/۷۴ ± ۱۱/۶۰	۰/۵۸ ± ۰/۰۴	۱/۳۷ ± ۰/۰۰۲	۱/۲۵	۱۶×۱/۲۵

$$CNR = \frac{\text{Mean}_{\text{آنورت نزولی}} - \text{Mean}_{\text{چربی}}}{SD_{\text{چربی}}} \quad (4)$$

آنالیز آماری: آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزارهای SPSS نسخه‌ی ۲۶ (version 26, IBM Corporation, Armonk, NY) و اکسل انجام شد. جهت ارزیابی و تأیید نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. برای مقایسه‌ی میانگین متغیرهای دارای توزیع نرمال بین دو جنسیت از آزمون t مستقل (Independent Samples T-test) و برای سایر متغیرها از آزمون Mann-Whitney استفاده گردید. جهت ارزیابی اختلاف معنی‌دار بین میانگین گروه‌های سنی مختلف برای متغیرهای دارای توزیع نرمال از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) و برای سایر داده‌ها از آزمون Kruskal-Wallis استفاده شد. سنجش میزان همبستگی و ارتباط بین دو متغیر مانند رابطه‌ی بین دز مؤثر و سن بیماران و یا رابطه‌ی بین مقادیر REID و سن بیماران نیز با استفاده از ضریب همبستگی Pearson انجام گرفت. مقدار $P < 0/05$ از نظر آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این مطالعه، تعداد ۱۲۸ بیمار (۵۲ دختر و ۷۶ پسر) مورد بررسی قرار گرفتند که میانگین سنی دختران $3/8 \pm 4/2$ و میانگین سنی پسران $4/43 \pm 4/95$ سال بود. میانگین قطر قدامی-خلفی و قطر طرفی قفسه سینه برای دختران به ترتیب $3/58 \pm 14/34$ و $5/99 \pm 21/31$ و برای پسران به ترتیب $4/67 \pm 14/85$ و $6/55 \pm 22/33$ بود.

نتایج مربوط به دز ارگان‌ها و دز مؤثر بیماران: مقادیر مربوط به شاخص‌های دز شامل CT (mGy) و $CTDI_{vol}$ (mGy) و DLP (mGy.cm) و همچنین میانگین دزهای مؤثر (mSv) محاسبه شده به تفکیک گروه‌های سنی، در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده، میانگین دز مؤثر در همه‌ی گروه‌های سنی، برای دختران بیشتر از پسران بود.

تخمین ریسک سرطان: در این مطالعه جهت تخمین ریسک سرطان کشنده‌ی ناشی از تابش (Risk of exposure-induced cancer death) REID از برنامه‌ی PCXMC استفاده گردید. تخمین ریسک سرطان مرتبط با تشعشع در این برنامه بر پایه‌ی مدل‌های ریسک سرطان ارائه شده در گزارش هفتم کمیته‌ی BEIR انجام می‌شود. دز ارگان‌های محاسبه شده توسط ImpactDose، به عنوان فایل ورودی به همراه سن و جنسیت بیماران در این برنامه وارد شدند و در نهایت REID برای هر بیمار برآورد گردید. توضیحات بیشتر در مورد نحوه‌ی محاسبه‌ی REID در برنامه‌ی PCXMC در تحقیقات موجود است (۱۷).

ارزیابی کیفیت تصویر: ارزیابی کیفیت تصویر در این مطالعه با اندازه‌گیری پارامترهای نویز تصویر، نسبت سیگنال به نویز (SNR) (Signal to noise ratio) و نسبت کنتراست به نویز (CNR) (Contrast to noise ratio) انجام گرفت. پارامترهای مورد نظر جهت ارزیابی کیفیت تصویر در کلیه‌ی تصاویر در سطح کارینای تراشه و در پنجره‌ی مدیاستن بررسی گردیدند. سه چربی زیرجلدی، عضله‌ی پشتی (Back muscle) و آنورت نزولی قرار گرفتند و مقادیر میانگین و انحراف استاندارد اعداد سی‌تی در هر ناحیه اندازه‌گیری شد. مقادیر انحراف استاندارد برای اعداد سی‌تی، معرف میزان نویز در ناحیه‌ی مورد نظر بود. SNR چربی زیرجلدی، عضلات پشتی و همچنین آنورت نزولی با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$SNR = \frac{\text{Mean}_{\text{ناحیه مورد نظر}}}{SD_{\text{ناحیه مورد نظر}}} \quad (2)$$

نسبت کنتراست به نویز نیز طبق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$CNR = \frac{\text{Mean}_{\text{عضله پشتی}} - \text{Mean}_{\text{چربی}}}{SD_{\text{عضله پشتی - چربی}}} \quad (3)$$

جدول ۲. میانگین و انحراف استاندارد مقادیر شاخص‌های دز CT و دز مؤثر بیماران به تفکیک گروه‌های سنی

سن بیماران (سال)	$CTDI_{vol}$ (میلی گری)		DLP (میلی گری × سانتی متر)		دز مؤثر (میلی سیورت)	
	دختران	پسران	دختران	پسران	دختران	پسران
کل بیماران	$5/00 \pm 1/09$	$4/93 \pm 1/43$	$108/47 \pm 33/67$	$109/75 \pm 45/34$	$5/13 \pm 1/47$	$3/60 \pm 1/19$
≤ 1	$5/09 \pm 1/27$	$4/31 \pm 1/73$	$88/87 \pm 27/78$	$74/43 \pm 35/42$	$6/21 \pm 1/46$	$3/89 \pm 1/42$
(۲-۵)	$4/91 \pm 1/10$	$4/57 \pm 1/42$	$105/09 \pm 22/84$	$94/64 \pm 29/13$	$5/06 \pm 1/20$	$3/70 \pm 1/31$
(۵-۱۰)	$4/61 \pm 0/90$	$5/77 \pm 0/49$	$112/06 \pm 24/65$	$138/00 \pm 17/22$	$4/40 \pm 0/98$	$3/72 \pm 0/56$
(۱۰-۱۵)	$5/80 \pm 0/0$	$5/80 \pm 0/11$	$177/70 \pm 12/73$	$169/41 \pm 17/77$	$3/33 \pm 0/67$	$2/80 \pm 0/65$

$CTDI_{vol}$: Computed tomography dose index_{vol}; DLP: Dose length product

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد مقادیر ریسک سرطان (REID) در هر ۱۰۰۰۰۰ بیمار در معرض اشعه به تفکیک جنسیت

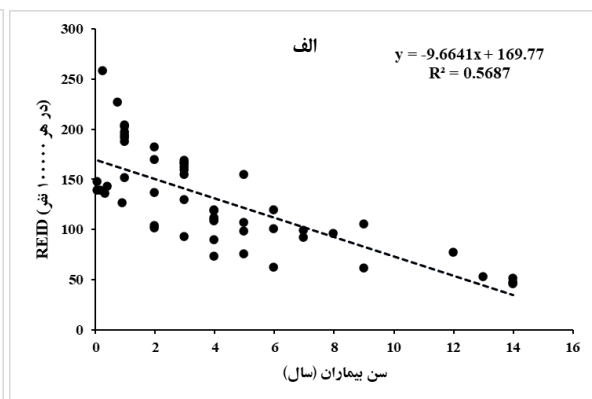
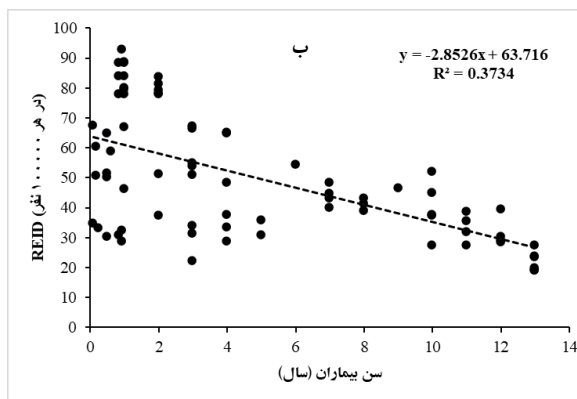
سن بیماران (سال)	مقادیر ریسک مرگ و میر ناشی از تشعشع (در هر صد هزار نفر)			سطح اطمینان ۹۵ درصد	
	کل بیماران	دختران	پسران	حد پایین	حد بالا
≤ ۱	۱۰۴/۹۹ ± ۶۳/۰۷	۱۷۶/۴۷ ± ۳۸/۹	۶۲/۱۱ ± ۲۱/۷۷	۹۱/۴۷	۱۳۷/۲۴
(۲-۵)	۹۱/۲ ± ۴۶/۴۷	۱۲۷/۸۲ ± ۳۳/۰۶	۵۲/۹۸ ± ۱۹/۵۵	۵۸/۸۸	۹۰/۸۱
(۵-۱۰)	۶۰/۹۵ ± ۲۷/۵۳	۹۲/۳۹ ± ۲۰/۳۶	۴۲/۹۹ ± ۶/۷۳	۳۲/۲۴	۶۶/۵۵
(۱۰-۱۵)	۳۵/۳۷ ± ۱۴/۸۱	۵۵/۳۴ ± ۱۲/۷۴	۲۸/۲۴ ± ۶/۷۶	۱۷/۶۹	۳۶/۵

REID: Risk of exposure-induced cancer death

آمارای معنی‌داری وجود دارد ($P < 0/001$). مقایسه‌ی دو به دو گروه‌ها نشان داد که دو گروه سنی ≥ 1 سال و ۵-۱ سال تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P > 0/05$). در حالی که سایر مقایسه‌های زوجی بین گروه‌های سنی از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/05$). میانگین REID در گروه سنی ≥ 1 سال ($63/08 \pm 104/99$) بیشترین مقدار را داشت و با افزایش سن کودکان به تدریج کاهش یافت تا اینکه در گروه سنی ۱۵-۱۰ سال به کم‌ترین مقدار خود ($35/37 \pm 14/81$) رسید. همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، جنسیت نیز مانند سن بیماران دارای تأثیر آماری معنی‌داری بر مقادیر REID می‌باشد. در همه‌ی گروه‌های سنی این مطالعه، تفاوت میانگین REID بین دو جنسیت از نظر آماری معنی‌دار بود ($P < 0/001$). در تمام گروه‌های سنی این مطالعه، میانگین REID برای دختران بیشتر از پسران بود. جدول ۴ میانگین مقادیر REID (در میلیون) را بر اساس نوع سرطان برای هر دو جنسیت نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، بر اساس نتایج آزمون t-test برای انواع مختلف سرطان، تنها میانگین REID برای سرطان مثانه در بین دختران و پسران دارای تفاوت آماری معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). در حالی که میانگین REID برای سایر انواع سرطان‌ها در بین دو جنسیت دارای تفاوت آماری معنی‌دار بود.

میانگین دز ارگان‌ها برحسب میلی‌گری به ترتیب برای قلب ($12/26 \pm 3/72$)، ریه‌ها ($11/98 \pm 3/64$) و تیموس ($11/86 \pm 3/35$) بیشترین مقدار را داشت. همچنین، دز دریافتی پستان ($10/11 \pm 2/77$) در زنان به میزان قابل توجهی بالا بود.

نتایج مربوط به مقادیر REID بیماران: مقادیر REID به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ بیمار در معرض تشعشع بر اساس جنسیت در چهار گروه سنی در جدول ۳ نشان داده شده است. در میان پسران، آزمون همبستگی Pearson کاهش معنی‌داری در مقادیر REID با افزایش سن بیماران نشان داد ($p < 0/001$, $r = -0/611$). به طور مشابه، یک همبستگی قوی و معکوس بین مقادیر REID و سن بیماران در دختران مشاهده شد که از نظر آماری معنی‌دار بود ($r = -0/754$, $P < 0/001$). شکل ۱ نتایج تحلیل رگرسیون خطی REID (در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر) را به عنوان تابعی از سن برای مردان و زنان به طور جداگانه نشان می‌دهد. تحلیل رگرسیون خطی، یک رابطه‌ی عملکردی بین مقدار REID و سن بیماران را نشان داد، به گونه‌ای که امکان درون‌یابی تقریبی مقدار REID برای هر سن خاص بیمار وجود دارد. معادلات رگرسیون و ضرایب تعیین (R^2) نیز در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج آزمون‌های آماری در مورد میانگین REID نشان داد که حداقل بین دو گروه از چهار گروه سنی این مطالعه، تفاوت



شکل ۱. نمودار پراکنندگی نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی برای REID (Risk of exposure-induced cancer death) به عنوان تابعی از سن

بیماران در آزمون سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان برای دختران (الف) و پسران (ب)

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد مقادیر ریسک سرطان (REID) برای انواع مختلف سرطان به تفکیک جنسیت بیماران

نوع سرطان	مقادیر ریسک مرگ و میر ناشی از تشعشع (در میلیون)			مقادیر P
	کل بیماران	دختران	پسران	
لوسمی	۵/۲۹±۱/۹۳	۴/۳۶±۱/۳۳	۵/۹۳±۲/۰۳	<۰/۰۰۱
پستان		۳۱۱/۵۴±۱۲۰/۹۳		
کولن	۴/۹۶±۳/۸۱	۳/۸۰±۲/۲۷	۵/۷۵±۴/۴۱	۰/۰۰۱
کبد	۱۹/۱۱±۸/۲۸	۱۶/۰۹±۶/۱۳	۲۱/۱۸±۸/۹۴	<۰/۰۰۱
ریه	۴۵۴/۸۸±۲۶۸/۰۷	۶۹۳/۱۳±۲۴۸/۹۱	۲۹۱/۸۷±۱۱۵/۲۰	<۰/۰۰۱
تخمدان		۱/۲۸±۱/۰۰		
معده	۲۹/۷۸±۱۴/۵۷	۳۷/۵۹±۱۵/۴۱	۲۴/۴۴±۱۱/۲۶	<۰/۰۰۱
مثانه	۰/۶۱±۰/۶۴	۰/۶۹±۰/۶۳	۰/۵۵±۰/۶۴	۰/۲۰۶
سایر سرطان‌ها	۱۷۸/۹۱±۹۱/۷۴	۲۲۶/۷۲±۱۰۰/۸۷	۱۴۶/۱۹±۶۸/۲۹	<۰/۰۰۱

REID: Risk of exposure-induced cancer death

کمیت‌ی BEIR VII تخمین زده شد.

مقادیر دز مؤثر محاسبه شده در گروه‌های سنی مختلف در مطالعه‌ی حاضر با سایر مطالعات متفاوت بود (۸، ۱۸، ۱۹). این مقادیر در برخی از گروه‌های سنی نسبت به سایر مطالعات بالاتر بود، در حالی که در برخی گروه‌های دیگر مقادیر دز مؤثر گزارش شده در مطالعه‌ی حاضر کمتر بود. به عنوان مثال مقادیر دز مؤثر برآورد شده در مطالعه‌ی حاضر در گروه سنی ۱۰-۱۵ سال کمتر از مقادیر گزارش شده برای همین گروه سنی در مطالعات Ataç و همکاران (۱۸) و همچنین Gao و همکاران (۱۹) بود، در حالی که همین مقادیر در گروه سنی ۱-۵ سال در مطالعه‌ی حاضر بالاتر بود. این اختلاف را می‌توان با دلایل مختلفی از جمله تفاوت در نوع اسکنر CT، پارامترهای اسکن مورد استفاده به ویژه kV و mAs و روش‌های متفاوتی که برای تخمین دز مؤثر در مطالعات مختلف استفاده می‌شود، توجیه کرد.

در مطالعه‌ی حاضر همانند مطالعه‌ی de Basea و همکاران، ریه، پستان و مری دز ارگان بالایی در اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان داشتند (۱۰).

نتایج مربوط به ارزیابی کیفیت تصویر: نویز تصویر (SD)، مقادیر SNR آنورت نزولی، چربی زیرجلدی و عضله و همچنین مقادیر CNR به تفکیک گروه‌های سنی در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، نتایج آزمون Kruskal-Wallis در مورد پارامترهای کیفیت تصویر نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در مقادیر پارامترهای کیفیت تصویر (نویز، SNR و CNR) بین گروه‌های سنی مختلف وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$).

بحث

طبق نتایج مطالعه‌ی حاضر، این اولین مطالعه‌ی است که در آن دز تابشی، کیفیت تصویر و ریسک سرطان مرتبط با آزمون‌های CT قفسه‌ی سینه‌ی کودکان به طور همزمان مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه، دز ارگان‌ها و دز مؤثر برای هر بیمار با استفاده از برنامه‌ی Impactdose که مبتنی بر شبیه‌سازی مونت‌کارلو می‌باشد، محاسبه گردید. ریسک مرگ و میر ناشی از تشعشع نیز با استفاده از مدل‌های ریسک سرطان وابسته به سن و جنس ارائه شده توسط

جدول ۵. میانگین مقادیر پارامترهای کیفیت تصویر به تفکیک گروه‌های سنی مختلف

سن بیماران (سال)	نویز تصویر		SNR		CNR	
	آنورت	چربی	چربی	آنورت	عضله - چربی	آنورت - چربی
کل بیماران	۹/۸۳±۲/۷۰	۹/۶۶±۳/۱۲	۱۲/۱۴±۳/۹۵	۳/۱۴±۰/۹۰	۱۷/۵۳±۵/۵۶	۱۵/۴۱±۴/۹۶
۱ ≤	۹/۹۷±۲/۸۵	۸/۸۸±۲/۵۳	۱۳/۱۶±۴/۱۸	۳/۱۶±۱/۰۴	۱۸/۷۷±۵/۷۳	۱۶/۶۷±۵/۱۵
(۲-۵)	۹/۸۰±۲/۶۴	۱۰/۳۰±۳/۲۹	۱۱/۴۱±۳/۹۱	۳/۱۲±۰/۸۶	۱۶/۵۵±۵/۶۲	۱۴/۵۲±۵/۰۲
(۵-۱۰)	۹/۷۲±۲/۸۳	۹/۸۵±۳/۶۴	۱۱/۷۰±۳/۴۹	۳/۱۱±۰/۷۸	۱۷/۱۴±۵/۰۷	۱۴/۸۶±۴/۳۷
(۱۰-۱۵)	۹/۳۵±۱/۱۱	۷/۹۷±۱/۳۴	۱۳/۵۹±۲/۱۴	۳/۱۹±۰/۲۸	۲۰/۱۷±۳/۲۲	۱۷/۳۶±۲/۶۶
مقدار P	۰/۹۵	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۹۱	۰/۲۱	۰/۱۷

SNR: Signal to noise ratio; CNR: Contrast to noise ratio

برای دستیابی به نتایج آماری قابل اعتمادتر در مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد. محدودیت دوم این بود که عواملی مانند مقادیر پارامترهای اسکن (kV, mAs و ...)، روش‌های محاسبه‌ی دز ارگان‌ها و دز مؤثر در بین مطالعات مختلف، متفاوت بود. به همین دلیل، مقایسه‌ی مقادیر دز تابشی، ریسک سرطان و کیفیت تصویر مطالعه‌ی حاضر با سایر تحقیقات قبلی دشوار بود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این مطالعه، CT قفسه‌ی سینه با وجود داشتن مزایای تشخیصی فراوان، با ریسک غیرقابل اغماض سرطان در کودکان همراه است. از آنجایی که این ریسک سرطان با کاهش سن بیماران به دلیل افزایش حساسیت پرتویی ارگانها و بافتها نسبت به تشعشع افزایش می‌یابد، CT قفسه‌ی سینه باید فقط زمانی انجام شود که سود مورد انتظار برای بیمار بیشتر از خطرات مرتبط با تابش باشد. یافته‌های حاصل از این مطالعه می‌تواند در آگاه‌سازی پزشکان و تکنولوژیست‌های رادیولوژی از خطرات مرتبط با تابش در آزمون سی‌تی‌اسکن قفسه‌ی سینه‌ی کودکان مؤثر باشد. از این رو پزشکان باید درخواست آزمون CT قفسه‌ی سینه را با در نظر گرفتن مزایای آن برای تشخیص از یک سو و آگاهی از خطرات سرطان ناشی از تشعشع از سوی دیگر توجیه کنند.

تشکر و قدردانی

این مطالعه تحت حمایت مالی کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی دانشکده‌ی پیراپزشکی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان با شماره‌ی طرح مصوب ۱۹۹۵۶۰ و کد اخلاق IR.MUI.MED.REC.1399.1033 انجام شد. بدین وسیله از کمیته‌ی تحقیقات دانشجویی دانشگاه و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان به علت حمایت مالی و اعتباری این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

در این مطالعه، میانگین مقادیر REID در آزمون CT قفسه‌ی سینه‌ی کودکان، ۱۲۹/۴۳ در هر ۱۰۰۰۰۰ زن و ۴۹/۵۹ در هر ۱۰۰۰۰۰ مرد بود. مقادیر REID تخمین زده شده در مطالعه‌ی حاضر نسبت به سن و جنسیت بیماران از روندهای مشابهی با سایر مطالعات پیروی می‌کنند (۸-۱۰، ۱۲، ۲۰، ۲۱).

به طور کلی، ریسک سرطان بالاتر در بیماران جوان‌تر مشاهده شد و مقادیر REID در هر دو جنسیت با افزایش سن بیماران کاهش یافت. دلیل این تغییرات در مقادیر REID را می‌توان به حساسیت بیشتر ارگان‌ها نسبت به تشعشع در بیماران جوان‌تر نسبت داد. همچنین، مقادیر REID در دختران بیشتر از پسران بود. دلیل این امر را نیز می‌توان با این واقعیت توضیح داد که برخی از ارگان‌ها، مانند پستان، در زنان نسبت به مردان حساسیت بیشتری نسبت به تشعشع دارند. در مطالعه‌ی حاضر بالاترین ریسک سرطان مرتبط با تشعشع (REID) در آزمون CT قفسه‌ی سینه‌ی کودکان مربوط به سرطان ریه و سرطان سینه بود که این یافته با مطالعات de Basea و همکاران (۱۰) و نیز Razavi و همکاران (۸) مطابقت داشت.

در مطالعه‌ی حاضر، مقادیر SNR مربوط به آنورت نزولی، چربی زیرجلدی و عضله به ترتیب برابر با ۳/۱۴، ۱۲/۱۴ و ۵/۴۲ بود. همچنین مقادیر CNR محاسبه شده در این مطالعه ۱۵/۴۱ (آنورت-چربی) و ۱۷/۵۳ (عضله-چربی) بود. در مطالعه‌ی حاضر، مقایسه‌ی پارامترهای کیفیت تصویر با سایر مطالعات دشوار بود. زیرا عوامل متعددی از جمله پارامترهای اسکن (kVp, mAs و غیره) و نوع اسکنر CT (مدل و سازنده) در مطالعه‌ی حاضر با سایر مطالعات متفاوت بود.

مطالعه‌ی حاضر دو محدودیت داشت. اولاً از آنجایی که اصفهان تنها یک بیمارستان تخصصی کودکان دارد، آزمون‌های CT قفسه‌ی سینه فقط در این مرکز و با استفاده از اسکنر جنرال الکتریک ۱۶ اسلایس انجام شد. بنابراین ارزیابی مراکز بیشتر و چندین مدل اسکنر

References

- Weis M, Henzler T, Nance Jr JW, Haubenreisser H, Meyer M, Sudarski S, et al. Radiation dose comparison between 70 kVp and 100 kVp with spectral beam shaping for non-contrast-enhanced pediatric chest computed tomography: a prospective randomized controlled study. *Invest Radio* 2017; 52(3): 155-62.
- Spampinato MV, Stalcup S, Matheus MG, Byington K, Tyler M, Bickley S, et al. Radiation dose and image quality in pediatric head CT. *Radiat Prot Dosimetry* 2018; 182(3): 310-16.
- Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT, Weinmann S, Solberg LI, et al. The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr* 2013; 167(8): 700-7.
- Martin CJ. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? *Br J Radiol* 2007; 80(956): 639-47.
- Balonov MI, Shrimpton PC. Effective dose and risks from medical x-ray procedures. *Ann ICRP* 2012; 41(3-4): 129-41.
- McCullough CH, Christner JA, Kofler JM. How effective is effective dose as a predictor of radiation risk? *AJR Am J Roentgenol* 2010; 194(4): 890-6.
- National Research Council (US) Board on Radiation Effects Research. Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation: BEIR VII phase 2.

- Washington, DC, National Academies Press (US); 2006.
8. Razavi E, Zare MH, Zamani H, Masjedi H, Dalvand S, Razavi-Ratki SK, et al. Estimation of effective doses and lifetime risk of exposure-induced cancer death in pediatric CT scans. *Int J Pediatr* 2022; 10(4): 15755-71.
 9. Tahmasebzadeh A, Paydar R, Soltani-Kermanshahi M, Maziar A, Reiazi R. Lifetime attributable cancer risk related to prevalent CT scan procedures in pediatric medical imaging centers. *Int J Radiat Biol* 2021; 97(9): 1282-8.
 10. de Basea MB, Moríña D, Figuerola J, Barber I, Muchart J, Lee C, et al. Subtle excess in lifetime cancer risk related to CT scanning in Spanish young people. *Environ Int* 2018; 120: 1-10.
 11. Lell MM, May M, Deak P, Alibek S, Kuefner M, Kuettner A, et al. High-pitch spiral computed tomography: effect on image quality and radiation dose in pediatric chest computed tomography. *Invest Radiol* 2011; 46(2): 116-23.
 12. Kiani M, Chaparian A. Evaluation of image quality, organ doses, effective dose, and cancer risk from pediatric brain CT scans. *Eur J Radiol* 2023; 158: 110657.
 13. Shope TB, Gagne RM, Johnson GC. A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography. *Med Phys* 1981; 8(4): 488-95.
 14. Streffer C, International Commission on Radiation Protection. The ICRP 2007 recommendations. *Radiat Prot Dosimetry* 2007; 127(1-4): 2-7.
 15. Chen W, Kolditz D, Beister M, Bohle R, Kalender WA. Fast on-site Monte Carlo tool for dose calculations in CT applications. *Med Phys* 2012; 39(6Part1): 2985-96.
 16. Deak P, Van Straten M, Shrimpton PC, Zankl M, Kalender WA. Validation of a Monte Carlo tool for patient-specific dose simulations in multi-slice computed tomography. *Eur Radiol* 2008; 18(4): 759-72.
 17. Tapiovaara M, Siiskonen T. PCXMC, A Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Helsinki, Finland: STUK, 2008.
 18. Ataç GK, Parmaksız A, İnal T, Bulur E, Bulgurlu F, Öncü T, et al. Patient doses from CT examinations in Turkey. *Diagn Interv Radiol* 2015; 21(5): 428-34.
 19. Gao Y, Quinn B, Pandit-Taskar N, Behr G, Mahmood U, Long D, et al. Patient-specific organ and effective dose estimates in pediatric oncology computed tomography. *Phys Med* 2018; 45: 146-55.
 20. Ghadimi P, Chaparian A, Mahmoodi M, Bagheri J. Influences of adaptive statistical iterative reconstruction on image quality and dose reduction in coronary computed tomography angiography [in Persian]. *J Isfahan Med Sch* 2020; 37(553): 1286-93.
 21. Mahmoodi M, Chaparian A. Organ doses, effective dose, and cancer risk from coronary CT angiography examinations. *AJR Am J Roentgenol* 2020; 214(5): 1131-6.

Evaluation of Image Quality, Organ Dose, Effective Dose and Cancer Risk in Pediatric Chest CT Procedure

Mahboobe Kiani¹, Jalal Bagheri², Ali Chaparian³

Original Article

Abstract

Background: The increasing frequency of pediatric chest CT scans has raised concerns regarding the radiation-induced cancer risks. The aim of this study was to evaluate image quality, organ doses, effective dose, and radiation-induced cancer risk from pediatric chest CT scans.

Methods: This is a cross-sectional study that was conducted on 128 children under 15 years old (52 girls and 76 boys) who underwent non-contrast chest CT scans. Patients were classified into four age groups of ≤ 1 , 1-5, 5-10, and 10-15 years old. ImpactDose software was used to calculate organ doses, and risk of exposure-induced death (REID) values were estimated according to the BEIR VII report. In addition, image quality criteria including image noise, signal-to-noise ratio (SNR), and contrast-to-noise ratio (CNR) were also investigated.

Findings: The mean values of REID in pediatric chest CT scans were 129.43 per 100,000 women and 49.59 per 100,000 men. REID values decreased with the increasing age of patients and were higher for girls than for boys. The SNR values for the descending aorta, subcutaneous fat, and back muscle were 3.14, 12.14, and 5.42, respectively. In addition, $CNR_{aorto-fat}$ and $CNR_{muscle-fat}$ values were equal to 15.41 and 17.53, respectively.

Conclusion: Chest CT scan in pediatrics is related to an increased potential risk of cancer. Therefore, chest CT in children should only be requested if the diagnostic benefits outweigh the radiation-related risks.

Keywords: Computed tomography; Chest; Pediatrics; Radiation dosage; Carcinogenesis

Citation: Kiani M, Bagheri J, Chaparian A. Evaluation of Image Quality, Organ Dose, Effective Dose and Cancer risk in Pediatric Chest CT Procedure. J Isfahan Med Sch 2023; 40(699): 1029-36.

1- MSc Student of Medical Imaging, Student Research Committee, School of Paramedicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- BSc of Radiology, Imam Hossein Hospital, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

3- Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Ali Chaparian, Professor, Department of Medical Physics, School of Medicine, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran; Email: ali_chaparian@yahoo.com