

رفع آلودگی خارجی بدن در حوادث هسته‌ای

وحیده غبیشاوی M.D. و محسن فروغی‌زاده M.D.

آدرس مکاتبه: دانشگاه مالک اشتر - مرکز تحقیقات علوم و فن آوری زیستی - گروه رادیوبیولوژی - تهران - ایران

خلاصه

چنانچه حوادث هسته‌ای از طریق جنگ‌های هسته‌ای، انفجار در مراکز و نیروگاه‌ها و نشت اتفاقی عوامل هسته‌ای رخ دهد، عده زیادی از مردم و یا پرسنل شاغل در آن مراکز آلوده خواهند شد. لذا، در این هنگام مهمترین اقدامات در وهله نخست نجات مصدومین حادثه و پس از آن رفع آلودگی افراد درگیر می‌باشد. آلودگی خارجی بدن شامل: پوست، منافذ بدن، یعنی، چشم، گوش، بینی، دهان، مو و ناخن‌ها می‌باشد. مهمترین واکنش پوست نسبت به دوزهای مختلف اشعه شامل: اریتم و سرخ‌شدگی زودگذر، دگرگونی ساختمانی خطوط پوست و محرک اثر انگشت، کشته‌شدن سلول‌های زاینده پوست، پوسته‌پوسته شدن، خشکی و در نهایت زخم و نکروز می‌باشد. شستشو و پاک کردن موضعی پوست در حوادث هسته‌ای کافی است و در پوست جراحات دیده باید با پوشش‌های ضدآب منطقه آلوده، را پوشانند. به‌طور کلی منطقه آلوده شده پوست را باید به‌صورت ملایم با برس نرم و آب گرم و دترژانت‌ها به‌سمت مرکز منطقه آلوده برای کاهش توزیع آلودگی تمیز نمود. استفاده از اسکراب (مواد ضد عفونی‌کننده و سایشی مثل نوار چسب‌های مخصوص رفع آلودگی) و محلول‌های خاص می‌تواند به لایه شاخی آسیب رسانده و این سد مهم پوستی را از بین ببرد. لذا، تنها شستشو با آب ولرم توصیه شده است.

واژه‌های کلیدی: رفع آلودگی، حوادث هسته‌ای، آلودگی خارجی بدن

مقدمه

بیماران آلوده شده رادیولوژیکی در واقع بیمارانی هستند که سطوح خارجی بدن‌شان در اثر بارش یا پخش مواد رادیواکتیو ناشی از انفجارات هسته‌ای آلوده شده باشد. در این میان پوست از جمله قسمت‌های مهم در معرض آلودگی محسوب می‌شود اگرچه پس مانده‌ها یا باقیمانده‌های مواد رادیواکتیو به‌شکل غبار، خاکستر، چرک و گل و خاک یا لجن می‌توانند به لباس و یا پوست بیمار و بدن وی بچسبند و بیمار را آلوده نمایند. برداشتن پس مانده‌ها خطر تشعشع را

چنانچه حوادث هسته‌ای از طریق جنگ‌های هسته‌ای و سلاح‌های خطرناک وابسته به آن، انفجار در مراکز و نیروگاه‌ها و نشت اتفاقی عوامل هسته‌ای رخ دهد، عده زیادی از مردم و پرسنل شاغل در آن مراکز آلوده خواهند شد، گرچه آلوده شوندگان می‌توانند نظامی و یا غیرنظامی هم باشند. این افراد جزو آلوده‌شوندگان هسته‌ای تلقی شده و در این هنگام مهمترین اقدامات در وهله نخست نجات مصدومین حادثه و پس از آن رفع آلودگی افراد درگیر می‌باشد.

نسبت به آن فقط در حد یک اریتم و سرخ‌شدگی است که معمولاً زودگذر بوده و پس از مدتی از بین می‌رود.

۲- اثرات Moderate

در اثر تابش با مقادیر متوسط (۳-۵ گری) پرتو می‌تواند باعث تغییر در پوست شود. این تغییرات با احتمال دگرگونی ساختمان خطی شکل پوست و در نتیجه محو اثر انگشت می‌باشد. دوز متوسط همچنین می‌تواند باعث کشته شدن سلول‌های ژرمینال (زاینده) شده که مدت ترمیم آن به‌طول می‌انجامد. در این مدت لایه‌های سطحی تر پوسته پوسته شده و می‌ریزند که به این حالت اصطلاحاً dry epidermitis یا پوسته پوسته شدن خشک می‌گویند.

۳- اثرات Severe

تابش با دوز زیاد (۵ گری به بالا) می‌تواند اثرات ریزش پوست و پوسته پوسته شدن را ایجاد نماید. در این حالت پس از پوست‌اندازی، سلول‌های زاینده از بین می‌روند، لذا جایگزینی سلول‌های سطحی انجام نمی‌گیرد و در نتیجه درم بدون پوشش باقی می‌ماند که اکثراً همراه با ترشح مایع می‌باشد.

۴- اثرات Highly Severe

تابش با دوزهای خیلی بیشتر ممکن است ایجاد زخم و نکروز کند که اگر منطقه درگیر بزرگ باشد خود به خود قابل ترمیم نیست.

پوست

یک ارگان دینامیک و بافت زنده‌ای است که از چند قسمت تشکیل شده است:

۱- اپیدرم

اپیدرم یکی از مهمترین بخش‌های پوست است و دارای لایه‌های زیر می‌باشد:

- لایه شاخی

- لایه خاردار

از بین می‌برد و بیمار در چنین مواردی برای خود و دیگران پرتوزا و یا منبع تشعشع نخواهد بود. در هر حال هنگامی که بدن در معرض تشعشع و یا مواد رادیواکتیو قرار گیرد، آلوده خواهد شد که این آلودگی بستگی به یکنواخت بودن تابش در سرتاسر بدن و دوز پرتو دارد. سایر عوامل دخیل در تشدید یا تخفیف اثرات آلودگی بدن شامل سن، وضع جسمانی، سلامتی، شدت دوز و دفعات تابش می‌باشند که می‌تواند در واکنش‌های مورد انتظار فرد مؤثر باشند [۱].

انواع آلودگی

آلودگی خارجی بدن به چند دسته تقسیم می‌شود که عبارتند از:

۱- آلودگی خارجی پوست

۲- آلودگی منافذ بدن شامل: چشم، گوش، بینی، دهان

۳- آلودگی مو

۴- آلودگی ناخن

اثرات پرتو بر پوست

پوست یکی از مهمترین بافت‌های زنده بدن است که سلامت آن مهم می‌باشد و قسمت اعظم بدن را تشکیل می‌دهد و شامل ۳ لایه به قرار زیر است:

۱- اپیتلیوم سطحی یا اپیدرم

۲- لایه پیوندی یا درم

۳- لایه زیر پوستی سست و چرب یا هیپودرم

از آنجایی که هر تشعشعی که به بدن می‌تابد بایستی ابتدا از پوست عبور نماید. لذا، پوست یکی از مهمترین بافت‌هایی است که در معرض آسیب حوادث تشعشعی قرار می‌گیرد.

مقادیر لازم پرتو برای ایجاد واکنش در سطح پوست، بستگی به شدت و سطح تابش و مدت و نوع پرتو دارد. می‌توان اثرات پرتو بر پوست را به ۴ دسته تقسیم نمود [۲] که عبارتند از:

۱- اثرات Mild

در دوزهای پایین اشعه (۳ گری) ایجاد می‌شود و واکنش پوست

- لایه دانه‌دار

- لایه بازال

فیزیولوژی پوست

نفوذ آلودگی به سایر لایه‌های اپیدرم و در نتیجه هیپودرم وجود دارد [۵].

لایه شاخی

لایه شاخی سطحی‌ترین لایه اپیدرم پوست می‌باشد، در محافظت پوست و لایه‌های زیرین به خصوص لایه بازال نقش به‌سزایی دارد، کوچکترین تروما به این قسمت و یا از بین رفتن این سد مقاوم و محافظ پوست باعث نفوذ مواد رادیونوکلئید به‌داخل پوست شده و می‌تواند منجر به صدمات و آلودگی هسته‌ای پوست گردد. پس لایه شاخی مهمترین سد نفوذی اپیدرم و کل پوست را تشکیل می‌دهد. قسمت تحتانی لایه شاخی دارای یک حالت اسفنج‌گونه به‌شکل پرو خالی (Full and Empty) می‌باشد و در واقع این ظرفیت پر و خالی بودن می‌تواند پاسخگوی آلودگی‌های هسته‌ای مثلاً با پرتو آلفا باشد. از جمله مهمترین لایه دیگر اپیدرم لایه بازال است. زیرا این لایه در تکثیر سلول‌های پوست دخالت دارد و نسبت به مواد شیمیایی و هسته‌ای بسیار حساس است و زود عکس‌العمل نشان می‌دهد [۳].

آلودگی خارجی و سطحی پوست

در هر جایی که مواد رادیواکتیو در دسترس باشد، آلودگی پوست امکان‌پذیر است. گرچه دوز اشعه مهم است اما آلودگی زمانی در فرم خارجی‌اش خطرناک است که از طریق پوست یا منافذ بدن مثل دهان و بینی و از طریق استنشاق تبدیل به آلودگی داخلی شود. اکثر آلودگی‌های رادیواکتیو از طریق پوست سالم و طبیعی جذب نمی‌شود، اگرچه استثناهایی مثل ید و تیتانیوم (هیدروژن رادیواکتیو) و ترکیبات استرانسیم محلول وجود دارد ولی هنگامی که پوست جراحت دید، راه نفوذ آلودگی هسته‌ای فراهم می‌گردد [۷].

۲- درم

این بخش مجموعه‌ای از بافت پیوندی و عروق خونی، فولیکول مو و غدد سباسه می‌باشد. در این قسمت حساس‌ترین عوامل نسبت به حوادث تشعشعی فولیکول مو و غدد سباسه هستند. لذا، در آلودگی‌های خارجی پوست هنگامی که آلودگی از اپیدرم به درم نفوذ کرد، بیشترین تجمع مواد رادیونوکلئید در این غدد دیده می‌شود. عروق خونی و غدد عرق کمتر دچار آلودگی هسته‌ای می‌گردند [۴].

۳- هیپودرم

مجموعه‌ای از بافت‌های هم‌بندی است و آخرین و تحتانی‌ترین قسمت پوست محسوب می‌شود. صدمه به این قسمت از پوست، فقط در مواردی که آلودگی‌های هسته‌ای بسیار عمیق باشد. خود را نشان می‌دهند. به هر حال، هنگامی که آلودگی‌های هسته‌ای در اپیدرم انتشار می‌یابند در صورت گذشتن از سد پوستی لایه شاخی، امکان

جدول ۱: درماتیت پرتوی یا التهاب پوستی ناشی از اشعه

نتیجه	میزان یا مقدار اشعه	اثر
حاد	۶-۲۰SV	فقط اریتم
حاد	۲۰-۴۰SV	ریزش پوست در عرض دو هفته
حاد	< ۲۰۰۰SV	ایجاد تاول پوستی بلافاصله
مزمن	< ۲۰ SV	التهاب پوستی همراه با خطر سرطان

پس می‌توان سه راه مهم ورود آلودگی، علاوه بر فرم خارجی و سطحی پوست و تبدیل شدن آن به فرم داخلی، راه آلودگی از طریق: بلع، استنشاق و جراحات نیز وجود دارد.

انواع صدمات پوستی در حوادث هسته‌ای

الف- پارگی‌ها

یک شکاف ساده‌ای که به‌طور سطحی توسط یک شیء آلوده رادیولوژیکی ایجاد گردد، باعث می‌شود که بیشترین تجمع آلودگی در لبه‌های زخم رسوب کند، گنگره‌دار بودن و یا دندانه‌دار بودن پارگی و یا نامنظم بودن حواشی پارگی به عمق آن می‌افزاید و باعث نفوذ آلودگی به سطوح فاشیال و پس از آن عروق خونی و کانال‌های لنفاوی بزرگ خواهد شد. این نوع صدمات پوستی را باید سریعاً شناسایی و رفع آلودگی نمود.

ب- ساییدگی‌ها

یک ساییدگی آلوده شده می‌تواند عامل بالقوه جهت هرچه بیشتر نفوذ آلودگی به‌داخل پوست جراحات دیده شود. زیرا، سطح ساییدگی‌ها اغلب التیام نیافته و زخمی است و مرتب در حال خون‌ریزی و خونی می‌باشد. از طرفی چون سد اپیدرمی از طریق همین ساییدگی دچار آسیب شده، پس برای ترمیم دوباره آن زمان زیادی لازم است و می‌بایست در این مدت از این نوع زخم مراقبت زیاد به‌عمل آید، مبادا مواد رادیواکتیو بیشتری وارد گردد.

ج- سوراخ شدگی‌ها

اغلب سوراخ‌شدگی‌ها می‌تواند ناشی از فلزات آلوده به مواد رادیونوکلئید و یا تراشه‌های شیشه‌ای و ابزار کوچک ایجاد شود. گاه به‌طور تصادفی سوزن‌های آلوده هیپودرمیک شکسته شده در ضمن تزریق هم می‌توانند مزید بر علت باشند، از طرفی یک گلوله کوچک هم می‌تواند با ایجاد یک مدخل در پوست ایجاد زخم و صدمه پوستی نماید. در این صورت اقدامات لازم جراحی زخم مورد نیاز

می‌باشد.

د- سوختگی‌ها

سوختگی‌های آلوده شده توسط مواد رادیواکتیو عامل بالقوه مهمی جهت جذب این مواد محسوب می‌شوند. زیرا، سوختگی‌ها نیز مانند ساییدگی‌ها دارای سطح التیام نیافته و در حال خون‌ریزی است و زمان ترمیم این‌نوع جراحات‌ها هم طولانی است. از میان مواد رادیونوکلئید پرتوهای بتا بیشترین صدمات پوست را به شکل سوختگی ایجاد می‌نمایند که البته مقادیر زیاد اشعه و میزان برهنگی پوست از فاکتورهای مهم در صدمات پوستی ناشی از بتا می‌باشند [۸، ۹].

آلودگی منافذ بدن

الف- چشم

اثرات آلودگی رادیواکتیو بر چشم به‌صورت آب مروارید یا کاتاراکت و بعضاً آسیب عدسی چشم و قرنیه می‌باشد. پرتوهای نوترون و گاما از مهمترین پرتوهای ایجادکننده آب مروارید هستند. اگرچه عدسی و قرنیه در مقابل نوترون‌ها از حساسیت بیشتری برخوردارند. دوز ایجاد آب مروارید توسط پرتوها ۲ گری می‌باشد.

ب- گوش

اگرچه گوش عضو نسبتاً مقاومی نسبت به پرتوها می‌باشد اما از جمله شکایات افراد در معرض تابش مواد رادیواکتیو و درگیر با مواد هسته‌ای، ناشنوایی موقتی (Temporary hear loss) و شنیدن صدای زنگ (Tinitus) و عدم تعادل در حیوانات را ایجاد می‌نماید.

ج- بینی

بینی یکی از مهمترین منافذ ورود مواد رادیواکتیو از طریق استنشاق به مجاری تنفسی می‌باشد. با نفوذ مواد هسته‌ای به‌داخل سیستم تنفسی تحتانی و از آنجا به سیستم گردش خون، آلودگی داخلی ایجاد می‌شود (نقش بینی به‌عنوان عاملی برای تبدیل آلودگی خارجی به

آلودگی داخلی از طریق استنشاق مهم است)

آشکارسازهای نیمه‌رسانا و آشکارسازهای سنتیلاسیون شامل:

۱- سنتیلاسیون جامد

۲- شمارنده سنتیلاسیون مایع و اتورادیوگرافی و غیره می‌باشد.

مانیتور بتا - گاما و مانیتور آلفا، اتورادیوگرافی مثل اتورادیوگرافی آلفا همگی در شمارش پرتوهای جذب شده (انواع پرتوها) نقش مؤثری داشته و با عملکرد مختص به خود و کاملاً اختصاصی نسبت به آشکارسازی پرتوها به‌خصوص در آلودگی‌های خارجی و داخلی مهم می‌باشند. ابزار آشکارسازی باید قابل حمل و نقل و ترجیحاً قابلیت شناسایی تشعشعات آلفا - بتا و گاما را داشته باشند. علی‌الخصوص که این ارزیابی رادیولوژیکی به‌طور اولیه برای شناسایی نقاط آلوده پوست به‌کار می‌رود [۲، ۵، ۶، ۷].

آزمون‌های آزمایشگاهی

شامل نمونه‌های سواپ از سطوح و منافذی که می‌بایست از نظر رادیواکتیویته اندازه‌گیری شوند. استفاده از سواپ‌های پنبه‌ای برای مانیتور و چک کردن پوست، سوراخ‌های بینی (Nostrils)، مجاری شنوایی، زخم‌ها و جراحات به‌کار می‌رود و در صورت ورود و نفوذ آلودگی رادیواکتیو به‌داخل بدن، تست خون و نمونه‌های خون برای شمارش و محاسبه از نظر ماده رادیواکتیو در لوله‌های آزمایشگاهی مهم است. نمونه مدفوع و ادرار هم از جمله سایر تست‌های آزمایشگاهی در مواردی که شک به تبدیل شدن آلودگی خارجی به آلودگی داخلی می‌رود، الزامی است. شمارش کامل سلول سفید خون باید سریعاً و هر ۳ الی ۱۲ ساعت انجام پذیرد و در صورتی که افتی در شمارش لنفوسیت‌ها دیده شد، آلودگی پرتوی محتمل است و بهتر است، به‌دنبال آن سایر تکنیک‌های تشخیصی دقیق دیگر از جمله دوزیمتری کروموزوم را انجام داد [۶، ۸].

در اکثر مواقع پس از اندازه‌گیری و ارزیابی آلودگی مواد رادیواکتیو، بیشترین حوادث مربوط به آلودگی‌های سطحی یا خارجی می‌باشند که البته این نوع آلودگی‌ها می‌توانند زمینه مساعدی برای جذب و تبدیل شدن به آلودگی داخلی باشند.

د- دهان

اثر پرتو بردهان به‌شکل زخم است و به دوز اشعه بستگی دارد. غدد بزاقی و مخاطی دهان هم تحت تأثیر قرار می‌گیرند. مواد هسته‌ای می‌توانند باعث آتروفیه شدن غدد بزاقی و افزایش غلظت ترشح و یا کاهش ترشح شوند و پس از مدتی به تدریج با کاهش بزاق دهان، خشکی دهان و اشکال در عمل بلع به‌وجود آید. خشکی دهان ناشی از مواد هسته‌ای می‌تواند باعث کرم خوردگی و فساد دندان‌ها شود.

آلودگی مو

پیازهای مو در مقابل پرتو حساس است و توقف رشد مو حتی با تابش کم پرتو امکان‌پذیر می‌باشد و همین تابش مختصر قادر به ایجاد پروسه ریزش مو خواهد بود. گرچه ریزش مو در حوادث هسته‌ای امری شایع می‌باشد اما بستگی به دوز پرتو هم دارد. با این وجود موها پس از چند هفته مجدداً رشدشان را از سر می‌گیرند و در غیاب پرتو این رشد ادامه می‌یابد. در هر حال، طاسی هم در حوادث هسته‌ای امری شایع می‌باشد.

آلودگی ناخن

از آنجایی که ناخن‌ها دارای بستری مقاوم و سخت می‌باشند، لذا در حوادث هسته‌ای با تجمع آلودگی مواد رادیواکتیو در زیر ناخن‌ها در صورت بلند بودن ناخن‌ها و یا در مواردی که ناخن و بستر و یا اطراف آن دچار بیماری‌های ناخن باشد، می‌تواند محلی برای لوکالیزه شدن آلودگی باشند [۱۰، ۱۱].

ارزیابی اولیه آلودگی

وجود آلودگی رادیولوژیکی را می‌توان به‌آسانی با عبوردادن یک آشکارساز پرتوی از روی تمام سطح بدن تایید نمود. برای ارزیابی آلودگی خارجی ناشی از مواد رادیونوکلئید می‌توان از آشکارسازها و سایر ابزارها استفاده نمود که شامل آشکارسازهای گایگر-مولر،

آشکارکننده آلفا

آشکارکننده‌های آلفا مانند شمارش‌گر سنتیلاسیون جامد می‌باشد که مقدار آلفا و آلودگی ناشی از آن بر روی سطوح بدن را شناسایی می‌کند، اگرچه ذرات آلفا فقط به اندازه ۴۰ میکرومتر در بافت رسوخ می‌کنند اما به اپی‌تلیوم لایه شاخی پوست نمی‌توانند نفوذ نمایند و در واقع قدرت نفوذ این ذرات در بافت کم است و چون این ذرات قدرت نفوذ کافی جهت عبور از لایه اپیدرم را ندارند پس ساطع‌کننده‌های آن تنها هنگامی مخاطره‌آمیز هستند که وارد بدن شوند [۶، ۹].

آشکارکننده بتا - گاما

اطاقک‌های یونیزاسیون یا شمارش‌گرهای گایگر - مولر وسایل ارزیابی و سنجش بتا - گاما هستند که هردو برای ارزیابی مقادیر بالای اشعه به کار می‌روند و قادر به تشخیص آلودگی ناشی از این مواد رادیواکتیو در آلودگی‌های خارجی و داخلی می‌باشند [۶، ۹].

ارزیابی بیمار آلوده‌شده

الف - معاینه فیزیکی

بیماری که در معرض مواد رادیواکتیو قرار گرفته باید مورد معاینه قرار گیرد و تمام قسمت‌های بدن بیمار اعم از پوست سالم و یا جراحت دیده و منافذ بدن همچنین از نظر آلودگی حوادث هسته‌ای بررسی شوند. معاینه دقیق مهم است. زیرا، در بیشتر مواقع آلودگی سطحی و خارجی در صورت نادیده گرفتن به سرعت تبدیل به آلودگی داخلی می‌گردد. مناطق ورود آلودگی خارجی و تبدیل شدن آن به آلودگی داخلی قبلاً ذکر و تأکید شد که استنشاق، بلع و جراحت از جمله مهمترین راه‌های ورود آلودگی خارجی و تبدیل آن به آلودگی داخلی می‌باشند [۹].

نکات مهمی که در یک معاینه دقیق باید در نظر گرفته شود

- مشاهده همه قسمت‌های بدن اعم از پوست سالم، جراحت دیده و منافذ
- وجود هرگونه سوختگی غیرمعمول در روی پوست که به‌تازگی

صورت گرفته است

- تغییر شکل پوست از نظر ظاهر به صورت اریتم (سرخ‌شدگی) تاول و یا پوسته‌ریزی
- معاینه دقیق موها از نظر ریزش اخیر
- معاینه چشم به‌خصوص عدسی و قرنیه از نظر کاتاراکت (آب‌مروارید)
- معاینه گوش‌ها و بررسی وضعیت شنوایی بیمار
- در مورد ناخن‌ها با توجه به مقاوم بودن بستر آنها در حوادث هسته‌ای و عدم تغییر خاص در آنها، محلی برای تجمع آلودگی‌های هسته‌ای می‌باشند لذا کوتاه کردن و ارزیابی آنها از نظر مواد رادیواکتیو الزامی است.

- در صورت لزوم گرفتن عکس‌های رنگی از جراحات مشکوک به آلودگی و علامت‌گذاری آنها.
در صورتی که بیمار Stable باشد و از نظر بالینی وضعیت مساعدی داشته باشد، معاینات فوق در مورد او انجام‌پذیر است و در صورت شوک و یا خون‌ریزی وسیع، انجام اقدامات احیاء و تزریق خون و دادن سرم‌های مورد نیاز و نجات جان مصدوم از اهمیت و اولویت بیشتری برخوردار است [۹، ۱۱].

ب - تشخیص آلودگی

۱- پوست

پوست از نظر آلودگی باید کنترل شود. لذا، استفاده از مانیتورکننده‌ها (آشکارسازها) الزامی و مهم است و می‌تواند همه مواد ضدآلودگی خارجی را ارزیابی نماید (در موارد مشکوک). شستشوی پوست و ارزیابی مواد حاصل از شستشو از نظر آلودگی می‌تواند به آلوده یا آلوده نبودن پوست کمک کند [۶].

۲- زخم

ارزیابی جراحات از نظر مواد رادیواکتیو نیاز به یک کارشناس و پرسنل مجرب دارد زیرا جراحات بسیار حساس هستند و در صورت عدم تشخیص و یا نادیده گرفته شدن، ممکن است آلودگی سطحی

همه بافت‌های برداشته شده (دبرید شده) و یا آمپوته (قطع عضو نموده) و یا دارای گرافت و سوختگی‌ها، آکنه‌ها، راش‌ها، بثورات، تاول‌ها و هرگونه ضایعات پوستی و ضایعات در حال خونریزی و ضایعات با ترشحات چرکی، پوسته‌های درحال ریزش و اسکارهای التیام یافته و وسایل به‌کار رفته در زخم اعم از گازهای استریل اسفنج‌گونه، درن‌ها و پانسمان‌ها همگی باید از نظر آلودگی ارزیابی گردد. نکته ضروری و مهم آن است که مواد حاصل از شستشوی آنها را باید از نظر رادیواکتیویته چک نمود. در صورت آلودگی زخم‌ها تهیه نمونه‌های ادرار و مدفوع و شمارش *In vivo* برای تخمین و برآورد آلاینده و تایید نفوذ آن به‌داخل بدن مهم است [۳، ۸].

تعریف رفع آلودگی

به اقداماتی که در طی آن تمام نقاط آلوده شده بدن از آلودگی هسته‌ای پاک و زوده می‌شوند، رفع آلودگی اطلاق می‌شود. اگرچه آلودگی پوست و بدن با رادیونوکلیدها خطر فوری مرگ را در بر ندارد اما رفع آلودگی در یک حادثه هسته‌ای در صورت ناگوار بودن وضعیت مصدوم، پس از اقدامات اورژانس احیا و CPR و مراقبت‌های ویژه جهت نجات جان مصدوم انجام می‌گیرد.

هدف

هدف از رفع آلودگی رادیواکتیو زدودن و پاک نمودن آلودگی در کوتاه‌ترین زمان ممکن از روی سطح بدن و منافذ آن می‌باشد [۶].

اولین هدف

جلوگیری از نفوذ آلاینده به‌داخل و ایجاد آلودگی داخلی است [۶، ۸، ۹].

دومین هدف

جلوگیری از گسترش و انتشار آلودگی چه در شخص مصدوم و چه در

آن با نفوذ مواد هسته‌ای به آلودگی داخلی مبدل گردد. آلودگی‌های بتا - گاما در صورت وسیع بودن می‌توانند منجر به نکرور بافت شوند و ساطع‌کننده‌های آلفا نظیر پلوتونیم هم یک تهدید جدی هنگام آلودگی وسیع محسوب می‌گردند که در هر دو مورد ممکن است اندام یا بافت آلوده شده منجر به نکرور اقدامات جراحی و قطع عضو (Amputation) گردد. البته در چنین مواردی اقدامات محافظت‌کننده از جمله: اقدامات رفع آلودگی جراحات بر عملیات تهاجمی (Invasive) قطع عضو ارجحیت دارد و تصمیم به برداشتن عضو یا اندام باید پس از اقدامات فوق به تعویق بیفتد، انجام این عمل باید فقط در موارد تهدید خطر به‌طور جدی انجام پذیرد. گاه در آزمایشگاه‌ها توسط پرسنلی که با سرنگ‌های رادیونوکلید سر و کار دارند، امکان فرو رفتن سوزن سرنگ‌ها و یا شکسته‌شدن آنها و به‌جا ماندن قسمتی از آن در بافت و تزریق مقداری از ماده رادیونوکلید در بافت و یا کنده‌شدن قسمتی از پوست به‌دلیل جراحت ناشی از آن وسایل، می‌تواند منجر به مخاطراتی از جمله آلودگی داخلی گردد، لذا کنترل زخم ایجاد شده و پیامدهای آن مهم است، زیرا می‌تواند منتهی به گرافت پوستی شود.

سوختگی‌ها گاه می‌توانند در اثر اشعه بتا و یا محلول‌های اسیدی از یک رادیونوکلید ایجاد شوند. اگرچه بجز تیتانیوم و ید اکثر رادیونوکلیدها قادر به عبور از سد پوستی نیستند اما شکسته شدن این سد از طریق جراحت می‌تواند ورود این مواد را به‌داخل پوست امکان‌پذیر سازد.

آکنه، راش، بثورات، تاول و هرگونه ضایعه پوستی می‌تواند محلی برای تجمع مواد رادیونوکلید در بدن باشد.

ضایعات درحال خون‌ریزی را نخست باید با کنترل خون‌ریزی و سپس از طریق اقدامات لازم تا بهبودی کامل دنبال نمود.

هرگونه ترشحات چرکی و یا درناژ از محدوده زخم مهم است.

چنانچه آلودگی از نوع آلفا مدت زمان زیادی بر روی پوستی که در حال پوسته‌ریزی است و دوره نوسازی و Turn over خود را انجام می‌دهد، باشد. منطقه را باید با یک پانسمان پوشاند و آنگاه پوست و پانسمان را از نظر درصد آلودگی کنترل نمود.

محیط و افرادی که با بیمار سر و کار دارند، می‌باشد [۸].

سومین هدف

جلوگیری از تأثیرات زیانبار آلاینده‌های هسته‌ای و عواقب مخاطره‌آمیز آن می‌باشد [۵].

اصول رفع آلودگی

قبل از هر اقدام نکات زیر باید در نظر گرفته شوند:

- نجات جان مصدوم مقدم بر رفع آلودگی است

- جعبه کمک‌های اولیه رادیولوژیکی قابل دسترس باشد

- در کوتاهترین زمان ممکن رفع آلودگی در محل حادثه باید آغاز گردد

- سطح آلوده شده باید سریعاً مشخص گردد

- فرد یا افراد آلوده شده باید ایزوله و مجزا شوند

- تأیید وجود جراحت در بدن مصدوم از این نظر که می‌تواند کانونی

برای تجمع و ورود آلودگی به‌داخل بدن باشد

- در صورت اثبات وجود جراحت، درمان آن قبل از پرداختن به پروسه

رفع آلودگی مهم‌تر است

- رفع آلودگی باید از زخم‌ها آغاز شود

- مناطق آلوده شده باید مشخص و علامت‌گذاری شده و تا مرحله رفع آلودگی پوشانده شوند

- رسیدگی سریع به‌سطح آلودگی در صورت وسیع بودن آلودگی

- استفاده از ماسک توسط بیمار و پرسنل

- قبل از رفع آلودگی در آوردن لباس‌های آلوده بیمار و گذاشتن در

یک کیسه پلاستیکی و علامت‌گذاری آنها با برچسب و انتقال آنها

به‌محل امن و دور از دسترس برای جلوگیری از مخاطرات و انتشار

آلودگی مهم است. زیرا از این طریق ۹۰٪ از آلودگی برطرف خواهد

شد.

اقدامات عدم گسترش و انتشار آلودگی

- استفاده از تکنیک‌های مهم رفع آلودگی

- در دسترس بودن تجهیزات و وسایل پاک‌کننده و ضدعفونی‌کننده

از جمله Ca-DTPA و پرمنگنات پتاسیم و سولفیت سدیم و

هیپوکلریت ۵٪، اکسیدتیتانیم، صابون‌ها و دترژانت‌ها

- حتی‌المقدور شیوه‌های رفع آلودگی باید به‌ملایمت عمل شود و از

به‌کار بردن هرگونه شیوه تهاجمی و خشن باید خودداری گردد. زیرا

باعث جذب بیشتر آلودگی خواهد شد

- رفع آلودگی باید به‌گونه‌ای انجام پذیرد که وسایل رفع آلوده‌کننده

به منطقه آلوده شده آسیب نرساند و به سد پوستی هم لطمه‌ای وارد

نکند (مانند نوار چسب‌ها و برخی مواد پاک‌کننده)

- یک ماده پاک‌کننده باید قادر به حل نمودن ماده رادیونوکلئید و

شستشوی آن از روی سطح خارجی بدن باشد

- ارزیابی جراحات، لبه‌های زخم‌ها، تاول‌ها، جوش‌ها، ضایعات پوستی،

گرفت‌ها از نظر رادیواکتیویتهی مهم است و شستشوی این سطوح و

ضایعات باید با دقت بیشتری انجام پذیرد. زیرا این مناطق از حساسیت

بیشتری برخوردارند

- رفع آلودگی زخم باز اهمیت ویژه دارد

- مهمترین اصل در رفع آلودگی بدن و منافذ آن یعنی پوست و

چشم و گوش و دهان و بینی، شستشوی آنها بامقدار فراوان آب

می‌باشد زیرا ۹۸٪ از آلودگی بیمار از این طریق زدوده خواهد شد

- موها را در صورت آلوده شدن باید شست و حتی‌المقدور توسط یک

ریش‌تراش الکتریکی کوتاه نمود (در صورت عدم استفاده از کلاه

هنگام آلودگی)

- ابروها را در صورت آلودگی باید فقط کوتاه نمود و از آنجایی که رشد

مجدد ابروها بسیار کند می‌باشد و برای بازگشت به حالت طبیعی

ممکن است به‌مدت ۶ الی ۸ ماه نیاز داشته باشد. لذا باید در مورد رفع

آلودگی آن دقت بیشتری نمود

- ناخن‌ها از جمله محل جمع‌آوری مواد هسته‌ای به‌شمار می‌آیند. لذا،

کوتاه نمودن آنها کمک زیادی به پروسه رفع آلودگی می‌نماید

- کف دست‌ها از جمله نقاط ظریف با داشتن خطوط می‌باشند. عمل

رفع آلودگی باید در مورد این مناطق سایشی‌تر انجام شود

- نوار چسب‌ها شیوه دیگری برای زدودن و پاک نمودن آلودگی از روی پوست می‌باشند اما استفاده از آنها باعث صدمه زدن به سد پوستی و برداشته شدن لایه شاخی پوست شده و چنانچه به‌دقت انجام نگیرد می‌تواند منجر به افزایش جذب زیرپوستی گردد

- پرمگنات پتاسیم یک ماده اکسیدکننده قوی است که به‌عنوان ماده پاک‌کننده در رفع آلودگی‌ها به کار می‌رود اما برای جلوگیری از بروز لک باقیمانده ناشی از آن، باید از سولفیت سدیم استفاده نمود. اگرچه هردوی مواد فوق برای برداشتن سد پوستی و لایه شاخی نقش دارند.

- Razor یا ریش‌تراش الکتریکی وسیله مهمی برای کوتاه کردن موها محسوب می‌شود [۳، ۸].

پیشگیری از انتشار آلودگی در عملیات رفع آلودگی

پیشگیری از وقایع آلودگی حوادث هسته‌ای باید یکی از طرح‌ها و دستورالعمل‌های کل تیم‌های پزشکی و کارکنان حوادث هسته‌ای در نظر گرفته شود و مختص به اطاق فوریت‌های پزشکی نباشد. زیرا، این عمل باعث تسریع در روند پیشگیری از وقایع آلودگی شده و نیاز به درمان و رفع آلودگی را تقلیل می‌دهد [۳، ۱۲].

همچنین برای پیشگیری از وقوع آلودگی توجه به نکات ذیل مهم است:

- ۱- فعالیت‌های رادیواکتیو باید در مناطق کاری محدودتر و متمرکزتر انجام شود تا سبب انتشار آلودگی به سایر مناطق نگردد.
- ۲- مناطق عمل و محل فعالیت‌های هسته‌ای باید به اندازه کافی وسیع و دارای فضای باز برای انجام وظائف پرسنل و وسایل و تجهیزات مورد نیاز آنان باشد.
- ۳- برای جلوگیری از وقوع حوادث هسته‌ای، روشنایی محیط کار باید زیاد باشد و محل کار تاریک نباشد [۱۲].
- ۴- وجود یک ورودی - خروجی برای تردد و رفت و آمد کارکنان یا پرسنل و مراقبین بیمار آلوده برای جلوگیری از انتشار آلودگی به سایر

- منطقه رفع آلوده شده باید از نظر آلودگی باقیمانده کنترل و چک شود

- رفع آلودگی مؤثر بدن می‌تواند صحت ابزار مانیتورکننده آلودگی و شمارش کل بدن از نظر آلودگی باقیمانده را ثابت کند

- پرسنل و عواملی که در جهت رفع آلودگی بیمار وارد عمل می‌شوند، باید از لباس محافظ، روپوش، دستکش، کفش، پوشش سر و روپوش سربی استفاده نمایند

- لباس بیمار وسایل شخصی او و نمونه‌های بیولوژیک تهیه شده از منافذ بدن یعنی بینی، کانال گوش، دهان و چشم باید در کیسه‌های پلاستیکی و لوله‌های شیشه‌ای درپوش‌دار با علائم و اتیکت مشخص برای آنالیزهای بعدی حفظ شوند

- در صورتی که با ۲ یا ۳ بار شستشو و خشک نمودن مناطق آلوده بدن رفع آلوده نشوند، به‌خصوص هنگام استفاده از تکنیک‌های تهاجمی باید این شیوه‌ها متوقف و با یک کارشناس مشورت گردد

- در صورت عدم موفق آمیز بودن روش‌ها و تکنیک‌های اولیه رفع آلودگی باید برای انتخاب سایر شیوه‌های رفع آلودگی اقدام نمود

شیوه و مواد رفع آلوده‌کننده

- مهمترین اصل در به‌کارگیری روش‌های رفع آلودگی استفاده از شستشو با مقادیر فراوان آب می‌باشد

- دترژانت‌ها و صابون‌ها برای رفع آلودگی مورد نیاز می‌باشند

- سدیم هیپوکلریت قادر به خروج ترکیبات پلوتونیم از سطح آلوده می‌باشد ولی این ماده را باید با ۱/۵ آب رقیق نمود

از آنجایی که سدیم هیپوکلریت، پلوتونیم را غیرمحلول می‌سازد. لذا از این نظر مضر می‌باشد و باید برای رفع آلودگی قاطع از یک صابون اسیدی به‌همراه یک محلول آلی $Ca - DTPA$ برای خروج کامل پلوتونیم استفاده گردد

- اکسید تیتانیوم هم از جمله پاک‌کننده‌های سایشی است اما نباید از آن برای مناطق حساس مثل صورت استفاده نمود

مناطق مهم است [۱۲].

۵- خدمه یا پرسنل باید نخست از نظر آلودگی مورد ارزیابی و مانیتور قرار بگیرند. چون با آلوده بودن پرسنل امکان آلوده شدن تمام قسمت‌های بیمارستان و تجهیزات آن به لحاظ وسعت کار پرسنل مورد نظر می‌باشد.

۶- چنانچه ساطع‌کننده ضعیف بتا یا تریتم (H3) و کربن (C14) باشد. جهت محافظت از آلودگی باید از دستکش‌های دوبله استفاده نمود.

۷- وجود دوش‌ها، دستشویی‌ها، پوشش کف قابل شستشو و اطاق مناسب مخصوص فوریت‌های جراحی کوچک و ظریف (مانند دبریدمان) و یک دستگاه قابل حمل X-Ray جهت تعیین محل اجسام خارجی فلزی در بدن و اطاق گچ هنگام حوادث هسته‌ای لازم می‌باشد.

۸- نصب منبع آب ذخیره به منظور جایگزینی آن برای آب آلوده شده.

۹- وجود یک سیستم فاضلاب برای دفع مواد زائد رادیواکتیو.

۱۰- در صورت آلوده‌شدن وسایل جراحی باید آنها را خارج نمود و با نوعی تازه و استریل عمل را شروع نمود

مواد رفع آلوده‌کننده بدن

۱- صابون معمولی یا محلول دترژانت برای پوست و مو با pH= ۵ اسیدیته پایین.

۲- ماده شلات‌کننده E DTA ۱۰٪ برای پوست یا آلودگی‌های مو با ترانس اورانیم و فلزات کمیاب خاکی و ناپایدار.

۳- ماده شلات‌کننده D TPA ۱٪ در محلول‌های اسید آبی با pH= ۴ برای شستن پوست پس از آلودگی با ترانس اورانیم، لاتناید‌ها یا کبالت، آهن، روی و منگنز.

۴- پرمنگنات پتاسیم ۵٪ در محلول آبی (ماده اکسیدکننده برای برداشتن لایه شاخی سطحی پوست) که باید به‌دقت استعمال شود زیرا:

۱- این ماده نباید برای پوست صورت، منافذ طبیعی و نواحی ژئیتال

تجویز گردد.

۲- هنگامی کاربرد دارد که شستشوی معمولی بی‌تأثیر باشد.

۳- پس از استعمال آن باید با مقادیر فراوان آب سطح پوست را شستشو و آبکشی نمود.

۵- هیدروکسی‌لامین یا هیپوسولفیت سدیم ۵٪ در محلول آبی که پس از پرمنگنات پتاسیم و شستشو با آب کاربرد دارد.

۶- پماد موضعی ضد التهاب، این پماد جهت آلودگی فیکس شده به‌کار می‌رود و باید به‌مدت ۲۴ الی ۴۸ ساعت همراه پانسمان باشد، زیرا با ایجاد گرا دیان اسمزی حاصل از آن ماده رادیواکتیو از پوست به بیرون پمپاژ می‌شود. این پماد به‌خصوص برای آلودگی انگشتان مفید است.

۷- محلول سالیین ایزوتونیک جهت شستشوی چشم‌ها.

۸- محلول‌های لوگل (۵۰ میلی‌گرم ید و ۱۰۰ میلی‌گرم یدید پتاسیم در میلی‌لیتر) برای آلودگی‌های یدی که پس از استعمال هیپوسولفیت سدیم و سپس آبکشی به‌کار می‌رود.

۹- سدیم استیک اسید (با pH ۴ تا ۵) یا وینه گار (یا سرکه ساده) جهت آلودگی‌های ناشی از پلوتونیم که پس از آن با آب باید شستشو شود.

۱۰- محلول بی‌کربنات ایزوتونیک ۴٪-۱٪ برای برداشتن آلودگی‌های اورانیم.

رفع آلودگی بدن

رفع آلودگی پوست

- پوست سالم

به‌طور کلی ضخامت پوست در حدود ۲ میلی‌متر است و اپیدرم، عمقی در حدود ۰/۱ میلی‌متر در بیشتر قسمت‌های بدن دارد در کف دست و سطوح کفی انگشتان اپیدرم به ۰/۸ میلی‌متر و در کف پا و انگشتان پا به ۱/۴ میلی‌متر می‌رسد. لذا، برای برآورد دوز اشعه به پوست، بافت مناسب و لایه بازال نیاز است که در عمق متوسط حدود ۰/۰۷ میلی‌متر به‌جز کف دست‌ها و پاها می‌باشد. در صورتی که عمق لایه بازال تا حدودی کمتر است، لذا با توجه به‌مختصر

در صورت خون‌ریزی شدید، بند آوردن آن و اقدامات اولیه پانسمان فشاری می‌باشد و در صورتی که خون‌ریزی کم باشد، می‌توان از شریان بند و یا تورنیکت استفاده نمود و هم‌زمان، رفع آلودگی زخم را با مقادیر زیاد محلول نرمال سالین ایزوتونیک یا معمولی و یا آب استریل و مقطر برای رفع آلودگی بیشتر با صرف نیروی فراوان انجام داد.

در جراحتهای خفیف، بیماران آلوده باید دوش بگیرند و در جراحتهای شدید باید روی تخت عمل یا برانکار حمام داده شوند و این چرخه خیس و خشک (پاک) نمودن را چندین بار تکرار نمایند. دبریدمان زخمها به خصوص از نظر برداشتن و درآوردن مواد آلاینده از داخل زخمها به دلیل نفوذ آنها به داخل مهم است و تا آنجایی که به آناتومی منطقه پوست و زیبایی لطمه‌ای وارد نشود، می‌توان این عمل را ادامه داد.

مناطق حساس پوستی مانند گرافت‌ها و مناطق جراحی شده پوست احتیاج به مراقبت فراوان دارند. در صورت امکان باید آن مناطق را برای مدت ۲۴ ساعت پوشاند، زیرا تعریق و پوسته اندازی لایه شاخی می‌تواند مکانیزمی برای رفع آلودگی باشد [۳].

رفع آلودگی مو

- (برای رفع آلودگی موها) استفاده از صابون یا ساولن به عنوان شامپو
- چیدن موهای آلوده
- ارزیابی مواد حاصل از شستشو از نظر رادیواکتیویته [۳].

رفع آلودگی ناخن‌ها

- کوتاه کردن ناخن‌های آلوده
- ارزیابی آنها از نظر رادیواکتیویته
- استفاده از لوسیون کالامین و خشک نمودن آنان و زدودن آنها بادستکش پلاستیکی تا پودر در آن جمع‌آوری گردد [۳].
- استفاده از سالین نرمال یا آب استریل جهت شستشوی چشم‌ها.

فیزیولوژی پوست می‌توان گفت که بیشترین مخاطرات آلودگی مربوط به قسمت فوقانی لایه شاخی می‌باشد که در صورت عدم جراحت و آلودگی خفیف این لایه، پوست را با پروسه نوسازی و پوسته اندازی رفع آلوده می‌کند، اما هنگامی که آلودگی شدید است، پوست سالم آلوده شده و شیوه‌های رفع آلودگی را می‌طلبد. در موارد آلودگی شستشو و پاک کردن موضعی پوست سالم کافی است و منطقه آلوده شده پوست را باید به صورت ملایم با برس نرم و آب گرم و دترژانت‌ها به سمت مرکز منطقه آلوده برای کاهش توزیع آلودگی تمیز نمود. اندازه‌گیری منطقه آلوده بین هر عمل رفع آلودگی مهم است. هنگام رفع آلودگی باید به چین و شکن‌های ناخن‌ها، فضای بین انگشتان و لبه‌های خارجی پوست توجه نمود. هنگامی که پوست پس از دفعات مکرر شستشو گردد، دچار خشکی، زبری و یا عدم لطافت می‌گردد. در این حالت باید پروسه شستشو مخصوصاً با اسکراب و دترژانت‌ها و ضد عفونی‌کننده‌های قوی متوقف شود. زیرا، باعث صدمه به لایه شاخی پوست شده و سد پوستی آسیب می‌بیند [۳، ۵، ۹].

پوست جراحی دیده

در صورت وجود جراحت و شک به آلوده بودن آن اقدامات رفع آلودگی باید اعمال گردد، اما چنانچه زخم‌ها غیر آلوده باشند، پوشاندن آن زخم‌ها با پوشش‌های ضد آب هنگام شستشوی منطقه آلوده پوست (از جمله زخم‌های آلوده) مهم است. در یک سانحه هسته‌ای فرد مصدوم و دچار جراحتهای فراوان را باید در یک ملافه پیچاند و او را به بیمارستان با ظرفیت و امکانات و تجهیزات مقابله با بیماران آلوده شده رادیولوژیکی انتقال داد و پس از آن بلافاصله اقدامات رفع آلودگی و درمان را شروع نمود. در هر حال، بیشترین جراحات اگرچه مربوط به پارگی‌ها، بریدگی‌ها، ساییدگی‌ها، سوراخ شدگی‌ها و سوختگی‌ها می‌باشد. اما از این نظر که جراحت یکی از راه‌های ورود و نفوذ آلاینده به داخل و تبدیل آن به آلودگی داخلی است، می‌بایست مورد توجه فراوان قرار بگیرد. در همه انواع زخم‌ها نخستین اقدام

- ارزیابی مایع حاصل از شستشو [۳].

- شستشوی کانال و مجاری داخل گوش با مقادیر زیادی محلول نرمال سالین ایزوتونیک.

- ارزیابی مواد حاصل از شستشو از نظر رادیواکتیویته [۳].

رفع آلودگی دهان

- عدم انجام بلع توسط فرد آلوده

- برداشتن دندان‌های مصنوعی و تمیز نمودن آنها در صورت امکان.

- شستشوی دهان با آب و برس دندان‌ها و لثه‌ها و ارزیابی مواد حاصل از شستشو از نظر رادیواکتیویته [۲].

رفع آلودگی بینی

- شستشوی حفرات بینی با مقادیر زیادی آب استریل و مقطر و یا محلول‌های ایزوتونیک

- ارزیابی مواد حاصل از شستشو از نظر رادیواکتیویته [۳، ۱۲، ۱۳].

رفع آلودگی گوش

نتیجه‌گیری

حوادث هسته‌ای به‌هر شکل و در هر جایی که به‌وقوع بپیوند، لازمه‌اش وجود افراد آموزش دیده و تیم‌های پزشکی در محل حادثه است و نجات جان مصدوم و اقدامات احیاء و CPR از عملیات رفع آلودگی مهم‌تر است. لذا، این مقاله با تقرب و نگرش به‌وقوع یک حادثه هسته‌ای به ارزیابی احتمال وقوع آن و پس از آن چگونگی رفع آلودگی افراد درگیر و آموزش‌های لازم پرداخت. امید است که این متن توانسته باشد گوشه‌ای از مراحل و اقدامات رفع آلودگی هنگام وقوع آلودگی‌های هسته‌ای را شرح داده و مخاطبان را مورد توجه قرار دهد.

منابع

1-NATO(1996). Handbook on the medical Aspect of NBC Defensive operations Part 1 nuclear. Chapter7 :Medical Planning and operations in nuclear war, P. 7.

۲- دیده‌ور فریدون(۱۳۶۸). مبانی زیست‌شناسی. چاپ اول، صفحات: ۲۰۵-۲۰۳.

3-IAEA(1978). manual on Early Medical Treatment of Possible Radiation Injury. Safety Series no.47 .Recommendations, P. 32 - 37, 60 - 63, and 132 - 135.

4-Tymen H(2000). Contamination and decontamination of rat and human skin with plutonium and uranium, studied with a franz chamber . intj Radiat biol; 76(10): 1417 - 1424

5-IAEA(1996). Assessment and treatment of external and internal radionuclide contamination, TECDOC; 869: 24 - 31.

6-Mettler Fred A(1990). Management of skin and wound contamination in Medical Managemant of Radiation Accidents. First Edition .CRC Press, P. 200 - 206.

7-REAC/TS.Guidance for hospital medical Management in: Guidance for Radiation Accident management . <http://www.orau.gov/reacts/emergency.htm>.

8-IAEA(1988). Medical Handling of Accidently Exposed Individual Safety Series NO.88 Recommendations, P. 34 - 41.

9-Nrcp(1989). Management of Persons Accidently contaminated with Radionuclides, P. 32-61 and 112 - 125.

۱۰- مزدارانی حسین(۱۳۶۵). عواقب انفجارهای اتمی از دیدگاه پزشکی. چاپ اول، موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه امام حسین(ع)، (ترجمه) فصل ۱۸، صفحات: ۵۱۷ - ۵۱۵.

11-AFFRI(1999). Medical management of Radiological casualties . first Edition, P. 44 - 46.

۱۲- فروغی‌زاده محسن(۱۳۷۷). روش‌های مقابله با سوانح پرتوی در مراکز تحقیقاتی، صفحات: ۵ - ۱.

۱۳-فروغی‌زاده محسن، اخلاقی‌پور شهرام (۱۳۷۱). روش‌های رفع آلودگی رادیواکتیو در پزشکی هسته‌ای. صفحات: ۳۰ - ۱.