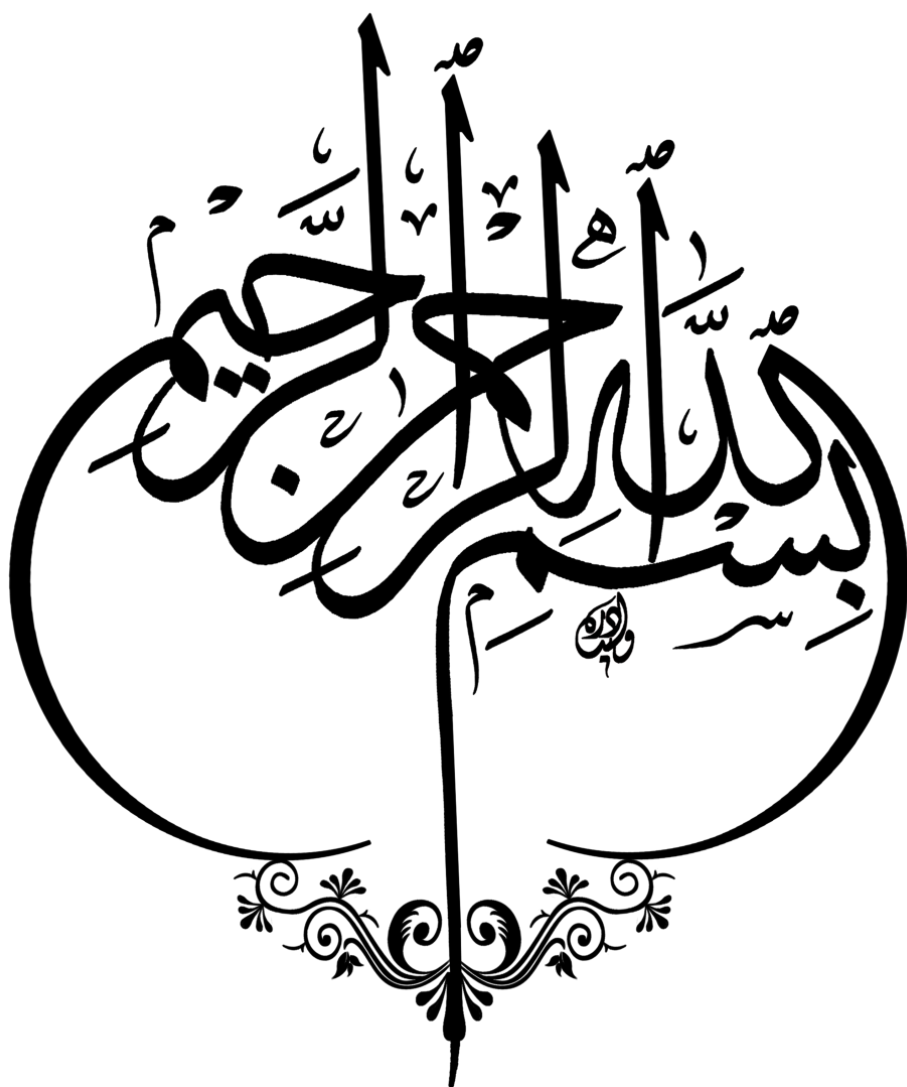




جنبه های پزشکی حوادث پرتوی

جنبه های پزشکی حوادث پرتوی

مرکز آموزش اضطراری پرتوی / سایت آموزشی REAC/TS

صندوق پستی ۳۹،۱۱۷-MS

اوک ریج ، TN 37831

دفتر: ۳۱۳۱-۵۷۶(۸۶۵)

شماره ۲۴ ساعته: ۱۰۰۵-۵۷۶(۸۶۵)

www.orise.orau.gov/reactions

فهرست مطالب

صفحه

پیشگفتار.....	۱
بخش ۱: مبانی مقدمه و تابش.....	۳
بخش ۲: پاسخ اولیه پزشکی.....	۱۷
بخش ۳: سندرم پرتوی حاد.....	۲۱
بخش ۴: مدیریت پزشکی آسیب محلی.....	۲۹
بخش ۵: مدیریت پزشکی رادیونوکلیئیدهای سپرده شده داخلی.....	۳۳
بخش ۶: ضد عفونی کردن.....	۴۹
بخش ۷: دزیمتری بیولوژیک.....	۵۷
بخش ۸: تاخیر افکت ها.....	۶۵
بخش ۹: حمایت روانی و خطر.....	۷۱
پیوست A: اطلاعات تکمیلی.....	۷۶
پیوست B: منابع پاسخ اضافی.....	۸۱
پیوست C: منابع.....	۸۲

سخن مترجم

در دو دهه اخیر کشور ما در زمینه دستیابی به فناوری هسته‌ای و استفاده‌های گوناگون، در شاخه‌های مختلف علم و صنعت از منابع پرتوزا، به سرعت در حال پیشرفت می‌باشد. در کنار این توسعه روزافزون، قویاً احساس نیاز می‌شود که ارائه دهندگان خدمات مراقبت از سلامت، با جنبه‌های مختلف مخاطرات ناشی از کار با منابع پرتوزا و مواد رادیواکتیو آشنا شده و با علم و آگاهی مورد نیاز در حوزه سلامت پرتوکاران مداخله نمایند. انگیزه‌ی ما برای اقدام به ترجمه و انتشار این اثر، ابتدا در دسترس قرار دادن مرجع علمی معتبر به زبان فارسی در این زمینه و سپس نیاز به کسب مهارت‌های بیشتر در راستای توسعه دانش فنی در جامعه پزشکی کشور بوده است.

در این راستا کتاب حاضر ترجمه نسخه چهارم کتابچه‌ی همراه منتشر شده توسط مؤسسه‌ی REAC/TS شامل کلیه مباحثی است که به صورت مبنایی اطلاعات لازم را در مورد خواص و ماهیت این منابع و مواد، ارائه نموده و مشخص می‌سازد، شرح وظایف تیم‌های پزشکی در شرایط خروج از روند عادی کار با پرتوها و فوریت‌های هسته‌ای و پرتوی به چه ترتیبی است و توجه اعضای مختلف تیم در این شرایط باید بر چه جنبه‌هایی متمرکز باشد.

به طور کلی محتوای کتاب حاضر شامل:

- معرفی منابع مولد، انواع پرتوهای یونساز و راه‌های محافظت در مقابل این پرتوها
- مفهوم exposure که منجر به پرتوگیری خارجی یا داخلی می‌شود
- معرفی یکاهای مورد استفاده در دستگاه بین‌المللی، طریقه محاسبه و همچنین حد دز شغلی براساس سند بین‌المللی ICRP 103
- قانون ALARA و اصول فلسفه حفاظت در برابر پرتوهای یونیزان
- مبانی تریاز پزشکی براساس ملاحظات عرفی پزشکی و جراحی پس از رخدادی پرتوی، روش‌های محاسبه، تخمین بزرگی دز رادیولوژیک و طراحی درمان
- معرفی معیارهای اصلی پزشکی در پرتوگیری و یا آلودگی رادیواکتیو، آزمایش‌ها و درمان‌های مورد نیاز
- سندرم حاد پرتوگیری (ARS)، سیر علائم و نحوه مدیریت درمان
- آسیب‌های موضعی ناشی از پرتوگیری، نشانه‌های بالینی، آستانه‌های بروز آثار قطعی و درمان‌های مورد نیاز براساس سیر بیماری

- پرتوگیری داخلی، روش مدیریت پزشکی، انواع ایزوتوپ‌های مرتبط، انواع تکنیک‌های رفع آلودگی داخلی و خارجی

- روش‌های بیودزیتمتری سیتوژنتیک جهت تخمین دز براساس شکست کروموزومی القا شده توسط پرتوگیری در لنفوسیت‌های موجود در گردش خون

- مراقبت‌های دراز مدت و حمایت‌های سایکولوژیک از مصدومین رخدادهای رادیولوژیک
- معرفی منابع

می‌باشد. مطالعه این کتاب می‌تواند برای کلیه دست‌اندرکاران و ارائه دهندگان خدمات سلامت که به نحوی با سلامت جامعه پرتوکاران کشور در ارتباط بوده و یا در هنگام بروز حوادث یا سوانح در ابعاد مختلف، وظیفه ارائه خدمات اورژانس تا مراقبت‌های بلند مدت مصدومین این نوع سوانح را بر عهده دارند، سودمند باشد.

به رسم ادب و قدرشناسی از کلیه عزیزی که درآماده شدن و تهیه این اثر یاری نموده‌اند صمیمانه سپاسگزارم: آقای دکتر ایوب بنوشی مسئول وقت محترم کمیته آموزش مرکز نظام ایمنی هسته‌ای کشور در ویرایش علمی متون فیزیک سلامت و اصول حفاظت در برابر اشعه، آقای دکتر کامبیز اکبرزاده مسئول وقت محترم HSE شرکت مصباح انرژی به جهت بازخوانی و پیشنهادات اصلاحی متون، همکاران محترم، سخت‌کوش و ارجمندم در کمیته پدافند غیرعامل وزارت بهداشت و سازمان اورژانس کشور به ویژه دوست ارجمندم سرکار خانم دکتر نفیسه میرکتولی رئیس وقت دبیرخانه کمیته و معاون آموزشی وقت اورژانس کشور و جناب آقای مهندس سهیل آقابکلویی که در آماده سازی و چاپ و انتشار این اثر، بی‌دریغ متحمل زحمات فراوان شده‌اند؛ همچنین از همکاری صمیمانه انستیتو پرتوپزشکی نوین به‌ویژه استاد ارجمند جناب آقای دکتر محسن فروغی‌زاده و نقش بسیار مؤثر و کارآمد ایشان در یاری رساندن به مصدومین سوانح پرتوی کشور.

در انتها چنانچه با ارائه هرگونه نظر یا پیشنهادی ما را در ادامه این راه یاری و همچنین نقائص پیش رو را خاطرنشان فرمایید موجب سپاس و امتنان فراوان خواهد بود. ایمیل جهت تماس و ارائه پیشنهاد:

zb.zohre.bigdeli@gmail.com

پیشگفتار

مرکز امداد فوریت‌های پرتوی / سایت آموزشی (REAC/TS) دپارتمان انرژی با تخصص مرتبط با مدیریت پزشکی سوانح پرتوی را از سال ۱۹۷۶ فراهم نموده است. REAC/TS توانمندی پاسخ به فوریت پرتوی ملی و منطقه‌ای ۷/۲۴ را حمایت می‌کند که کارکنان آن شامل پزشکان، پرستاران/پیراپزشکان و مسئولین فیزیک سلامت دارای تجربه در درمان صدمات / بیماری های ناشی از تابش، ارزیابی دوز تابش و رفع آلودگی می‌باشند.

آزمایشگاه دزیمتری بیولوژیک سیتوژنتیک (CBL) REAC/TS قابلیت انجام دی‌سنتریک و تجزیه و تحلیل‌های کروموزومی دیگر را با اهداف بیودزیمتری دارد. همچنین REAC/TS پشتیبان ثبت سوانح پرتوی و DTPA/Prussian Blue برای دپارتمان انرژی است. به علاوه ، REAC/TS آموزش پزشکی مداوم را در زمینه تخصص خود از طریق برنامه ریزی منظم داخلی دوره ها و دوره های خارج از سایت به طور خاص فراهم نموده است.

REAC/TS سرمایه ویژه دپارتمان انرژی ایالات متحده/ اداره کل امنیت ملی هسته ای (DOE/NNSA) در پاسخ پزشکی به فوریت‌های پرتوی است. REAC/TS توانمندی‌های درمانی و کمک مشاوره را به صورت ۲۴ ساعته فراهم می‌کند، و با تماس تلفنی با شماره ۸۶۵-۵۷۶-۳۱۳۱ (در تمام روزهای هفته) و یا پس از ساعات عادی کار، از طریق مرکز عملیات DOE Oak Ridge با شماره ۸۶۵-۵۷۶-۱۰۰۵ قابل دسترسی است.

مؤسسه علوم و آموزش Oak Ridge (ORISE) یک مؤسسه آموزشی دپارتمان انرژی ایالات متحده با تمرکز بر ابتکارات علمی برای تحقیق در مورد ریسک‌های سلامتی ناشی از مخاطرات شغلی، ارزیابی پاکسازی محیط زیست، پاسخ به فوریت‌های پزشکی پرتوی، پشتیبانی از امنیت ملی و آمادگی در موارد اضطراری است و نسل بعدی اندیشمندان را آموزش می‌دهد. ORISE توسط مجمع دانشگاه های Oak Ridge مدیریت می شود.

این سند با شماره قرارداد DE-SC0014664 بین وزارت انرژی ایالات متحده و مجمع دانشگاه های Oak Ridge توسط استفان ال. تهیه شده است.

Sugarman، MS، CHP؛ وین باکستر ، RN، EMT-P؛ آنجی بوون، RN، NRP؛ آ.سیتون گرت ، MD؛ رونالد ای گوانز ، دکتر ، دکتری مارک جنکینز ، دکترای CSP؛ کارول، Iddins، MD؛ دکتر گوردون ک. لیوینگستون دکترای Adayabalam Balajee؛ و نیکلاس داینیاک MD. FACP.

با تشکر ویژه از اداره آتش نشانی شهر اوک ریج و پیراپزشک آستین کیتلی برای همکاری با تصاویر نشان‌دهنده رفع آلودگی.

بخش ۱- مقدمه و مبانی تابش

از ارائه دهندگان مراقبت های پزشکی انتظار می رود مراقبت های لازم را به بیمارانی با سناریوهای متعدد ارائه دهند. یکی از این سناریوها، شامل بیمارانی است که با مواد رادیواکتیو مواجه و یا آلوده شده اند. این مستند قصد دارد اطلاعات پایه ی ضروری برای مدیریت پزشکی مناسب این افراد همچون پزشکان و سایر متخصصان مراقبت های بهداشتی را فراهم نماید.

مهمترین ملاحظه در ارزیابی پزشکی افراد درگیر در حادثه پرتوی ثبات پزشکی افراد تحت تاثیر سانحه است. همچنین اهمیت نسبی وضعیت و منابع مورد نیاز برای رسیدگی به فوریت از ملاحظات مهم هستند.

حوادث در مقیاس کوچک مواردی است که در آزمایشگاه ها، بیمارستان ها، نیروگاه های هسته ای و ... رخ می دهند؛ این موارد شامل مقادیر کمی از مواد رادیواکتیو با پتانسیل مواجهه و یا آلودگی یک یا چند نفر است.

حوادث در مقیاس بزرگ، مواردی است که مستلزم آزاد شدن مقادیر نسبتاً زیادی مواد رادیواکتیو و احتمال مواجهه و یا آلودگی تعداد زیادی از افراد است. به عنوان مثال، حملات تروریستی با سلاح های رادیولوژیکی، انفجار سلاح های هسته ای، و فجایع بزرگ در نیروگاه های هسته ای.

دوزهای شدید حاد خارجی پرتوهای یونیزان به طور معمول مردم را در معرض بیشترین خطر قرار می دهد. سطح پایین آلودگی داخلی یا خارجی با مواد رادیواکتیو به طور کلی با ریسک کمتری همراه است. مانند همه شرایط واکنش اضطراری، ایمنی پاسخ دهندگان اولویت اصلی است. سائیتی که از نظر رادیولوژیکی آلوده شناخته شده است، باید قبل از ورود عمومی ارزیابی شده و به پاسخ دهندگان نیز باید توصیه گردد که مدت حضور خود در مناطق با دوز بالا را محدود نمایند. دست زدن به یک مصدوم آلوده به مواد رادیواکتیو معمولاً با کمترین ریسک همراه است. برای راهنمایی مربوط به روش های رفع آلودگی به بخش ۶ مراجعه کنید.

گزارش شورای ملی حفاظت در برابر اشعه شماره ۱۳۸ (۲۰۰۱)، مدیریت رویدادهای تروریستی شامل مواد رادیواکتیو، در مورد رویدادهای مختلفی که توسط آنها کارکنان می توانند در معرض تابش یا آلودگی با مواد رادیواکتیو قرار گیرند بحث می کند. گزارش NCRP شماره ۱۶۵ (۲۰۱۰)، پاسخ به تروریسم رادیولوژیک یا هسته ای: راهنمای برای تصمیم سازان نیز ممکن است مورد توجه

باشد. در زیر به طور کلی طبقه‌بندی پذیرفته شده برخی تهدیدات تروریستی رادیولوژیکی آمده است.

• **ابزار مواجهه با تابش (RED):** ماده رادیواکتیو، در چشمه‌ای پوشش دار یا داخل یک محفظه که قصد دارد افرادی که در محدوده دستگاه قرار دارند را در معرض دوز خارجی سطح بالا قرار دهد. برخی از مواد استفاده شده در تجهیزات تجاری حاوی چشمه‌های رادیواکتیو می‌توانند به عنوان RED عمل کنند. چشمه‌های رادیوگرافی صنعتی (همانطور که در تصویر زیر نشان داده شده است، مورد پایین) یافت شده در بخش غیرنظامی می‌توانند به عنوان RED استفاده شوند. چشمه‌های براکی تراپی (همانطور که قسمت بالای تصویر نشان داده شده است) نیز معمول است.



• **دستگاه پخش رادیولوژیک (RDD):** هر وسیله ای که باعث انتشار عمدی ماده رادیواکتیو بدون انفجار هسته ای شود. یک RDD می‌تواند از طریق استنشاق یا بلع مواد رادیواکتیو آزاد شده و دوز داخلی و یا به دلیل آلودگی سطوح، دوز خارجی را ایجاد کند. هدف یک RDD پراکندن ماده رادیواکتیو با استفاده از وسیله‌ای انفجاری است که احتمالاً منجر به صدمات مرتبط با انفجار و گرما یا آلودگی با مواد رادیواکتیو می‌شود. به‌علاوه، محیط آلوده احتمالاً پاسخ پزشکی و یا تخلیه را پیچیده می‌کند.

• **دستگاه هسته‌ای دست‌ساز (سرهم‌بندی شده) (IND):** به عنوان وسیله‌ای طراحی شده توسط تروریست‌ها برای ایجاد انفجار هسته‌ای تعریف شده است. در عملکرد کامل یا جزئی، یک IND از نظر فیزیکی با سلاح هسته‌ای یکسان است: انفجار، سوختگی و تشعشع انواع انرژی و همچنین علت آسیب هستند. یک IND مردم را در معرض تروما، سطح بالای دوز خارجی، استنشاق و بلع مواد رادیواکتیو و آلودگی پوست قرار می‌دهد. اگر یک IND نتواند به درستی

منفجر شود، انفجارهای شدید می‌تواند مواد هسته‌ای را در اطراف محیط زیست پخش کرده و بنابراین به طور موثر تبدیل به RDD می‌شود.

برنامه ریزی

آژانس حفاظت از محیط زیست ایالات متحده توصیه‌هایی برای محدودیت‌های دوز مبتنی بر ریسک ویژه مأموریت که شامل فعالیت‌های نجات دهنده زندگی می‌شود را مقرر کرده است. این راهنما را می‌توان در EPA-400 / R-17/001، کتابچه PAG یافت. راهنماهای اقدام حفاظتی و راهنمای برنامه‌ریزی برای حوادث رادیولوژیک (ژانویه، ۲۰۱۷). در این کتابچه راهنما آمده است که کارکنان ممکن است حداکثر ۱۰ رم (0.1 Sv) برای محافظت از اموال ارزشمند و حداکثر ۲۵ رم (0.25 Sv) برای نجات یک زندگی دریافت کنند. آنها همچنین مقرر کرده‌اند دوزهای بیش از ۲۵ رم (0.25 Sv) برای نجات زندگی قابل دریافت است. چنانچه پاسخ دهندگان داوطلب، بزرگسالان غیر باردار و کاملاً آگاه از ریسک‌های موجود باشند. این دوزهای اضطراری که برای یک بار در معرض قرار گرفتن در طول عمر است به دوز شغلی اضافه نمی‌شود. نسخه 103 ICRP هیچ محدودیت دوزی را برای نجات حیات، اگر منافع دیگران بیش از ریسک ناجی (داوطلبان مطلع) باشد، توصیه نمی‌کند. برای سایر اقدامات نجات فوری، بالاترین دوزهای توصیه شده ۱۰۰۰ میلی سیورت (۱۰۰ رم) یا کمتر هستند. عملیات نجات دیگر محدودیت‌های توصیه شده کمتر از ۱۰۰ میلی سیورت (۱۰ رم) را دارند.

انجام عملیات در برخی مناطق رادیولوژیک برای ارزیابی پزشکی تضمینی و رفع آلودگی می‌تواند منجر به دریافت کافی دوز پرتوی یا آلودگی رادیواکتیو کارکنان شود. پس از انفجار سلاح هسته ای، استفاده از RDD، یا حادثه نیروگاه هسته ای ممکن است مقادیر قابل توجهی از ماده رادیواکتیو روی سطوح نشت کند.

علاوه بر موارد فوق، کارکنان می‌توانند در معرض تابش و یا در معرض آلودگی ناشی از حوادثی به دلیل ذخیره سازی یا حمل و نقل مواد رادیواکتیو، استفاده از چشمه‌های صنعتی، یا در حین کارهای معمول در صنعت هسته ای قرار گیرند.

انواع تابش

پنج نوع تابش حائز اهمیت اولیه:

• **ذرات آلفا (α):** ذرات باردار ساخته شده از دو پروتون و دو نوترون ساطع شده از هسته‌های سنگین از جمله U، Pu و Am. ذرات آلفا نمی‌توانند مسافت دوری را طی کرده (حدود یک اینچ در هوا) و نفوذی بیش از چند میکرومتر در پوست (اساساً، لایه مرده پوست) داشته باشند. لباس نازک، یا حتی یک ورق کاغذ دفتر یادداشت، حفاظی مؤثر برای ذرات آلفا است. بنابراین رادیونوکلیدهای ساطع کننده ذرات آلفا مخاطره قابل صرف‌نظری برای پرتوگیری خارجی بوده اما در حادثه استنشاق یا بلع می‌توانند مهم باشند. عمدتاً ذرات آلفا به دلیل اندازه بزرگ و بار الکتریکی نسبتاً زیاد آنها در ایجاد یونیزاسیون مؤثر بوده، بنابراین پتانسیل آسیب بیولوژیکی را افزایش می‌دهند. همچنین، حدود تعیین شده توسط دستگاه نظارتی در مورد میزان ورود رادیو ایزوتوپ‌های منتشر کننده ذرات آلفا به طور معمول با محدودیت بیشتری برای انواع دیگر تابش همراه است.

• **ذرات بتا (β):** الکترونهای ساطع شده از هسته ایزوتوپ‌هایی مانند تریتیوم و Sr^{90} . ذرات بتا می‌توانند مسافت کمی را در بافت (چند میلی متر) و حداکثر تا چند متر در هوا حرکت کنند. لایه نازکی از پلاستیک، حفاظ اکثر ذرات بتا می‌باشد. قسمت شفاف دستگاه تنفس تمام صورت یک محافظ مؤثر برای بسیاری از ذرات بتا است. مقادیر زیادی از مواد رادیواکتیو ساطع کننده بتای نشسته بر روی پوست می‌تواند به لایه پایه اپیدرم، یا عمیق تر، آسیب رسانده باعث حالتی شود که به طور معمول به آن سوختگی پرتوی اطلاق می‌شود. ساطع کننده‌های بتا در صورت استنشاق یا بلع نیز مهم هستند.

• **پرتوهای گاما (γ):** تابش الکترومغناطیسی غیرذره ای (با طول موج کوتاه‌تر از UV)، قادر به ایجاد یونیزاسیون است که از انواع مختلف رادیوایزوتوپ‌ها ساطع می‌شوند. پرتوهای گاما از هسته سرچشمه می‌گیرند. آنها بسیار پرنانرژی بوده و می‌توانند به راحتی از ماده عبور کنند، که نشان می‌دهد آنها در ایجاد یونیزاسیون (به عنوان مثال در مقایسه با ذرات آلفا) چندان کارآمد نیستند. محدودیت‌های تعیین شده توسط دستگاه نظارتی در مورد ورود رادیونوکلیدهای ساطع کننده گاما به طور معمول بسیار کمتر از رادیونوکلیدهای ساطع کننده آلفا است. به دلیل نفوذپذیری

بالا، تابش گاما می تواند منجر به پرتوگیری ارگان های داخلی از چشمه های خارجی، در نتیجه آسیب رساندن به آنها، و در نتیجه اهمیت آن در ارتباط با تابش خارجی شود. مواد متراکم مانند سرب به عنوان حفاظ پرتو گاما استفاده می شوند.

• **پرتوهای ایکس (X):** فقط از نظر نقطه مبدا از پرتو گاما متفاوت است: این پرتو خارج از هسته برخلاف مبدا داخل هسته ای گاما است.

• **نوترون ها:** ذرات بدون بار، مهم زیرا در هنگام فرآیند شکافت و در برخی از روش های آزمون غیرمخرب ساطع می شوند. آنها به طور معمول در زمره چهار نوع تابش دیگر مورد بحث محسوب نمی شوند. نوترون ها می توانند با ریسکی بیش از ۳ تا ۲۰ برابر از اثرات آتی پرتوهای گاما همراه باشند. نوترون ها تنها نوع از پنج مورد بحث شده هستند که توانایی تبدیل چیزی دیگر به رادیواکتیو را دارند (فعال شدن نوترونی).

روش های پرتوگیری

یک فرد ممکن است دوز تابش را از یک چشمه خارجی نظیر ماده رادیواکتیو آزاد نشسته روی پوست یا یک وسیله، یا با بلع یا استنشاق ذرات رادیولوژیک دریافت کند. بلع یا استنشاق ماده رادیواکتیو ممکن است طی یک دوره زمانی، باعث دوز داخلی کل بدن یا ارگانی خاص شود، اما میزان دوز دریافتی به این ترتیب براساس سابقه معمولاً به طور حاد کشنده نبوده اند.

تابش در مقایسه با آلودگی

فرد زمانی که در معرض تابش یونیزان قرار می گیرد "پرتوگیری" می کند، تقریباً به همان روشی که فرد هنگامی که کسی به او نور چراغ قوه را می تاباند در معرض نور قرار می گیرد. در شرایط پرتوگیری، هیچ انتقال ماده ای وجود ندارد. به این معنی که روی بیمار پرتوگیری کرده هیچ ماده رادیواکتیوی نیست و هیچ مخاطره رادیولوژیکی برای تیم درمانی ایجاد نمی کند.

گفته می شود وقتی افراد مواد رادیواکتیو را بر رو و یا درون بدن خود دارند، آلوده شده اند. توجه داشته باشید که فرد به ذرات آلفا آلوده نیست، به عنوان مثال، با موادی مانند Am^{241} که آلفا منتشر می کند آلوده شده است.

یک راه خوب برای درک این موضوع، تصور یک ظرف مهر و موم شده از پودر کودک رادیواکتیو است (این ماده اشعه گاما را منتشر می‌کند). یک نفر می‌تواند ظرف را نگه داشته در معرض پرتوهای گامای نفوذی از طریق دیواره های ظرف قرار گیرد. بدون اینکه پودر روی دستان او قرار گیرد. برای ایجاد امکان فرار مقداری از مواد، باید نشستی در اطراف سرپوش ایجاد شود، در این صورت ممکن است فرد پودر روی دست داشته، در نتیجه منجر به آلودگی شود.

کنترل آلودگی رادیواکتیو بسیار شبیه کنترل پودر کودک بسته‌بندی نشده است. ضروری است رویکردی عاقلانه برای محدود کردن انتشار ماده در نظر گرفته شود. این کار معمولاً با استفاده مناسب از لباس‌های محافظ، کنترل ورود و خروج به / از یک منطقه آلوده، به حداقل رساندن میزان ماده پراکنده در هوا، و پایش مناسب کارکنان انجام می‌شود. روش‌های دیگری وجود دارد که می‌توان برای کنترل گسترش آلودگی به کار برد. (استفاده از فشار منفی، اجتناب از اقداماتی که باعث تعلیق مجدد مواد می‌شوند، پوشاندن یا حذف موارد غیرضروری از منطقه و غیره) اما، به طور معمول، کنترل آلودگی فرایندی است که اگرچه حائز اهمیت است، نیازی به بیش از حد پیچیده شدن ندارد.

واحدها

واحد پایه‌ی رادیواکتیویته مورد استفاده در ایالات متحده، (Ci) است و معادل 3.7×10^{10} بکرل (Bq) تعریف می‌شود بکرل، یک فروپاشی در ثانیه، واحد پایه‌ی SI است (واحد بین‌المللی فرانسوی (le Système International d'unités)). یک Ci برابر با 3.7 گیگابکرل (GBq) و یک GBq برابر با 2.7 میلی‌کوری (mCi) است. اکتیویته مفهومی است که از آن برای کمی نمودن مقدار ماده رادیواکتیو موجود استفاده می‌شود. واحدهای متعارف مانند اونس، گرم و غیره نباید برای تعیین کمی مقدار مواد رادیواکتیو استفاده شود. به عنوان مثال، یک گرم کبالت -۶۰ کمی بیش از 1100 کوری (حدود $40,000$ گیگابکرل) است در حالی که یک گرم اورانیوم -۲۳۵ حدود 2.1 میکروکوری است (~ 78 کیلو بکرل).

راهنمای جدول

G = گیگا (1 x 10 ⁹)	m = میلی لیتر (1 x 10 ⁻³)
M = مگا (1 x 10 ⁶)	μ = میکرو (1 x 10 ⁻⁶)
k = کیلو (1 x 10 ³)	n = نانو (1 x 10 ⁻⁹)

1 terabecquerel	1 TBq	27 curies	5.99E13 dpm
1 gigabecquerel	1 GBq	27 millicuries	5.99E10 dpm
1 megabecquerel	1 MBq	27 microcuries	5.99E7 dpm
1 kilobecquerel	1 kBq	27 nanocuries	5.99E4 dpm
1 becquerel	1 Bq	27 picocuries	5.99E1 dpm
1 kilocurie	1 kCi	37 terabecquerels	2.22E15 dpm
1 curie	1 Ci	37 gigabecquerels	2.22E12 dpm
1 millicurie	1 mCi	37 megabecquerels	2.22E9 dpm
1 microcurie	1 μCi	37 kilobecquerels	2.22E6 dpm
1 nanocurie	1 nCi	37 becquerels	2.22E3 dpm

مدت زمان لازم برای کاهش اکتیویته به $\frac{1}{2}$ مقدار اصلی خود نیمه عمر نامیده می شود. نیمه عمر توسط نیروهای بیرونی قابل تغییر نیست.

پرتوگیری به پتانسیل ایجاد یونیزاسیون در هوا مرتبط است. واحدهای (R) رونتگن در آمریکا و کولن بر کیلوگرم در واحدهای SI هستند. این واحدها برای "یونیزاسیون در هوا" بوده، بنابراین برای استفاده در مدیریت پزشکی قربانیان حادثه پرتوی چندان مفید نیستند. زمانی که انرژی به درون بافت نشت کرد به عنوان دوز جذبی شناخته می شود.

دوز جذبی اندازه گیری انرژی نشت یافته در بافت توسط اشعه یونیزان است. واحد ایالات متحده rad است. یک راد برابر با ۱۰۰ ارگ (10^{-7} ژول) انرژی نشت یافته به یک گرم از بافت است. واحد SI برای دوز جذبی گری (Gy) است، که معادل یک ژول انرژی رسوب داده شده در یک کیلوگرم بافت می باشد. به طور گسترده ای در نظر گرفته شده که مناسب ترین واحد مورد استفاده برای اثرات

پزشکی حاد مربوطه، راد یا Gy است، زیرا اثرات حاد (که در بخش ۳ و ۴ بحث شده‌اند) عمدتاً توسط مقدار انرژی نشت یافته به یک بافت خاص راهبری می‌شوند.

$$Gy = 100 \text{ Rad } 1 \text{ Centigray (cGy)} = 1 \text{ Rad } ۱$$

تفاوت در مخاطرات آینده (به عنوان مثال، خطر ایجاد سرطان در آینده) بین انواع مختلف تابش با استفاده از یک فاکتور کیفیت (QF، برای معادل دوز، مورد استفاده در ایالات متحده) یا یک فاکتور توزین پرتوی (W_R ، برای دوز معادل، در سطح بین المللی) تخمین زده می‌شود. روش دیگر برای درک این موضوع مقایسه دوز یک نوع تابش مورد نیاز برای تولید یک اثر خاص نسبت به دوز نوع دیگری از اشعه مورد نیاز برای تولید همان اثر می‌باشد. تفاوت معادل دوز (از QF استفاده می‌شود) و دوز معادل (از W_R استفاده می‌شود) در تعاریف مورد استفاده توسط گزارش‌های مختلف ICRP. یافت می‌شود. به زبان ساده، QF و W_R نشان می‌دهند که چه میزان مخاطره بیشتری با یک نوع پرتو نسبت به استاندارد (گاما، اشعه ایکس که در آن $W_R = 1$ و QF = 1) همراه است. حاصل دوز برحسب گری ضرب در W_R تقسیم بر دوز معادل، اندازه برحسب سیورت (Sv) است. واحد متناظر برای سیورت در ایالات متحده رم است. W_R برای اشعه ایکس یا اشعه گاما یک است، بنابراین برای اشعه خالص گاما:

$$Gy \times 1 = 1 \text{ Sv } ۱ \text{ یا } rad \times 1 = 100 \text{ rem } ۱۰۰$$

W_R برای تابش آلفا ۲۰ است. بنابراین ۱ میلی‌گری (یا ۱۰۰ میلی‌راد) از تابش آلفا برابر است با ۲۰ میلی‌سیورت (یا ۲ رم). تابش بتا دارای W_R برابر یک است و برای نوترون‌ها بین سه تا ۲۰ بسته به انرژی نوترون قرار دارد.

محدوده‌های دوز شغلی، وابسته به رم یا Sv، در درجه اول برای محدود نمودن مخاطرات و رفتن به زیر آستانه معمول همراه با اثرات حاد پزشکی وضع شده‌اند. گاهی اوقات هنگام تلاش برای

توضیح بزرگی دوز دریافتی توسط بیمار یا زمان آن در مکالمه با سایر گروه های ذینفع، ارجاع به محدوده های نظارتی به عنوان یک نقطه مقایسه مفید است.

جدول A۲ - محدودیت های نظارتی سالانه (NRC ایالات متحده)

	rem	mSv
Non-Occupational Limit		
Members of the public	0.1	1
Occupational Limits		
Whole body (internal + external)	5	50
Any individual organ	50	500
Lens of the eye	15	150
Skin	50	500
Extremities	50	500
Fetal dose (declared pregnancy)	0.5	5

جدول B۲ - انتشارات ICRP 103 توصیه های عمومی

	rem	mSv
Non-Occupational Limit		
Whole body (internal + external)	0.1	1
Lens of the eye	1.5	15
Skin	5	50
Occupational Limits		
Whole body (internal + external)	2	20
Any individual organ	n/a	n/a
Lens of the eye	2*	20*
Skin	50	500
Extremities	50	500
Fetal dose (declared pregnancy – remainder of pregnancy)	0.1	1

* توصیه شده توسط آژانس بین المللی انرژی هسته ای ۲۰۱۱

در ایالات متحده، بسیاری از تجهیزات آشکارساز مانند G-M (Geiger-Mueller) آشکارساز یا محفظه یونی از واحد رونتگن (R) یا خارج قسمت ها مانند mR استفاده می کنند. R واحد یونیزاسیون در

هوا است. به عنوان مثال ، محفظه یونی یک آشکارساز پر از هوا است، بنابراین شارژ تولید شده در آشکارساز توسط یک رویداد یونیزه کننده به طور مناسب برحسب Roentgens. اندازه گیری می شود. برای تابش گاما، کولن / کیلوگرم (R)، Gy (rad) و Sv نسبتاً نزدیک به هم هستند. بنابراین، حتی اگر واحدها متفاوت باشند، اما اغلب - به طور محاوره ای به جای هم استفاده می شوند. برای تابش بتا هنگام استفاده در محفظه یونی فاکتور افزایش اعمال می شود. مسئولین فیزیک سلامت می توانند در این امر کمک کنند.

ثابت اختصاصی پرتو گاما

ثابت گاما برای یک ایزوتوپ آهنگ پرتوگیری با اشعه گاما برحسب mSv در ساعت در فاصله یک سانتیمتری از چشمه ی نقطه ای یک MBq (برای حدوداً R / ساعت / mCi، ضرب در ۳,۷) می باشد. تصور می شود سه رادیوایزوتوپ رایج مورد توجه سازمان های تروریستی ^{192}Ir ، ^{60}Co و ^{137}Cs هستند. اطلاعات ثابت گاما را می توان در بخش ۲، جدول ۳ یافت.

در کنار ارزیابی پزشکی، دو اصل در مدیریت پزشکی بیمار پرتودیده از اهمیت فوق العاده ای برخوردار هستند:

- ✓ برآورد اولیه از مقدار پرتوگیری
- ✓ رویداد آلودگی و شناسایی رادیو ایزوتوپ (های) مورد بحث.
- این اصول به شدت بر تصمیمات بعدی درمانی تأثیر می گذارند.

حادثه

فردی به منطقه ساختمانی می رود که در آنجا چشمه ای ^{192}Ir (100 Ci) ۳,۷ TBq روی زمین افتاده است، چشمه، که به طور معمول برای رادیوگرافی صنعتی استفاده می شد، سهواً توسط رادیوگرافر جا گذاشته شده بود. بیمار در فاصله ۱ متری از چشمه کار کرده است. تخمین زده شد که حدود ۱۵ دقیقه در مجاورت چشمه بوده است. دوز تخمینی کل بدن او چقدر است؟

راه حل

دوز تقریبی از چشمه ای کوچک ثابت گاما ضرب در اکتیویته چشمه ضرب در مدت زمان صرف شده در نزدیکی چشمه - همگی تقسیم بر مربع فاصله فرد از چشمه برحسب متر (یا سانتیمتر در صورت تناسب). ثابت گاما برای ^{192}Ir ، 1.24 mSv / h در ۱ سانتی متری از چشمه به ازای MBq است (ثابتهای گاما برای رادیو ایزوتوپهای انتخاب شده را می توان در جدول ۳ یافت).

$$\text{دوز} = ۱,۲۴$$

$$\text{mSv / hr / MBq} \times 3.7\text{E6 MBq} \times 0.25\text{hr} / (100\text{cm})^2 = \sim 115 \text{ mSv}$$

همانطور که در بخش ۳ بحث شد، این حادثه منجر به پیامد قابل توجه پزشکی برای بیمار نمی شود. احتمالاً اطمینان خاطر برای بیمار در مورد مسائل پزشکی مناسب خواهد بود. اگرچه این برآوردی تقریبی است، اما داده های ارائه شده از افراد در مورد فاصله دقیق از چشمه و زمان صرف شده در نزدیک آن برای غیرقابل اطمینان بودن کافی است. آهنگ دوز برای چشمه ای نقطه ای به نسبت مربع فاصله کاهش می یابد، بنابراین دوز در فواصل بیشتر از چشمه به طور قابل ملاحظه ای کمتر خواهد بود. این قانون عکس مجذور نامیده می شود، که در اصل می گوید، "اگر فاصله را دو برابر کنید، دوز را یک چهارم کرده اید" بنابراین مهم است که زمان نزدیکی به چشمه را به حداقل رسانده و فاصله را از آن به حداکثر برسانید. برای مثال:

$$\text{در ۱ متر دوز} = \sim ۱۲۰ \text{ میلی گرم (۱۲ راد)}$$

$$\text{در ۲ متر دوز} = ۱۲۰ \text{ G میلی گرم} / ۲^2 = ۳۰ \text{ میلی گرم (۳ راد)}$$

$$\text{در ۳ متر دوز} = ۱۲۰ \text{ G میلی گرم} / ۳^2 = \text{حدود } ۱۳ \text{ میلی گرم (۱,۳ راد)}$$

لازم است پزشک معالج و متصدی حفاظت پرتوی دستیار، برای اطمینان از اینکه موافق حدودی محاسبات دوز و علائم / نشانه های پزشکی پیش بینی شده هستند، در ارتباط بی واسطه باشند.

در هنگام سانه شاخه های پزشکی با آنچه که با تخمین دوز پیش بینی شده است، برآورد زمان و مسافت که ممکن است آشفته باشند، موافقت نمی کنند. باید تلاش کرد تا چنین مواردی حل شوند. غیرمعمول نیست که با گذشت زمان در تحقیقات حادثه حقایق جدید کشف یا یافته های اولیه حادثه تغییر کنند.

محافظت از کارکنان

ALARA (هرچه کمتر به طور توجیه پذیر دست یافتنی) فلسفه اساسی مرتبط با محافظت از مردم در برابر پرتوهای یونیزان است.

اساساً به این معنی است که مردم نباید بی دلیل خود را در معرض تابش بدون سود بیشتر از مخاطره قرار دهند. زمان، مسافت و حفاظ به طور گسترده ای اولویتهای مهم محسوب می شوند. در REAC / TS، ما علاقه مندیم چهارمین مورد را به لیست اضافه کنیم - مقدار. تمامی این چهار مفهوم به طور همزمان با یکدیگر استفاده می شوند. به عنوان مثال، اگر فاصله از چشمه رادیواکتیو افزایش یابد، در واقع حفاظ بیشتری اضافه شده (بله، هوا یک حفاظ است). فرد برای گذراندن زمانی کمتر در یک منطقه از چشمه دورتر می شود (فاصله، و در نتیجه، حفاظ). وقتی فرد مقدار ماده رادیواکتیو را در منطقه ای به حداقل می رساند که چشمه را دورتر منتقل کند. می توان ملاحظه کرد، حفاظت از پرتو یونیزان هیچ چیز بیش از استفاده از درایت مناسب نیست: به حداقل رساندن زمان اطراف چشمه، افزایش فاصله از چشمه، قرار دادن "اشیاء" بین هدف و چشمه و یا به سادگی چشمه را حذف کنید.

برای اطمینان از باقی ماندن در حد ALARA باید دوزیمتری فردی مناسب برای پایش دوزهای خارجی استفاده شود. انواع دوزیمتر شامل فیلم بیج، دوزیمترهای حرارتی (TLD) و دوزیمترهای لومینسانس تحریک شده نوری (OSLD) هستند. به علاوه، دوزیمترهای خوانش مستقیم (DRD) نیز در دسترس هستند. در حالی که TLD ها، OSLD ها و فیلم بیج ها باید توسط تجهیزات ویژه خوانده شوند، DRD ها به کاربر اجازه دهند دوز انباشته خود را به طور مداوم ردیابی کنند. انواع دوزیمتری باید بررسی شده و نوع مناسب برای نیازهای فردی کاربر انتخاب شود.

مناطق آلوده می توانند نه تنها از منابع صنعتی یا پزشکی، بلکه به علت استفاده از RDD، انفجار دستگاه هسته‌ای یا دلایل دیگر حاصل شوند. آلودگی خارجی توسط مواد رادیواکتیو زمانی می‌تواند رخ دهد که فرد از یک منطقه آلوده و بدون پوشش حفاظتی مناسب عبور کند. به عنوان مثال، اگر حادثه‌ای باعث تبدیل مواد رادیواکتیو به ذرات هوابرد شده یا فرد در حالی که در منطقه آلوده است زخمی شود، احتمالاً دچار آلودگی داخلی خواهد شد. بیماران آلوده به مواد رادیواکتیو به طور کلی خطری مرتبط با پرتوگیری برای کارکنان مراقبت‌های سلامت ندارند. بنابراین ارائه دهندگان خدمات پزشکی باید آماده ارائه درمان سریع ترومای معمولی همراه با پرتوگیری با اشعه یونیزان یا آلودگی رادیواکتیو باشند.

پوشش حفاظتی برای محافظت ارائه دهندگان خدمات پزشکی از آلودگی خارجی استفاده می‌شود. هدف از پوشش حفاظتی صرفاً دور نگه داشتن ماده رادیواکتیو از پوست یا لباس کارکنان است. روپوش کاغذی، روپوش پارچه‌ای و لباس جراحی، به عنوان مثال، انواع قابل قبول پوشش حفاظتی هستند. نگرانی برای استرس گرمایی باید در نظر گرفته شود زیرا بیشتر افراد به کار زیاد در لایه های اضافی لباس عادت ندارند. کارکنان پزشکی باید از نظر آلودگی پایش و در صورت لزوم، به دنبال درمان و رفع آلودگی بیماران آلوده، رفع آلودگی شوند.

ماسک‌های محافظ ذرات معلق (رِسپِراتورها) دارای استاندارد حفاظتی عالی از استنشاق و بلع اکثر مواد رادیواکتیو هستند. از آنجا که این دستگاه‌های محافظ تنفسی معمولاً برای فیلتر کردن ذرات معلق طراحی می‌شوند، گاز رادون و تریتیوم از فیلترها عبور خواهند کرد. با این حال، در معرض قرار گرفتن کوتاه مدت با این نوکلیدها معمولاً از نظر پزشکی قابل توجه نیست. به خاطر داشته باشید که ماسک‌های جراحی برای محافظت تنفسی در نظر گرفته نشده‌اند- آنها برای محافظت از بیمار استفاده می‌شوند.

بخش ۲ - پاسخ اولیه پزشکی

پاسخ اولیه پزشکی

بیماران باید بر اساس استانداردهای فعلی تریاژ ارزیابی و درمان شوند. مداخلات نجات جان مقدم بر ملاحظات مربوط به آلودگی هستند (به الگوریتم درمان بیمار REAC / TS در پیوست A مراجعه کنید). نشان داده شده که استفاده از اقدامات احتیاطی جهانی توسط شاغلین مراقبت‌های بهداشتی نگرانی‌های مربوط به آلودگی رادیواکتیو را تخفیف می‌دهند. بیمار غیر آلوده‌ای که فقط پرتوگیری کرده هیچ خطر رادیولوژیکی برای ارائه دهنده مراقبت‌های بهداشتی ندارد. به منظور تهیه یک برنامه درمانی موثر، برآورد زود هنگام مقدار دوز مورد نیاز است. استفاده از ثابت گامای مناسب راهی سریع برای تخمین میزان پرتوگیری (به عنوان مثال، دوز) در یک فاصله است. فرد نیاز به دانستن اکتیویتی چشمه (A)، ایزوتوپ و ثابت گامای مربوطه (Γ)، فاصله مصدوم از چشمه (متر یا سانتی-متر) و زمان حضور در منطقه (t) دارد. برای تعیین دوز در یک فاصله می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد. اطمینان حاصل کنید که حتما واحدها را به طور ثابت مطابق با واحدهای ایالات متحده و یا واحدهای SI نگه دارید.

$$(m)^2 (\Gamma)(A)$$

فاکتورهای تبدیل دوز برای تعیین دوزهای پوستی مرتبط با استفاده از یک چشمه رادیواکتیو هنگامی که زمان، رادیوایزوتوپ و اکتیویته مشخص باشد در دسترس است. جدول ۳ اطلاعات ثابت گاما همراه با دوزهای مختلف در عمق مختلف پوست در ارتباط با تماس با چشمه‌های رادیواکتیو ذکر شده را فراهم کرده است. لطفا توجه داشته باشید که اطلاعات دوز تماسی فرض می‌کند که چشمه رادیواکتیو در فولاد ضد زنگ (نازک) محصور شده است.

جدول ۳ - عوامل تبدیل دوز

Approximate dose rates to the skin for 1 MBq in a sealed source - PHITS Simulations									
Nuclide	Gamma Constant (mSv-cm ² /hr-MBq)	Dose to first 0.07mm			Dose to first 1mm			Dose rate at 1cm tissue depth (mSv/h)	Dose rate at 3cm tissue depth (mSv/h)
		Dose Rate Photon Only (mSv/h)	Dose Rate due to secondary electron buildup in encapsulation (mSv/h)	Dose Rate Total (mSv/h)	Dose Rate Photon Only (mSv/h)	Dose Rate due to secondary electron buildup in encapsulation (mSv/h)	Dose Rate Total (mSv/h)		
Cs-137	0.927	0.95	3.99	4.94	2.90	1.28	4.18	0.48	0.065
Co-60	3.48	1.60	14.00	15.60	5.42	8.20	13.62	1.74	0.262
Ir-192	1.24	2.65	6.80	9.45	5.12	1.04	6.16	0.59	0.092
Ra-226	2.23*	2.15	11.30	13.45	5.30	4.80	10.10	1.28	0.157
Se-75	0.548	1.95	4.61	6.56	2.43	0.47	2.90	0.21	0.022
0.7 and 1 mm data from Improved Contact Dose Rate Conversion Factors and Secondary Electron Correction Factors for Encapsulated Gamma Sources: Presented by Ed Waller on 07/12/17 - Raleigh, NC - Health Physics Society Annual Meeting - Session WAM-A.10 (Primary Author: Eric Heritage, University of Ontario Institute of Technology) 1 cm and 3 cm data was provided by Ed Waller on 03/02/2016 via personal correspondence. - Cs, Co, Ir, Ra 1 cm and 3 cm data closely resembles that published in NCRP 40. - No data available in NCRP 40 for Se. - Gamma constant information from Exposure Rate Constants and Lead Shielding Values for Over 1,100 Radionuclides (Smith, Stabin - Health Physics - 2012) - converted from conventional US units listed in the reference * Converted from NCRP 40 (includes daughter contributions)									
Note: Multiply mSv/hr/MBq by 3.7 to get R/hr/mCi									
Table data compiled by Steve Sugarman									

مسائل عمده پزشکی

- قربانیان یک حادثه رادیولوژیکی نیازمند ارزیابی سریع پزشکی، تشخیص، و درمان آسیب‌های مربوط به پرتوگیری هستند. بعید است ارائه دهندگان خدمات بهداشتی هنگام تدارک مراقبت به مصدومین با خرده‌های رادیواکتیو داخل زخم‌ها دوز پرتوی فوق‌العاده حاد قابل توجه از نظر پزشکی دریافت نمایند به شرطی که اصول استاندارد ALARA را رعایت کنند (به صفحه ۱۱ مراجعه کنید). احتمال آلودگی باید به در فرایند عملیات استاندارد مد نظر باشد. آلودگی ارائه دهندگان خدمات بهداشتی به شرط استفاده از الزامات احتیاطی جهانی و پیروی از راهنماهای مناسب کنترل آلودگی بعید است.
- می‌توان از علائم و نشانه‌های بالینی برای تخمین دوز تابش به بیمار استفاده کرد (که به آن دوزیمتری بیولوژیکی گفته می‌شود). این فرایند شامل زمان استراغ و کاهش تعداد لنفوسیت‌ها پس از پرتوگیری است.

- یک CBC پایه با شمارش افتراقی باید در زمان معرفی اولیه تهیه و سپس هر ۶-۸ ساعت و به مدت ۴۸ ساعت تکرار شود. تخلیه لنفوسیت با نیروی محرکه مرتبه اول وابسته به دز پس از دوزهای سطح بالا، شامل پرتوهای نافذ متعاقب می‌شود.

- استفراغ دنباله‌دار در طی یک ساعت پس از پرتوگیری نشان دهنده دوز موجود در محدوده ۶-۸ گری است. احتمالاً برای مدت زمان استفراغ تقریباً ۲ ساعته، دوز مؤثر تمام بدن حداقل ۴ گری خواهد بود. استفراغ در ۴ ساعت پس از پرتوگیری نشان دهنده دوز در محدوده ۲ Gy است. عدم استفراغ رد کننده پرتوگیری قابل توجه نیست.

مدیریت پزشکی بیماران با پرتوگیری حاد، متوسط تا شدید (دوز مؤثر کل بدن ≤ 2 گری) باید بر تجویز سریع عوامل محرک کلونی (CSF) برای ترمیم دستگاه خونساز تأکید کند. همه این ترکیبات مدت زمان نوتروپنی ناشی از پرتوگیری را کاهش و بازیابی نوتروفیل را، البته با برخی تغییرات، تحریک می‌کنند.

- در حال حاضر، تنها CSF های خونساز دارای تأیید FDA برای کنترل نوتروپنی همراه با ARS اشکال نوترکیبی از عامل تحریک کننده کلونی گرانولوسیت (G-CSF، Neupogen®) و فرم پگیده شده G-CSF یعنی (Neulasta®) است. فاکتور محرک کلونی گرانولوسیت-ماکروفاژ (GM-CSF، Leukine®) و سایر زیست‌مشابهین دارای مجوز FDA. برای استفاده در موارد اضطراری (EUA) در دسترس هستند. دوزهای توصیه شده در بخش ۳ (ARS) آورده شده است.

- با تبعیت از انجمن بیماریهای عفونی کنونی آمریکا (IDSA) راهنماهای فعلی برای نوتروپنی پرخطر به بیمارانی توصیه می‌شوند که در حال نشان دادن تظاهرات نوتروپنی تباردار ناشی از پرتوگیری هستند.

- موارد مصرف بالینی سیتوکین‌ها و ضد میکروب‌ها (آنتی‌بیوتیک‌ها، ضدقارچ‌ها و ضدویروس‌ها) را می‌توان در بیانیه مجمع WHO منتشر شده در طب بلایا و آمادگی سلامت عمومی (اکتبر، ۲۰۱۱) پیدا کرد.

زمان شروع استفراغ ممکن است یک شاخص مقدماتی مفید برای دوز دریافتی تمام بدن توسط قربانی باشد. استفراغ ناشی از پرتوگیری مداوم و کنترل آن دشوار است. در دوزهای کمتر ممکن

است استفراغ رخ ندهد، اما در دوزهای بالاتر، رویکردهای بررسی استفراغ به ۱۰۰٪ نزدیک می شود.

دوزهای ضد استفراغ توصیه شده

آنتاگونیستهای انتخابی گیرنده HT3-5 برای استفراغ ناشی از پرتوگیری توصیه می شوند:

- اندانسترون ؛ Zofran®، Zofran ODT®
- از داروهای آنتی دوپامینرژیک (متوکلوپرامید) نیز ممکن است استفاده شود.

جدول ۴ - تریاژ سریع با استفاده از زمان استفراغ

Dose in Gray (Gy)	Time to Vomiting (hours)	% of victims	Survivability LD 50/60
0	0	-	
1	N/A	19	
2	4.63	35	
3	2.62	54	
4	1.74	72	With intense treatment
5	1.27	86	
6	0.99	94	
7	0.79	98	
8	0.66	99	
9	0.56	100	
10	0.48	100	

✓ دزیمتری بیولوژیک بر اساس مواجهه با نور معادل فوتون حاد ؛ JK، Waselenko، "مدیریت پزشکی

✓ سندرم پرتوگیری حاد: توصیه های کارگروه ذخیره ملی استراتژیک تابش «، Ann Intern Med، ۲۰۰۴

بخش ۳ - سندرم پرتوگیری حاد

مراقبت‌های نجات جان پیش از ملاحظات پرتوگیری و یا آلودگی به توجه ترجیحی نیاز دارد. سندرم پرتوگیری حاد ناشی از تابش خارجی دوزهای بیشتر از یک Gy که در مدت زمان کوتاهی در کل بدن آزاد شده (آهنگ دوز بالا) می‌باشد. تمام بدن در این مثال را می‌توان پیش از زانوها و آرنج‌ها و شامل سر در نظر گرفت. تاریخچه کامل بالینی و شرح رویداد (از جمله مکان‌ها و فعالیت‌ها در طی حادثه رادیولوژیک، سابقه بیماری فعلی و سابقه پزشکی گذشته و اطلاعات رادیولوژیک قابل دستیابی) و معاینه فیزیکی بدن باید انجام شود. مسئولین فیزیک سلامت منبع مهمی برای بیشتر تاریخچه مربوط به حادثه رادیولوژیک هستند.

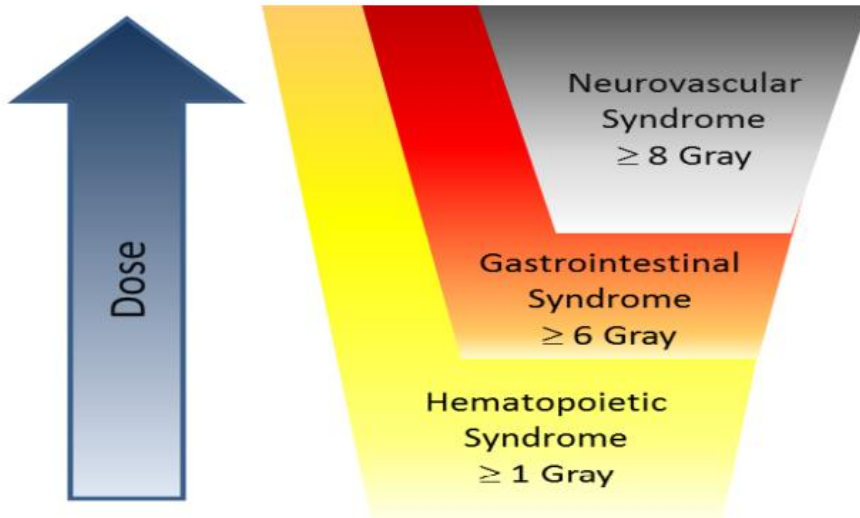
پاتوفیزیولوژی

آسیب ناشی از پرتوگیری به سلول‌ها در خلال میکروثانیه از قرار گرفتن در معرض تابش اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی شدیدترین انهدام سلولی در سلول‌های دارای تولید مثل سریع رخ می‌دهد. سلول‌های بنیادی در مغز استخوان، سلولهای کریپتیک روده، و لایه پایه پوست به ویژه نسبت به آسیب پرتوی حساس هستند.

ARS و دوز

سندرم پرتوی حاد (ARS) یک بیماری حاد است که شروع آن از چند ساعت تا هفته‌ها متفاوت است. این بیماری به طور معمول از الگوی فاز ابتدایی، علائم / نشانه‌ها، دوره نهفتگی و دوره بیماری آشکار، و به دنبال آن بهبودی یا مرگ پیروی می‌کند. شدت و طول هر فاز نسبت به دوز تابش دریافت شده متفاوت است. درگیری اندام / بافت به آستانه‌های مختلف دوز تابش مربوط می‌شود همان‌طور که در شکل ۱ شرح داده شده است. علائم و نشانه‌های پرتوگیری سطح بالا شامل بی اشتهایی، حالت تهوع و استفراغ، اسهال و تب خفیف است. ورم ملتحمه، در صورت پرتوگیری چشم و امکان مواجهه با اریتم پوستی احتمالی به دلیل دوز پوستی که اغلب با پرتوگیری حاد تمام بدن با دوز بزرگ همراه است.

شکل ۱: سندرم های حاد پرتوگیری



ARS شامل یک مرحله تحت بالینی ($1 > \text{Gy}$) و سه ریزسندرم حاصل از پرتوگیری کل بدن یا بخش قابل توجهی از آن می باشد.

سندرم های بالینی ناشی از پرتوگیری در محدوده ای از دوزهای قابل پیش بینی، پس از قرار گرفتن کل بدن یا بخش قابل توجهی از آن در معرض تابش رخ می دهد این آستانه ها را می توان برای تخمین دوز تابش بر اساس علائم / نشانه های بیمار استفاده کرد.

در زیر آستانه های عمومی همراه با آستانه های مختلف دوز تابش وجود دارند. لنفوپنی، نوتروپنی و شاید پان سیتوپنی به دلیل آپلازی مغز استخوان ممکن است منجر به سپسیس، خونریزی و مرگ شود.

سندرم خونسازی

به جز سلول های سرتولی بیضه، لنفوسیت های بالغ حساس ترین سلول ها به پرتو در بدن انسان هستند. سلول های بنیادی / پیش ساز در مغز استخوان همچنین به اشعه حساس هستند. آستانه سندرم خونساز 1 Gy در نظر گرفته شده است، اما برای گسترش بیماری مرتبط با خونسازی

آشکار از نظر بالینی به احتمال زیاد این آستانه بیش از ۲ Gy نیست. تظاهرات بالینی به طور معمول در طی چند هفته اتفاق می افتد. در دوزهای بالاتر از دامنه ۲-۳ Gy، درگیری ارگان‌های مختلف می توانند به طور قابل توجهی مدیریت بیمار را پیچیده کنند. لنفوپنی و به دنبال آن کاهش سایر عناصر خون، باعث خونریزی و عفونت شده منجر به افزایش عوارض و مرگ و میر می شود. مراقبت‌های حمایتی نوین قادر به تغییر بقای افراد سالم جوانی است که دوز $LD_{50/60}$ (۵۰٪) از جمعیت در ۶۰ روز زنده مانده) از ۳٫۵-۴ Gy (بدون مراقبت های پزشکی) تا ۵-۶ Gy با مراقبت های حمایتی، مانند استفاده از تزریق و آنتی بیوتیک دریافت کرده‌اند. منظور از مراقبت‌های حمایتی حفظ بیمار تا زمانی است که جزایر سلول‌های بنیادی زنده مانده بتوانند تولید سلول‌های خونی (نوتروفیل و پلاکت) را تحریک نمایند. اضافه کردن فاکتورهای تحریک کلنی (CSFs) به درمان و مراقبت ویژه ممکن است $LD_{50/60}$ به ۶-۸ Gy افزایش دهد. بیشترین میزان بقا در افرادی که دوز ۶ Gy یا کمتر دریافت کرده‌اند؛ بدون بیماری‌های همراه حاصل خواهد شد. نیاز به حمایت هماتولوژیک ممکن است طولانی شده که شامل فرآورده‌های خونی، فاکتورهای رشد خونساز و داروهای ضد میکروبی است. صدمات ترکیبی- بیماری حاد پرتوگیری در حضور ترومای فیزیکی و یا سوختگی، مرگ و میر را افزایش می‌دهد.

سندرم دستگاه گوارش

علائم GI ممکن است در دوز حدود ۶ گری تجربه شود. در دامنه دوزی که از حدود ۸ گری شروع می‌شود، سندرم GI با شروع شدید تهوع، استفراغ و اسهال، علائم بیشتری نشان می‌دهد. زمان بروز علائم / نشانه‌ها وابسته به دوز است، شروع سریع‌تر نشان‌دهنده دوز بالاتر است. مسائل بالینی اضافی با سندرم گوارشی می‌تواند شامل شیفت قابل توجه مایعات و الکترولیت‌ها، سوء جذب مواد مغذی، خونریزی گوارشی و سپسیس باشد. به محض تخلیه سلول‌های اپیتلیال پوشاننده مجرای دستگاه گوارش باکتری‌ها می‌توانند دسترسی آزاد به بدن پیدا کنند، و اغلب به عنوان کمکی برای انگیزش سپسیس هستند. ممکن است خونریزی از طریق نواحی عاری از سلول و برفک روده رخ دهد. اگرچه در سابقا مرگ بر اثر بیماری پرتوگیری در محدوده ۸ گری طی چند

هفته پس از حادثه اتفاق افتاده است، امکان دارد دوره بقا با مراقبت‌های ویژه پیشرفته به طور قابل توجهی افزایش یابد.

اگرچه با سندرم GI ارتباطی ندارد، اما شایان ذکر است که دوزهای تابش نافذ به تنه در دامنه ۶-۸ گری و بالاتر احتمالاً اثرات نامطلوبی بر سیستم ریوی خواهد داشت.

سندرم عروق عصبی

سندرم عروق عصبی (NVS)، که گاهی به عنوان سندرم قلبی عروقی / CNS، شناخته می‌شود، در دوزهای حدود ۸ گری یا بیشتر رخ می‌دهد. حالت تهوع و استفراغ در طی چند دقیقه و عدم توانایی زود هنگام از دوزهای موجود در این محدوده رخ داده است. به دنبال عدم توانایی اولیه، ممکن است دوره کوتاهی از بازگشت برخی از توانایی‌ها از چند ساعت تا چند روز باشد و به دنبال آن وخامت وضعیت بیمار، که علائم و نشانه‌های آن شامل تب بالا، ناتوانی مفرط، گیجی و کاهش فشار خون می‌باشند. احتمالاً این وضعیت با کاهش سطح هوشیاری، بی‌ثباتی عروقی و مرگ متعاقب خواهد بود. ممکن است تشنج رخ دهد یا ندهد. صدمات مغزی و آسیب متعدد ارگان‌ها اغلب در حین کالبد شکافی دیده می‌شود. باید توجه داشت که در صورت بروز علائم و نشانه‌های عصبی هنگامی که انتظار می‌رود دوز بیش از ۸ Gy یا بیشتر نباشد، باید علت دیگری را برای یافته‌های عصبی جستجو کرد. در دوزهای پایین‌تر پرتوهای یونیزان باعث یافته‌های عصبی نمی‌شوند. سندرم عروق عصبی (NV)، حاد برگشت ناپذیر در دوزهای بالاتر از ۱۰ گری رخ داده و مرگ و میر به ۱۰۰٪ نزدیک می‌شود.

آسیب به اعضای دیگر

پرتوهای یونیزان ممکن است باعث آسیب به ریه‌ها، کبد، کلیه‌ها و سایر ارگان‌ها شوند. نارسایی چند عضوی (MOF) در نتیجه سوء توزیع جریان خون پس از سندرم پاسخ التهابی سیستمیک ناشی از اشعه (SIRS) رخ می‌دهد. پاتوژنز MOF تحت تحقیق و بررسی فعال است.

مدیریت پزشکی ARS

مدیریت ARS عمدتاً بر پشتیبانی و بازیابی سیستم خون‌سازی متمرکز است. شروع زود هنگام بی‌اشتهایی، تهوع، استفراغ و بی‌حالی از نشانه‌های دوزهای بالاتر است.

دو هدف اصلی مدیریت پزشکی تلاش برای جلوگیری از نوتروپنی و سپسیس است که توسط تب خبر داده می‌شود. جمع‌آوری زود هنگام نمونه های خون برای CBC با شمارش افتراقی که هر ۶-۱۲ ساعت تکرار می‌شود، امکان محاسبه تعداد لنفوسیت مطلق (ALC) و تعداد مطلق نوتروفیل (ANC) را فراهم خواهد کرد، با این رویکرد که کاهش سریع و عمیق ALC نشان‌دهنده دوزی بالا است. با بدتر شدن نوتروپنی، ریسک عفونت افزایش می‌یابد، به‌خصوص اگر تعداد نوتروفیل مطلق به زیر $500 / \text{mm}^3$ کاهش یابد. بیماران مبتلا به سرکوب سیستم ایمنی ناشی از پرتوگیری اغلب از نظر بالینی دارای حداقل یا فقدان علائم و نشانه‌های عفونت هستند. درد / حساسیت نامحسوس پریودنتال، حلق، مری، پرینه، اطراف زبانی، پوستی یا چشم ممکن است تنها یافته‌های بالینی باشند. شکاف در پوست و مخاط دستگاه گوارش امکان جابجایی باکتری‌ها و سایر عوامل عفونی به گردش خون را فراهم می‌کند، جایی که در آن در شرایط نوتروپنی و لنفوپنی شدید شکوفا می‌شوند. فعال شدن مجدد عفونت‌های ویروسی قبلی (از جمله عفونت با ویروس هرپس و سیتومگالوویروس) نیز ممکن است رخ دهد. داروهای ضد میکروبی باید به فوریت در مبتلایان به نوتروپنی تب‌دار، نوتروپنی بدون تب همراه با درد نامحسوس، یا علائم بالینی عفونت بدون نوتروپنی تجویز شوند.

بیماران با ریسک پایین (شناخته شده با علائم قابل انتظار تعداد مطلق نوتروفیل (ANC) کمتر یا مساوی $500 / \text{mm}^3$ برای کمتر یا مساوی ۷ روز، تب بیشتر یا مساوی $38,3$ درجه سانتیگراد، پایداری همودینامیک و عدم وجود بیماری‌های پزشکی همراه) باید آنتی‌بیوتیک خوراکی پیشگیرانه دریافت کنند (یک فلوئوروکینولون یا آموکسی سیلین / کلانولان)، مگر اینکه قادر به تحمل درمان خوراکی نباشند. بیماران باید در صورت وجود استفراغ یا عفونت مستند، آنتی‌بیوتیک های تزریقی، با استفاده از تک داروی مناسب دریافت کنند.

جدول ۵ - توصیه‌هایی برای آنتی بیوتیک درمانی*

Prophylaxis	Low Risk Patient	High Risk Patient
Antibiotics	Ciprofloxacin (Oral) or Amoxicillin/Clavulanate	IV monotherapy with Cefepime, Ceftazidime or Piperacillin/Tazobactam
Bacterial Infection		Therapy to Add to Prophylaxis
Pneumonia		Vancomycin or linezolid
Skin/Soft Tissue Infections (SSTI)		See latest ISDA recommendations
Gram Negative sepsis and/or Gram Negative pneumonia		Aminoglycoside
Abdominal symptoms and/or suspected C.Difficile		Metronidazole

* راهنماهای انجمن بیماری‌های عفونی آمریکا باید برای بیماران پرتوگیری با نوتروپنی ناشی از تابش دنبال شود (<https://www.idsociety.org/Index.aspx>).

بیماران با ریسک بالا (شناخته شده با $ANC \leq 100 / mm^3$ ، ناپایداری همودینامیک و یک یا چند مورد از موارد زیر: مانند ورم مخاط شدید، عفونت کاتتر داخل وریدی I.V، ارتشاح ریوی، بیماری مزمن ریوی، یا تغییر در وضعیت ذهنی). این بیماران باید تک درمانی را بر اساس یافته‌های بالینی، تصویربرداری و یا یافته‌های کشت نمونه دریافت کنند. پیشگیری و یا درمان با ضد میکروب‌ها برای کسانی که در معرض ریسک عفونت هستند، به عنوان مثال، تبخال، ویروس سیتومگالو، کاندیدازیس تجویز می‌شود. انتخاب رژیم‌های درمانی برای عفونت‌ها باید تابع توصیه‌های فعلی انجمن بیماری‌های عفونی آمریکا (IDSA) باشد.

مشاوره با متخصص بیماری‌های عفونی برای کمک به مدیریت این بیماران شدیداً توصیه می‌شود.

جدول ۶ توصیه‌هایی برای درمان ضد قارچ و ضد ویروس*

Organism	Serology	Prophylaxis	Active Infection
Candida	N/A	Fluconazole	Fluconazole, Voriconazole or Amphotericin B
Herpes Simplex Virus	Positive HSV Type I or II	Acyclovir or Valacyclovir	
Cytomegalovirus	CMV Positive	Ganciclovir or Valacyclovir	

* راهنماهای انجمن بیماری‌های عفونی آمریکا برای بیماران دارای نوتروپنی ناشی از تابش باید دنبال شود

(<https://www.idsociety.org/Index.aspx>)

سیتوکین ها

تجویز سیتوکین ها در بیماران مبتلا به سندرم خونساز (HS) که دوز جذبی تمام بدن $> 5 \text{ Gy}$ دریافت کرده اند مفید است. فیلگاستریم (Neupogen) و ترکیب ماندگاتر آن، فیلگاستریم پگیله (Neulasta) برای استفاده در HS برای افزایش بقا مورد تایید FDA هستند.

عامل زیست مشابه لوکین برای استفاده در HS به مجوز استفاده اضطراری (EUA) نیاز دارد. در حالی که نیاز به تزریق روزانه فیلگاستریم، شروع شده در عرض ۲۴-۷۲ ساعت، وجود دارد، تزریق هر دو هفته یکبار فرم پگیله این ماده برای تقویت ANC کافی است. هیئت متخصصان موضوعی که در WHO، ژنو، گرد هم آمدند، رهنمود های جامعی برای مدیریت HS ارائه کردند که شامل شروع یک سیتوکین هنگامی است که ANC کمتر از $500 / \text{mm}^3$ باشد و در صورت عدم وجود عفونت، قطع آن زمانی که ANC به $1000 / \text{mm}^3$ برسد (Dainiak N et al., Disaster Med Public Health Prep 2011؛ ۵: ۲۰۲).

سیتوکین های زیر برای بیمارانی که انتظار می رود نوتروپنی شدید را تجربه کنند وجود دارد:

- Filgrastim (G – CSF) ۱۰ میکروگرم بر کیلوگرم روزانه به صورت زیر جلدی
- Sargramostim (GM – CSF) ۵-۱۰ میکروگرم / کیلوگرم ۴ بار در روز به صورت زیر جلدی یا (۲۰۰-۴۰۰ میکروگرم بر مترمربع / روز)
- Pegfilgrastim (peg G-CSF) دو دوز، هر دز میلی گرم ۶ زیر جلدی یک هفته در میان

مدیریت بالینی سندرم GI

مدیریت سندرم GI شامل تجویز یک فلوروکینولون (مانند سیپروفلوکساسین) یا آنتی بیوتیکی مشابه از ۲-۴ روز پس از پرتوگیری است. آنتی بیوتیک های تزریقی با تغییر فلورای روده (کاهش هوازی ها در عین حال حفظ بی هوازی های مفید) در صورتی که منابع اجازه دهند، همراه با داروهای ضد میکروبی خوراکی ممکن است مفید باشند. رفع آلودگی روده ها بدون استفاده همزمان از آنتی بیوتیک های داخل روده ای توصیه نمی شود. استفراغ پایدار باید با یک آنتاگونیست گیرنده سروتونین (۵-HT₃) درمان شود. در موارد شدید، تغذیه روده ای یا وریدی. اسهال ممکن است با

لوپرامید کنترل شود. جایگزینی مایعات و الکترولیت‌های از دست رفته برای نتیجه‌ای مطلوب ضروری است.

سندرم حاد عصبی عروقی (NV) برگشت ناپذیر در دوزهای بالاتر از ۱۰ Gy رخ می‌دهد. از آنجا که مرگ و میر نزدیک به ۱۰۰٪ است، مراقبت‌های حمایتی با درمان ضد استفراغ، داروهای ضد تشنج، دیورتیک‌ها (مانیتول و فوروزماید)، داروهای ضد اضطراب و ضد دردهایی که ممکن است شامل داروهای افیونی در دوز کافی بالا برای تسکین درد و ایجاد آرامش باشند، توصیه می‌شود.

مسائل مدیریتی بیشتر برای ARS

- مواد آنتی‌بیوتیک، ضد ویروس و ضد قارچ
- جراحی زودرس و بستن زخم
- حفظ عوامل بی‌هوازی GI
- به حداقل رساندن روش‌های تهاجمی
- کنترل دقیق محیط با احتیاط‌های مرتبط با نوتروپنی
- در نظر گرفتن مسدود کننده‌های H₂ و مهارکننده های پمپ پروتون برای پیشگیری از زخم استرس
- مزیت بالقوه‌ی حفظ اسیدیته معده (سوکرافات)
- تغذیه دهانی در صورت امکان به IV ترجیح دارد (فقط غذاهای پخته، بدون محصولات زراعی ریشه ای)
- بهداشت دقیق دهان و ناخن

نتیجه

ARS اولیه با پرتوگیری تمام یا بخشی از بدن، معیارهای حمایتی، مراقبت‌های ویژه، سیتوکین درمانی، و درمان ضد میکروبی را آن‌گونه که کاربردهای پزشکی ارائه می‌نمایند، طلب می‌کند. از نظر نوتروپنی / تب نوتروپنیک احتمالی پایش و برای درمان آنتی بیوتیکی با راهنماهای IDSA در صورت لزوم مشورت نمایید. مشاوره با متخصص خون / آنکولوژیست، متخصص بیماری‌های عفونی، پزشک پیوند مغز استخوان و سایر متخصصین پزشکی / جراحی باید در نظر گرفته شود.

بخش ۴ - مدیریت پزشکی آسیب موضعی

دوز و علائم بالینی

آسیب موضعی حاد در اثر تابش ممکن است به طور جداگانه یا همراه با ARS رخ دهد. این آسیب رایج پرتوی در بخش غیرنظامی است که بسیاری از دستگاه‌های پرتوزا در آن مورد استفاده صنعتی هستند، به اثرات تابش وابسته با آستانه دوز اثرات قطعی گفته می‌شود. آستانه‌های دوز در منابع مختلف متفاوت هستند. آستانه‌های تقریبی اثرات قطعی به شرح زیر هستند:

- 3 گری: اپیلاسیون، به طور معمول ۲-۴ هفته پس از حادثه آغاز می‌شود
- 6 گری: اریتم اغلب در بازه زمانی کوتاهی پس از حادثه، گذرا است. اریتم ثانویه ۲-۴ هفته پس از آن است. پاتوفیزیولوژی اریتم شامل انقباض شریانی همراه با اتساع مویرگی و موضعی است. اریتم ممکن است چند ساعت پس از حادثه ایجاد (اریتم اولیه)، سپس فقط برای ظهور دوباره در مرحله بیماری آشکار، ناپدید می‌شود.
- ۱۰-۱۵ گری: پوسته‌ریزی خشک معمولاً به‌طور تقریبی ۴-۲ هفته پس از حادثه دیده می‌شود. فعالیت میتوزی کاهش یافته‌ای در سلول‌های لایه‌های بازال و پارابازال همراه با نازک شدن اپیدرم و پوسته‌ریزی وجود دارد.
- ۱۵-۲۰ گری: پوسته‌ریزی مرطوب (آسیب ضخامت جزئی) حداقل ۲-۴ هفته بعد از پرتوگیری، بسته به دوز، دیده می‌شود. در پوسته‌ریزی مرطوب، از نظر میکروسکوپی، معمولاً می‌توان ورم داخل سلولی، ادغام وزیکول‌ها برای تشکیل تاول‌های ماکروسکوپی، و سطح پوستی مرطوب توسط فیبرین پوشیده شده را یافت. اینجا با افزایش دوز، احتمال رادیونکروز وجود دارد.
- برای دوز پوست > ۲۵ گری، رادیونکروز آشکار و زخم ثانویه به آسیب سلول‌های اندوتلیال و نکروز فیبرینی شریانی و ونول‌ها در منطقه آسیب دیده. سندرمی پوستی، به دلیل سطح بالای پرتوگیری تمام بدن در حین آسیب موضعی، توسط نویسندگان مختلف توصیف شده است.

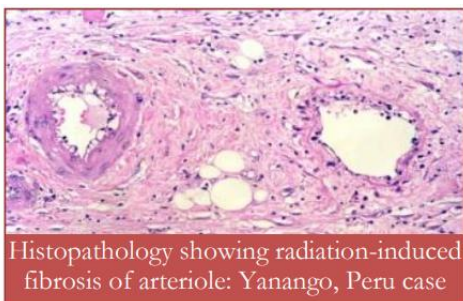


از آنجا که بروز علائم و نشانه‌ها معمولاً روزها تا هفته‌ها طول می‌کشند، سابقه پزشکی به ویژه در تشخیص وسعت آسیب بخشی از بدن مهم است. علاوه بر این، عکس‌های دیجیتالی رنگی سریال ترجیحاً از رنگ آبی پس زمینه استفاده کنید زیرا همراه با اندازه‌گیری دقیق ضایعه برای مستند کردن سیر تکامل آسیب بسیار مهم هستند.

در ایالات متحده، تشخیص دوز سطح بالای پوست به طور کلی توسط مشاهده سیر تکاملی علائم تخمین زده می‌شود. با این حال، ابزارهای تشخیصی اضافی مانند دوزیمتری سیتوژنتیک، MRI، مشاهده سونوگرافیک ضایعه و داپلر - یا مقاطع جریان لیزری استفاده شده است.

درمان

مسائل کلیدی مدیریت آسیب موضعی پرتوی، کنترل عفونت، هنر مراقبت از زخم و مدیریت مناسب درد هستند. باید با جراح پلاستیک ترمیمی یا سوختگی در ابتدای دوره بالینی مشورت شود.



Histopathology showing radiation-induced fibrosis of arteriole: Yanango, Peru case

فیبروز پوست و ارگان ناشی از پرتوگیری و رادیونکروز دیررس پوست عوارض دیررس هستند که معمولاً برگشت ناپذیر تلقی می شوند. مدیریت پزشکی معمول شامل حذف عوامل تشدید کننده موضعی و عمومی و کنترل التهاب حاد و مزمن با استروئیدهای موضعی است.

درمان آسیب پرتوی موضعی منجر به پوسته ریزی پوست شامل استروئیدهای موضعی کلاس III II مانند بتامتازون، آنتی بیوتیک ها و آنتی هیستامین های موضعی است. از محصولات موضعی مبتنی بر نقره مانند کرم سولفادiazین نیز ممکن است استفاده شوند. ضایعات شدیدتر (زخم های مزمن و نکروز) ممکن است نیاز به برداشتن جراحی بافت آسیب دیده داشته باشند، و متعاقباً استفاده از پیوند پوست با پوست اتولوگ و / یا فلپ، پوست مصنوعی (مانند Integra®) و / یا زئوگرافت، درمان عروقی با پنتوکسی فیلین (Trental®) و / یا اکسیژن پرفشار (HBO) ممکن است موثر و دارای ریسک کمی باشد. تزریق سلول های بنیادی مزانشیمی (MSCs) مستقیماً ضایعات درد مهار نشدنی نوروپاتیک را کاهش، و به نظر می رسد بهبودی زخم ها را تسریع نمایند. آزمایشات کنترل شده مقایسه اثرات درمان MSC در مقایسه با موارد اقدامات سنتی جراحی در حال انجام است.

بخش ۵ - مدیریت پزشکی رادیونوکلئیدهای نشت کرده داخلی

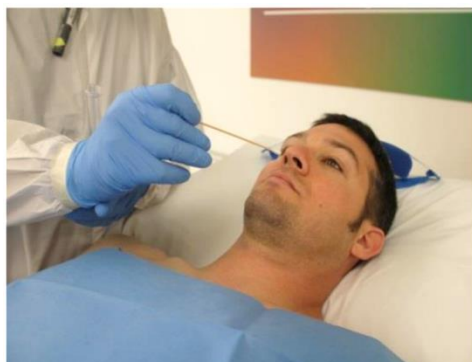
آلودگی داخلی - ارزیابی سریع زودهنگام

آلودگی داخلی زمانی اتفاق می افتد که کارکنان محافظت نشده مواد رادیواکتیو را خورده، استنشاق کرده یا زخم های آلوده داشته باشند. مصدومین آلوده خارجی که محافظت تنفسی ندارند باید از نظر آلودگی داخلی ارزیابی شوند. احتمال آلودگی داخلی زمانی بیشتر است که آلودگی قابل توجهی در اطراف سوراخ های بینی یا دهان، یا در اطراف زخم های باز وجود داشته باشد.

دوزهای داخلی متفاوت از دوزهای خارجی سنجیده می شوند. دو تفاوت اصلی عبارتند از:

- (۱) دوزهای داخلی محاسبه می شوند، اندازه گیری نمی شوند
- (۲) دوزها، دوزهای اجباری هستند. دوزهای داخلی مبتنی بر میزان ورود، یا مقدار ماده رادیواکتیوی است که در ابتدا وارد بدن می شوند. هنگامی که یک روش سنجش زیستی انجام می شود، می توان به عنوان مثال، اکتیویته در ادرار را، در آن زمان خاص مشخص کرد. سپس محاسبات انجام می شوند تا مشخص شود چه مقدار اکتیویته در ابتدا وارد بدن شده است تا منجر به تجمع ماده رادیواکتیو در ادرار در حال حاضر گردد. همان روش برای شمارش کل بدن، شمارش ریه ها، یا روش های دیگر برای سنجش دوز داخلی اعمال می شود.

مفهوم دوز اجباری بیانگر این واقعیت است که دوزهای داخلی دیرپا هستند. دوز اجباری دوز دریافتی در مدت زمان پنجاه ساله از رادیونوکلئید به طور داخلی نشت یافته است. برای اهداف نظارتی، هرگاه ارزش دوز پنجاه ساله محاسبه شود، این دوز برای سالی که رادیونوکلئید دریافت شده اختصاص داده می شود. وقتی که ماده رادیواکتیو در ارگان هدف نشت می کند، تا زمان فروپاشی یا وقتی که بدن آن را از طریق فرآیندهای بیوکینتیک طبیعی حذف کند، آنجا حضور خواهد داشت. این دو فرآیند هر دو مستقل از یکدیگر در حال کار هستند. نیمه عمر مؤثر فروپاشی رادیواکتیو و حذف بیولوژیکی هر دو را محاسبه می کند. این محاسبه توسط حاصل نیمه عمر بیولوژیکی و رادیواکتیو تقسیم بر مجموع این دو انجام می شود.



یک راه سریع برای تخمین بزرگی دوز تابش ناشی از استنشاق مواد رادیواکتیو از طریق ارزیابی سواب‌های بینی است. نمونه‌ها باید با سواب کشیدن به ناحیه قدامی سوراخ‌های بینی (جداگانه، با سواب جداگانه) با سواب پنبه‌ای جمع‌آوری شوند. سواب بینی باید هرچه ممکن سریع‌تر پس از دریافت مشکوک، ترجیحاً در

حین ساعت اول گرفته شود. تأخیر در گرفتن سواب بینی به دلیل پاک شدن سریع بینی از مواد خارجی بر تخمین میزان ورود تأثیر خواهد گذاشت. هر سواب را باید با آشکارساز دستی شمرده و سپس شمارش‌ها اضافه خواهند شد.

هر سواب باید به‌صورت جداگانه شمارش شود، زیرا بیشتر افراد به‌طور مساوی از هر دو طرف بینی تنفس آزادانه دارند. بنابراین، تفاوت قابل توجهی در میزان شمارش ممکن است آلودگی متقاطع یا انحراف تیغه بینی را نشان دهد. در حالی که نرخ شمارش ترکیبی به اکتیویته‌ای تبدیل می‌شود (برای انتشار دهنده‌های β/γ معمولاً این کار با فرض ۱۰٪ کارایی شمارش انجام می‌شود - تا زمانی که خلاف آن تأیید شود. به این معنی که نرخ شمارش بر ۱۰٪ یا ۰/۱۰ تقسیم می‌شود) با فرض بر این که ۱۰٪ دریافت اولیه را نشان دهد. از آنجا که محدوده‌های نظارتی، محدوده‌های سالانه دریافت (ALIS) نامیده می‌شوند و در گزارش راهنمای فدرال سازمان حفاظت محیط زیست شماره ۱۱ یافت می‌شوند - مبتنی بر دریافت هستند، ALI ها معیار عینی مقداری هستند برای مقایسه میزان دریافت تخمینی بیمار (Sugarman، و دیگران، مسئولین فیزیک سلامت - ژوئن، ۲۰۱۰). برآورد زود هنگام مقدار اولیه برای تصمیم‌گیری پزشکی براساس ALI های ایالات متحده است. توصیه‌های بین‌المللی برای محدودیت دریافت را نیز می‌توان به عنوان معیار استفاده کرد.

مثال: آلودگی صورت روی فردی تشخیص داده می‌شود. سواب بینی به سرعت گرفته می‌شود، که مجموع آن ۱۵۰،۰۰۰ dpm است. بنابراین، مقدار دریافت اولیه ۱۵۰،۰۰۰ / ۰،۱۰ یا ۱،۵۰۰،۰۰۰ فروپاشی در دقیقه (dpm) - یا حدود ۰،۷ μCi ($\sim 26 \text{ kBq}$). تخمین زده می‌شود. بیایید فرض کنیم

آلاینده سزیوم ۱۳۷ باشد. ALI استنشاق برای سزیوم ۱۳۷، 200 μCi (7.4 MBq) است. تخمین ما به میزان قابل توجهی زیر حد نظارتی سالانه ایالات متحده است بنابراین انتظار نمی رود که این میزان مصرف از نظر پزشکی قابل توجه باشد. ALI که در اینجا یک محدوده به دست آمده از نظر پزشکی می باشد. با این حال، این امر برای ایجاد یک نقطه مقایسه خوب که می تواند به راهنمایی مدیریت پزشکی اولیه کمک کند، ایجاد شده است. در شرایطی که رادیوایزوتوپ ناشناخته است. اگر پرتو انتشاری (α , β , γ) مشخص شود، می توان فرضیاتی در مورد ایزوتوپ مورد نظر مطرح کرد. به عنوان مثال، اگر یک آلفا دهنده ناشناخته مشاهده شود، تا زمانی که شناسایی ایزوتوپ امکان پذیر شود، فرض آمپسیم ۲۴۱ بودن آن، معمولاً شرط مطمئنی برای اهداف تخمین اندازه دوز است (به جدول ۷ مراجعه کنید). ممکن است همیشه صحیح نباشد، اما باید تخمینی نزدیک به درست از بزرگی دوز بدست آورد. ALI ها برای ایزوتوپ های معمول را می توان در زیر یافت. باز هم، این روشی برای کمک به تعیین مقدار دوز و بنابراین اساساً ابزاری برای تریاژ است. هدف آن تعیین دقیق دوز تابش داخلی نیست، بنابراین تخمین ها باید با روش های سنجش مناسب تأیید شوند.

جدول ۷ - ALI استنشاق ایالات متحده برای رادیونوکلئیدهای فرض شده

Emission	Assumed Radionuclide	US ALI and solubility class	~ dpm
Alpha	Am-241	0.006 μCi /0.2 kBq - W	1.3×10^4
Beta	Sr-90	4 μCi /0.148 MBq- Y	8.9×10^6
Gamma	Cs-137	200 μCi /7.4MBq - D	4.4×10^8

محدودترین مقادیر ALI از FGR-11 ذکر شده است. اکتیویته های μCi به MBq تبدیل می شوند (کمی متفاوت از FGR-11)

جدول ۸- ALI استنشاق ایالات متحده برای رادیونوکلئیدهای خاص

Nuclide	US ALI and Solubility Class	~ dpm
H-3	80,000 $\mu\text{Ci}/3 \text{ GBq}$ (H_2O Vapor)	1.8×10^{11}
Co-60	30 $\mu\text{Ci}/1.1 \text{ MBq}$ - Y	6.7×10^7
U-235, 238	0.04 $\mu\text{Ci}/1.48 \text{ kBq}$ - Y	8.9×10^4
Pu-239	0.006 $\mu\text{Ci}/0.2 \text{ kBq}$ - W	1.3×10^4
Cf-252	0.02 $\mu\text{Ci}/0.74 \text{ kBq}$ - W	4.4×10^4

محدودترین مقادیر ALI از FGR-11 ذکر شده است. اکتیویته های μCi به MBq تبدیل می شوند (کمی متفاوت از FGR-11)

بسیاری از متخصصان محافظت در برابر اشعه ممکن است از راهنماهای تصمیم بالینی (CDG ها)، معرفی شده در گزارش شماره ۱۶۱ NCRP، مدیریت افراد آلوده به رادیونوکلئیدها (۲۰۰۹) اطلاع نداشته باشند. از CDG می توان به عنوان جایگزینی برای ALI، به عنوان نقطه مقایسه ای هنگام ارزیابی مقدار دوز داخلی استفاده کرد. اینگونه در نظر گرفته شده تا معیاری برای پزشک فراهم شود که راهنمایی برای کمک به تصمیم گیری؛ با توجه به توصیه های مورد استفاده از اقدامات متقابل پزشکی پس از دریافت مواد رادیواکتیو باشد.

CDG ریسک احتمالی را براساس دوز موثر بیش از ۵۰ سال برای بزرگسالان یا تا ۷۰ سالگی برای کودکان در نظر می گیرد. مخاطرات احتمالی در محدوده ریسک های مرتبط با دوزهای توصیه شده برای پاسخ دهندگان به فوریت ها در نظر گرفته شده، که می توان آنها را در راهنمای EPA PAG (راهنماهای اقدام حفاظتی و راهنمای برنامه ریزی برای رویدادهای رادیولوژیک) یافت. جلوگیری از اثرات قطعی بر اساس دوزهای ۳۰ روزه با RBE ضریب وزنی مغز استخوان و ریه نیز در فرمولاسیون CDG برای یک رادیوایزوتوپ خاص در نظر گرفته شده است. برای ید رادیواکتیو تا حدودی متفاوت تعریف می شود زیرا اندام در معرض ریسک اولیه غده تیروئید است و FDA راهنمای خاصی برای دوزهای برنامه ریزی شده تیروئید ارائه می دهد. CDG ها برای دریافت از طریق استنشاق و بلع تهیه می شوند. بدیهی است که نتایج سوابق بینی فقط باید با CDG های استنشاق مقایسه شوند. برای تعریف دقیق تر CDG و پارامترهای دوز مربوط به آن، باید از گزارش شماره ۱۶۱ NCRP استفاده

شود. جدول ۹ مثالی از اطلاعات فراهم شده که در جداول CDG موجود در قسمت C، بخش ۱۱ گزارش NCRP شماره ۱۶۱ موجود است را ارائه می‌دهد.

جدول ۹- اطلاعات CDG انتخاب شده از NCRP-161

Radioisotope	Method of Intake	Form	Activity in urine (0-24 hr) indicative of 1 CDG (dpm)	Activity on nasal swabs soon after inhalation indicative of 1 CDG (dpm)*
Co-60	Inhalation	Type M	4.2E+7	1.1E+8
Co-60	Inhalation	Type S	Not recommended	4.4E+7
Sr-90	Inhalation	Type F	3.4E+7	2.5E+7
Sr-90	Ingestion	Soluble	3.0E+7	NA
Cs-137	Inhalation	Type F	7.7E+7	1.7E+8
Cs-137	Ingestion	Soluble	7.6E+7	NA
Pu-239	Inhalation	Type M	9.6E+1	2.3E+4
Pu-239	Inhalation	Type S	3.8E0 (supplement with fecal)	8.9E+4
Am-241	Inhalation	Type M	1.0E+3	2.8E+4

* فرض کنید که ۵٪ از میزان دریافت روی سواب‌ها یافت می‌شود.
زمان نمونه‌گیری پس از دریافت فقط "ساعات اولیه" تعریف می‌شود.

زخم‌های باز مسیر دیگری برای ورود آلودگی رادیواکتیو به بدن است. گزارش شماره ۱۵۶، NCRP، توسعه مدلی بیوکینتیک برای زخم‌های آلوده به رادیونوکلیئید و رویه‌های سنجش، دوزیمتری و درمان آنها (۲۰۰۶) برای محاسبه فاکتورهای تبدیل دوز برای انواع مختلف رادیوایزوتوپ‌ها و انواع آلاینده / زخم‌ها با استفاده از اکتیویته و تخمین دوز داخلی (Bertelli, AIDE) و نرم افزار دوزیمتری داخلی استفاده شده است. نتیجه تقسیم کردن محدوده دوز نظارتی مناسب توسط فاکتور ضریب تبدیل دوز مربوطه (DCF) را می‌توان سطح مرجع مشتق شده (DRL) نامید، شبیه به ALI، که برای زخم‌ها تعریف نشده است. (Toohey, et al., Health Physics – May, 2011)

DRL می‌تواند به همان روشی که ALI در بالا استفاده کرده است را به عنوان یک نقطه مرجع استفاده کند. برای استفاده از این مفهوم، به سادگی یک شمارش اولیه زخم بدست آورید، آهنگ شمارش را به اکتیویته (dpm) تبدیل کنید، و آن را با DRL مناسب در زیر مقایسه کنید. به خاطر

داشته باشید فقط به این دلیل که سطح آلودگی بالاتر از DRL است لزوماً به این معنی نیست که مسئله پزشکی قابل توجهی وجود دارد، اما به همین سادگی این میزان آلودگی ممکن است به دوز داخلی نزدیک به حد نظارتی منجر شود.

لطفاً توجه داشته باشید که جدول ۱۰ براساس محدوده های دوز ایالات متحده است، اما فاکتورهای تبدیل دوز مبتنی بر دوز موثر (راهنمای بین المللی) هستند. این مسئله نباید روی استفاده از این جدول برای تخمین مقدار دوز تأثیر بگذارد. به یاد داشته باشید، نکته تعیین نقطه ای برای مقایسه است که متعاقباً بتوان از آن برای کمک و راهنمایی در تصمیمات پزشکی استفاده کرد. راهنمای بین المللی از محدوده های دوز متفاوت استفاده خواهد کرد که نتیجه آن DRL های متفاوت است (۲۰ میلی سیورت - یا ۲ رم - تقسیم بر DCF مناسب). برای راهنمایی بیشتر به NCRP شماره ۱۵۶ رجوع یا با REAC / TS تماس بگیرید.

جدول ۱۰ - DRL های انتخاب شده برای دسته حلالیت تعریف شده (dpm)

Isotope	Based on*	Weak	Moderate	Strong	Avid
Co-60	ED	1.54E+08	1.54E+08	1.65E+08	2.01E+08
Sr-90	BS	2.20E+07	2.20E+07	2.25E+07	2.38E+07
Tc-99m	ED	2.00E+11	2.56E+11	9.33E+11	8.78E+11
I-131	Thy	7.06E+07	8.01E+07	1.26E+08	3.46E+08
Cs-137	ED	2.20E+08	2.20E+08	2.23E+08	2.34E+08
Ir-192	ED	4.49E+08	4.66E+08	6.21E+08	1.69E+09
U-235	BS	8.23E+05	8.23E+05	8.29E+05	8.46E+05
U-238	BS	8.55E+05	8.55E+05	8.63E+05	8.78E+05
Pu-239	BS	1.81E+03	1.81E+03	1.85E+03	1.92E+03
Am-241	BS	1.65E+03	1.65E+03	1.68E+03	1.74E+03
Cf-252	BS	5.14E+03	5.15E+03	5.75E+03	7.96E+03

* ED = دوز موثر، BS = سطح استخوان، Thy = تیروئید

ED نقطه مرجع = ۵ رم (اجباری)، نقطه مرجع دوز ارگان = ۵۰ رم (اجباری)

مدیریت پزشکی آلودگی داخلی

این پزشکی خاص و وابسته به ایزوتوپ است؛ بنابراین شناسایی ایزوتوپ بسیار مهم است. هم واپاشی رادیواکتیو و هم حذف بیولوژیکی بدن را از شر مواد رادیواکتیو خلاص می کند. ترکیب هر دو نرخ حذف، نیمه عمر مؤثر را ایجاد می کنند، که همیشه کوتاهتر از نیمه عمر رادیولوژیک یا بیولوژیکی است. متابولیسم و کارمایه ی حذف آنالوگ غیررادیواکتیو، مسیر متابولیک رادیونوکلید را تعیین می کند. راه های اصلی ورود استنشاق، بلع، جذب از طریق آلودگی زخم باز و از راه پوست هستند. حل شدن اورانیوم از ترکش های جاگیر شده DU نیز مشاهده شده است.

مدیریت پزشکی آلودگی داخلی به چندین دسته عمده تقسیم می شود:

- کاهش و یا مهار جذب ایزوتوپ در دستگاه GI.
مثال ها: آبی پروسی، سولفید باریم.
- مسدود کردن جذب در ارگان مورد نظر. مثال: طی ۴-۶ ساعت پس از پرتوگیری داخلی، برای جلوگیری از جذب ید رادیواکتیو توسط تیروئید یدید پتاسیم (KI) استفاده کنید.
- رقت ایزوتوپی. مثال: برای آلودگی داخلی تریتیوم هیدراتاسیون با مایعات را افزایش دهید.
- تغییر شیمی ماده. مثال: جلوگیری از اتصال یون های اورانیل با پروتئین های سطحی توبول کلیه با استفاده از بی کربنات سدیم که باعث قلیایی شدن ادرار می شود.
- جابجایی ایزوتوپ از گیرنده ها. مثال: استفاده از کلسیم برای رقابت با استرانسیم.
- تکنیک های شلاته کردن. مثال: DTPA را برای ته نشست داخلی پلوتونیوم تجویز کنید.
- خارج کردن زود هنگام رادیونوکلیدها از زخم ها برای به حداقل رساندن جذب.
- شستشوی برونکوالوئولار برای موارد شدید استنشاق ذرات نامحلول. این تکنیکی است که به ندرت مورد استفاده قرار می گیرد و فقط در شرایط ریه ای با بارگیری بسیار بزرگ با انتشار دهنده آلفای نامحلول مانند پلوتونیوم کاربرد دارد.
- بیش از ۸۰۰۰ ایزوتوپ وجود دارد، اما فقط ۱۰-۱۵ مورد از آنها در بخش های نظامی و غیرنظامی، و با توجه به تروریسم و حوادث صنعتی مهم هستند. ایزوتوپ های قطعی در دسته های عمومی مربوطه که در زیر ذکر شده قرار می گیرند:

" پنج دانشگاهی " - ^{14}C , ^{32}P , ^{125}I , ^{131}I , ^{252}Cf : برای برچسب گذاری ایزوتوپی در آزمایشگاه های بیوشیمی و در پزشکی استفاده می شود. تریتیوم نیز شایع است.

" سه صنعتی " - ^{192}Ir , ^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co به طور گسترده ای در رادیوگرافی صنعتی برای عکاسی از اشیا بزرگ مانند لوله های نفتی، بال هواپیما و غیره استفاده می شود. ^{137}Cs و ^{60}Co به دلیل پرتوهای نافذ گاما در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند و به عنوان عوامل اصلی برای حوادث تروریستی در نظر گرفته می شوند.

" پنج نظامی " - تریتیوم (^3H), ^{238}U , ^{235}U , ^{241}Am ؛ ایزوتوپ های اصلی استفاده شده در مجموعه سلاح ها، هم در سیستم DOE و هم در ارتش هستند.

محصولات شکافت / فعال سازی که در پاسخ به یک انفجار هسته ای، یک IND یا یک سلاح، حادثه ای راکتوری یا سانحه حمل و نقل زباله با آنها مواجه می شویم. بعضی از آنها فرار هستند و بسته به اکتیویته، می توانند خطر قابل توجهی برای مردم ایجاد کنند.

گزارش شماره ۶۵. NCRP (۱۹۸۰) به طور گسترده ای به عنوان مستندی مهم برای پزشکانی که نیاز به استفاده از درمان حذفی در بیماران مبتلا به نشت داخلی مواد رادیواکتیو دارند شناخته می شود.

گزارش شماره ۱۶۱. NCRP (۲۰۱۰) اطلاعات اضافی و دستورالعمل هایی برای فیزیک سلامت جهت مدیریت آلودگی داخلی فراهم کرده است. این سند اصطلاحی مبتنی بر دوز / ریسک، راهنمای تصمیم گیری بالینی (CDG) را معرفی می کند که می تواند برای کمک به پزشکان در تصمیم گیری در مورد زمان درمان یا عدم درمان استفاده شود.

گزارش شماره ۱۶۱. NCRP، همچنین به استفاده از نمونه های نقطه ای ادرار اشاره دارد. هنگام تجزیه و تحلیل ادرارهای نقطه ای به دلایل مختلفی، اما نه محدود به همین موارد، باید مراقب بود، این مراقبت ها شامل: (۱) آیا زمان کافی برای سیستمیک شدن رادیونوکلیئید امکان دفع آن وجود داشته است؟ (۲) اگر از پایشگر دستی برای شمارش نمونه استفاده می کنید، آیا آن نوع تابش با این وسیله قابل تشخیص است؟ (۳) آیا مسیر دفع مناسب ترکیب شیمیایی مربوطه هست؟ داده های جداول ۱۱ و ۱۲ از گزارش شماره ۱۶۱. NCRP. اقتباس شده اند.

درمانی برای رادیونوکلئیدهای خاص

این بخش (۱) توصیه‌هایی برای درمان حذفی برای هر رادیونوکلئید خاص، و (۲) اطلاعات دارویی برای درمان ارائه می‌دهد. جدول ۱۱ توصیه‌های درمانی برای رادیونوکلئیدهای مختلف با توجه به دغدغه‌های مدیریت پزشکی آلودگی داخلی را به‌طور خلاصه ارائه می‌کند. جدول ۱۲ برنامه‌ریزی دوز برای دارو یا روش‌های درمانی را ارائه می‌دهد. همان‌طور که در سند روش‌های عمومی برای پاسخ پزشکی در فوریت‌های هسته‌ای یا رادیولوژیک اضطراری (IAEA، ۲۰۰۵) بیان شده، هنگام تصمیم‌گیری در مورد درمان آلودگی داخلی، مقایسه باید بین مزیت حذف آلاینده‌های رادیواکتیو با استفاده از روش‌های مرتبط، با عوارض جانبی قابل توجه و اثرات کوتاه مدت و بلند مدت سلامتی مواد رادیواکتیو درونی شده بدون درمان صورت پذیرد.

جدول ۱۱ - توصیه های درمان حذفی در ایالات متحده

Radionuclides	Alternate Treatment	Preferred Treatment
Actinium (Ac)	Consider DTPA	Consider DTPA
Americium (Am)	DTPA	DTPA
Antimony (Sb)	BAL, penicillamine	BAL
Arsenic (As)	BAL, DMSA	BAL
Barium (Ba)	Ba, Ca Therapy	See NCRP 161
Berkelium (Bk)	DTPA	DTPA
Bismuth (Bi)	BAL, penicillamine, DMSA	DMSA
Cadmium (Cd)	DMSA, DTPA, EDTA	DMSA
Californium (Cf)	DTPA	DTPA
Calcium (Ca)	Ba, Ca Therapy	See NCRP 161
Carbon	No treatment available	N/A
Cerium (Ce)	DTPA	DTPA
Cesium (Cs)	Prussian blue	Prussian blue
Chromium (Cr)	DTPA, EDTA (antacids are contraindicated)	DTPA
Cobalt (Co)	DMSA, DTPA, EDTA, NAC	DTPA
Copper (Cu)	EDTA, penicillamine, trientine	Penicillamine
Curium (Cm)	DTPA	DTPA
Einsteinium (Es)	DTPA	DTPA
Europium (Eu)	DTPA	DTPA
Fission Products (Mixed)	Management depends on predominant isotopes present at time. Early: iodine; Late: strontium, cesium, and others	
Fluorine (F)	Aluminum hydroxide	Aluminum hydroxide
Gallium (Ga)	Consider penicillamine	Penicillamine
Gold (Au)	BAL, penicillamine	BAL
Indium (In)	DTPA	DTPA
Iodine (I)	Potassium iodide (KI), propylthiouracil, methamizole	KI
Iridium (Ir)	Consider DTPA, EDTA	Consider DTPA
Iron (Fe)	Deferoxamine (DFOA), deferasirox, DTPA, DFOA and DTPA together	DFOA
Lanthanum (La)	DTPA	DTPA

جدول ۱۱ - توصیه های درمان حذفی در ایالات متحده

Radionuclides	Alternate Treatment	Preferred Treatment
Lead (Pb)	DMSA, EDTA, EDTA with BAL	DMSA
Manganese (Mn)	DFOA, DTPA, EDTA	DTPA
Magnesium (Mg)	Consider strontium therapy	Consider strontium therapy
Mercury (Hg)	BAL; EDTA; penicillamine; DMSA	BAL
Molybdenum (Mo)	Limited clinical experience	
Neptunium (Np)	Consider DFOA and/or DTPA	Consider DFOA and/or DTPA
Nickel (Ni)	BAL, EDTA	BAL
Niobium (Nb)	DTPA	DTPA
Palladium (Pd)	Penicillamine, DTPA	Penicillamine
Phosphorus (P)	Phosphorus Therapy	Phosphorus therapy
Plutonium (Pu)	DTPA, DFOA, EDTA, DTPA and DFOA together	DTPA
Polonium (Po)	BAL, DMSA, penicillamine	BAL
Potassium (K)	Diuretics	Diuretics
Promethium (Pm)	DTPA	DTPA
Radium (Ra)	Ra, Sr therapy	
Rubidium (Rb)	Prussian Blue	Prussian Blue
Ruthenium (Ru)	DTPA, EDTA	DTPA
Scandium (Sc)	DTPA	DTPA
Silver (Ag)	No specific therapy. Consider gastric lavage and purgatives.	
Sodium (Na)	Diuretic and isotopic dilution with 0.9 % NaCl	Diuretic and isotopic dilution with 0.9 % NaCl
Strontium (Sr)	Ra, Sr therapy	
Sulfur (S)	Consider sodium thiosulfate	Consider thiosulfate

جدول ۱۱ - توصیه های درمان حذفی در ایالات متحده

Radionuclides	Alternate Treatment	Preferred Treatment
Technetium	Potassium perchlorate	Potassium perchlorate
Thallium (Tl)	Prussian Blue	Prussian Blue
Thorium (Th)	Consider DTPA	Consider DTPA
Tritium (^3H)	Force fluids	Water diuresis
Uranium (U)	Bicarbonate to alkalinize the urine. Consider dialysis	Bicarbonate
Yttrium	DTPA, EDTA	DTPA
Zinc (Zn)	DTPA, EDTA, Zinc sulfate as a diluting agent	DTPA
Zirconium (Zr)	DTPA, EDTA	DTPA

جدول ۱۲ - برنامه های دوز دارو و روش های درمانی

Drug or Treatment Modality	Dosage
Acetylcysteine (NAC)	FDA does not specify age, IV 300 mg/kg in 5% dextrose in water over 24 hours for acetaminophen overdose.
Deferoxamine (DFOA)	FDA does not specify age: Deferoxamine mesylate injectable (DFOA); IM is preferred. 1 g IM or IV (2 ampules) slowly ($15 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$); Repeat as indicated as 500 mg IM or IV q4h $\times$ 2 doses; then 500 mg IM or IV every 12 hours for 3 days.
Dimercaprol (BAL)	FDA does not specify age: IM: 300 mg per vial for deep IM use, $2.5 \text{ mg}^{-1} \text{ kg}$ (or less) every 4 hours for 2 days, then twice daily for 1 day then daily For days 5 – 10

جدول ۱۲ - برنامه های دوز دارو و روش های درمانی

Drug or Treatment Modality	Dosage
Diethylenetriaminepentaacetate (DTPA, calcium or zinc)	Adults: IV: 1 g in 5 mL slow IV push (SIVP) over 3-4 minutes or IV infusion over 30 minutes diluted in 250 mL of 5 % dextrose in water, Ringers Lactate or Normal Saline (NS) Children under 12 years: 14 mg kg⁻¹ IV as above, not to exceed 1.0 g IM: 1 g can be given with procaine to reduce pain (not FDA approved) Nebulized inhalation: 1g in 1:1 dilution with sterile water or NS (for treatment of inhaled isotope, use caution with underlying respiratory disease and pediatrics)
Edetate calcium disodium (EDTA)	FDA does not specify age: Ca-EDTA (edetate calcium disodium); 1,000 mg m ⁻² d ⁻¹ added to 500 mL D ₅ NS infused over 8 – 12 hours.
Penicillamine	FDA does not specify age: Oral: 250 mg daily between meals and at bedtime. May increase to 4 or 5 g daily in divided doses.
Phosphorus Therapy Potassium phosphate, dibasic	Oral: 250 mg phosphorus per tablet. Adults: 1 – 2 tabs oral four times daily with full glass of water each time, with meals and at bedtime. Children over 4 years: 1 tab oral four times daily.
Potassium iodide (KI)	Oral: tablets or liquid. Drug dose varies between 16 mg and 130 mg daily depending on age, thyroid exposure level, and whether or not pregnant or lactating.
Propylthiouracil (PTU)	Oral: 50 mg tabs, 2 tabs three times daily for eight days. FDA does not specify age.
Prussian Blue	Oral: Adults and Adolescents 3 g three times daily. Children 2 – 12 years: 1 g three times daily.

جدول ۱۲ - برنامه های دوز دارو و روش های درمانی

Drug or Treatment Modality	Dosage
Sodium bicarbonate (for uranium only)	Oral or IV to alkalinize urine
Radium and Strontium Therapy	Aluminum hydroxide: PO: 60 – 100 mL once. 10% Calcium chloride suspension. Adults: IV: 200 mg to 1 g every 1 – 3 d, slow IV, not to exceed 1 mL/min Calcium gluconate. PO: 10 g powder in a 30 cc vial, add water and drink
Succimer (DMSA) (Chemet®)	FDA approved pediatric dosing: Start dosage at 10 mg kg ⁻¹ or 350 mg m ⁻² oral every 8 hours for 5 days. Reduce frequency of administration to 10 mg kg ⁻¹ or 350 mg m ⁻² every 12 hours (two-thirds of initial daily dosage) for an additional 2 weeks of therapy. A course of treatment lasts 19 days.
Water diuresis	Oral: Fluids more than 3 – 4 L d ⁻¹

انسداد تیروئید با KI

کودکان به ویژه به دنبال قرار گرفتن در معرض ید رادیواکتیو مستعد سرطان تیروئید هستند. باید با تجویز یدید پتاسیم خوراکی (KI) طی ۴ ساعت بعد از مواجهه، از برداشت ید رادیواکتیو جلوگیری کرد. بعضی افراد ممکن است به KI حساسیت داشته باشد. گزینه های دیگری برای KI وجود دارد، اما باید در مورد آنها با پزشک شخصی فرد بحث شود.

برخی از شهرهای بزرگ ایالات متحده موضوع ذخیره سازی KI را در نظر گرفته اند. ید رادیواکتیو به احتمال زیاد بعد از وقوع سانحه فاجعه بار راکتور هسته ای آزاد می شود و یدیدپتاسیم وسیله ای برای جلوگیری از برداشت ید رادیواکتیو توسط غده تیروئید است. غلظت ید رادیواکتیو در هوا تا حدودی به فاصله از تأسیسات، شرایط جوی، جهت باد و نرخ انتشار بستگی دارد.

حساس ترین افراد جمعیت شامل جنین ها و افراد کمتر از ۱۸ سال، یا مؤنث هایی با حساسیت بیشتر نسبت به افراد مذکر می باشند. پانل های مشاوره تخصصی برای تعیین اینکه آیا پیش توزیع و ذخیره سازی KI برای حفاظت و سلامت شهروندان در یک شهر بزرگ موثر است، تشکیل شده اند.

جدول ۱۳ - دوزهای توصیه شده یدید پتاسیم

Table 13 - Potassium Iodide Recommended Doses	
Adults >40 years of age with thyroid exposure ≥ 5 Gy (500 rad)	130 mg daily
Adults 18 – 40 years of age with thyroid exposure ≥ 0.1 Gy (10 rad)	130 mg daily
Pregnant or lactating women with thyroid exposure ≥ 0.05 Gy (5 rad)	130 mg daily
Children and adolescents 3–18 years of age with thyroid exposure ≥ 0.05 Gy (5 rad)	65 mg daily
Infants 1 month – 3 years of age with thyroid exposure ≥ 0.05 Gy (5 rad)	32 mg daily
Neonates from birth – 1 month with thyroid exposure ≥ 0.05 Gy (5 rad)	16 mg daily

مهندسی و سیستم های ایمنی قوی نیروگاه های هسته ای فعلی ایالات متحده برای حدود ۴۸ ساعت اجازه آماده سازی اضطراری قبل از آزاد شدن مواد رادیواکتیو را می دهند. حتی تحت آن شرایط،

استنشاق ید رادیواکتیو و رسیدن به سطوحی که باعث استفاده از KI شود، به دلیل فاصله از تأسیسات و پراکندگی ستون های، تهویه تقریباً غیرممکن است. مخاطره برای کارآموزان و بازدیدکنندگان تقریباً به طور کامل از طریق زنجیره غذایی است که رادیوید ممکن است روی سبزیجات کشت شده نشت کرده و از طریق گاو های شیردهی که علف آلوده مصرف می کنند وارد شیر شود. اقدامات پاسخ برای محاصره و محدود ساختن این مخاطره از طریق برنامه ممنوعیت مواد غذایی که مستلزم همکاری مزارع و گاوداری ها است طراحی شده اند. گروه های مشاوره ای فقط بر اساس دلایل علمی نتیجه گرفته اند که هیچ فایده سلامتی یا سودی با ذخیره سازی، پیش توزیع و یا توزیع KI پس از حادثه به دست نمی آید.

بخش ۶ - روش های رفع آلودگی

ایمنی کارکنان مراقبت سلامت



بیماران آلوده به مواد رادیواکتیو به طور کلی خطری متوجه کارکنان مراقبت های سلامت نمی کنند. اجرای اقدامات احتیاطی عمومی همان طور که در طی رویداد پاسخ پزشکی به آلودگی Alexander Litvinenko نشان داده شده است، عملی مؤثر برای محافظت در برابر آلودگی است. خطر پرتوگیری از مصدوم با آلودگی رادیولوژیک بسیار اندک خواهد بود، بنابراین

ضرورتاً درمان پزشکی یا جراحی به دلیل آلودگی احتمالی نباید به تأخیر بیفتد.

مدیریت اولیه

مدیریت اولیه بیمار آلوده به مواد رادیواکتیو تدارک کلیه اقدامات فوری برای نجات جان / اندام بدون توجه به آلودگی است.

رفع آلودگی نباید در مراقبت های پزشکی تداخل ایجاد کند و مصدومین آلوده، اگر ورودشان برای دریافت مراقبت های نجات جان ضروری است، نباید از ورود به مراکز درمانی منع شوند. بعد از رخداد رادیولوژیک، مصدومین وارد شده به واحد پزشکی باید آلوده در نظر گرفته شوند مگر اینکه خلاف آن تأیید شود. یک سنجش سریع سر تا پا باید شواهد کافی از وجود یا عدم وجود آلودگی واضح را ارائه دهد. این کار را معمولاً در حین ارزیابی کارکنان پزشکی از ثبات وضعیت پزشکی بیمار می توان انجام داد. رفع آلودگی رادیولوژیک یعنی برداشتن مواد رادیواکتیو از سطوح، اغلب نیازمند منابعی قابل توجه بوده و می تواند زمان زیادی را صرف کند.

روش های رفع آلودگی

آلودگی رادیواکتیو واضح به طور معمول به راحتی از طریق اسکن سریع بیمار با ابزار مناسب قابل تشخیص است.

رفع آلودگی رادیولوژیک به روشی کاملاً مشابه با تعلیمات رفع آلودگی شیمیایی انجام می شود. تفاوت اصلی در زمان بندی است. رفع آلودگی شیمیایی اغلب وضعیتی اضطراری است. رفع آلودگی رادیولوژیک یک فوریت نیست. رفع آلودگی باید از عقلانیت و خرد ورزی تبعیت کند. برخلاف مواد شیمیایی، مواد رادیواکتیو را نمی توان "خنثی" کرد. آنها را فقط می توان از نقطه ای به نقطه دیگر منتقل نمود. رفع آلودگی رادیولوژیک باید با آنچه در ذهن طراحی شده انجام پذیرد. بنابراین، چالش برداشتن ماده رادیواکتیو از یک منطقه و انتقال آن به جایی است که می خواهید بدون انتشار آن بین این دو نقطه اعمال کنید.

اولویت اول اطمینان از ثبات بیمار از نظر پزشکی است.



هنگامی که بیمار از نظر پزشکی تثبیت شد اولین مرحله خارج کردن لباس است. این اقدام بر این دلیل استوار است که لباس به طور معمول درصد زیادی از بدن فرد را می پوشاند، بنابراین به درستی خارج کردن لباس، به طور قابل توجهی میزان ماده رادیواکتیوی که ارائه دهنده خدمات سلامت مجبور است با آن دست و پنجه نرم کند را کاهش می دهد. این کار با بریدن، و نه پاره کردن لباس در جهتی دور از مجرای تنفسی بیمار انجام و با چرخاندن آن به سمت بیرون و به دور از پوست بیمار، مواد داخل لباس به دام می افتند. اگر بیمار تبعیت دارد، می توان از محافظی برای ترشح مایعات استفاده کرد.



پس از بریده شدن لباس، می توان از فرایند لوله کردن (log-roll) برای خارج کردن آن استفاده کرد. در تصویر زیر چندین لایه ملافه روی تخت گذاشته شده است. ملافه بالایی روی تن پوش تا می شود تا سطحی تمیز به سویی که می توان بیمار را چرخاند ایجاد کند. سپس بیمار به طرف دیگر یعنی جایی که ملافه روی تن پوش تا شده گردانده و بعد از آن با لوله کردن آن به سمت پاها از روی تخت برداشته شود. همین که ملافه برداشته شد سنجش سریع رادیولوژیکی را می توان برای مشاهده هر منطقه ای از آلودگی واضح انجام داد. در این مرحله سطح کلی آلودگی باید به میزان قابل توجهی کاهش یافته باشد. حتماً تن پوش / ملافه بالایی را داخل کیسه کرده و آن را برای سنجش نمونه بفرستید. این نمونه ای عالی است از انواع مواد رادیواکتیوی که ممکن است هنگام ارزیابی آلودگی داخلی با آنها برخورد شود.



اولویت‌بندی دیکان Decon عبارتند از (۱) زخم، (۲) منافذ بدن و صورت و (۳) پوست سالم. برای تعیین محل زخم آلوده باید منطقه را برای رفع آلودگی آماده کرد. پوست سالم و بلافاصله مجاور زخم باید به سرعت با استفاده از دستمال مرطوب کودک رفع آلودگی شود (به سمت دور از زخم پاک کنید). این کار برای به حداقل رساندن هرگونه آلودگی که ممکن است دوباره به داخل زخم برگردد و کسب اطمینان است از این‌که آلودگی در این منطقه با شمارش واقعی داخل زخم اشتباه گرفته نشود.



سرانجام، برای جلوگیری از گسترش آلودگی به مناطق غیرآلوده، باید از پارچه‌ها در آن ناحیه استفاده شود. پس از اینکه پارچه به درستی به کار برده شد، می‌توان اولویت‌بندی زخم دیکان را آغاز کرد. زخم را به آرامی با استفاده از سالی‌ن استریل یا چیزی مشابه شستشو کنید. هدف از شستشوی اولیه تلاش در حذف قسمت عمده آلودگی است، بنابراین به منظور جلوگیری از پاشش و گسترش بالقوه آلودگی، خیلی تهاجمی عمل نکنید. جریان آب پسماند باید به داخل یک مخزن

هدایت شود. دفع زباله معمولاً بری این منظور خوب است. همچنین ممکن است ایده خوبی باشد که سعی کنید جریان آب پسماند را در محل زخم از طریق استفاده از پد جاذب جمع آوری کنید. تمام پسماندهای تولید شده باید در محلی از قبل تنظیم شده برای جمع آوری و دفع بعدی نگهداری شوند.



برای تعیین مؤثر بودن تلاش‌های رفع آلودگی، سنجش‌های آلودگی را تکرار کنید. با برداشتن پارچه‌ها، باید زخم پوشانده شود. قبل از انجام سنجش مجدد، پد جاذب تمیز باید در زیر منطقه آسیب دیده قرار گیرد.



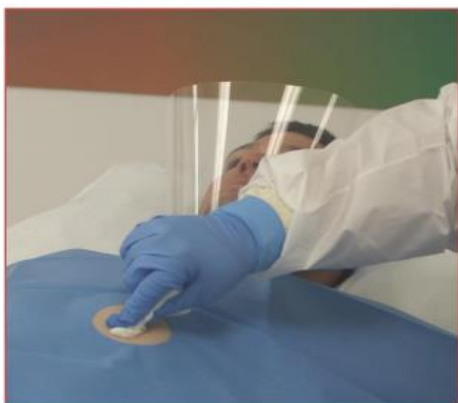
اگر زخم هنوز آلوده است، این روند باید تکرار شود تا زمانی که دیگر پیشرفتی حاصل نشود. در صورتی که افزایش سطح آلودگی ادامه یابد و پیشرفت رفع آلودگی بیش از حد آهسته و یا اساساً پیشرفتی وجود نداشته باشد، زخم باید توسط پزشک معالج برای کشف اجسام خارجی باز شود. ممکن است دبریدمان جزئی لازم باشد. به خاطر داشته باشید که زخم‌ها قبل از بسته شدن با

هدف کنترل عفونت باید شستشو شوند. با این کار ممکن است آلودگی باقی مانده برداشته شود. به طور کلی، مقادیر اندکی از آلودگی در زخم، نگرانی برای کنترل مناسب عفونت و اثر بر زیبایی را از بین نمی برد.

رفع آلودگی کردن منافذ بدن و اطراف صورت، چالشی را ایجاد می کند که در آن به آسانی کاربرد روش ها محدود هستند. آلودگی سوراخ های بینی را به سادگی با واداشتن بیمار به فین کردن به دفعات می توان رفع آلودگی نمود. پیش از شستشوی سوراخ های بینی، باید به ریسک اجبار به تکرار بیشتر این روش و در نتیجه ورود مواد رادیواکتیو به داخل بدن از طریق دهان حلق توجه داشت. روش های معمول استفاده از شستشوی چشم قابل قبول هستند، اما باید اطمینان حاصل شود که جریان آب به دور از بینی و دهان هدایت شده و از ورود آن به گوش جلوگیری شود.

هنگام رفع آلودگی پوست، باید مراقب بود تا از تحریک قابل ملاحظه اجتناب شود. پوستی که ساییده یا خراشیده شده ممکن است اجازه ورود به مواد رادیواکتیو نشت کرده روی آن را دهد. هنگام انجام رفع آلودگی پوست همیشه بهتر است که با ساده ترین روش در دسترس آغاز شود. یکی از گزینه های خوب که پسماند بسیار کمی تولید می کند، استفاده از دستمال مرطوب کودک است. اگر دستمال مرطوب بچه کارایی ندارد، می توان اقدامات تهاجمی تری انجام داد. باید مراقب حفظ یکپارچگی پوست بود. به آرامی با پارچه ای نرم مالش دهید و همچنین آب سرد و صابون گزینه دیگری است.

حرکت تمیز کردن باید از خارج به داخل انجام شود، دقیقاً مانند تمیز کردن رنگ سرازیر شده. هدف به حداقل رساندن منطقه آلودگی و نه گسترش آن به سمت بیرون است. ممکن است پوشاندن ناحیه (درپ) و تدارک لگنی برای جمع آوری مفید باشد، دقیقاً مانند زمانی که در حین ضدعفونی کردن زخم، اجباراً مقادیر زیادی از مایعات باید استفاده شود.



اگر مو آلوده شد، می‌توان آن را شست، مراقب باشید که اجازه ندهید آب حاصل از شستشو روی صورت جاری شود. در مناطقی مانند سینه‌های مودار بهتر است منطقه را اصلاح نکنید زیرا ممکن است منجر به خراشیدگی‌های پوست شود. چیدن مو ایده بهتری است، اما فقط در صورت لزوم. بخاطر داشته باشید که بیمار ممکن است از اصلاح موی خود بیزار باشد.

پوست برهنه و موها باید کاملاً شسته شوند و در صورت عملی بودن، پساب باید به طور مناسب جمع و دفع شود. برداشتن زخم‌ها در صورت داشتن ادیکاسیون جراحی مناسب است. آلاینده‌های رادیواکتیو در سطوح زخم احتمالاً با بافت برداشته خواهند شد.

بخش ۷ - دزیمتری بیولوژیک

دزیمتری بیولوژیک استفاده از پاسخی بیولوژیکی به عنوان شاخص دوز پرتوگیری است. دزیمتری بیولوژیک سیتوژنتیک "استاندارد طلایی" برای تعیین دوز تابش تمام بدن بیمار است. برای سوالات در مورد دزیمتری بیولوژیک با REAC / TS در ۳۱۳۱-۵۷۶ (۸۶۵) تماس بگیرید.

دزیمتری بیولوژیک چند پارامتری با پاسخ زود هنگام

هیچ سنجشی به تنهایی به قدر کافی قوی نیست که بتواند به همه سناریوهای بالقوه پرتوگیری، از جمله مدیریت تلفات جمعی و تشخیص برای درمان اولیه پزشکی بپردازد. توصیه‌ها برای استفاده پاسخ دهندگان اولیه و گیرنده های اولیه شامل اولویت‌بندی استراتژی مبتنی بر دزیمتری بیولوژیک سنجش چندگانه است. NCRP گزارش شماره ۱۹ (۲۰۰۵، NCRP) تریاژ چند پارامتری (به عنوان مثال، زمان استفرغ، کارمایه‌ی تخلیه لنفوسیت و سایر شاخص‌های دزیمتری بیولوژیک و بیوشیمیایی) را به عنوان بهترین سنجش کنونی بیودوزیمتری اولیه از دوز جذب شده مصدوم توصیه می‌کند. دزیمتری بیولوژیک به عنوان جایگزین تخمین دوز فیزیکی در نظر گرفته نشده است، اما راهی برای ارائه اطلاعات اضافی در مورد دوز بیولوژیکی فرد می‌باشد. دوز بیولوژیکی روش‌های دیگر سنجش دوز مانند تخمین سریع دوز و بازسازی دوز رسمی را تکمیل می‌کند.

در جدول ۱۴، مشهود است که استفرغ ظرف مدت ۱-۲ ساعت به خصوص هنگامی می‌تواند جدی باشد که کاهشی در تعداد لنفوسیت‌ها به $1/2$ یا $1/3$ مقدار پایه در طی ۲۴ ساعت هشدارهایی از وضعیتی بالقوه کشنده می‌دهد. پس از ۲۴ ساعت، افزایش آمیلاز سرم نیز به‌طور بالقوه تایید کننده است.

همانطور که در زیر عنوان شده، با استقرار سریع، و زود هنگام، دزیمتری سیتوژنتیک با توان بالا با استفاده از اینترنت انتظار می‌رود در تریاژهای با تعداد زیاد افراد بسیار ارزشمند باشد. برعکس، از داده‌های به دست آمده از زمان استفرغ، اگر بیمار در ۸-۱۰ ساعت استفرغ نکرده باشد، بنابراین هر دوز به احتمال زیاد کمتر از ۱ Gy است و می‌توان او را به مراکز درمان سرپایی منتقل کرد.

جدول ۱۴ - دزیمتری بیولوژیک چند عاملی

Dose, Gray (Gy)	Percent of people with emesis	Median onset of emesis (hours)	Absolute Lymphocyte count; % of normal in first 24 h	Number of dicentric per 50 metaphases
0	-	-	100	0.05-0.1
1	19	-	88	4
2	35	4.6	78	12
3	54	2.6	69	22
4	72	1.7	60	35
5	86	1.3	53	51
>6	90-100	1.0	< 47	-

دزیمتری بیولوژیک بر اساس مواجهات حاد نور معادل فوتون؛ JK, Waselenko
 "مدیریت پزشکی از سندرم حاد پرتوگیری: توصیه های کارگروه ذخیره راهبردی ملی پرتوی"
 Ann Intern Med, ۲۰۰۴

راهنماهای دزیمتری بیولوژیک توصیه شده توسط REAC / TS شامل مستندات زیر است:

- علائم و نشانه های بالینی
 - سنجش رادیواکتیویته
 - CBC و شمارش افتراقی برای محاسبه تعداد مطلق لنفوسیت ها و نوتروفیل ها
 - شمارش پلاکت
 - سنجش فردی برای آلودگی و دوزیمتری منطقه
 - سیتوژنتیک
- آزمایشات دیگری که ممکن است ارائه دهنده اطلاعات تکمیلی توصیه شده باشند، در راهنما های
 توافقی عبارتند از:
- ارزیابی دوز مبتنی بر تشدید پارامغناطیسی الکترون (EPR) دندان، ناخن و مو
 - سطح آمیلاز در گردش، پروتئین C واکنش پذیر (CRP)، لیگاند FLT-3 و سیترولین

آزمایش‌های در دست توسعه شامل نمایه‌های بیان ژنی، متابولیت‌ها و پروتئین است.

دزیمتری بیولوژیک سیتوژنتیک

دزیمتری بیولوژیک سیتوژنتیک چندین دهه برای تخمین دوز بر اساس انحرافات کروموزومی ناشی از پرتوگیری در لنفوسیت‌های در گردش خون استفاده شده است. این روش عمدتاً برای پرتوگیری حاد اخیر کل بدن قابل استفاده است. به دلیل پایین بودن سطح پس‌زمینه کروموزوم‌های دو سانترومری در لنفوسیت‌ها حساسیت سنجش نسبتاً بالا است. با آستانه دوز کل بدن ۰٫۱ گری (براساس تجزیه و تحلیل ۱۰۰۰ سلول)، و وابستگی به دوز شدید تا ۵ گری را برای مواجهات با فوتون حاد نشان می‌دهد. تکرارپذیری، ویژگی نسبی انحرافات دوسانترومری به تابش، و حساسیت آن به دوزهای زیر موارد مهم حاد پزشکی، به این روش سنجش اجازه داده تا به "استاندارد طلایی" دزیمتری بیولوژیک پرتوگیری تبدیل شود. یک اشکال این است که روش استاندارد به محاسبه‌ی ۵۰۰-۱۰۰۰ گستره‌ی متافاز به حدود ۴ تا ۵ روز زمان نیاز دارد، شامل حمل به موقع به آزمایشگاه، پردازش و محاسبات نمونه و ارائه تخمین دوز می‌باشد. بنابراین اکثر محاسبات قادر به ارزیابی بیش از حدود ۳۰۰ سلول متافاز در روز نخواهند بود. با این حال، مطالعات انجام شده در REAC/TS، نشان داده است که محاسبه‌کنندگان "از راه دور" در مکان‌های دور از هم می‌توانند از اینترنت برای به اشتراک گذاشتن کار استفاده کنند، بر "تنگنای" ذاتی محاسبات سلول‌ها غلبه کرده و در نتیجه زمان لازم برای تخمین دوز را کاهش دهند.

بسیاری از آزمایشگاه‌ها متافاز یاب خودکار را به‌طور معمول در استفاده خود دارند. فرآیندی که طی آن سرعت تعیین سریع سلول‌های قابل ارزیابی بیشتر می‌شود. علاوه بر این، تست تریاژ نشان داد که محاسبه دست‌کم ۵۰ سلول در هر نمونه می‌تواند تخمین دوزی در محدوده‌ی ± 0.5 گری از دوز واقعی در ۹ بار از ۱۰ مرتبه ایجاد کند. این سطح از دقت به طور کلی برای راهنمایی در اخذ تصمیمات اولیه درمان بالینی کافی در نظر گرفته می‌شود.

جدول ۱۵. راهنمای انتخاب روش دوزیمتری بیولوژیک

Dose Range (Gy)	Recommended Dosimetry Method	Clinical Symptoms
0.1 - 1	Dicentric assay	None to slight decrease in blood count
1.0 - 3.5	Lymphocyte depletion kinetics/dicentrics	Mild to severe bone marrow damage
3.5 - 7.5	Lymphocyte depletion kinetics/PCC	Pancytopenia, mild to moderate GI damage
7.5 - 10.0	Lymphocyte depletion kinetics/PCC	Bone marrow and GI damage
> 10.0	PCC	GI, neurological, and cardiovascular damage

روش های دیگری که در حال حاضر در دوزیمتری سیتوژنتیک استفاده می شوند شامل بلوک سیتوکیناز ریزهسته، جابجایی کروموزوم و سنجش تراکم کروموزوم پیش رس هستند. آزمون ریزهسته به مهارت کمتری در محاسبه نیاز دارد اما دارای فرکانس زمینه ای متغیرتری است که وابسته به سن و جنسیت لنفوسیت بوده است. ریزهسته مانند دوسانترومر، انحرافات ناپایدار هستند که با گذشت زمان ناپدید می شوند. علاوه بر این، بسیاری از مواد شیمیایی می توانند باعث القای ریزهسته ها شوند لذا این سنجش روش ویژه ی پرتوگیری نیست. این روش اغلب به عنوان آزمایش غربالگری سم شناسی عمومی استفاده می شود.

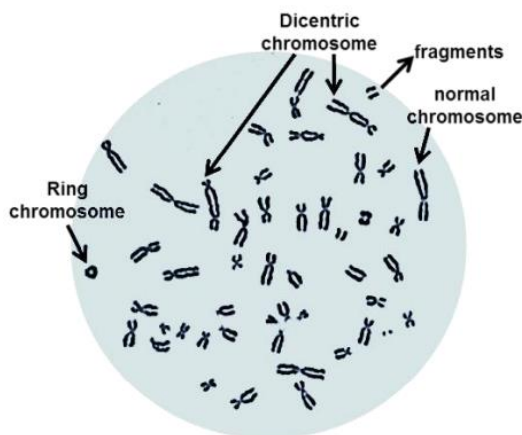
سنجش جابجایی در درجه ی اول برای تخمین دوز از مواجهات پیشین استفاده می شود. برخلاف دوسانترومر و ریزهسته که در مدت زمان نسبتاً کوتاهی از خون محیطی حذف می شوند، ثابت شده که جابجایی ها برای دهه ها باقی می مانند. جابجایی ها با استفاده از روش سیتوژنتیک مولکولی که "نقاشی" کروموزوم یا هیبریداسیون فلورسانس درجا (FISH) نامیده می شود، قابل شناسایی هستند. در مطالعات پیشماری نشان داده شده که تواتر جابجایی (کروموزوم) به شدت تحت تأثیر سن دهنده ی لنفوسیت قرار می گیرد.

تراکم پیش رس کروموزوم (PCC) هنگامی رخ می دهد که سلول ها در مرحله اینترفاز از چرخه سلولی به منظور القای کروموزوم ها برای تراکم پیش رس به سوی اشکال آشناتر کروموزوم های متافاز تحت تأثیر قرار گیرند. بعد از این که سلول ها فیکس و رنگ آمیزی شدند، کروموزوم ها برای

قطعاتی که نشان‌دهنده‌ی شکست‌های کروموزومی هستند مورد بررسی قرار می‌گیرند، روش PCC مشاهده مستقیم آسیب ناشی از پرتوگیری را زودتر از زمان لازم برای تحریک سلول‌ها جهت رسیدن به میتوز قبل از آماده‌سازی کروموزوم‌ها امکان پذیر می‌کند. همان‌گونه که در جدول ۱۵ نشان داده شده سنجش PCC تشخیص دوزهای بالاتری را نسبت به سنجش دوسانترومر ممکن می‌سازد اما این روش هنوز نیازمند اعتباردهی بیشتر است.

آنالیز دوسانترومری

کروموزوم‌های دوسانترومر هنگامی ایجاد می‌شوند که تکه‌های شکسته‌ی دو کروموزوم پرتودیده به اشتباه ترمیم شده و کروموزومی با دو یا بیشتر سانترومر تشکیل شود. تعداد کروموزوم‌های دوسانترومری ارتباط کاملی با دوز جذبی دارند. در سنجش دوسانترومر، لنفوسیت‌های تحریک شده در مرحله متافاز میتوز، جایی که کروموزوم‌ها متراکم و در زیر میکروسکوپ قابل رؤیت می‌شوند، متوقف، تثبیت و روی اسلایدهای شیشه‌ای قرار می‌گیرند. سپس تصاویر را می‌توان به صورت الکترونیکی ثبت و از طریق اینترنت به اشتراک گذاشت، اینترنت به چندین "خواننده" اجازه می‌دهد تا گستره‌ی متافاز را از نظر حضور کروموزوم‌های دوسانترومری تجزیه و تحلیل کنند.



بر اساس منحنی‌های کالیبراسیون به دست آمده از پرتوگیری‌ها در محیط آزمایشگاه، تخمین دوز با توجه به تعداد دوسانترومرهای شناسایی شده در هر سلول انجام می‌شود. این سنجش به‌طور کلی به عنوان اختصاصی‌ترین و حساس‌ترین روش (۱، ۰، ۱ گری) برای تعیین دوزهای تمام بدن از پرتوگیری‌های اخیر با پرتوهای یونیزان (یعنی طی چند روز تا حدود ۳ ماه) پذیرفته شده است. علاوه بر این، روش‌های آماری در دسترس می‌توانند تعیین کنند که آیا بدن توزیع دوزی همگن را دریافت کرده و یا اینکه دوز به روش غیرهمگن، در مواردی که دوز بیش از ۲ گری باشد، آزاد شده است. سودمندی این سنجش برای اندازه‌گیری دوزهای دریافتی بیش از ۳ ماه قبل از سنجش به دلیل نیمه‌عمر (به عنوان مثال تعویض) لنفوسیت‌ها در نتیجه ناپایداری، و بنابراین فقدان کروموزوم‌های دوسانترومری بسیار کاهش می‌یابد.

کروموزوم‌های دوسانترومری ناشی از پرتوگیری در طی میتوز از نظر مکانیکی ناپایدار بوده و بنابراین با بازسازی ذخیره‌ی لنفوسیتی از بین می‌روند. در عوض، جابجایی کروموزوم در طول تقسیم سلول ماندگار بوده و می‌توان با استفاده از روش FISH آن را اندازه‌گیری کرد. در این روش سیتوژنتیک مولکولی، پروب DNA با برجسب فلوروکروم را، که به‌طور معمول برای سه جفت کروموزوم اختصاصی هستند، می‌توان برای تشخیص مبادلات (قطعات کروموزوم) با استفاده از میکروسکوپی فلورسانس استفاده کرد. نشان داده شده که پایداری جابجایی کروموزوم‌ها برای بیش از دهه‌ها باقی می‌ماند. از این روش برای تجزیه و تحلیل مجدد دوزیمتری بازماندگان بمب اتمی جنگ جهانی دوم و در حوادث پرتوگیری غیرنظامی که دهه‌ها پیش اتفاق افتاده استفاده شده است.

سنجش ریزهسته‌ای توقف دگرگونی‌های سیتوپلاسم در حین میتوز

سنجش ریزهسته‌ای سیتوکینز روش مفید دیگری در دوزیمتری بیولوژیکی است. برخلاف بررسی مستقیم کروموزوم‌ها، آزمایش ریزهسته روشی غیرمستقیم برای ارزیابی آسیب کروموزوم است و بر روی سلول‌های در مرحله اینترفاز چرخه سلولی انجام می‌شود. ریزهسته‌ها به صورت ساختارهای کوچک، گرد یا بیضی شکل که در سیتوپلاسم سلول قرار دارند اما از نظر فیزیکی با فاصله و جدا از هسته اصلی هستند. از آنجا که ریزهسته‌ها از نظر شکل، بافت و خواص رنگ‌آمیزی

شبه هسته اصلی بوده، و حاوی DNA هستند، به راحتی به عنوان مارکرهای کروموزومهای آسیب دیده (یعنی شکسته) شناسایی می شوند. تجزیه و تحلیل ریزهسته ها به مهارت کمتر نیاز دارد. به ویژه با تجهیزات اسکن اسلاید خودکار و به طور معمول شامل نمونه هایی از ۱۰۰۰ سلول یا بیشتر به سرعت به نتیجه می رسد. به طور قابل توجهی آزمون از طریق معرفی روش توقف سیتوکینز پس پیشرفت کرده و نشان داده شده که به دوزهایی به کمی ۰,۱ Gy نیز حساس است. به عنوان نقطه ضعف، برخلاف سنجش دوسانترومر، سن و جنسیت عواملی هستند که بر زمینه تأثیر می گذارند. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده است که دوز ۱ گری را می توان با عدم قطعیتی حدود ۰,۲ گری تخمین زد. مطالعات بر روی نمونه زنده نشان داده است که سطح تشخیص پایین تر حدود ۰,۳ Gy است.

تراکم زودرس کروموزوم

یکی از محدودیت های سنجش هایی که به تحریک لنفوسیت نیاز دارند این است که سلول هایی که دوزهای تابش بالاتری دریافت می کنند تاخیر در چرخه سلولی را نیز تجربه می کنند و ممکن است به میتوز نرسند. این محدودیت می تواند منجر به تخمین بسیار پایین تر دوز جذبی شود. با این وجود، می توان کروموزوم ها را توسط ترکیب لنفوسیت های انسانی با سلول های میتوزی تخمدان همستر چینی (CHO) در حضور پلی اتیلن گلیکول (PEG) مجبور به به تراکم پیش رس نمود. همچنین می توان سنجش PCC را توسط تلقیح لنفوسیت ها با مهارکننده پروتئین فسفاتاز (به عنوان مثال اسید اوکادائیک)، آدنوزین تری فسفات و یا یک عامل تقویت کننده میتوز که مانع نیاز به انتظار برای کشت سلول های CHO می شود، به طور شیمیایی القا نمود. سنجش PCC مشاهده مستقیم آسیب کروموزومی را حتی زودتر از آن که سلول ها باید برای میتوز تحریک شوند فراهم می کند. حد پایین تشخیص این روش به اندازه سنجش کروموزوم دوسانترومری نیست. این روش به دوزهای بالاتری نسبت به آنچه با روش انحراف کروموزوم دوسانترومری قابل تشخیص است، حساس می باشد.

تشدید پارامغناطیسی الکترون (EPR)

گاهی اوقات EPR را رزونانس چرخش الکترون (ESR) می نامند، که نباید با سرعت رسوب گلبول قرمز اشتباه گرفت. قرار گرفتن انسان در معرض تابش یونیزان منجر به تغییرات ناشی از پرتوگیری می شود که بسته به میزان کمیت دوز جذبی قابل اندازه گیری است. استفاده از EPR برای دزیمتری بیولوژیک بر اساس توانایی روش برای ارائه اندازه گیری با ویژگی و حساسیت الکترونیهای جفت نشده در بافتی جامد است که متناسب با دوز جذب شده ایجاد می شوند. طول عمر این الکترون ها در سیستم های آبی همانند بیشتر بافتهای بیولوژیکی بسیار کوتاه (نانو ثانیه) بوده اما در محیط های غیرآبی از جمله دندان ها، استخوان، ناخن، و مو به شدت پایدار هستند. از EPR برای تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی دندان های کشیده شده برای اندازه گیری دوزهای جمعیت ژاپن و اتحاد جماهیر شوروی سابق استفاده شده است. اثربخشی EPR به خوبی اثبات شده است.

نشانه های مولکولی در مایعات و بافتهای بدن

نشانه های مولکولی (نشانه های زیستی) نشان دهنده تغییرات اساسی در فیزیولوژی ناشی از آسیب فیزیکی (به عنوان مثال، لیز سلول و آزاد شدن پروتئین های داخل سلول به داخل گردش خون، محصولات جانبی اکسیداسیون یا شکست DNA)، تغییرات اساسی در بیوشیمی (به عنوان مثال، وجود متابولیت های جدید یا تغییر در سطح محصولات ژن کلیدی)، و / یا تغییر در ترکیب سلولی بافتها هستند. این نشانه ها شامل مولکول های متنوعی مانند پروتئین ها و متابولیت های مولکول کوچک هستند.

طی چند دقیقه تا چند ساعت پس از مواجهه با تابش یونیزان، پروتئین ها اصلاح و فعال شده و تغییرات گسترده ای در نمایه های بیان ژنی شامل طیف گسترده ای از مسیرهای فرآیند سلول ایجاد می شود.

در حال حاضر تقریباً ۹۰ پروتئین شناخته شده که تغییراتی در بیان ژنی را نشان داده یا تحت اصلاحات پس از ترجمه بعد از پرتوگیری با تابش یونیزان قرار می گیرند. برخی از این ها در روش وابسته به دوز تغییر می کنند. استفاده از نشانه های بیوشیمیایی در سنجشی چند عاملی توسعه ای جدید و هیجان انگیز در دزیمتری تابش ارائه می کند.

بخش ۸ - اثرات دیررس

اثرات دیررس پرتوگیری شامل سرطان‌زایی ناشی از پرتو، عقب ماندگی ذهنی پس از مواجهه داخل رحم جنین، اثرات دیررس ارگان‌ها (به طور معمول تغییرات عروقی، فیبروز، آتروفی و اختلال عملکرد تیروئید)، آب مروارید و ناباروری می‌باشند.

عوارض ریه

آسیب ناشی از تابش ریه به دلیل پرتوگیری حاد بسیار مهم، از نظر پزشکی جنبه‌ای از حوادث پرتوی با دوز بالا است که ممکن است تا چند ماه پس از پرتوگیری رخ ندهد. حساس‌ترین بخش ریه به پرتو مجموعه مویرگی آلوئول است و آسیب ابتدایی ریوی ناشی از پرتوگیری اغلب به عنوان انهدام منتشر آلوئولی شرح داده می‌شود. این عوارض ممکن است به دلیل دوزهای حاد بیش از ۶-۸ گری در ریه‌ها ایجاد شوند. گونه‌های اکسیژن واکنشی (ROS) که در اثر آسیب تابش ایجاد می‌شوند مستقیماً برای سلول‌های ریه سمی بوده و آبخاری از حوادث مولکولی را آغاز می‌کند که باعث تغییر محیط سیتوکین از ریزمحیط شده، چرخه خود محافظتی (پاینده) از التهاب و استرس اکسیداتیو مزمن را ایجاد می‌کند. انواعی از سیتوکین‌ها به عنوان شاخص‌ها / واسطه‌های آسیب ریه درگیر شده‌اند.

به طور کلی جایگزینی پارانشیم طبیعی ریه توسط فیبروز نقطه اوج رویداد است. بسته به نسبت دوز / نرخ دوز و حجم تحت تابش ریه، ممکن است پنومونیت تشعشعی حاد ایجاد شود که با سرفه خشک و تنگی نفس مشخص می‌شود. فیبروز ریه، که باعث تنگی نفس بیشتر می‌شود، عارضه‌ی دیررس احتمالی است.

مطالعات در مورد اثرات طولانی مدت تابش

اثرات بیولوژیکی پرتو یونیزان (BEIR) کمیته ۷ آکادمی ملی علوم، در گزارش اخیر خود (BEIR VII، ۲۰۰۶)، به طور گسترده مدل‌های ریاضی ریسک-دوزی که در حال حاضر استفاده می‌شوند را مورد بررسی قرار داده است.

کمیته BEIR VII نتیجه گرفت که بهترین مدل برای ریسک اثرات دیررس هنوز مدل خطی غیرآستانه‌ای (LNT) است. مدل LNT بیانگر این است که ریسک اثری دیررس در دوز صفر به سمت صفر می‌رود و با افزایش دوز به صورت خطی افزایش می‌یابد.

سیستم دوزیمتری (DS02) 2002 آخرین بازسازی دوز از رویدادهای بمباران هیروشیما و ناگازاکی است. گروه بزرگی از بازماندگان پرتوگیری از سال ۱۹۴۵ به بعد پیگیری شده‌اند. شواهد آمار قابل توجهی برای سرطان خون ناشی از پرتو در همه انواع به جز لوسمی لنفوسیتی مزمن (CLL) مشاهده شده است. علاوه بر این، سرطان ناشی از پرتوگیری برای پستان، تیروئید، روده بزرگ، معده، ریه و تخمدان گزارش شده است. نتایج مبهم یا متناقض برای کارسینومای ناشی از پرتوگیری مری، کبد، پوست، مثانه، سیستم CNS، مولتیپل میلوما و لنفوم مشاهده شده است.

ریسک سرطان

کارکنان پزشکی در تمام سطوح مراقبت باید آزار روانی که بیماران در مورد اثرات دیررس پرتوگیری تجربه می‌کنند را درک کنند. بر اساس داده‌های قابل دستیابی از انجمن سرطان آمریکا (مرگ و میر آمریکا، ۲۰۰۶) http://www.cancer.org/docroot/stt/stt_0.asp?from=fast (ارائه ۲۰۰۹)، انتظار می‌رود که در ایالات متحده، سرطان علت مرگ ۲۳٫۱٪ از جمعیت باشد.

درک مخاطره بیش از حد سرطان کشنده به دانش کلی در مورد ریسک اولیه سرطان کشنده نیاز دارد. از بالا، در جمعیت ده میلیون نفری از مردم، انتظار می‌رود ۲٫۳۱ میلیون نفر از مردم بر اثر سرطان بمیرند. طبق گزارش شماره ۱۱۵ . NCRP (۱۹۹۳)، خطر اضافی برای سرطان کشنده در طول زندگی برای جمعیت کارگران ۰٫۴٪ به ازای هر سیورت (۰٫۰۴٪ به ازای هر رم) و ۰٫۵٪ به ازای هر Sv (۰٫۰۵ per به ازای هر رم) برای جمعیت عمومی است. اگر همان جمعیت دوز اضافی کل ۰٫۱ Sv (۱۰ رم) در طول عمر خود دریافت کند، در ریسک ۵۰٫۰۰۰ مرگ اضافی ناشی از سرطان خواهند بود {محاسبه شده از (۱۰،۰۰۰،۰۰۰ نفر) x (۰٫۰۰۰۵ مرگ به ازای هر نفر به ازای هر رم) x (۱۰ رم) = ۵۰،۰۰۰ مرگ اضافی از سرطان}. بنابراین، کل بار بازنگری شده از سرطان‌های کشنده‌ی ده میلیون نفر جمعیت ناشی از مواجهه با ۰٫۱ Sv (۱۰ رم) از ۲٫۳۱ میلیون به ۲٫۳۶

افزایش یافته است. اندازه مشابه افزایش در ریسک کلی سرطان نیاز به درک ریسک پایه‌ی ابتلا به سرطان دارد. همچنین، ریسک اضافی ابتلا به سرطان در طول زندگی بیش از حد کم اهمیت است. طبق برآوردهای انجمن سرطان آمریکا، یک نفر از هر دو مرد و یک نفر از هر سه زن به سرطان مبتلا خواهند شد. این برآورد برابر است با اینکه حدود ۴۲٪ از کل جمعیت در طول زندگی خود به سرطان مبتلا می‌شوند. BEIR VII تخمین می‌زند که از هر ۱۰۰ نفر در ایالات متحده ۴۳ نفر در طول زندگی خود مبتلا به سرطان تشخیص داده خواهند شد. علاوه بر این تخمین می‌زند که تقریباً یک سرطان در هر ۱۰۰ نفر (۱٪) ممکن است نتیجه یک‌بار پرتوگیری با ۱۰ رم (۱،۰ Sv) بالاتر از زمینه باشد، که دلالت بر این دارد که میزان سرطان ناشی از اشعه حدود ۱۰٪ به ازای هر Sv است.

باید توجه داشت که تخمین ریسک در بین آژانس‌های مختلف فدرال، گروه‌های مشاوره‌ای و کمیته‌های بین‌المللی کمی متفاوت هستند (BEIR V و VII، IAEA، NCRP، EPA، UNSCEAR و غیره)، اما همه آنها به طور کلی در محدوده‌هایی هستند که در بالا بحث شد.

منابعی که می‌توانند در مشاوره پزشکی برای بیماران پرتوگیری مفید باشند عبارتند از:

- وب سایت انجمن فیزیک سلامت: از کارشناسان سؤال کنید
(<https://hps.org/publicinformation/ate>)
- گزارش‌های VII و BEIR V، 1988، UNSCEAR، 2000
- گزارش‌های مختلف NCRP و ICRP مانند NCRP 115 و ICRP 60 و 103
- وب سایت انجمن سرطان آمریکا (<http://www.cancer.org/research/index>)

اثرات غیرسرطانی

پرتوگیری علاوه بر سرطان، اثرات دیررس دیگری نیز ایجاد می‌کند. شامل آب مروارید، هایپوپاراتیروئیدیسم و کاهش پاسخ ایمنی با هر دو واسطه‌ی سلول T و پاسخ طبعی سلول B. بازماندگان پرتوگیری داخل رحم نیز میکروسفالی نوزاد، عقب ماندگی ذهنی، تاخیر رشد و نمو و ضریب هوشی پایین‌تر و عملکرد ضعیف در مدرسه را تجربه کرده‌اند.

به خوبی مستند شده که آب مروارید ناشی از تابش، به ویژه به عنوان آب مروارید زیر کپسول خلفی قبل مشاهده است. آب مرواریدهای پیری یا وابسته به سن از نظر موقعیت از نوع هسته‌ای هستند. به‌ویژه نوترون‌ها در ایجاد آب مروارید موثر هستند. دوز آستانه برای تشکیل آب مروارید تقریباً ۰٫۵ گری است (در دوزهای منقطع بیشتر است). با تابش دوز ۴۰ گری به چشم، تقریباً ۱۰۰٪ آب مروارید ایجاد خواهد شد. دوره نهفتگی از ۲ ماه تا ۳۵ سال است. به طور کلی، با افزایش تابش دوز به چشم، دوره نهفتگی کاهش می‌یابد.

پرتوگیری و بارداری

بارداری باعث ایجاد نگرانی در مورد اثرات احتمالی ناشی از پرتوگیری جنین می‌شود. سن حاملگی جنین از آغاز آخرین قاعدگی (LMP) و به طور متوسط ۲۸۰ روز محاسبه، و به سه دوره‌ی سه ماهه تقسیم می‌شود. طی دو هفته اول بعد از تخمک‌گذاری، حوادث بیولوژیکی پی در پی شامل لقاح، تشکیل بلاستوسیست آزاد، انتقال به پایین لوله رحمی و کاشت در دیواره رحم رخ می‌دهند. از نظر آماری اثرات قابل توجهی برای پرتوگیری قابل توجه پزشکی قبل از لقاح مشاهده نشده است.

اگر تابش در حین انتقال بلاستوسیست به پایین لوله رحمی رخ دهد، به طور کلی تاثیر "همه یا هیچ" مشاهده می‌شود. اگر کاشت در دیواره رحم موفقیت‌آمیز باشد، بارداری به طور کلی نتیجه موفق‌تری دارد. در دوره سه ماهه اول ارگانوژنز، رویان به دلیل بحرانی بودن فعالیت‌های سلولی و نسبت بالای سلول‌های حساس به پرتو به اثرات تاخیر دهنده رشد حساس است.

برای دوزهای رحمی < 0.5 گری، عقب ماندگی رشد، ناهنجاری‌های مادرزادی واضح و میکروسفالی اثرات غالب بوده‌اند. گفتنی است که هیچ موردی از گزارش پرتوگیری خارجی که باعث ناهنجاری مورفولوژیک در جنین شود وجود نداشته است، مگر اینکه عقب ماندگی رشد یا ناهنجاری CNS را نیز نشان می‌دهد.

بالاترین ریسک عقب‌ماندگی ذهنی، پرتوگیری جنین در طول دوره مهاجرت عصبی عمده (۸-۱۵ هفته) و بروز آن وابسته به دوز است. در دوز جنین ۱ گری، تقریباً ۷۵٪ عقب‌ماندگی ذهنی را

تجربه می کنند. برعکس، در هفته های ۱۶-۲۵ حاملگی، جنین هیچ افزایش عقب ماندگی ذهنی را در دوزهای $> 5/0$ نشان نمی دهد.

مواجهه با سطح بالای پرتو به وضوح یک عامل خطر برای سرطان خون در کودکان است. بزرگسالان ژاپنی بازمانده بمب اتمی ۲۰ برابر خطر ابتلا به سرطان خون حاد (به جز CLL) را غالباً طی ۶-۸ سال پس از مواجهه داشته اند. مطالعات درباره مواجهات داخل رحم و دوران کودکی نتایج مختلفی را نشان می دهد.

بخش ۹ - حمایت روانی و ریسک

اهمیت شناخت زودرس علائم استرس یا سایر مسائل روانشناختی نمی تواند یک مبالغه باشد. بنابراین، مشارکت اولیه متخصصان بهداشت روان، روحانیت و غیره باید مد نظر قرار گیرد. از آنجا که ریسک چنین مفهومی شخصی است، ممکن است مقابله با اضطرابها در جمعیتی که با واقعیت یا تصویری از حادثه رادیولوژیک درگیر است دشوار باشد. باید بخاطر داشت که بسیاری از منابع ارائه نادرستی از خطرات مرتبط با پرتوگیری می دهند.

با توجه به مبانی پزشکی برای آمادگی در سوانح پرتوی نسخه III، چشم انداز روانشناختی (Ricks et al, ۱۹۹۰)، انتقال ساده اطلاعات کافی نیست. ارتباط موفقیت آمیز در مورد رویدادهای پرتوی چند وجهی است، و درباره برخی از موارد نیز اطلاعات به طور ناکافی ارائه شده است. برای مثال:

- اغلب رسانه ها به عنوان پوششی برای دیدگاه ها و نه حقیقت دیده می شوند.
- از نظر یک دانشمند، عینیت به معنای پایبندی به شواهد در جستجوی حقیقت است. برای یک روزنامه نگار این موضوع ممکن است به سادگی به معنای تعادل باشد.
- به نظر می رسد سیاست بیشتر از علم خبرساز است.
- به نظر می رسد ادعای ریسک بیش از ادعای ایمنی رسانه به دست می آورد.

علاوه بر این، رسانه های خبری حرفه ای تنها منابع تصویری نیستند که نقطه نظرات ما را شکل می دهند. کتب طنز و برنامه های تلویزیونی ساختگی مواجهات پرتوی و آلودگی رادیواکتیو را به "درخشان در تاریکی"، "بیماری پرتوی" فوری و شدید پس از مواجهه با پرتو، جهش های ژنی که منجر به اعضای اضافی در بدن می شوند، اثرات ژنتیکی منجر به ناهنجاری نوزاد و سایر ناهنجاری های جسمی و عملکردی عجیب و غریب پیوند می زنند. این تصاویر مردم را از توجه به ماهیت اساسی تابش و ریسک آن گمراه می کند.

ترس و پاسخ فوری روانشناختی

مقامات باید "مردم را هشیار کنند هنگامی که باید هشیار شوند و به آنها اطمینان دهند هنگامی که باید به آنها اطمینان داد." (Sandman، تشریح ریسک محیطی، ۱۹۸۶). اضطراب و ترس

عمومی مرتبط با فوریت های پرتوی اغلب متناسب با میزان اثرات سلامت ناشی از پرتوگیری نیست (IAEA, ۲۰۰۵). نشانه های بیماری پرتوگیری فقط در چند فرد ناآگاه می تواند اثرات روانشناختی ویرانگری بر کل جامعه یا گروهی از پاسخ دهندگان / ارائه دهندگان مراقبت ایجاد کند. اضطراب حاد ممکن است گسترش یافته که به نوبه خود، منجر به استرس عاطفی و ضعف کارایی شود.

باید مراقب بود تا از عوامل استرس زای غیر ضروری اجتناب شود. آژانس بین المللی انرژی اتمی توصیه می کند که در دسترس قرار دادن مفاد آموزشی و مشاوران اختصاصی در مراکز پذیرش، مراقبت برای سازگاری با آداب و رسوم مذهبی، فرهنگی و اجتماعی هنگامی که ارائه مراقبت هایی مانند سنجش / رفع آلودگی بیماران و جداسازی اعضای خانواده ممکن است سودمند باشد. این موضوع در REAC / TS تجربه شده که اضطراب نشانه های اولیه ARS مانند حالت تهوع و حتی استفراغ مکرر را ایجاد می کند. برای پاسخ دهندگان مهم است که توجه داشته باشند که قربانیان سانحه ممکن است دچار ترسی شده باشند که این نشانه های بالینی را ایجاد کرده است.

اثرات روانشناختی دراز مدت

اثرات روانشناختی دراز مدت می توانند سال ها پس از مواجهه با پرتوگیری واقعی یا تصور آن ظاهر شوند. کسانی که در معرض تابش قرار گرفته یا تصور می کنند ممکن است در معرض آن قرار گرفته باشند ممکن است احساس آسیب پذیری، استرس پس از سانحه، اضطراب مزمن و از دست دادن کنترل را تجربه کنند. همچنین ممکن است بیمار ترس برای ایمنی نسل های آینده را تجربه کند.

به نظر می رسد افراد مبتلا در یکی از این سه گروه قرار می گیرند:

- کسانی که پریشان هستند
- کسانی که تغییرات رفتاری از خود نشان می دهند
- کسانی که در معرض ریسک بالای ابتلا به بیماری روانشناختی هستند

واکنش های رایج ممکن است به صورت غم، خشم، ترس، دشواری در خواب، اختلال توانایی تمرکز، و ناباوری، یا به عنوان شکایات غیراختصاصی به دنیا آشکار شوند. این وضعیت اغلب به عنوان نشانه های جسمی ایدیوپاتیک متعدد (MIPS) شناخته می شود.

نتایج به طور گسترده ای مختلف هستند. بیشتر افراد با گذشت زمان بهبود می یابند اما برخی ممکن است به سوی نیازهای روانی-اجتماعی دراز مدت پیش روند. پزشکان و روانشناسان باید به یاد داشته باشند که پس از مواجهه با پرتو، افرادی که سابقه قبلی اختلال عملکرد روانی-اجتماعی ندارند در برابر بیماری های روانپزشکی آسیب پذیر می شوند. نه تنها قربانیان بلکه ارائه دهندگان خدمات بهداشتی از جمله پاسخ دهندگان اولیه در صحنه، اولین تحویل گیرنده های مصدومین در بیمارستان و سایر ارائه دهندگان مراقبت ممکن است دچار اختلال عملکرد روانی شوند.

درمان

به دنبال رویدادی پرتوی، کسانی که درگیر شدن در این ماجرا هستند احتمالاً برای دریافت اطلاعات و راهنمایی به ارائه دهندگان مراقبت های سلامت یا مربیان معتمد روی خواهند آورد. بنابراین ارائه دهندگان مراقبت های بهداشتی نقش اساسی در تعیین مراقبت درازمدت و نظارت پزشکی بر پاسخ مردم به رویدادی رادیولوژیک را دارند. ارائه دهندگان مراقبت های سلامت عمومی باید قادر به مراقبت این بیماران با ارائه اطلاعات مناسب در مورد اثرات بالقوه دراز مدت آسیب پرتوی و با ارجاع آزادانه به روانپزشکی یا خدمات روانشناختی باشند.

عواقب روانشناختی منحصر به فرد رویدادی پرتوی با مصدومین زیاد، به در دسترس بودن کمک های اولیه روانشناختی (PFA) برای تسهیل کنار آمدن با استرس، افسردگی و سایر واکنش های شدید عاطفی و جسمی که ممکن است رخ دهد، نیاز دارد. PFA شامل تعامل فعال با افرادی است که خود به خود گریه می کنند، لغزش عاطفی، گیجی، افزایش اضطراب، احساس درماندگی و سایر علائم عدم موفقیت در توانایی کنار آمدن با ضرر و زیان را نشان می دهند. ایجاد اعتماد، با استفاده از ارتباط باز با جریان اطلاعات دقیق، گوش دادن فعال و بروز احترام ضروری است. ابزار موجود شامل استفاده از لحن ملایم صدا، پرسش های ساده و وضعیت بدنی باز و راحت می باشند. PFA به

فراهم کردن ایمنی، آرامش، ارتباط (حفظ خانواده‌ها و دوستان کنار هم) و کارآمدی (توانمندسازی بازماندگان با پیشنهادات عملی) کمک می‌کند. در صورت لزوم برای ارجاعات، کمک باید با هدایت افراد به خدمات قابل دسترس محفوظ بماند.

در حالی که تخمین اولیه دوز تابش ممکن است خیلی سریع در دسترس باشد، اما معمول این است که تا در دسترس قرار گرفتن نتایج نهایی مدتی سپری شود. در این دوره زمانی و اطمینان از اجماع بین متخصصان و در نتیجه پیامی مشترک، می‌تواند به تخفیف ترس و خشم بیمار کمک کند.

تأثیرات بر ارائه‌دهندگان خدمات سلامت و پاسخ دهندگان

به حداقل رساندن از دست رفتن زندگی به تلاش‌های مشترک هماهنگ بین تیم‌های مواد خطرناک (HAZMAT)، پشتیبانی مدنی و سایر تیم‌های ایالتی، تیم‌های پاسخ‌دهنده منطقه‌ای و فدرال و سایر افرادی نیاز دارد که فعالیت‌های پاسخ اولیه و زود هنگام از جمله انتقال به مناطق پذیرش / جمع‌آوری بالینی برای سنجش رادیولوژیکال و تریاژ، و بیمارستان‌های منطقه برای مدیریت پزشکی را هدایت می‌کنند. رویداد رادیولوژیکی با حجم زیاد یا انبوه مصدومین تأثیرات عمده‌ای بر روی سیستم‌های مراقبت سلامت خواهد داشت، نظیر کارکنان بیمارستان و بخش فوریت‌ها اولین گیرنده‌ها شده و بیشتر مراقبت‌های پزشکی را برای قربانیان بازمانده فراهم می‌کنند. سیستم فرماندهی سانحه طراحی شده تا فرماندهی هماهنگ و کنترل در بیمارستان‌هایی توسعه یابد که با تحمیل سیستم گزارشی ناآشنا به ارائه‌دهندگان مراقبت‌های سلامت مواجه خواهند شد. به صورت جداگانه و در مجموع، این حوادث باعث ایجاد استرس، اضطراب و مشقاتی شخصی برای پاسخ دهندگان و ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی می‌شود. پاسخ‌دهندگان به حادثه Goiânia تأثیر بررسی و مدیریت تعداد زیادی از قربانیان را نشان دادند.

در تاریخ ۳۰ سپتامبر ۱۹۸۷، در گوانیا، برزیل، در نتیجه عملکرد افرادی که تجهیزات رادیوترابی حاوی ^{137}Cs را از کلینیکی متروکه خارج و اقدام به شکستن کپسول چشمه می‌کنند، حادثه‌ای رادیولوژیک در مقیاسی بزرگ رخ داد. این افراد از خطرات تشعشع / آلودگی بی‌اطلاع بودند. این اتفاق حدود ۲،۵ هفته قبل از اینکه مفاهیم رادیولوژیک حادثه کشف شود رخ داد و منجر به مرگ

چهار نفر شد. اطلاعات بیشتر را می‌توان در گزارش آژانس بین‌المللی انرژی اتمی "حادثه رادیولوژیک در Goiânia" یافت.

(http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815_web.pdf)

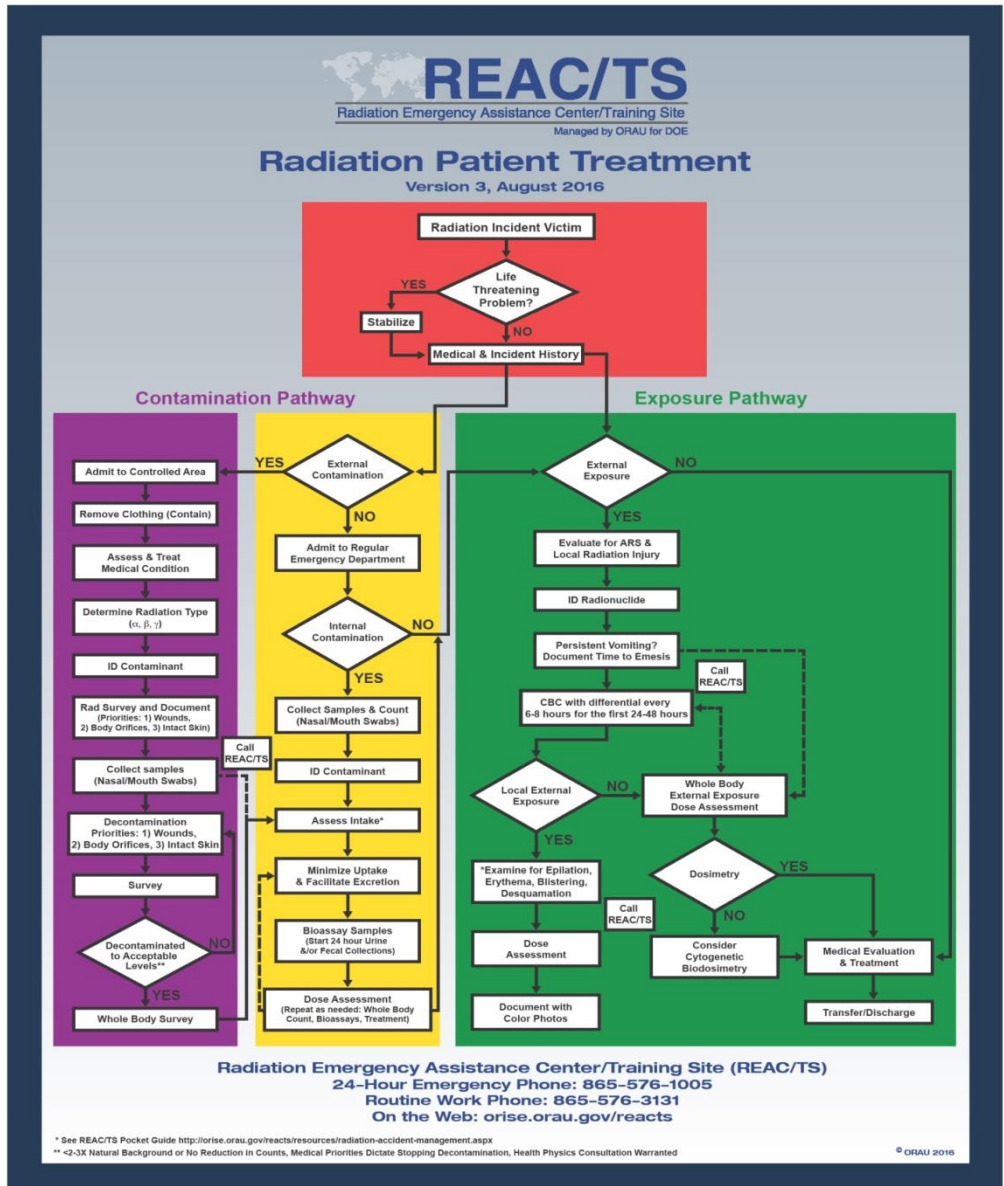
بیشترین تأثیر در پاسخ دهنده‌گانی مشاهده شد که در ۲ ماه اول بعد از حادثه کار کرده سنجش‌ها، تریاژ بیماران را انجام داده و خدمات پزشکی ارائه می‌دادند. تقریباً در همه این کارکنان نشانه‌های روانی-اجتماعی شامل احساس گناه، ترحم و درماندگی، گزارش شد در مقایسه با کسانی که در ماه های ۴-۵ کار می‌کردند فقط ۵۰٪ از کارکنان این احساسات را گزارش کردند.

شرایط کاری پاسخ‌دهندگان اولیه تأثیر قابل توجهی در تلفات روانی آنها داشت. آنها روزانه ۱۲-۱۵ ساعت در شرایط نا آشنا و ناراحت کننده (آلودگی رادیواکتیو، لباس محافظ لازم و غیره) کار می‌کردند. دمای هوا تا ۱۰۰ درجه فارنهایت بالا می‌رفت. دلهره مردم و ترس کاملاً آشکار، گاهی منجر به برخوردهای غیرمنتظره می‌شد. و، همانطور که می‌شد انتظار داشت، و ماهیت نابسامانی مراحل اولیه پاسخ به فوریتی در مقیاس بزرگ مشکلات را تشدید نمود (ریکس، و دیگران، ۱۹۹۰).

بسیاری از پاسخ‌دهندگان مشاهدات خود از تغییرات رفتاری در همکاران خود مانند افزایش مصرف الکل و رفتار پرخاشگرانه گزارش کردند. علائم دیگر استرس نیز ممکن است مشاهده شود. به این مسائل رفتاری در پاسخ‌دهندگان باید به همان روشی که برای مدیریت مسائل روانی اجتماعی در بیماران توصیه می‌شود پرداخت:

- ارائه کمک‌های اولیه روانشناختی (PFA) برای ایجاد اعتماد و تسهیل رویارویی با اوضاع.
- کارکنان را تشویق کنید تا در مورد استرس خود (رفع فشار) صحبت کنند. این امر ممکن است از طریق تخلیه ذهنی تسهیل شود.
- به تغییرات رفتاری توجه کنید و سعی کنید دلایل زیربنایی آن را درک کنید.
- برای رهبران تیم معاونینی در نظر بگیرید که هنگام تصمیم‌گیری با توجه به تکالیف شغلی برای اطمینان از مناسب بودن فرد اختصاص یافته برای شغل و اینکه کار (و دوز تابش) به طور مساوی و عادلانه توزیع می‌شود کمک کنند.
- شروط شخصیت قبل از انتصاب و ارزیابی روانشناختی را در نظر بگیرید.

پیوست A - اطلاعات تکمیلی الگوریتم درمان بیمار



جدول ۱۶ - آستانه تقریبی آسیب پوست در مقابل دوزهای حاد

Approx. Dose	Predicted Effect	Time Post Exposure*
300 rads (3 Gy)	Epilation	2-4 weeks
600 rads (6 Gy)	Erythema	Early, then 2-4 weeks later
1000-1500 rads (10-15 Gy)	Dry Desquamation	2-4 Weeks
1500-2500 rads (15-25 Gy)	Wet Desquamation	2-4 Weeks
> 2500 rads (> 25 Gy)	Deep Ulceration/Necrosis	Dependent upon dose

* در دوزهای بالاتر زمان شروع علائم/علائم ممکن است فشرده شود.

جدول ۱۷ - آستانه تقریبی سندرمهای تابش حاد

Dose	Syndrome	Potential Signs/Symptoms*
0-100 rads (0-1 Gy)	NA	Generally asymptomatic, potential slight drop in lymphocytes later (near 1 Gy)
≥ 100 rads (≥ 1 Gy)	Hematopoietic	Anorexia, nausea, vomiting, initial granulocytosis and lymphocytopenia
≥ 600 rads (≥ 6 Gy)	Gastrointestinal	Early severe nausea, vomiting, watery diarrhea, pancytopenia
≥ 800 rads (≥ 8 Gy)	Neurovascular	Nausea/vomiting within first hour, prostration, ataxia, confusion

* در دوزهای بالاتر زمان شروع نشانه ها/علائم ممکن است فشرده شود.

جدول ۱۸ - عوامل تبدیل دوز

Approximate dose rates to the skin for 1 MBq in a sealed source - PHITS Simulations									
Nuclide	Gamma Constant (mSv-cm ² /hr-MBq)	Dose to first 0.07mm			Dose to first 1mm			Dose rate at 1cm tissue depth (mSv/h)	Dose rate at 3cm tissue depth (mSv/h)
		Dose Rate Photon Only (mSv/h)	Dose Rate due to secondary electron buildup in encapsulation (mSv/h)	Dose Rate Total (mSv/h)	Dose Rate Photon Only (mSv/h)	Dose Rate due to secondary electron buildup in encapsulation (mSv/h)	Dose Rate Total (mSv/h)		
Cs-137	0.927	0.95	3.99	4.94	2.90	1.28	4.18	0.48	0.065
Co-60	3.48	1.60	14.00	15.60	5.42	8.20	13.62	1.74	0.262
Ir-192	1.24	2.65	6.80	9.45	5.12	1.04	6.16	0.59	0.092
Ra-226	2.23*	2.15	11.30	13.45	5.30	4.80	10.10	1.28	0.157
Se-75	0.548	1.95	4.61	6.56	2.43	0.47	2.90	0.21	0.022

• 0.7 and 1 mm data from Improved Contact Dose Rate Conversion Factors and Secondary Electron Correction Factors for Encapsulated Gamma Sources: Presented by Ed Waller on 07/12/17 - Raleigh, NC - Health Physics Society Annual Meeting - Session WAM-A-10 (Primary Author: Eric Heritage, University of Ontario Institute of Technology)
 • 1 cm and 3 cm data was provided by Ed Waller on 03/02/2016 via personal correspondence.
 • Cs, Co, Ir, Ra 1 cm and 3 cm data closely resembles that published in NCRP 40.
 • No data available in NCRP 40 for Se.
 • Gamma constant information from Exposure Rate Constants and Lead Shielding Values for Over 1,100 Radionuclides (Smith, Stabin - Health Physics - 2012) - converted from conventional US units listed in the reference
 • * Converted from NCRP 40 (includes daughter contributions)

Note: Multiply mSv/hr/MBq by 3.7 to get R/hr/mCi

Table data compiled by Steve Sugarman

جدول ۱۹ - پیشوندهای استاندارد واحدهای اندازه گیری

Multiple	Prefix	Symbol
10^{18}	exa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deka	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

جدول ۲۰ - تبدیل فعالیت ها

1 terabecquerel	1 TBq	27 curies	5.99E13 dpm
1 gigabecquerel	1 GBq	27 millicuries	5.99E10 dpm
1 megabecquerel	1 MBq	27 microcuries	5.99E7 dpm
1 kilobecquerel	1 kBq	27 nanocuries	5.99E4 dpm
1 becquerel	1 Bq	27 picocuries	5.99E1 dpm
1 kilocurie	1 kCi	37 terabecquerels	2.22E15 dpm
1 curie	1 Ci	37 gigabecquerels	2.22E12 dpm
1 millicurie	1 mCi	37 megabecquerels	2.22E9 dpm
1 microcurie	1 μ Ci	37 kilobecquerels	2.22E6 dpm
1 nanocurie	1 nCi	37 becquerels	2.22E3 dpm

جدول ۲۱ - تبدیل دوز معادل / معادل دوز

1 sievert	1 Sv	100 rem
1 millisievert	1 mSv	100 millirem
1 microsievert	1 μ Sv	100 microrem
1 rem	1 rem	10 millisieverts
1 millirem	1 mrem	10 microsieverts
1 microrem	1 μ rem	10 nanosieverts

جدول ۲۲ - تبدیل دوزهای جذب شده

1 gray	1 Gy	100 rads
1 milligray	1 mGy	100 millirad
1 microgray	1 μ Gy	100 microrad
1 rad	1 rad	10 milligrays
1 millirad	1 mrad	10 micrograys
1 microrad	1 μ rad	10 nanograys

جدول ۲۳ - حروف اختصار

ALC	absolute lymphocyte count
ALI	annual limit on intake
ANC	absolute neutrophil count
ARS	acute radiation syndrome
BAT	Biodosimetry Assessment Tool
BEIR	Biological Effects of Ionizing Radiation
Bq	becquerel
CBC	complete blood count
Ci	curie
CLL	chronic lymphocytic leukemia
CPM	counts per minute
CRP	C-reactive protein
CSF	colony-stimulating factor
DPM	disintegrations per minute
DRD	direct read-out dosimeter
DTPA	diethylenetriaminepentaacetic acid
DU	depleted uranium
EDTA	ethylenediaminetetraacetate
FDA	Food and Drug Administration
FISH	fluorescent in-situ hybridization
G-CSF	granulocyte colony-stimulating factor
GI	gastrointestinal
G-M	Geiger-Mueller
GM-CSF	granulocyte-macrophage colony-stimulating factor
Gy	gray
ICRP	International Commission on Radiation Protection
IDSA	Infectious Disease Society of America
IND	Improvised nuclear device
KI	potassium iodide
LD	lethal dose

NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurements
PCC	premature chromosome condensation
QD	every day
QF	quality factor
RDD	radiation dispersal device
REAC/TS	Radiation Emergency Assistance Center/Training Site
s.c.	subcutaneous
Sv	sievert
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
WBC	white blood count (sometimes whole body count)

پیوست B - منابع اضافی پاسخ

- DOE - اداره امنیت هسته ای ملی - NNSA - (<https://nnsa.energy.gov>)
- موسسه تحقیقات رادیوبیولوژی نیروهای مسلح - AFRRI - (<https://www.usuhs.edu/afri>)
- آژانس بین المللی انرژی اتمی (IAEA) - سیستم پاسخگویی IAEA :
(<http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/iaea-response-system.asp>)
اهداف اصلی سیستم پاسخگویی IAEA تسهیل (۱) تبادل اطلاعات رسمی در زمان واقعی در میان کشورها / سازمان های بین المللی مربوطه؛ (۲) ارائه کمک / مشاوره به کشورها / سازمان های بین المللی مربوطه در صورت درخواست و (۳) تهیه مناسب، به موقع، صادقانه، اطلاعات عمومی سازگار و مناسب. REAC/TS عضو شبکه کمک پاسخ آژانس انرژی اتمی (RANET).
<https://www.iaea.org> است.
- سازمان سلامت جهانی (WHO) - شبکه آمادگی و کمک پزشکی فوریت های پرتوی (REMPAN):
شبکه ای است که برای ارائه کمک های پزشکی و سلامت عمومی فوری به مردمی که بیش از حد در معرض تابش قرار می گیرند طراحی شده است. همچنین مراقبت و پیگیری طولانی مدت قربانیان حوادث پرتویی و تحقیقات در مورد فوریت پزشکی تابش، پرتو درمانی، زیست دزیمتری و اپیدمیولوژی پرتوگیری را تسهیل می کند. REAC/TS یک مرکز همکاری WHO / REMPAN است.
(http://www.who.int/ionizing_radiation/a_e/rempan/en)
- مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری (CDC)، آمادگی و پاسخگویی به فوریت: یک وب سایت دولتی که قصد دارد توانایی ملی برای آمادگی واکنش به فوریت های سلامت عمومی شامل حوادث رادیولوژیکی را افزایش دهد. (<http://emergency.cdc.gov/radiation>)

پیوست C – منابع انتخاب شده، گزارش ها و وبسایت ها

- Communication with the Public in a Nuclear or Radiological Emergency – <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/8889/Communication-withthe-Public-in-a-Nuclear-or-Radiological-Emergency>
- Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency – http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPRMEDICAL-2005_web.pdf
- NCRP Report 128 – Radionuclide Exposure to the Embryo/Fetus (1998)
- NCRP Report 138 – Management of Terrorist Events Involving Radioactive Material (2001)
- NCRP Report 160 – Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States (2009)
- NCRP Report 161 – Management of Persons Contaminated with Radionuclides: Handbook (2008)
- NCRP Report 165 - Responding to a Radiological or Nuclear Terrorism Incident: A Guide for Decision Makers (2010)
- NCRP Report 166 - Population Monitoring and Radionuclide Decorporation Following a Radiological or Nuclear Incident (2010)
- NCRP Report 174 – Preconception and Prenatal Radiation Exposure: Health Effects and Protective Guidance(2013)
- Rapid Internal and External Dose Estimation – <http://orise.orau.gov/files/rapid-internal-external-dose-magnitudeestimation.pdf>
- Radiation Emergency Assistance Center/Training Site (REAC/TS) – <http://www.orise.orau.gov/rapid>
- USG DHHS Radiation Event Medical Management – REMM – <http://www.remm.nlm.gov>