

میزان متوسط دوز تجمعی پرتوی دریافتی در نوزادان بستری در بخش جراحی نوزادان به دنبال انجام رادیوگرافی‌های تشخیصی و درمانی در طول مدت بستری

دکتر داریوش شهبازی^۱، دکتر مسعود ناظم^۲، محمد رضا شعر بافچی زاده^۳، محمد صالح جعفر پیشه فرد^۳

خلاصه

مقدمه: مهم‌ترین عارضه‌ی دریافت بیش از حد پرتو ایکس افزایش خطر بروز بدخیمی‌ها و به خصوص انواع سرطان‌ها است. بخش جراحی نوزادان بیمارستان الزهرا (س) محل بستری نوزادانی است که دچار انواع بیماری‌های جراحی هستند و تحت انجام انواع روش‌های تصویربرداری، از گرافی ساده تا فلوروسکوپی و CT اسکن قرار می‌گیرند. ممکن است در حین انجام روش‌های تصویربرداری معمول پرتو ایکس، آسیب‌های پرتوی اتفاق بیفتد. با توجه به میزان پرتو دمی دستگاه‌های رادیولوژی موجود و تعداد و انواع گرافی‌های به عمل آمده برای نوزادان بخش جراحی نوزادان مرکز پزشکی الزهرا (س) اصفهان، هدف این مطالعه تعیین متوسط دوز تجمعی دریافتی توسط نوزادان بود.

روش‌ها: این مطالعه به صورت توصیفی و آینده‌نگر، در بخش جراحی نوزادان بیمارستان الزهرا (س)، با حجم نمونه‌ی ۱۶۸ نفر صورت پذیرفت. اندازه‌گیری دوز جذبی پرتو در سطح بدن به کمک دوزیمتر ترمولومینسانس (TLD مدل GR۲۰۰) انجام گرفت.

یافته‌ها: متوسط مدت بستری نوزادان مورد مطالعه ۷/۶۴ روز بود. بیشترین رادیوگرافی به عمل آمده رادیوگرافی قفسه‌ی صدری با تعداد کل ۳۳۸ عدد بود. متوسط تعداد رادیوگرافی‌های ساده برای هر نوزاد در طول مدت بستری ۲/۷۷ عدد بود. متوسط دوز دریافتی پرتو ایکس توسط نوزادان در طول مدت بستری معادل ۳/۱۳ میلی‌سیورت (mSv یا Millisievert) و بیشترین میزان دوز پرتو برای یک نوزاد معادل ۴۲/۸۳ میلی‌سیورت بود. متوسط دوز دریافتی در بیمارانی که فلوروسکوپی داشتند ۱۲/۶ میلی‌سیورت و در بیمارانی که تنها رادیوگرافی ساده داشتند یا رادیوگرافی نداشتند ۰/۸۶۳ میلی‌سیورت بود.

نتیجه‌گیری: متوسط دوز دریافتی برای این بیماران در طول مدت بستری، تا حد اکثر دوز مجاز سالانه فاصله زیادی دارد، اما در مقایسه‌ی با سایر مراکز مشابه در دنیا دوز قابل توجهی است. متوسط دوز دریافتی برای بیمارانی که فلوروسکوپی داشتند بسیار بالا و عامل خطر بود.

واژگان کلیدی: پرتو ایکس، دوز تجمعی، رادیوگرافی ساده، فلوروسکوپی.

مقدمه

بزرگ‌سالان به پرتو حساس هستند، این خطر در اطفال بیشتر است (۵-۳). خطر متناسب به بدخیمی برای میزان مشخصی از پرتو دمی در ۱۰ سال اول زندگی بسیار بیشتر از سنین بزرگ‌سالی است. بد حال بودن بیماران جراحی در طول مدت بستری، اغلب خود عاملی برای انجام مکرر تصویربرداری به خصوص از نوع رادیوگرافی ساده در این بیماران

عوارض دریافت بیش از حد پرتو ایکس شامل آسیب‌های پوستی و کاتاراکت می‌شود، اما مهم‌ترین عارضه‌ی آن افزایش خطر بروز بدخیمی‌های خونی و توده‌ای است (۱). این خطر هر چند اندک، اما با افزایش دوز مواجهه در طول زندگی بیشتر می‌شود (۲). از آن جایی که بافت‌های اطفال تا ۱۰ برابر بیشتر از

* این مقاله حاصل پایان‌نامه‌ی دوره‌ی دکترای مرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی اصفهان است.

^۱ استاد، گروه فیزیک و مهندسی پزشکی، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ دانشیار، گروه جراحی اطفال، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

^۳ دانشجوی دکتری، دانشکده‌ی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

سی تی اسکن، قرار گیرند. هدف این مطالعه، ارزیابی میزان متوسط دوز جمعی پرتو دریافتی توسط نوزادان بستری در بخش جراحی نوزادان این بیمارستان بر اثر انجام رادیوگرافی‌های تشخیصی و درمانی در طول مدت بستری بود.

روش‌ها

این مطالعه به صورت توصیفی و آینده‌نگر بر روی نوزادان بستری در بخش جراحی نوزادان بیمارستان الزهرا (س)، در ۹ ماهه‌ی آخر سال ۱۳۸۸ صورت پذیرفت. برای انجام مطالعه، حجم نمونه معادل ۱۶۸ نفر محاسبه شد. بیماران به صورت تصادفی و بدون توجه به نوع بیماری، مدت بستری، جنس و سن انتخاب شدند. اندازه‌گیری دوز جذبی پرتو در سطح بدن به کمک ۳۳ عدد دوزیمتر ترمولومینسانس، (Thermo Luminescent Dosimeters) یا TLD مدل GR۲۰۰ انجام گرفت. قرص‌های TLD، یک فرم ابتدایی از وسایل آشکار ساز پرتوی است که به عنوان دوزیمترهای شخصی هم استفاده می‌شود. برای هر بیمار یک قرص اختصاص داده شد که در طول مدت بستری از زمان پذیرش تا ترخیص و یا فوت همراه بیمار بود. قرص‌ها درون پوشش‌های پلاستیکی محفوظ از رطوبت و گرد و غبار قرار گرفته و با همکاری پرسنل بخش روی قسمت تحتانی استرنوم نوزادان چسبانده شدند. برای هر بیمار یک پوشه‌ی اطلاعاتی شامل نام، شماره‌ی پرونده، تاریخ پذیرش و ترخیص یا فوت، شماره‌ی قرص، تشخیص، نوع و تعداد رادیوگرافی‌های به عمل آمده در طول مدت بستری، فراهم شد. به این صورت دوز جمعی پرتو دریافتی توسط نوزاد در طول مدت بستری توسط

می‌شود. رادیوگرافی‌های ساده بیشتر شامل رادیوگرافی قفسه‌ی صدری، شکم و گاهی نیز ستون فقرات هستند. انواع روش‌های فلوروسکوپی نیز انجام می‌شود که میزان پرتو دهی هر کدام با توجه به مدت زمان و روش انجام آن توسط رادیولوژیست و نیز نوع دستگاه متفاوت است (۶-۸). برای اندازه‌گیری میزان پرتو دریافت شده به طور معمول دوز ورودی سطحی (Entrance surface dose یا ESD)، را بر حسب گری (Gray یا Gy) و یا سیورت (Sv یا Sievert) اندازه‌گیری می‌کنند. بر اساس پیشنهاد کمیته‌ی بین‌المللی حفاظت پرتوی (ICRP یا The International Commission on Radiological Protection)، برای افرادی که به هر نحو از جمله تماس شغلی، در معرض مواجهه‌ی مداوم با پرتو قرار دارند، دوز مجاز برای یک سال معادل ۵۰ میلی‌سیورت است و در صورت ادامه‌ی مواجهه به مدت طولانی، دوز مجاز سالانه به ۲۰ میلی‌سیورت کاهش می‌یابد. در مجموع برای یک دوره‌ی ۵ ساله هر فرد حداکثر مجاز به دریافت ۱۰۰ میلی‌سیورت می‌باشد. برای جمعیت عمومی حد مجاز پیشنهادی برای یک سال ۱ میلی‌سیورت است (۸). در مطالعات انجام شده در مراکز مختلف در دنیا، دوز جذبی جمعی در طول مدت بستری از حد مجاز سالانه بیشتر نبود ولی محدوده‌ی دوز دریافتی در مراکز مختلف بسیار متفاوت بود (۹-۱۷).

بخش جراحی نوزادان بیمارستان الزهرا (س) محل بستری نوزادانی است که دچار انواع بیماری‌های جراحی هستند. مدت بستری این نوزادان از یک روز تا چندین هفته متغیر است و در این مدت بر اساس نوع بیماری، ممکن است تحت انجام انواع روش‌های تصویربرداری از رادیوگرافی ساده تا فلوروسکوپی و

قرص‌ها ذخیره شده و در هنگام ترخیص یا فوت از بیمار جدا شد. دوز ذخیره شده در TLDها در گروه فیزیک و مهندسی پزشکی دانشکده‌ی پزشکی توسط دستگاه خوانشگر TLD (Solaro 2A reader) تعیین شد. برای این کار ابتدا TLDها کالیبره شدند و دو فاکتور کالیبراسیون، یکی فاکتور کالیبراسیون انفرادی و دیگری فاکتور کالیبراسیون گروهی برای آنها تعیین شد. هدف از کالیبراسیون انفرادی جبران تفاوت ذاتی فردی آشکارسازهاست. هدف از کالیبراسیون گروهی تعیین ضریب کالیبراسیون و دوز زمینه‌ی گروه آشکارسازها است. برای تعیین فاکتور کالیبراسیون انفرادی، به همه‌ی قرص‌ها دوزی معادل ۲۰ سانتی‌گری داده شد، سپس همه‌ی قرص‌ها در دستگاه خوانش قرار گرفتند. فاکتور کالیبراسیون انفرادی هر آشکارساز برابر نسبت میانگین خوانش‌ها در هر کانال دستگاه به خوانش هر قرص بود. در تعیین کالیبراسیون گروهی، ۳۳ آشکارساز به ۱۱ گروه ۳ تایی تقسیم شدند. گروه اول گروه زمینه در نظر گرفته شده و هیچ تابشی به آنها داده نشد. به هر کدام از گروه‌های بعدی دوز معینی معادل ۱، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۴۰، ۴۵ و ۵۰ سانتی‌گری داده شد. منحنی کالیبراسیون، دوز داده شده را در مقابل شمارش صحیح خوانده شده نشان می‌دهد و فاکتورهای کالیبراسیون از شیب این منحنی به دست آمدند. برای بررسی صحت کالیبراسیون چند عدد از آشکارسازها را انتخاب کرده به هر کدام از آنها دوز مشخصی به اندازه‌ی ۱۰ سانتی‌گری، داده شد و شمارش صحیح هر کدام توسط دستگاه خوانشگر به دست آمد. مقدار دوز از حاصل ضرب شمارش خوانده شده در دستگاه در فاکتور کالیبراسیون و

سپس کم کردن پرتو زمینه به دست آمد. اختلاف بین دوز داده شده و دوز محاسبه شده نباید بیش از ۵ درصد باشد. برای محاسبه‌ی دوز جذبی از رابطه زیر استفاده شد:

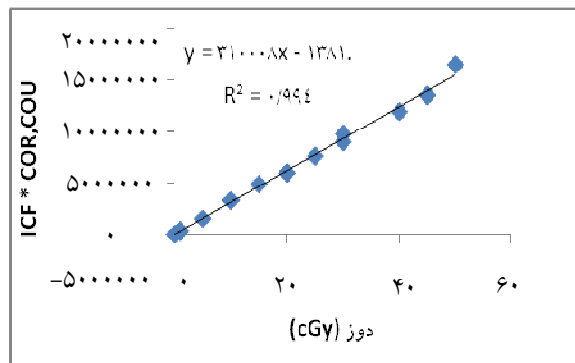
$$\text{Dose} = [\text{CC}_{\text{dose}} \times \text{BCF} - \text{BGD}_{\text{dose}}] \times \text{ICF}$$

که در آن CC_{dose} شمارش تصحیح شده، BGD_{Dose} دوز زمینه‌ی محاسبه شده و BCF عامل کالیبراسیون گروهی دوز و ICF عامل تصحیح فردی برای هر TLD است.

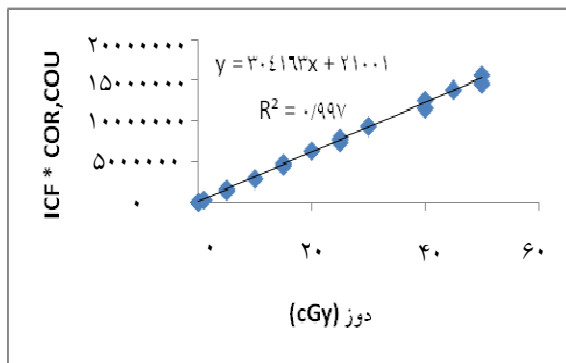
یافته‌ها

فاکتور کالیبراسیون گروهی با استفاده از رسم نمودار شمارش تصحیح شده بر حسب دوز تعیین شد که محور قائم آن نمودار، معرف میانگین شمارش تصحیح شده‌ی هر گروه است که در آن شمارش تصحیح شده‌ی هر TLD در ضریب کالیبراسیون انفرادی آن ضرب شده است و محور افقی آن معرف دوز می‌باشد (نمودارهای ۱ و ۲). فاکتور کالیبراسیون گروهی برای کانال A برابر با 10^{-6} × ۳/۲۸ و برای کانال B برابر با 10^{-6} × ۳/۲۲ بر آورد شد. میزان دوز زمینه برای کانال A و کانال B به ترتیب برابر با ۰/۰۱۱۶۳۵ و ۰/۰۰۹۳۵۲ سانتی‌گری تعیین شد.

برای بررسی صحت کالیبراسیون، ۵ عدد از TLDها را انتخاب کرده، به هر کدام دوز معینی معادل ۱۰ سانتی‌گری داده شد، همان طوری که در جدول ۱ مشهود است، تفاوت دوز داده شده با دوز محاسبه شده بیشتر از ۵ درصد نبود.



نمودار ۲. نمودار تعیین فاکتور کالیبراسیون گروهی (کانال B).



نمودار ۱. نمودار تعیین فاکتور کالیبراسیون گروهی (کانال A).

جدول ۱. نتایج تعیین صحت کالیبراسیون TLDها.

شماره‌ی TLD	ICF (cGy)	BCF (cGy/cc)	دوز زمینه (cGy)	شمارش تصحیح شده	دوز محاسبه شده (cGy)	درصد اختلاف
۱	۱/۱۳۴۵۳۲	$3/28 \times 10^{-6}$	۰/۰۱۱۶۳۵	۲۵۸۴۰۳۷	۹/۶۱	۳/۹
۲	۱/۰۰۵۱۷۰	$3/22 \times 10^{-6}$	۰/۰۰۹۳۵۲	۲۹۵۰۷۴۸	۹/۵۶	۴/۴
۳	۱/۱۰۹۵۰۵	$3/28 \times 10^{-6}$	۰/۰۱۱۶۳۵	۲۹۰۵۵۰۵	۱۰/۴۳	۴/۳
۴	۱/۰۲۲۵۸۶	$3/22 \times 10^{-6}$	۰/۰۰۹۳۵۲	۲۹۶۷۳۴۲	۹/۷۸	۲/۲
۵	۱/۱۵۹۴۴۷	$3/28 \times 10^{-6}$	۰/۰۱۱۶۳۵	۲۷۰۰۰۷۹	۱۰/۲۸	۲/۸

جدول ۲. مشخصات دوز دریافتی محاسبه شده

عنوان	دوز (mSv)
متوسط دوز دریافتی بیماران در طول مدت بستری	۳/۱۳
بیشترین میزان دوز دریافتی برای یک بیمار	۴۲/۸۳
متوسط دوز دریافتی برای بیماران بدون انجام گرافی	۰/۰۳۹
بیشترین میزان دوز دریافتی برای بیماران بدون انجام گرافی	۰/۲۴
متوسط دوز دریافتی بیمارانی که تنها گرافی ساده داشته یا گرافی نداشته‌اند	۰/۸۶۳
متوسط دوز دریافتی بیمارانی که یکی از انواع فلوروسکوپی را داشتند	۱۲/۶

mSv: Millisievert

عمل آمده از نوع رادیوگرافی قفسه‌ی صدری بود. تعداد کل رادیوگرافی قفسه‌ی صدری ۳۳۸، رادیوگرافی‌های شکم ۱۱۷ و رادیوگرافی‌های ستون فقرات ۱۱ عدد بود. تعداد کل CT اسکن به عمل آمده هم ۶ عدد بود. تعداد کل رادیوگرافی‌های ساده‌ی به عمل آمده ۴۶۶ عدد بوده است. متوسط

همان طوری که اشاره شد، بیماران مورد مطالعه بر اساس نوع رادیوگرافی، تعداد رادیوگرافی، تشخیص و مدت بستری تقسیم‌بندی شدند. متوسط مدت بستری بیماران ۷/۶۴ روز بود. از بین بیماران ۲۰ نفر فوت نمودند. ۵۸ بیمار در طول مدت بستری هیچ رادیوگرافی نداشتند. بیشترین رادیوگرافی به

بحث

نتایج نشان می‌دهند که متوسط دوز دریافتی برای این بیماران در طول مدت بستری معادل ۳/۱۳ میلی‌سیورت بود. این میزان تا حداکثر دوز مجاز سالانه‌ی اعلام شده در منابع (۵۰ میلی‌سیورت در سال)، فاصله‌ی زیادی دارد (۷)، اما در مقایسه‌ی با سایر مراکز مشابه در دنیا که حداکثر آن ۰/۹۰۰ میلی‌سیورت بوده است (۱۲)، دوز قابل توجهی است. میزان دوز دریافتی و تعداد رادیوگرافی ساده‌ی به عمل آمده در طول مدت بستری، با سایر مراکز دنیا مقایسه شده است که در جدول ۳ دیده می‌شود.

با مقایسه‌ی متوسط دوز جمعی در ۱۳۵ نفری که فقط رادیوگرافی ساده داشته یا اصلاً رادیوگرافی نداشتند با متوسط دوز جمعی در بین بیمارانی که فقط فلوروسکوپی داشتند، مشخص می‌شود که روش‌های فلوروسکوپی‌ک نقش قابل توجهی در افزایش متوسط دوز جمعی دریافتی در نوزادان دارند.

تعداد رادیوگرافی‌های ساده برای هر بیمار در طول مدت بستری ۲/۷۷ عدد بود. تعداد کل افرادی که فقط رادیوگرافی ساده داشتند یا رادیوگرافی نداشتند ۱۳۵ نفر بود و متوسط تعداد رادیوگرافی ساده برای هر کدام از این افراد ۲/۵۸ عدد بود. نتایج محاسبه‌ی دوز دریافتی در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به این که بیشترین نوع رادیوگرافی به عمل آمده، رادیوگرافی قفسه‌ی صدری بود، با استفاده‌ی از دوز دریافتی بیمارانی که تنها این نوع رادیوگرافی را داشتند، میزان پرتودهی هر رادیوگرافی قفسه‌ی صدری معادل ۰/۳۱۳ میلی‌سیورت به دست آمد. به همین ترتیب میزان پرتو دهی هر رادیوگرافی شکم معادل ۰/۳۷۴ میلی‌سیورت و میزان پرتودهی هر رادیوگرافی ستون فقرات معادل ۰/۶۲۲ میلی‌سیورت به دست آمد. ۱۹ بیمار دوز جمعی بالای ۱۰ میلی‌سیورت داشتند.

جدول ۳. مقایسه‌ی دوز دریافتی و تعداد رادیوگرافی ساده در طول مدت بستری نوزاد با سایر مراکز دنیا.

ردیف	نام مرکز	متوسط دوز دریافتی (mSv)	متوسط تعداد گرافی ساده
۱	Donadieu J, Pediatrics, 2006 ⁽⁹⁾	۰/۱۳۸	۱۰/۶
۲	Wilson-Costello D, Pediatrics, 1997 ⁽¹⁰⁾	۰/۷۲۰	۳۱
۳	Ampilia CI British Journal of Radiology 75 (2002) ⁽¹¹⁾	۰/۱۴۰	۳/۲
۴	Brindhaban A Radiation Protection Dosimetry (2004) ⁽¹⁴⁾	۰/۹۰۰	۲۵
۵	Puch-Kapst K Pediatrics. 2009 ⁽¹²⁾	۰/۰۷۱	-
۶	Ana Cecília Pedrosa de Azevedo Instituto Fernandes Figueira ⁽¹⁵⁾	۰/۲۵۹	۷
۷	Makri I T a clinical and Monte Carlo dosimetry study ⁽¹⁶⁾	۰/۴۴۵	۸/۹
۸	Brindhaban A and Eze CU Med Princ Pract. 2006 ⁽¹⁷⁾	۰/۷۳۰	۵
۹	Alzahra hospital, Neonatal surgery ward	۰/۸۶۳	۲/۷۷

* در کل بیماران ** در ۱۳۵ نفری که فقط رادیوگرافی ساده داشته یا اصلاً رادیوگرافی نداشتند.

mSv: Millisievert

کمترین و در نتیجه قابل قبول است. میزان پرتودهی ناشی از هر رادیوگرافی ساده در مرکز پزشکی الزهرا (س)، شاید بیشتر از غالب مراکز دنیا باشد. میزان متوسط پرتودهی هر رادیوگرافی قفسه‌ی صدری، در مقایسه‌ی با میزان استاندارد اعلام شده توسط کمیسیون اروپایی ویژه‌ی رادیوگرافی‌های تشخیصی اطفال، که معادل ۸۰ میکروگری می‌باشد (۱۳)، بیشتر بود. میزان متوسط پرتوی دریافتی در نوزادانی که رادیوگرافی نداشته‌اند به نسبت ناچیز است. بنابراین به نظر می‌رسد که علاوه بر تلاش در جهت ارتقای استانداردهای دستگاه‌های رادیولوژی موجود، متخصصان باید در خصوص درخواست فلوروسکوپی به اندازه‌ی کافی محتاط باشند و از طرفی با توجه به این که میزان پرتودهی این روش تصویربرداری تا حد زیادی به مهارت رادیولوژیست و سرعت انجام آن بستگی دارد (۷)، توجه خاص به شیوه و سرعت انجام فلوروسکوپی توسط رادیولوژیست ضروری است.

همچنین بیماری که حداکثر دوز دریافتی را داشت، چندین مرتبه تحت انجام انواع فلوروسکوپی قرار گرفته بود. با توجه به این که دریافت دوز بیش از ۱۰ میلی‌سیورت می‌تواند باعث افزایش خطر بروز بدخیمی به میزان (۱ در ۱۰۰۰) گردد (۸)، انجام فلوروسکوپی می‌تواند عامل خطر قابل توجهی در نظر گرفته شود. ۱۹ بیماری که دوز دریافتی بالای ۱۰ میلی‌سیورت داشتند، در معرض چنین خطری هستند. متوسط دوز دریافتی در ۱۳۵ نفری که فقط رادیوگرافی ساده داشته یا اصلاً رادیوگرافی نداشته‌اند در مقایسه‌ی با سایر مراکز دنیا جز بالاترین موارد بود ولی این میزان دوز جمعی تنها با تعداد متوسط ۲/۵۸ رادیوگرافی به دست آمده بود، در حالی که در سایر مراکز اغلب با تعداد رادیوگرافی ساده‌ی بیشتر، متوسط دوز جمعی کمتری محاسبه شده است. این موضوع نشان می‌دهد که با وجودی که تعداد متوسط رادیوگرافی ساده‌ی به عمل آمده به ازای هر نفر به نسبت سایر مراکز دنیا

References

1. United Nations Scientific Committee on Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) Sources aeoir. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations Scientific Committee; 2000.
2. Karatzis EN, Danias PG. Exposure to ionizing radiation from cardiovascular imaging and therapeutic procedures may be a considerable unrecognized risk for subsequent cancer development. *J Am Coll Radiol* 2008; 5(6): 694-5.
3. Zagoria RJ, Dixon RL. Radiology of urolithiasis: implications of radiation exposure and new imaging modalities. *Adv Chronic Kidney Dis* 2009; 16(1): 48-51.
4. Brenner D, Elliston C, Hall E, Berdon W. Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176(2): 289-96.
5. Eeg KR, Khoury AE, Halachmi S, Braga LH, Farhat WA, Bagli DJ, et al. Single center experience with application of the ALARA concept to serial imaging studies after blunt renal trauma in children--is ultrasound enough? *J Urol* 2009; 181(4): 1834-40.
6. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007; 357(22): 2277-84.
7. ICRP 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37(2-4).
8. Mettler FA, Jr., Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology* 2008; 248(1): 254-63.
9. Donadieu J, Zeghnoun A, Roudier C, Maccia C, Pirard P, Andre C, et al. Cumulative effective doses delivered by radiographs to preterm infants in a neonatal intensive care unit. *Pediatrics* 2006; 117(3): 882-8.
10. Wilson-Costello D, Rao PS, Morrison S, Hack M. Radiation exposure from diagnostic radiographs in extremely low birth weight infants. *Pediatrics* 1996; 97(3): 369-74.

11. Armpilia CI, Fife IA, Croasdale PL. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *Br J Radiol* 2002; 75(895): 590-5.
12. Puch-Kapst K, Juran R, Stoeber B, Wauer RR. Radiation exposure in 212 very low and extremely low birth weight infants. *Pediatrics* 2009; 124(6): 1556-64.
13. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics. EUR 16261 EN. Luxembourg: European Commission; 1996.
14. Brindhaban A, Al Khalifah K. Radiation dose to premature infants in neonatal intensive care units in Kuwait. *Radiat Prot Dosimetry* 2004; 111(3): 275-81.
15. Pedrosa de Azevedo AC, Osibote AO, Bastos Boechat MC. Survey of doses and frequency of X-ray examinations on children at the intensive care unit of a large reference pediatric hospital. *Appl Radiat Isot* 2006; 64(12): 1637-42.
16. Makri T, Yakoumakis E, Papadopoulou D, Gialousis G, Theodoropoulos V, Sandilos P, et al. Radiation risk assessment in neonatal radiographic examinations of the chest and abdomen: a clinical and Monte Carlo dosimetry study. *Phys Med Biol* 2006; 51(19): 5023-33.
17. Brindhaban A, Eze CU. Estimation of radiation dose during diagnostic X-ray examinations of newborn babies and 1-year-old infants. *Med Princ Pract* 2006; 15(4): 260-5.

Archive of SID