راهنمای سراسری سازمان گوارش جهانی

محافظت از اشعه ایکس در بخش اندوسکوپی

به حداقل رساندن مواجهه با تشعشع در بیماران و کارکنان اندوسکوپی

تیم بازبینی

Lance Uradomo, Henry Cohen, Michael Fried, John Petrini, Madan Rehani

ترجمه و ویرایش

دکتر سید هادی میر هاشمی

دکتر فریبا ملاجعفری

دکتر نرگس ملیح

دکتر حکیمه مصطفوی

هدیه مصلی نژاد

شراره محمودی

فهرست

۱ مقدمه

۲ اشعه در سیستم گوارش

۳ اثرات تابش اشعه ایکس

۴ محافظت از تشعشع در کارکنان و بیماران

۵ آبشارها: انتخاب های مدیریتی با در نظر گرفتن منابع موجود

۶ موقعیت های ویژه

۷ ضمیمه: مقادیر و واحد های تشعشع

۸ منابع

۱. مقدمه

تابش یونیزان در پزشکی برای تشخیص و درمان مورد استفاده قرار می گیرد. بیشتر متخصصین گوارش با روش های رادیوگرافیک برای تشخیص بیماری های مربوط به مجاری گوارشی، بررسی ارگان های داخل شکم و کمک گرفتن در جاگذاری دستگاه های درمانی آشنا هستند. مشخص کردن اندیکاسیون های مناسب استفاده از اشعه در تمامی شرایط برای اجتناب از مواجهه غیرضروری بیمار و کارمندان با اشعه های بالقوه خطرناک ضروری می باشد. استفاده های درمانی اشعه فراتر از حد این راهنمای بالینی بوده و در این مبحث فقط کاربردهای تشخیصی آن مورد بحث قرار می گیرد.

۲. اشعه در سیستم گوارش

در حال حاضر استفاده از تابش یونیزان در سیستم گوارش در حال گذر از دوره انتقال است. در گذشته، متخصصین گوارش مداخلات متعددی از قبیل رادیوگرافی سیستم گوارش، قرار دادن لوله های بیوپسی روده کوچک، اتساع مری، کمک گرفتن در کولونوسکوپی، همچنین اعمال تشخیصی و درمانی روی سیستم پانکراتوبیلیاری طی endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP) انجام می دادند که مستلزم قرار گرفتن در معرض اشعه بودند. امروزه بیشترین موارد مواجهه با اشعه ایکس در تخصص گوارش به علت ERCP، جاگذاری استنت لومینال و اتساع، ایجاد می شود. متخصصین گوارش که ERCP را انجام می دهند ممکن است در مراکز تخصصی کار کنند و چندین عمل در روز انجام دهند. در تمامی مواردی که دستگاه های فلوروسکوپیک و یا اشعه ایکس استفاده می شود، متخصصین گوارش باید خطرات را هم برای بیماران، هم برای خود، و هم دیگر کارمندان به حداقل برسانند.

زمانی که فلوروسکوپی برای کمک در کولونوسکوپی، اتساع، یا جاگذاری استنت لومینال مورد استفاده قرار می گیرد حداقل زمان ممکن برای انجام فلوروسکوپی توصیه می شود.

طی انجام ERCP، موقعیت سیم های راهنما (گاید وایرها) و کاتترها بوسیله فلوروسکوپی تعیین می گردد. وقتی تزریق های کنتراست انجام می شود، فلوروسکوپی برای ارزیابی آناتومی سیستم مجاری درخت صفراوی و پانکراس و برای کمک به ارزیابی وجود بیماری بکار می رود. برای ثبت نتایج بوسیله دریافت آخرین تصویر فلوروسکوپیک، تصویر نقطه ای (image spot) یا توالی تصاویر بسته به ویژگی های موجود در تجهیزات مورد استفاده، از مستندات عکاسی استفاده می شود. در نهایت، فلوروسکوپی برای مثال در اسفنکتروتومی، خارج کردن سنگ، بیوپسی یا سیتولوژی، و جاگذاری استنت برای کمک به درمان نیز مورد استفاده قرار می گیرد. وسایل اضافی دیگر که اجازه مشاهده مستقیم آناتومی مجاری را می دهند می توانند در نهایت نیاز به فلوروسکوپی را کاهش دهند.

در مورد بیمار؛ منبع مواجهه، پرتو مستقیم اشعه از لوله اشعه ایکس است. بیمار بطور تخمینی حدود ۲ تا ۱۶ دقیقه فلوروسکوپی را طی ERCP دریافت می کند که با روش های درمانی این زمان طولانی تر نیز خواهد بود. مطالعات نشان می دهد که تقریبا مقادیر dose–area product (DAP) حدود ۶۶-۱۳ Gy/cm^2 در طی ERCP استفاده می شود. دوزهای موثر از ۲ تا ۶ mSv برای هر اقدام درمانی گزارش شده اند.

بیشترین منبع مواجهه با اشعه ایکس برای متخصصین اندوسکوپی و کارکنان، پرتو ایکس اولیه نبوده و مقداری از اشعه ایکسی است که از بیمار به سمت آنها پراکنش می شود. میانگین دوزهای موثر در حدود ۰/۰۷ mSv برای هر خدمت انجام شده برای متخصصین اندوسکوپی که پیش بند مخصوص سربی می پوشند، مشاهده شده است.

اگرچه بدن متخصص اندوسکوپی بوسیله پیش بند سربی بخوبی محافظت می شود اما دوزهای قابل ملاحظه اشعه در قسمت های پوشیده نشده، مشاهده شده است. میانگین دوز حدود ۰/۱-۱/۷ mGy در چشم و میانگین دوز حدود ۰/۵ mGy در دست ها به ازای هر خدمت گزارش شده است. دوزهایی که به دستیاران اندوسکوپی می رسد بسته به موقعیت و زمانی که

نزدیک منبع اشعه ایکس صرف می کنند، مقداری کمتر خواهد بود. چراکه این دستیاران معمولا نسبت به متخصصین اندوسکوپی دورتر از بیمار می ایستند.

۳. اثرات تابش اشعه ایکس

اشعه ایکس شامل تابش یون زا مانند پرتوهای گاما یا انواع دیگری از تابش هاست که بوسیله مواد رادیواکتیو ساطع می شود. این پرتوها در محیط هایی که از آنها عبور می کنند باعث ایجاد یونیزاسیون می شوند. یونیزاسیون ایجاد شده می تواند منجر به تخریب DNA یا مرگ سلولی شود. اثرات ناشی از تابش اشعه ایکس نیاز به توضیح دارد زیرا اغلب اوقات ترس از تابش ها یا احساس خطر در مورد آنها غیرواقعی تر از خطر واقعی آنهاست.

اثرات ناشی از تابش اشعه ایکس بطور کلی به دو بخش تقسیم می شود: *deterministic effects* (اثرات قطعی) مانند ایجاد آب مروارید، نازایی، آسیب های پوستی، ریزش مو؛ و *stochastic effects* (اثرات تصادفی) شامل اثرات سرطان زا و ژنتیکی. اثرات قطعی (عمدتا آب مروارید و ریزش مو) در رادیولوژیست ها و کاردیولوژیست های اینترونشنال به اثبات رسیده است. در متخصصین گوارش چنین اثراتی گزارش نشده است. در حال حاضر مقدار تابش اشعه ایکس که بوسیله متخصصین گوارش مورد استفاده قرار می گیرد نسبت به رادیولوژیست ها و کاردیولوژیست ها کمتر است.

آسیب به میزان اشعه ای که توسط بدن انسان جذب می شود بستگی دارد و به عنوان دوز تشعشع یا دوز واقعی شناخته می شود. در حالیکه اثرات قطعی دارای آستانه می باشند، اثرات تصادفی می توانند با وجود مقدار کم در هر سطحی از مواجهه با تشعشع رخ دهند. اصل حاکم بر اثرات تصادفی این است که احتمال اثرات؛ متناسب با دوز تابش می باشد. بر این اساس، سازمان های بین المللی بر روی اصل "as low as reasonably achievable (ALARA)" آنقدر کم باشد که از لحاظ منطقی قابل دستیابی باشد" به توافق رسیده اند. این عبارت به این معنا نیست که اثرات سرطانی یا ارثی قطعا در سطوح پایین تر تابش رخ خواهد داد. این اصل بیانگر این است که اثرات سرطان زا و ژنتیکی بطور حتم در سطوح پایین تابش رخ نخواهد داد (دوزهای چند میلی سیورت سالانه). این خطر شبیه خطر تصادف هنگام عبور از خیابان است. هر چه بیشتر شخصی از خیابان عبور کند احتمال بروز تصادف افزایش می یابد. شخص ممکن است ۱۰۰ بار از خیابان بدون هیچ تصادفی عبور کند، اما احتمال بروز تصادف با هر عبور افزایش می یابد. با توجه به همین اصل است که قانون ALARA اهمیت یافته است.

مستند سازی اثرات تشعشع در سطحی که متخصصین گوارش طی انجام ERCP یا فلوروسکوپی مواجهه دارند امکان پذیر نیست. به طور معمول هنگامی که ابزارها و اصول محافظتی استفاده شوند، دوزهای اثر بخش کل بدن ۳-۰ mSv در سال است. محدوده دوزی که بوسیله کمیسیون بین المللی محافظت در برابر اشعه the International Commission on Radiological Protection (ICRP) توصیه شده و بوسیله بیشتر کشورها رعایت می شود به میزان ۲۰ mSv در سال می باشد. در مواقعی که دوز سالانه از حد ۲۰ mSv فراتر می رود، توصیه شده دوز از ۵۰ mSv در هر سال یا ۱۰۰ mSv در بازه زمانی بیش از پنج سال فراتر نرود. این محدودیت دوز بر اساس محاسبه خطر تشعشع در یک دوره کامل کاری از سن ۱۸ تا ۶۵ سالگی (۴۷ سال) به میزان سالانه ۲۰ mSv تعیین شده است. دوز سالانه ۲۰ mSv که در طی ۴۷ سال ۹۴۰=۲۰*۴۷ (حدود ۱ Sv) می باشد، منجر به خطر فزاینده سرطان به بالای یک در هر ۱۰۰۰ نفر می شود و بیشتر از احتمال بروز طبیعی سرطان در جامعه است.

۴. محافظت از تشعشع در کارکنان و بیماران

سوالی که برای متخصصین گوارش مطرح است آن است که آیا ممکن است کسی در زندگی حرفه ای اش با اشعه کار کند، بدون آنکه از اثرات تشعشع رنج ببرد. جواب در صورتی که شرایط بهینه زیر رعایت شود بله است:

الف: آیا دستگاه به صورت دوره ای چک شده و درست کار می کند؟

ب: استفاده از ابزارهای محافظ شخصی (پیشبند بند دار با مقدار سرب برابر با ۰/۳۵-۰/۲۵ میلی متر، پوشش محافظ تیروئید، عینک محافظ، یا صفحات محافظتی سر/صورت و پاها). براساس داده های اخیر، مشخص شده است که محافظت از چشم در مقابل آب مروارید از آنچه قبلا تصور می شد، مهم تر است.

ج: آیا وسایلی که برای مانیتورینگ (پایش) مواجهه با اشعه کارکنان استفاده می شود؟

د: آیا تکنیک مناسب به ترتیبی که در ذیل آمده است استفاده می شود؟

در حالی که دست ها می توانند میزان بیشتری تشعشع (محدودیت دوز سالانه ۵۰۰ mSv) را تحمل کنند، بهترین توصیه آن است که به جای پوشیدن دستکش، دست ها از همان ابتدا از تابش اشعه دور نگه داشته شوند.

شرایطی وجود دارد که محافظت بیمار می تواند چالش قابل ملاحظه ای ایجاد کند. تا حدود ۱۰ سال پیش، برنامه های محافظت اشعه غالبا برای محافظت کارکنان تدوین شده بودند. بیشتر کشورها سیستمی را مصوب کرده اند که پایش دوز تشعشع کارکنان اختیاری بوده و گزارش های دوز مادام العمر ثبت می شوند. با این فرض غلط که بیمار برای معاینه، در طول عمر دفعات معدودی در معرض تشعشع یونیزان قرار می گیرد، محافظت بیمار کم اهمیت تر تلقی می شد. با توجه به اهمیت محدود نکردن منافع پزشکی استفاده از رادیاسیون، همیشه تصور بر آن بود که مفهوم محدودیت دوز برای بیماران کاربردی نیست. با این وجود مواردی از آسیب اشعه، خصوصا پوست بیماران، در افراد گیرنده خدمات مداخله ای قلبی و رادیولوژی نیازمند دوره های فلوروسکوپی طولانی (یک ساعت و بیشتر)، یا افرادی که تحت اعمال مکرر در یک محل قرار می گیرند، دیده شده است. امروزه محافظت از بیمار اهمیت بیشتری یافته است زیرا مشخص شده احتمال مواجهه با تشعشع بسیار بالاتری در بیماران وجود دارد، به طوری که ممکن است اشعه دریافتی طی چند CT اسکن بیشتر از اشعه دریافتی مادام العمر کارکنان باشد.

تاکید اولیه بر محافظت کارکنان، ایمنی آنان را افزایش داد. داده های ارائه شده توسط کمیته علمی بین المللی اثرات تشعشع اتمی (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR ، نشان می دهد میانگین دوز تشعشع موثر در کارکنان مشاغل پزشکی که با اشعه یونیزان کار می کنند، معمولا کمتر از mSv ۲ است. این مقدار کمتر از میزان اشعه دریافتی از منابع تشعشع طبیعی است که به عنوان تشعشع زمینه ای شناخته شده اند. منابع تشعشع طبیعی شامل تشعشع تابش کیهانی، رادون، تشعشع از مصالح ساختمانی، زمین و غذاهاست. تشعشع زمینه ای به عواملی بستگی دارد که عمده ترین آنها محل زندگی می باشد. دوز متوسط جهانی سالانه ۲/۴ mSv است، اما ممکن است در مناطق محدودی تا سالانه۱۰ mSv باشد. این مناطق به عنوان ذخایر بزرگ مواد رادیواکتیو در زمین شناخته شده و به سطح رادون محلی بستگی دارد.

دوز تشعشع به بیمار به تعدادی از عوامل بستگی دارد که در ادامه لیست شده اند.

عوامل مرتبط با بیمار

- توده بدنی یا ضخامت بخشی از بدن که زیر پرتو اشعه x قرار می گیرد. بیمارانی که ضخامت بیشتری از بدنشان زیر پرتو قرار می گیرد برای باکیفیت شدن تصاویر نیازمند دوزهای بالاتری هستند.
- سن پایین. بافت های کودکان (شامل تیرویید، گناد ها و پستان ها) در مقایسه با بزرگسالان به اثرات آسیب رسان تشعشع حساس تر می باشند.

- بیماری و اندیکاسیون خدمات در بیماران. تشخیص های پیچیده و تشخیص هایی که ممکن است بیمار را در معرض مداخلات درمانی چالش برانگیز قرار دهند با دوز های بالاتری همراه هستند.
- مواجهه پیشین با تشعشع. می تواند خطر آسیب تشعشع را افزایش دهد.
- حساسیت به اشعه در بعضی بیماران (مانند بیماران آتاکسی تلانژکتازی)، بیماری های بافت همبند (لوپوس دیسکویید) و دیابت ملیتوس

عوامل مرتبط با تجهیزات

- تنظیم دستگاه ها توسط تولید کنندگان برای میزان دوز فلورسکوپیک.
- موقعیت منبع اشعه X نسبت به بیمار و کارکنان. قرار دادن لوله زیر بیمار (زیر تخت) کارکنان را در معرض پراکنش اشعه کمتری قرار می دهد. میزان پالس کمتر (مثل ۷/۵ یا ۱۵ فریم در ثانیه) دوزهای تشعشع کلی کمتری به ازای هر خدمت ایجاد می کند.
- کنترل کیفی مناسب. عملکرد درست تجهیزات فلوروسکوپی و تجهیزات محافظت فردی اصل مهمی برای محافظت در برابر تشعشع است.
- گرفتن تصویر و نگهداری آن. به کاربر امکان می دهد تا بدون نیاز به مواجهه مداوم با اشعه X برای مرور تصویر فلوروسکوپی وقت بگذارد.
- سطوح هشدار برای زمان و میزان دوزهای بالا در فلوروسکوپی. این هشدارها به عنوان یادآورهای اثربخش برای محدود کردن فلوروسکوپی به کمترین زمان ممکن عمل می کنند.
- استفاده از ماشین های اشعه X دیجیتال. اگرچه تجهیزات جدیدتر می توانند دوزهای تشعشع را کاهش دهند، اما می توانند همراه با افزایش دوزهای اشعه ناشی از افزایش وضوح تصویر، بدون مواجهه بیش از حد قابل تشخیص باشند.

عوامل مرتبط با رویه ها

- زمان فلوروسکوپی
- تنظیمات تجمیع برای کاهش سطح مواجهه
- تعداد تصاویر رادیوگرافی که گرفته می شود
- بزرگ نمایی
- فاصله بین بیمار و گیرنده تصویر (تقویت کننده تصویر یا flat-panel detector)
- فاصله بین بیمار و تیوب اشعه X، و زاویه لوله

دوز بیمار می تواند با بهینه کردن عوامل لیست شده در بالا کاهش داده شود، ضمن آنکه کیفیت بالای مورد نیاز عملکرد موفق حفظ شود. خصوصا قدم های زیر باید در نظر گرفته شوند:

- افزایش فاصله بین بیمار و تیوب اشعه X
- نگهداری هرچه نزدیکتر گیرنده تصویر به بیمار
- قرار دادن پا بر روی پدال فقط در موارد ضروری
- کاهش دادن تعداد تصاویر مورد نیاز تا حد امکان
- متمرکز کردن اشعه ایکس تا حد امکان
- استفاده از فلوئورسکوپی پالسی
- اجتناب از تشدید میدان مغناطیسی
- اندام های حساس به اشعه ایکس مانند پستان ها را کمتر در معرض اشعه قرار دهید.

- تا حد امکان تصویربرداری به صورت مایل را کاهش دهید.

۵. آبشارها: انتخاب های مدیریتی با در نظر گرفتن منابع موجود

حفاظت در برابر تشعشع در مراکز مدرن به اندازه مراکز با تجهیزات قدیمی تر، مهم می باشد. گرفتن شرح حال کافی از بیمار، ارزیابی خدمات تصویربرداری پیشین، سابقه حساسیت به اشعه و دیگر عواملی که ممکن است مواجهه با اشعه را تحت تاثیر قرار دهد، ضروری است. در تمامی موقعیت ها؛ بکارگیری مفهوم ALARA ضروری می باشد. سطوح زیر گزینه های مدیریتی مرتبط با منابع تشعشع موجود را نشان می دهد:

سطح ۱: منابع با سطح بالای تشعشع

- اعطای مجوز از طریق مقامات نظارتی مناسب در رابطه با تشعشع
- آزمون کنترل-کیفیت دوره ای و منظم تجهیزات و ابزارهای حفاظتی برای تداوم عملکرد مطلوب
- استفاده از فلورسکوپی پالس در یک نرخ پالسی بهینه
- استفاده از ابزارهای محافظتی فردی مثل پیش بند، عینک شیشه سربی مناسب، محافظ تیروییید، زبانه ها و صفحه نمایش های سربی
- استفاده مناسب از برچسب های سنجش دوز (dosimetry) توسط تمام کارکنان
- مشارکت در برنامه ایمنی تشعشع در سازمان
- ایستادن در کنار دستگاه گیرنده تصویر به جای ایستادن در کنار منبع اشعه ایکس، افزایش فاصله بین کارکنان و منبع تشعشع
- استفاده از تکنیک مناسب برای به حداقل رساندن دوز تشعشع در بیمار (به عنوان مثال تیوپ اشعه ایکس تا حد امکان دور از بیمار نگه داشته شود و گیرنده تصویر تا حد امکان نزدیک بیمار قرار بگیرد، تنظیم کردن دوز و کم کردن بزرگنمایی)
- ثبت فاکتورهای مواجهه بیماران با امواج رادیواکتیو - زمان فلورسکوپی، محصول دوز و سطح مواد که به عنوان محصول سطح- دوز شناخته شده است (dose-area product: DAP)
- اطمینان از آگاهی کارکنان از دوزهای تشعشع برای خود و بیمارانشان از طریق آموزش دادن آنها بویژه آموزش کارکنان جدید
- اعتباربخشی توسط هیات حرفه ای مناسب

سطح ۲: منابع با سطح متوسط تشعشع

- اعطای مجوز از طریق مقامات نظارتی مناسب در رابطه با تشعشع
- تجهیزات حفاظتی کارکنان (پیش بند سربی)
- استفاده درست کارکنان از برچسب های سنجش دوز توسط اپراتور اصلی
- ایستادن در کنار دستگاه گیرنده تصویر به جای ایستادن در کنار منبع اشعه ایکس، افزایش فاصله بین کارکنان و منبع تشعشع
- استفاده از تکنیک مناسب برای به حداقل رساندن دوز تشعشع در بیمار (مثل تیوپ اشعه ایکس تا حد امکان دور از بیمار نگه داشته شود و گیرنده تصویر تا حد امکان نزدیک بیمار قرار بگیرد، تنظیم کردن دوز و کم کردن بزرگنمایی)

- ثبت فاکتورهای مواجهه بیماران با امواج رادیواکتیو - زمان فلورسکوپی، محصول دوز و سطح مواد که به عنوان محصول سطح- دوز شناخته شده است (dose-area product: DAP)
- اطمینان از آگاهی کارکنان از دوزهای تشعشع برای خود و بیماران شان از طریق آموزش دادن آنها بویژه آموزش کارکنان جدید

۶. موقعیت های ویژه

بارداری

زمانی که بیمار باردار برای درمان به ERCP نیاز دارد باید از یک روش بهینه، همان طوری که در سطور بالا توصیف شد، استفاده شود. علاوه بر این، اگر به صورت اولیه احتمال آسیب دیدن جنین از طریق اشعه ایکس وجود داشته باشد، قرار دادن صفحه سربی میان منبع اشعه ایکس و جنین موثر خواهد بود. در حالتی که مواد رادیو اکتیو به داخل بدن بیمار پراکنش می شود، استفاده از صفحه سربی بیرون از بدن بیمار برای پیشگیری از مواجهه جنین با مواد رادیواکتیو، بی اثر خواهد بود. باید وضعیت بیمار (تاق باز، جانبی و یا خوابیده به پشت) برای دریافت کمترین میزان مواجهه جنین تنظیم شود. در پراکنش خلفی قدامی اشعه ایکس دوز رسیده به جنین ۲۰ تا ۳۰ درصد کمتر از پراکنش قدامی خلفی است، زیرا در این حالت به علت عبور اشعه از بافت های مادر محافظت جنین افزایش می یابد. پراکنش جانبی محافظت از جنین را افزایش می دهد، اما نرخ دوز ورودی بیمار در این حالت ۳ تا ۷ برابر پراکنش به صورت فرونتال است. پراکنش جانبی دوز اشعه دریافتی توسط جنین را می افزاید.

یک تکنیک جایگزین دیگر که بطور کامل از مواجهه با تشعشع جلوگیری می کند، استفاده از ERCP بدون فلورسکوپی از طریق بکارگیری تکنیک های کانولا گذاری با هدایت سیم (wire-guided cannulation) می باشد. کلدوکوسکوپی را می توان برای تایید از بین رفتن سنگ کیسه صفرا استفاده کرد. البته این رویکرد از نظر تکنیکی چالش انگیز بوده و باید فقط توسط متخصصان بسیار مجرب اندوسکوپی مجاری صفراوی مورد استفاده گیرد.

کودکان

تمام توصیه های ارائه شده در سطرهای پیشین برای کوکان نیز کاربردی می باشند، علاوه بر آن در جایی که امکان پذیر باشد، تاکید ویژه ای بر محافظت غده تیروئید و پستان دختران جوان از طریق استفاده از محافظ یا تنظیم پرتو شده است.

۷. ضمیمه: مقادیر و واحد های تشعشع

دوز جذب شده انرژی جذب شده در واحد جرم در یک نقطه خاص می باشد. به صورت ژول بر کیلوگرم بیان می شود ($J\ kg^{-1}$)، که به صورت گری واحد SI نشان داده می شود (Gy). شرح مفصل تر در گزارش شماره ۷۴ ICRU (۳) و گزارش فنی شماره ۴۵۷ IAEA آمده است (۴).

ارگان دوز مقداری است که توسط ICRP (۵، ۶) در رابطه با احتمال اثرات تصادفی (عمدتا القاء سرطان) بعنوان میانگین دوز جذب شده در اندام تعریف شده است، بعنوان مثال سهم انرژی کلی رسیده به یک ارگان و توده کلی ارگان، بصورت ژول بر کیلوگرم بیان می شود ($J\ kg^{-1}$)، این کمیت به صورت گری واحد SI نشان داده می شود (Gy).

دوز معادل. دوز معادل یک ارگان یا بافت، عبارت است از ارگان دوزی است که بوسیله عامل وزن دهی تشعشع اصلاح شده است، که اثربخشی بیولوژیکی نسبی تشعشع تصادفی در ایجاد اثرات تصادفی را در نظر می گیرد. این ضریب تصحیح برای اشعه x به صورت عددی ۱ است. این کمیت بصورت ژول بر کیلوگرم بیان می شود ($J\ kg^{-1}$)، به صورت سیورت واحد SI نشان داده می شود (Sv).

دوز موثر. مقداری است که توسط ICRP (۵، ۶) به صورت مجموع وزن داده شده دوز های معادل در تمام بافت ها و اندام های مرتبط تعریف شده است. در واقع این کمیت "برای بیان ترکیبی از دوز های متفاوت برای چندین بافت مختلف در نظر گرفته شده است، به گونه ای که احتمال همبستگی مناسب با مجموع اثرات تصادفی وجود داشته باشد ". بنابراین، حتی اگر توزیع دوز جذب شده در بدن انسان ناهمگن باشد، این شیوه قابل اجرا می باشد. دوز موثر به صورت ژول بر کیلوگرم بیان می شود ($J\ kg^{-1}$) و به صورت سیورت واحد SI نشان داده می شود (Sv).

دوز موثر برای بیماران باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد، همانطور که در گزارش UNSCEAR 2000 به سازمان ملل گزارش شده است:

کمیته همیشه اشاره کرده است ... که این دوزهای موثر نباید به طور مستقیم برای برآورد آسیب (افراد یا جمعیت ها) ناشی از معاینات پزشکی بوسیله دستگاه (نرم افزار) مورد استفاده قرار گیرند، برای مثال ضریب احتمال مرگ و میر اسمی اعلام شده توسط ICRP ... چنین ارزیابی هایی با توجه به عدم اطمینان ناشی از اختلافات جمعیت شناختی بالقوه (از لحاظ وضعیت سلامتی، سن و جنس) بین جمعیت خاصی از بیماران و جمعیت عمومی که ICRP ضرایب خطر را از آنها استخراج کرده است، نامناسب بوده و هیچ اهمیتی ندارد. به عنوان مثال، پیشنهاد شده است که دوز موثر می تواند به طور گسترده ای زیان ناشی از مواجهه تشخیصی بیماران جوان را به میزان ۲ برابر کمتر تخمین بزند. برعکس، می تواند آسیب مواجهه بیماران مسن را حداقل ۵ برابر بیشتر تخمین بزند ... با وجود هشدار فوق، انجام رادیولوژی تشخیصی برای اهداف مقایسه ای، عمدتا از نظر دوز موثر برای افرادی که در مواجهه با هر روش قرار می گیرند و با در نظر گرفتن تعداد اقدامات، دوزهای مؤثر تجمعی در جمعیت های مواجهه یافته؛ در این پیوست خلاصه می شود (ref. 1, pp. 296-7).

بنابراین ارزیابی مواجهه تشخیصی پزشکی فقط تا زمانی قابل استفاده است که برای اهداف مقایسه ای و در جمعیت های بیمار مشابه یا همان جمعیت از دوز موثر و حتی دوز تجمعی استفاده شود. در صورتی که برای مقایسه با دیگر جمعیت ها بکار رود نیاز به ملاحظات اضافی یا اصلاحات عمده وجود دارد.

Air kerma مجموع انرژی جنبشی رها شده از همه ذرات شارژ شده در هر واحد توده (جرم) است. تعدادی از انتشارات پیشین اندازه گیری ها را بصورت دوز جذب شده در هوا بیان کرده اند. انتشارات اخیر و کد خدمت IAEA به مشکلات تجربی در تعیین دوز جذب شده در هوا، خصوصا در مجاورت یک رابط (خط اتصال) اشاره کرده است. در واقع آنچه تجهیزات دوزیمتری ثبت کرده، انرژی جذب شده از تشعشع بوسیله هوا نیست بلکه انرژی منتقل شده بوسیله تشعشع به ذرات شارژ شده ناشی از یونیزاسیون است. به همین علل، کد خدمت IAEA و گزارش شماره ۷۴ ICRU، استفاده از air kerma بجای دوز جذب شده به هوا را توصیه کرده است. واحد آن ژول بر کیلوگرم است ($J\ kg^{-1}$) و به صورت گری واحد SI نشان داده می شود (Gy).

این تصحیح برای مقدار تعیین شده در هوا کاربرد دارد مانند ورود سطح air kerma (بجای دوز سطح ورودی هوا air dose)، شاخص air kerma در CT (بجای شاخص دوز CT)، محصول منطقه kerma (بجای محصول دوز-منطقه) و مدت (length) ناحیه air kerma (بجای محصول دوز-مدت).

توصیه های فوق مربوط به هوا می باشند. هنگام بررسی بافت ها تخمین دوز جذب شده به پوست، با استفاده از ضریب تصحیح ضروری برای به دست آوردن دوز جذب شده به بافت از air kerma نیز صحیح است.

دوز تجمعی (**collective dose**) به صورت کل مقدار دوز موثر ضرب در اندازه جمعیت تحت پوشش محاسبه می شود. دوز تجمعی معمولا در واحد سیورت-فرد (person-sievert) محاسبه می شود.

۸. منابع

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation: report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations, 2000 [http://www.unscear.org/docs/reports/annexd.pdf.[
2. Baron TH, Schueler BA. Pregnancy and radiation exposure during therapeutic ERCP: time to put the baby to bed? Gastrointest Endosc 2009;69:832–4 [PMID 19327473.[
3. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Patient dosimetry for X rays used in medical imaging (Report 74). J ICRU 2005; 5(2):1–113] doi:10.1093/jicru/ndi018.[
4. International Atomic Energy Agency (IAEA). Dosimetry in diagnostic radiology: an international code of practice. (Technical Reports Series, no. 457, STI/DOC/010/457). Vienna :IAEA, 2007 [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS457_web.pdf.[
5. International Commission on Radiological Protection (ICRP). 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP 60). Ann ICRP 1991;21(1 –3):1–201] superseded by ref. 6 below.[
6. International Commission on Radiological Protection (ICRP). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (ICRP 103). Ann ICRP 2007;37(2] ۳۳۲–۱:(۴– Chinese, French, German, and Italian translations available , http://www.icrp.org/annals_list.asp.[