

بررسی میزان دز تجمعی پرتویی دریافتی نوزادان تازه به دنیا آمده بستری شده در بخش های مراقبت های ویژه نوزادان

احسان اسماعیلی (MD)^۱، علیرضا خوش بین خوش نظر (PhD)^۱، علی جباری (MD, MPH)^۲، زهرا عرب بافرانی (PhD)^{۳*}

۱-مرکز تحقیقات اختلالات متابولیک، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران
۲-مرکز تحقیقات اختلالات ایسکمیک، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران

دریافت: ۹۸/۹/۹، اصلاح: ۹۸/۱۲/۱۲، پذیرش: ۹۹/۱/۱۲

خلاصه

سابقه و هدف: نوزادان تازه به دنیا آمده بستری در بخش مراقبت های ویژه نوزادان، به دلیل ابتلا به بیماری های مختلف جهت تشخیص و درمان ممکن است تحت تعداد زیادی تصویربرداری با اشعه ایکس قرار گیرند. مهمترین عارضه دریافت بیش از حد پرتو ایکس، افزایش خطر ابتلا به انواع سرطان ها است. هدف از مطالعه حاضر تعیین متوسط دز تجمعی دریافتی نوزادان بستری در بخش مراقبت های ویژه نوزادان می باشد.

مواد و روش ها: این مطالعه مقطعی بر روی ۲۰ نوزاد بستری در بخش مراقبت های ویژه بیمارستان تخصصی کودکان طالقانی که به صورت تصادفی انتخاب شده بودند، انجام شد. اطلاعات نوزاد شامل زمان تولد، زمان ورود، مدت زمان بستری، سن، جنسیت، وزن و تعداد رادیوگرافی های انجام شده بر روی نوزاد و اطلاعات رادیوگرافی شامل فاصله تیوب تا بدن بیمار، ولتاژ تیوب (kVp) و میزان میلی آمپر ثانیه (mAs) نیز ثبت شد. میزان دز جذبی پوست هر بیمار با استفاده از دزیومتر ترمولومینسانس مدل MTS700 و تعداد تصویربرداری مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: میزان دز جذبی پوستی نوزادان مورد مطالعه با میانگین ۷۸ میکروگری از ۴۲ تا ۱۲۱ میکروگری ($78 \pm 19/6$) متغیر بود. متوسط تعداد تصویربرداری و میزان دز تجمعی به ترتیب ۶ عدد ($6 \pm 7/71$) و ۵۲۱ میکروگری ($521 \pm 547/99$) بود. بیشترین مقدار دز تجمعی (2106 میکروگری) مربوط به نوزادی بود که تحت ۲۷ تصویربرداری قرار گرفته بود.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج این مطالعه نیاز به تصویربرداری های متعدد این نوزادان می تواند باعث افزایش قابل توجه دز جذبی آنها به ویژه در نوزادان با وزن خیلی پایین شود.

واژه های کلیدی: تصویربرداری اشعه ایکس، نوزادان تازه به دنیا آمده، دز جذبی پوست، دز تجمعی جذبی پوست.

مقدمه

ویژه نوزادان می باشد. تصویربرداری رادیولوژی جهت بررسی اولیه نوزادان، ارزیابی در هنگام وخامت حاد و شرایط خاص بالینی مانند لوله گذاری مورد استفاده قرار می گیرد. بر اساس مطالعات انجام گرفته میزان ریسک ناشی از اشعه در این نوزادان به ویژه نوزادان نارس از چندین جهت بسیار بیشتر از بزرگسالان است. حجم کوچک و وزن پایین این نوزادان، باعث شده که اکثر ارگان های حساس آنها از جمله تیروئید، گنادها، مغز استخوان قرمز به صورت مستقیم تحت تابش دهی قرار گیرد و تابش آن ها به صورت تمام بدن (Whole body) در نظر گرفته می شود که در این وضعیت میزان دز موثر بالاتر می باشد (۴۵). از طرف دیگر میزان بالای تکثیر سلولی و فعالیت بالای میتوزی آنها میزان ریسک ناشی از پرتودهی را در نوزادان بویژه نوزادان نارس بسیار بالاتر از بزرگسالان قرار داده است. نکته قابل توجه در این

از زمان کشف پرتو ایکس توسط رونتگن، پرتو ایکس به عنوان یک ابزار تشخیصی و درمانی ضروری مورد استفاده قرار گرفته است به طوریکه عدم استفاده از آن می تواند به سلامت جامعه آسیب برساند (۱و۲). با وجود مزایای پرتو ایکس، اما از دیدگاه حفاظت در برابر پرتو می تواند منشا خطرات بالقوه به ویژه در سنین پایین باشد. بر اساس مطالعات انجام گرفته، مهمترین عارضه دریافت بیش از حد پرتو ایکس می تواند افزایش احتمال ابتلا به بدخیمی های خونی و توموری باشد (۱و۳). نوزادان تازه به دنیا آمده بستری در بخش مراقبت های ویژه از جمله بیمارانی هستند که ممکن است در معرض مقدار بیش از حد پرتو ایکس قرار بگیرند. رادیولوژی معمولی به دلیل در دسترس بودن، میزان نسبتاً پایین دز تابشی جذبی به ازای هر گرافی و همچنین قیمت پایین یکی از مهمترین ابزار تشخیصی در بخش های مراقبت

این مقاله حاصل پایان نامه احسان اسماعیلی دانشجوی رشته دکتری عمومی و طرح تحقیقاتی به شماره ۱۱۰۲۶۸ دانشگاه علوم پزشکی گلستان می باشد.

*مسئول مقاله: دکتر زهرا عرب بافرانی

آدرس: گرگان، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، دانشکده پزشکی، گروه بیوشیمی- بیوفیزیک. تلفن: ۰۱۷- ۳۴۴۳۶۱۰۲

E-mail: arabbafrani@goums.ac.ir

است که به دلیل حجم بالاتر مغز استخوان قرمز در نوزادان نسبت به کودکان، میزان دز موثر و خطر ناشی از پرتو در نوزادان حدود ۳ تا ۴ برابر کودکان است. بنابراین پایین نگه داشتن دز تابشی ناشی از تصویربرداری های رادیوگرافی در بخش مراقبت های ویژه نوزادان تا جایی که کیفیت تصویر حفظ شود، ضروری می باشد.

بر اساس پیشنهاد سازمان بین المللی حفاظت پرتو (The International Commission on Radiological Protection= ICRP) مرجع در رادیولوژی نوزادان ۸۰ میکرو گری در نظر گرفته شده است. بر اساس مطالعات انجام شده در اروپا، به دلیل نبود یک پروتکل واحد رادیوگرافی و بر اساس تکنیک های مختلف رادیولوژی، رنج وسیعی از میزان دز جذبی پوست (۱۷۴-۳۰ میکرو گری) در این نوزادان برآورد شده است که در بعضی مراکز زیر حد مرجع (۶و۷) و در برخی بالای حد مرجع (۵) بوده است. علاوه بر آن، میزان دز تجمعی دریافتی این نوزادان را که به دلیل نیاز به تکرار مجدد عکسبرداری از ناحیه مورد نظر (حدود ۲۰٪ تکرار) و همچنین نیاز به تصویربرداری های متوالی پروسه درمان می تواند مقدار قابل توجهی باشد را نباید نادیده گرفت. تعداد قابل توجه تصویربرداری از این نوزادان و افزایش دز تجمعی می تواند ریسک ابتلا به سرطان، بیماری های غیر سرطان و بیماری های ژنتیکی را افزایش دهد (۴و۸).

مطالعات اندکی بر روی میزان دز تجمعی در نوزادان بویژه نوزادان نارس صورت پذیرفته است. به عنوان مثال میزان دز تجمعی بر روی دو نوزادی نارس که تحت تابش ۴۰ (۵) و ۲۹ (۹) رادیوگرافی قرار گرفته بودند، به ترتیب ۴۱۸۱ و ۶۰۹ ماکروگری ذکر شد. از طرف دیگر نوزادان بستری در بخش های ویژه علاوه بر رادیوگرافی تحت تصویربرداری با سی تی اسکن و فلوروسکوپی نیز قرار می گیرند که دز جذبی آن ۱۰۰۰ برابر یک رادیوگرافی می باشد (۱۰). بنابراین با توجه به اهمیت حفاظت در برابر پرتو به ویژه در این گروه سنی و به منظور حفظ حداقل دز تابشی جذبی، در مطالعه حاضر میزان دز تجمعی دریافتی نوزادان تازه به دنیا آمده بستری در بیمارستان تخصصی کودکان طالقانی گرگان بر اثر رادیوگرافی تشخیصی در طول مدت بستری مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این مطالعه مقطعی پس از تصویب در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی گلستان با کد IR.GOUMS.REC.1397.265 بر روی ۲۰ نوزاد تازه به دنیا آمده بستری در بخش مراقبت های ویژه نوزادان بیمارستان تخصصی کودکان طالقانی- گرگان در سه ماه تابستان سال ۱۳۹۸ انجام شد. بیماران به صورت تصادفی و بدون توجه به نوع بیماری، مدت بستری، جنس و سن انتخاب شدند. به دنبال بستری شدن هر نوزاد، اطلاعات شامل زمان تولد، زمان ورود، مدت زمان بستری، سن نوزاد، جنسیت، وزن و تعداد رادیوگرافی هایی که بر روی نوزاد انجام شده است، ثبت شد. اطلاعات رادیوگرافی شامل فاصله تیوب تا بدن بیمار، ولتاژ تیوب (kVp) و میزان میلی آمپرثانیه (mAs) نیز ثبت شد. تمام تصویربرداری ها توسط دستگاه رادیولوژی پرتابل واقع در بخش مراقبت های ویژه گرفته شد. با توجه به اینکه پروتکل تصویربرداری بر اساس

موقعیت و شرایط بیمار می تواند متفاوت باشد و همچنین در مواقعی تصویربرداری از نوزاد نیاز به تکرار دارد که متأسفانه در پرونده آنها ثبت نخواهد شد، به منظور بررسی دقیق تر، میزان دز تجمعی جذبی پوست در نوزادان بستری در بخش مراقبت های ویژه نوزادان توسط دزیمترهای شخصی ترمولومینسانس مدل MTS700 تخمین زده شد. برای هر نوزاد یک قرص دزیمتر ترمولومینسانس (Termoluminescent Dosimeter= TLD)، قرار گرفته در محفظه ای پلاستیکی جهت حفاظت از رطوبت و گرد و غبار، اختصاص داده شد که از زمان پذیرش تا ترخیص و یا فوت همراه بیمار بود. اندازه گیری مستقیم دز جذبی توسط TLD بهترین شاخص ارزیابی دقیق یک عملکرد بالینی است. لازم به ذکر است که قبل از استفاده از قرص های TLD ها بایستی بر اساس محدوده تابش دهی پاسخ آنها کالیبره شود. بدین منظور به همه قرص ها ولتاژی معادل ۴۴ کیلوالترون ولت داده شد. سپس همه قرص ها در دستگاه خوانش قرار داده شدند. فاکتور کالیبراسیون هر آشکارساز برابر نسبت میانگین خوانش ها در هر کانال دستگاه به خوانش هر قرص می باشد. در ادامه مقدار دز از حاصل ضرب شمارش خوانده شده در دستگاه در فاکتور کالیبراسیون و سپس کم کردن پرتو زمینه به دست می آید. اختلاف بین دز داده شده و محاسبه شده نباید بیش از ۵٪ باشد. میزان دز ذخیره شده در TLD ها توسط دستگاه TLD Reader 3500 در دانشگاه علوم پزشکی مشهد- گروه فیزیک پزشکی خوانش شد.

یافته ها

وزن نوزادان مورد مطالعه با میانگین $3.5/78 \pm 0.44$ گرم از مقدار ۵۵۰ تا ۳۳۰۰ گرم متغیر بود. تعداد تصویربرداری ها بسته به شرایط بالینی بیمار بود ($7/71 \pm 6$) به طوریکه در چندین بیمار تعداد تصویربرداری ها به عدد ۲۵-۳۰ عدد رسید. همانطور که انتظار می رفت با افزایش تعداد روزهای بستری تعداد تصویربرداری ها افزایش یافت. میانگین تعداد تصویربرداری در گروه وزنی خیلی پایین (وزن کمتر از ۱۵۰۰ گرم) ($8/7 \pm 2/8$) نسبت به وزن های بالاتر ($1/8 \pm 3/1$) به طور قابل توجهی بالاتر بود ($p < 0.05$) (جدول ۱).

در برخی موارد میانگین دز جذبی پوست به ازای یک گرافی بیشتر و در برخی موارد کمتر از حد مرجع گزارش شده توسط سازمان ICRP می باشد. اگرچه میانگین دز جذبی به ازای یک گرافی در نوزادان با وزن کمتر از ۱۵۰۰ به طور قابل توجهی کمتر از نوزادان با وزن بیشتر از ۱۵۰۰ می باشد ($p < 0.05$) اما به دلیل تعداد تصویربرداری صورت گرفته بر روی نوزادان با وزن خیلی پایین، میزان دز تجمعی پوستی در آنها ($6/33 \pm 5/95$) به طور معنی داری بالاتر از نوزادان با وزن های بالاتر بود ($p < 0.05$) ($12/183 \pm 3/138$) (جدول ۲).

ولتاژ تیوب با میانگین $43 \pm 0/6$ از ۳۹ تا ۴۷ کیلوولتاژ و همینطور میلی آمپر ثانیه از رنج ۱/۵ تا ۳ تغییر کرده است (جدول ۳). با توجه به اینکه تصویربرداری ها توسط چندین تکنولوژیست رادیولوژی صورت می گیرد و هر فرد با توجه به سطح آموزش خود پروتکل تصویربرداری متفاوتی را تنظیم می کند، شاهد تنوع گسترده ای در دزهای دریافت شده توسط یک نوزاد خواهیم بود. این پدیده به دلیل عدم وجود یک پروتکل استاندارد تصویربرداری برای نوزادان می باشد.

جدول ۱. اطلاعات بالینی مربوط به هر نوزاد مورد مطالعه قرار گرفته

کد شناسایی بیمار	تعداد تصویربرداری صورت گرفته	تعداد روزهای بستری (روز)	سن تولد بیمار (هفته)	وزن بیمار (گرم)
۱	۵	۱۰	۲۷	۱۲۰۰
۲	۴	۳	۲۹	۱۱۰۰
۳	۴	۸	۳۶	۲۸۰۰
۴	۳	۳	۲۹	۱۶۲۰
۵	۲	۱	۲۷	۵۵۰
۶	۳	۳	۲۹	۱۲۳۰
۷	۱	۱	۳۶	۳۳۰۰
۸	۵	۳	۲۸	۶۵۰
۹	۲	۱۱	۳۰	۱۲۸۰
۱۰	۵	۹	۳۱	۱۴۶۰
۱۱	۲۷	۲۰۲	۲۹	۱۲۰۰
۱۲	۱	۱	۳۵	۲۶۱۰
۱۳	۲۷	۲۵	۲۹	۹۰۰
۱۴	۵	۷	۳۰	۲۱۵۰
۱۵	۳	۱۸	۲۹	۱۲۲۰
۱۶	۲	۲	۳۱	۱۴۰۰
۱۷	۱۵	۱۰	۲۹	۷۷۰
۱۸	۵	۳	۲۹	۱۲۳۰
۱۹	۱۲	۱۸	۲۸	۷۲۰
۲۰	۴	۶	۳۰	۱۴۰۰

جدول ۲. میزان میانگین دز جذبی پوستی به ازای هر تصویربرداری و دز تجمعی

کد شناسایی بیمار	دز تجمعی جذبی پوست (میکروگری)	میانگین دز جذبی پوستی به ازای هر گرافی (میکروگری)	تعداد تصویربرداری صورت گرفته
۱	۴۳۷/۶۴	۸۷/۵	۵
۲	۳۵۶/۶	۸۹/۱۵	۴
۳	۴۴۱	۱۱۰/۲۵	۴
۴	۲۲۸/۵	۷۶	۳
۵	۱۲۰	۶۰	۲
۶	۲۶۱/۶	۸۷	۳
۷	۲۲۱/۸	۱۲۱/۸	۱
۸	۳۰۵/۳	۶۱	۵
۹	۱۸۵/۶	۶۱	۲
۱۰	۴۷۹/۲	۹۵/۸	۵
۱۱	۱۸۹۰	۷۰	۲۷
۱۲	۴۲	۴۲	۱
۱۳	۲۱۰/۶	۷۸	۲۷
۱۴	۵۰۰	۱۰۰	۵
۱۵	۲۲۹/۹	۷۶	۳
۱۶	۱۶۷/۴	۸۳	۲
۱۷	۹۷۵	۶۵	۱۵
۱۸	۳۶۵	۷۳	۵
۱۹	۶۰۰	۵۰	۱۲
۲۰	۳۲۰	۸۰	۴

جدول ۳. پارامترهای تصویربرداری موثر بر میزان دز جذبی پوستی

مشخصات فیزیک تصویربرداری	Mean±SD	حداکثر	حداقل
کیلو ولتاژ (kVp)	۴۳±۰/۶	۴۷	۳۹
میلی آمپر ثانیه (mAs)	۲±۰/۲	۳	۱/۵
فاصله تیوب تا بدن بیمار	۶۲±۰/۲	۷۰	۵۰
طول میدان	۱۲±۰/۵	۱۵	۹
عرض میدان	۱۰±۰/۴	۱۲	۹

بحث و نتیجه گیری

در مطالعه حاضر میزان دز جذبی پوست از ۴۲ تا ۱۲۰ میکروگری متغیر بود که در بسیاری از موارد زیر حد مرجع سازمان ICRP (۸۰ میکروگری) بود. سازمان ICRP، به منظور کاهش دز نوزادان، ولتاژ تیوب بین ۶۵-۶۰ KV سرعت فیلم و اسکرین بین ۴۰۰-۲۰۰ و فاصله هد دستگاه تا بیمار را بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی متر پیشنهاد کرده است (۱۱و۵).

مهمترین علت بالابودن دز در یکسری از مراکز نسبت به دز مرجع به سه عامل اصلی KV پایین، mAs بالا و فاصله کم بر می گردد. افزایش KV و کاهش mAs موجب افزایش نفوذ و کاهش دز جذبی پوست و در نتیجه کاهش دز بیمار می باشد. مشابه با مطالعات دیگر (۷و۱۳و۱۲و۹) در مطالعه حاضر نیز در برخی از موارد پایین بودن مقدار kVp بالابودن mAs و پایین بودن فاصله بدن تا تیوب عواملی هستند که موجب افزایش میزان دز جذبی پوستی در یکسری از نوزادان شده است. علاوه بر موارد ذکر شده دقت ناکافی سیستم های زمان سنج، کیلو ولتاژ و ... دستگاه تصویربرداری می تواند بر میزان خروجی دستگاه تاثیر گذار باشد (۱۴). اگرچه در اکثر مقالات میزان دز جذبی پوست به ازای هر تصویربرداری کمتر از حد مرجع اعلام شده است اما نیاز به تصویربرداری های متعدد این نوزادان می تواند باعث افزایش قابل توجه دز جذبی آنها شود.

در مطالعه ای که توسط Komatsu و همکاران انجام شد مقدار میانگین تابش x-ray در مدت زمان بستری در NICU برای نوزادان ۱۲ عدد در نظر گرفته شد. میانگین دز تجمعی ۸۶۴ میکروگری (۱۲ تابش X ۷۲ میکروگری (ESD میانگین) محاسبه گردید که این عدد تا ۴۶۸۰ میکروگری افزایش یافت. این عدد از ضرب ۶۵ رادیوگراف در ۷۲ میکروگری برای یک نوزاد بیمار در مدت زمان ۲۰۳ روزه بستری در بیمارستان به دست آمد (۱۵). علی رغم اینکه میزان دز جذبی به ازای هر تصویربرداری در نوزادان با وزن کمتر از ۱/۵ کیلوگرم کمتر از نوزادان با وزن نرمال بود اما به دلیل بالاتر بودن تعداد تصویربرداری در این گروه وزنی موجب افزایش قابل توجه دز جذبی تجمعی شد به طوریکه در دو نوزاد که تحت ۲۷ مورد تصویربرداری قرار گرفتند میزان دز جذبی تجمعی به ۱۸۹۰ و ۲۱۶۰ میکروگری رسید.

هدف از تصویربرداری باید دستیابی به تصویر با کیفیت کافی به جای دستیابی به تصویر با کیفیت بهینه در راستای افزایش حفاظت پرتویی باشد. با توجه به بالا بودن میزان دز جذبی پوست به ازای هر تصویربرداری در یکسری از نوزادان در مطالعه حاضر، ضروری است تا رادیوگراف ها به استفاده از فاکتورهای مناسب پرتودهی و کلیماسیون های مناسب در جهت کاهش میزان دز جذبی پوست ترغیب شوند. علاوه بر پایین نگه داشتن

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی گلستان جهت حمایت از این تحقیق تشکر و قدردانی می شود.

میزان دز جذبی پوست، با توجه به اهمیت تعداد تصویربرداری های در میزان دز جذبی تجمعی، متخصصان باید در خصوص درخواست رادیولوژی محتاط باشند و مطمئن شوند که تصویربرداری ضروری می باشد.

Assessment of Cumulative Radiation Dose of Neonate Hospitalized in Intensive Care Units

E. Esmaili (MD)¹, A.R. Khoshbin-Khoshnazar (PhD)¹, A. Jabbari (MD,MPH)², Z. Arab-Bafrani (PhD)*¹

1. Metabolic Disorders Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, I.R.Iran

2. Ischemic Disorders Research Center, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, I.R.Iran

J Babol Univ Med Sci; 22; 2020; PP: 253-258

Received: Nov 30th 2019, Revised: Mar 2nd 2020, Accepted: Apr 5th 2020.

ABSTRACT

BACKGROUND AND OBJECTIVE: Newborns admitted to the neonatal intensive care unit (NICU), would be undergo a large number of X-ray imaging due to their involvement with various diseases. The most important complication of receiving too much X-rays is an increased risk of various cancers. The aim of this study was to determine the average cumulative dose received by neonates admitted to the neonatal intensive care unit.

METHODS: This cross-sectional study was performed on 20 neonates admitted to the intensive care unit of Taleghani Children's Hospital who were randomly selected. Infant information registered including time of birth, arrival time, duration of hospitalization, age, sex, weight and number of radiographs performed on the infant and radiographic information including tube-to-patient distance, tube voltage (kVp) and milliamperes (mAs). The amount of skin absorption dose of each patient was evaluated using MTS700 thermoluminescence dosimeter and the number of imaging was examined.

FINDINGS: The amount of entrance skin dose of the studied neonates with an average of 78 micrograys varied from 42 to 121 micrograys (78±19.6). The mean number of imaging and cumulative dose were 6 (6±7.71) and 521 micrograys (521±547.99), respectively. The highest cumulative dose (2106 µg) was related to a neonate who underwent 27 imaging.

CONCLUSION: According to the results of this study, the need for multiple imaging of these infants can significantly increase their absorption dose, especially in infants with very low weight.

KEY WORDS: *Diagnostic X-Ray, Newborn, Entrance Skin Doses, Cumulative Effective Dose.*

Please cite this article as follows:

Esmaili E, Khoshbin-Khoshnazar AR, Jabbari A, Arab-Bafrani Z. Assessment of Cumulative Radiation Dose of Neonate Hospitalized in Intensive Care Units. J Babol Univ Med Sci. 2020; 22: 253-8.

*Corresponding Author: Z. Arab-Bafrani (PhD)

Address: Department of Biochemistry and Medical Physics, Faculty of Medicine, Golestan University of Medical Sciences, I.R.Iran

Tel: +98 17 34436102

E-mail: arabbafrani@goums.ac.ir

References

1. Khong P-L, Ringertz H, Donoghue V, Frush D, Rehani M, Appelgate K, et al. ICRP Publication 121: Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology. *Ann ICRP*. 2013;42(2):1-63.
2. Khan FM, Gibbons JP. Khan's The Physics of Radiation Therapy, reprint. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
3. Hall EJ, Giaccia AJ. Radiobiology for the Radiologist, 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, Wolters kluwe; 2012.
4. Regano LJ, Sutton RA. Radiation dose reduction in diagnostic x-ray procedures. *Phys Med Biol*. 1992;37(9):1773-88.
5. Frayre AS, Torres P, Gaona E, Rivera T, Franco J, Molina N. Radiation dose reduction in a neonatal intensive care unit in computed radiography. *Appl Radiat Isot*. 2012;71 Suppl:57-60.
6. Armpilia CI, Fife IAJ, Croasdale PL. Radiation dose quantities and risk in neonates in a special care baby unit. *Br J Radiol*. 2002;75(895):590-5.
7. Dougeni ED, Delis HB, Karatza AA, Kalogeropoulou CP, Skiadopoulos SG, Mantagos SP, et al. Dose and image quality optimization in neonatal radiography. *Br J Radiol*. 2007;80(958):807-15.
8. Bader D, Datz H, Bartal G, Juster AA, Marks K, Smolkin T, et al. Unintentional exposure of neonates to conventional radiography in the Neonatal Intensive Care Units. *J Perinatol*. 2007;27(9):579-85.
9. Crealey MR, Bowden L, Ludusan E, Pathan M, Kenny B, Hannigan A, et al. Utilization of conventional radiography in a regional neonatal intensive care unit in Ireland. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2019;32(16):2667-73.
10. Edison P, Chang PS, Toh GH, Lee LN, Sanamandra SK, Shah VA. Reducing radiation hazard opportunities in neonatal unit: quality improvement in radiation safety practices. *BMJ Open Qual*. 2017;6(2):e000128.
11. Bahreyni Toossi MT, Malekzadeh M. Radiation Dose to Newborns in Neonatal Intensive Care Units. *Iran J Radiol*. 2012;9(3):145-9.
12. Olgar T, Onal E, Bor D, Okumus N, Atalay Y, Turkyilmaz C, et al. Radiation exposure to premature infants in a neonatal intensive care unit in Turkey. *Korean J Radiol*. 2008;9(5):416-9.
13. 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.
14. Khoshbin Khoshnazar A, Hejazi P, Mokhtarian M, Nooshi S. Quality Control of Radiography Equipments in Golestan Province of IRAN. *Iran J Med Phys*. 2013;10(1-2):37-44.
15. Komatsu CV, Silva CC, de Souza LRMF, Gonçalves LF. Excess radiation to newborns hospitalized in the intensive care unit. *Radiat Prot Dosimetry*. 2017;177(3):331-41.