

آشنایی با اثرات بیولوژیک پرتوهای یونیزه کننده

جزوه آموزشی- تخصصی شماره ۸۰

آشنایی با اثرات بیولوژیک پرتوهای یونیزه کننده و روش‌های حفاظت در برابر آنها به انضمام روش‌های حفاظتی در آزمایشگاه رادیوایمونواسی

Biologic Effects of Ionized Rays

ترجمه و گردآوری:

دکتر فریده جلالی فراهانی

دکتر سیما ذوالفقاری

تهیه شده در مرکز تحقیقات

سازمان انتقال خون ایران

صفحه آرایی و امور رایانه: زهرا مقصودی

مرداد ۱۳۸۸

**آشنایی با اثرات بیولوژیک پرتوهای یونیزه کننده
و روش های حفاظت در برابر آنها به انضمام روش های
حفاظتی در آزمایشگاه رادیوایمونواسی**

تهیه شده توسط :

متخصص پاتولوژی

متخصص پاتولوژی

دکتر فریده جلالی فراهانی

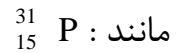
دکتر سیما ذوالفقاری

فصل اول

آشنایی با برخی از اصطلاحات پایه در فیزیک پرتوها

۱- نوکلئید:

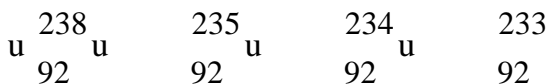
نوکلئید عبارت است از اتم بدون فضای خارجی آن که با نماد اتم یعنی ${}^A_Z X$ نشان داده می شود:



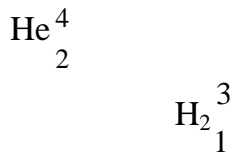
۲- طبقه بندی نوکلئیدها:

الف - طبقه بندی براساس تساوی اعداد پروتونی، نوترونی، جرمی

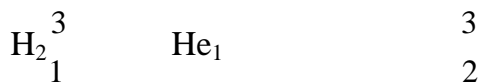
❖ ایزوتوپها: نوکلئیدهایی هستند که تعداد پروتون های آنها یکسان است مانند: ایزوتوپهای اورانیوم



❖ ایزوتونها: نوکلئیدهایی هستند که تعداد نوترون های آنها یکسان است مانند:



❖ ایزوبار: نوکلئیدهایی هستند که عدد جرمی آنها برابر ولی تعداد پروتون ها و نوترون های متفاوتی دارند. مانند:



❖ ایزومرها: نوکلئید هایی هستند که عدد جرمی و عدد اتمی آنها یکسان است ولی خواص هسته ای آنها از نظر نیمه عمر و ترازهای انرژی متفاوت است. ایزومر با انرژی بالاتر در یک حالت نیمه پایدار (Meta stable) و با نوشتن m پس از عدد جرمی مشخص می شود. مانند: ${}^{99m}_{43} Tc$ (با نیمه عمر ۶ ساعت) و ${}^{99}_{43} Tc$ (با نیمه عمر سال 2.1×10^5) ایزومر یکدیگرند.

ب - طبقه بندی براساس پایداری هسته ها

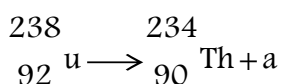
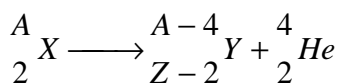
☼ نوکلئید هایی که ترکیب پروتون ها و نوترون هایشان پایدار نیست دستخوش فروپاشی می شوند . اینگونه نوکلئیدها ذاتاً ناپایدار بوده و با گذشت زمان تغییر نموده و به نوکلئید های جدیدی تبدیل می شوند .

☼ نوکلئیدهای پایدار آن دسته از نوکلئیدهایی هستند که برای همیشه ثابت هستند (حداقل برای 10^{21} سال)

۳- انواع فروپاشی هسته ها:

- فروپاشی آلفا:

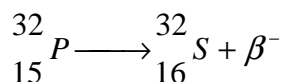
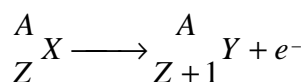
در این نوع فروپاشی از تعداد پروتون ها و نوترون های نوکلئید پرتوزا هر یک به میزان دو واحد کم می شود یعنی از عدد جرمی آن به میزان ۴ واحد کم شده و حاصل آن یک هسته هلیم (ذره آلفا) می باشد.
نمایش عمومی اینگونه فروپاشی به این شکل است.



مثال:

- فروپاشی (الکترون):

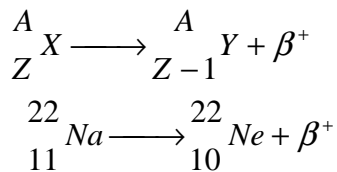
در این نوع فروپاشی یک واحد به عدد اتمی نوکلئید پرتوزا اضافه می شود یعنی یک نوترون به پروتون تبدیل می شود که حاصل آن یک الکترون است.
نمایش عمومی این گونه فروپاشی ها به شکل روبه رو می باشد:



مثال:

- فروپاشی (پوزیترون):

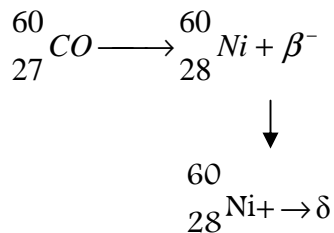
در این نوع فروپاشی یک واحد از عدد اتمی نوکلئید پرتوزا کاسته می شود یعنی یک پروتون به نوترون تبدیل می شود که حاصل آن یک پوزیترون است. نمایش عمومی این گونه فروپاشی به شکل زیر می باشد:



مثال :

- تولید اشعه گاما:

در اغلب فروپاشی های آلفا و بتا نوکلئید به حالت تحریک شده قرار می گیرد که این انرژی تحریکی نوکلئید به صورت فوتون های گاما از هسته تابش می شود تا نوکلئید به تراز انرژی پایین تر یا پایه برگردد. لذا این اشعه منشاء هسته ای دارد.



۴- پرتوهای یون ساز:

پرتوهایی هستند که از ذرات یون ساز تشکیل شده اند. این ذرات مانند گلوله های دارای انرژی می باشند که می توانند در بدن نفوذ نموده و باعث تخریب بافت ها شوند. اندازه این ذرات به قدری کوچک است که هنگام عبور از ماده با اتم ها و مولکول ها برخورد کرده و انرژی آنها به الکترون ها منتقل شده و باعث جدا شدن الکترون و در نتیجه یونیزه شدن اتم ها و مولکول می گردند.

ذرات یون ساز بر ۲ نوع می باشند:

الف) ذرات یوننده مستقیم: مانند ذرات آلفا- بتا

ب) ذرات یوننده غیر مستقیم: که دارای بار الکتریکی نمی باشند. مانند: فوتون و نوترون

۵- Radiation:

به معنای انرژی آزاد شده به فرم ذره یا امواج الکترومغناطیس می باشد منابع شایع آن گاز رادون، اشعه کیهانی و ... می باشد.

۶- رادیوایزوتوپ:

عنصر ناپایداری است که برای رسیدن به حالت پایدار پرتوی پرتوتابی می کند.

۷- پرتوزایی یا اکتیویته: Activity

طبق تعریف سرعت فروپاشی را اکتیویته یا پرتوزایی گویند. یعنی اکتیویته عبارت است از تعداد نوکلئیدهایی که در واحد زمان فروپاشی می کنند.

۸- نیمه عمر:

عبارت است از مدت زمان لازم برای آنکه نصف اتم های پرتوزا فروپاشی کنند یا مدت زمانی است که طی آن اکتیویته به نصف مقدار اولیه اش می رسد. واحد قدیم اکتیویته کوری (Curie) می باشد و عبارت است از تعداد 3.7×10^{10} فروپاشی در ثانیه . واحد جدید آن بکرل (Bequerel) می باشد و عبارت است از تعداد یک فروپاشی در ثانیه.

۹- اکتیویته ویژه: Specific Activity

کمیتی است که رابطه بین اکتیویته و جرم (یا حجم) ماده پرتوزا مشخص می کند و عبارت است از تعداد بکرل (یا کوری) در واحد جرم یا حجم ماده پرتوزا و واحدهای آن عبارتند از: Bq/m^3 ، Bq/g

آشنایی با برخی از کمیت ها و یكاهای مورد استفاده در امور حفاظت در برابر اشعه :

۱- انرژی پرتو : (Radiation Energy)

انرژی عبارت است از توانایی انجام کار و کار عبارت است از جابه جایی نقطه از نیرو و یکای هر دو در دستگاه SI ژول (J) می باشد. یکای انرژی در حفاظت در برابر اشعه الکترون ولت (eV) است. (الکترون ولت) عبارت است از انرژی یک الکترون در خلاء هنگامی که از اختلاف پتانسیل یک ولت عبور می کند. عواملی که در انتقال انرژی پرتو در بافت موثر می باشند عبارتند از :

مقدار انرژی پرتو ، شدت پرتو ، نوع پرتو ، حساسیت بافت . (جدول شماره ۱)

جدول شماره ۱: درجه اهمیت حساسیت بافت های بدن انسان به تابش

درجه اهمیت حساسیت بافت	نوع بافت و یا یاخته
۱	بافت های لنفاوی مخصوصا لنفوسیت ها
۲	یاخته های خونساز در مغز استخوان
۳	یاخته های جدار معده و روده ها
۴	یاخته های غدد تناسلی (بیضه حساستر از تخمدان)
۵	پوست به ویژه اطراف رستنگاه
۶	یاخته های غشا درون رگ ها
۷	غشا مخاطی کبد و غدد فوق کلیوی
۸	سایر بافت ها (به ترتیب اهمیت استخوان ، عضله و اعصاب)

۲- دز جذب شده: (Absorbed Dose)

دز جذب شده کمیتی است که انرژی جذب شده از کلیه پرتوها در واحد جرم ماده را اندازه گیری می کند. یكاهای آن :
 Gray عبارت است از انرژی معادل یک ژول ناشی از کلیه انواع پرتوها که به یک کیلوگرم از ماده منتقل می شود .

۱ Rad - عبارت است از انرژی معادل 10^{-2} ژول ناشی از کلیه انواع پرتوها که به یک کیلوگرم از ماده منتقل می شود .
 $1 \text{ Gray} = 100 \text{ Rad}$

۳- معادل دز : (Equivalent Dose)

معادل دز کمیتی است که اثرات بیولوژیکی ناشی از انواع پرتوها را در بافت منظور می دارد و عبارت است از حاصل ضرب دز جذب شده (D) در ضریبی به نام ضریب توزین پرتو (این ضریب از کتب مربوطه قابل دسترس است)

$$H = D * WR \quad WR = \text{Radiation Weighting Factor}$$

(جدول شماره ۲)

+++++

نتیجه: ضریب توزین پرتو ضریبی است که نوع و کیفیت پرتو را جهت محاسبه معادل دز منظور می دارد . یکای جدید آن سیورت (Sievert) می باشد و به Sv نشان داده می شود. 1Sv عبارت است از انرژی معادل یک ژول ناشی از پرتوی خاص که به یک کیلوگرم از بافت منتقل می شود یکای قدیم آن rem می باشد .

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ Rem}$$

۴- دز موثر: (Effective Dose)

دز موثر کمیتی است که علاوه بر این که اثرات بیولوژیکی ناشی از انواع پرتوها را منظور می دارد ، اثرات بیولوژیکی انواع بافت را در نظر می گیرد و برابر است با حاصلضرب معادل دز (H) در ضریبی به نام ضریب توزین بافت (WT)

$$E = H * WT$$

۵- دز جمعی : (Collective Dose)

عبارت است از مجموع حاصلضرب میانگین معادل دز دریافتی توسط زیر گروه جمعیتی (هر یک از افراد تابش دیده در تعداد افراد آن زیر گروه) این کمیت در حقیقت مقیاسی است جهت محاسبه آسیب کلی از یک چشمه پرتوزا بر یک جمعیت. (در جدول شماره ۳)

جدول شماره ۳- ضرایب توزین پرتوها

نوع و محدوده انرژی	ضریب توزین پرتو (WR)
فتون ها و الکترون ها	
نوترون ها با انرژی کمتر از ۱۰ keV	۵
از ۱۰ keV تا ۱۰۰ keV	۱۰
از ۱۰۰ keV تا ۲ MeV	۲۰
از ۲ MeV تا ۲۰ MeV	۱۰
بیشتر از ۲ MeV	۵
پروتون ها با انرژی بیش از ۲ MeV	۵
آلفاها ، پاره های شکافت و هسته های سنگین	۲۰

جدول شماره ۲- ضریب توزین بافت

نوع بافت یا عضو	ضریب توزین بافت (WT)
غدد تناسلی	۰/۲۰
مغز استخوان	۰/۱۲
کولون	۰/۱۲
ریه	۰/۱۲
معدده	۰/۱۲
مثانه	۰/۰۵
سینه	۰/۰۵
جگر	۰/۰۵
مری	۰/۰۵
تیروئید	۰/۰۵
پوست	۰/۰۱
سطح استخوان	۰/۰۱
سایر اعضا	۰/۰۱

۶- حد دز :

- مجموع دز موثر یا معادل دز در هر عضو نباید از حدهای مربوطه تجاوز کند .
- حد دز برای پرتوگیری پزشکی وجود ندارد .
- اگر میانگین غلظت گاز رادن در سال، در یک محل کار بیشتر از ۱۰۰۰ بکرل در متر مکعب باشد پرتوگیری شغلی در نظر گرفته می شود .
- حد دز برای محدود کردن پرتوگیری بالقوه به کار نمی رود .
- حد دز برای پرتوگیری شغلی و حد دز برای مردم به ترتیب عبارتند از :

الف (20 mSv/y برای میانگین دز موثر در ۵ سال متوالی و 1 mSv /y برای مردم
ب (50 mSv/y برای دز موثر در هر سال و 5 mSv /y برای مردم
ج (150 mSv/y برای معادل دز در عدسی چشم و 15 mSv /y برای مردم
د (500 mSv/y برای معادل دز در اندام های جانبی (دست و پا) و پوست و 50 mSv/y
برای مردم

توضیح : حد دز برای بیشترین مقدار معادل دز در یک سانتی متر مربع پوست به کار
می رود .

فصل دوم

آشنایی با انواع پرتوگیرها

✓ آشنایی با اثرات مضر پرتوگیری

الف (پرتوگیری داخلی بدن :

🕒 مقدمه

تولید و استفاده روز افزون و گسترده از مواد رادیواکتیو (رادیو نوکلئیدها) در زمینه های پزشکی ، تحقیقاتی و صنایع به ویژه صنعت تولید انرژی هسته ای که از نیازهای اساسی حیات انسان امروزی محسوب می گردند، توام با افزایش احتمال پرتوگیری انسان، اعم از عموم مردم و نیز بخشی از آنها ، یعنی کارکنان با پرتو ، از پرتوهای یونساز ساطع از این مواد می باشد . از سوی دیگر وجود رادیو نوکلئیدهای دارای منشاء طبیعی در محیط زیست، بالا بودن غلظت برخی از آنها در نقاطی از کره زمین ، و به ویژه افزایش غلظت آنها در محیط زیست بدن انسان در نتیجه فعالیت برخی از تاسیسات نظیر نیروگاه های دارای سوخت فسیلی (گاز و ذغال سنگ)، استفاده وسیع از گاز طبیعی ، کاربرد کودهای فسفردار کشاورزی ، و غیره همگی منابع قابل اهمیت آلودگی محیط زیست به رادیو نوکلئیدها بوده و در واقع عوامل عمده پرتوگیری اجتماع انسانی و سایر اورگانسیم ها از محیط زیست می باشند.

پرتوگیری انسان از رادیونوکلئیدهای موجود در محیط ، اعم از محیط کار و یا محیط زیست به دو صورت پرتوگیری خارجی با پرتوگیری داخلی بدن یا هر دو حالت امکان پذیر می باشد . بدین معنی که تا زمانی که رادیو نوکلئید در حالت پوشیده شده (Sealed) باشد ، تنها راه ممکن پرتوگیری بدن پرتوگیری خارجی می باشد ، مشروط بر این که رادیو نوکلئید پرتوهای نافذ (عمدتاً ایکس و گاما) ساطع نماید . ولی چنانچه رادیو نوکلئید خالی از پوشش باشد (Open) و یا به عبارت دیگر قابل انتشار در محیط باشد ، گذشته از پرتوگیری خارجی امکان پرتوگیری داخلی بدن در صورت آلوده شدن به رادیو نوکلئید، وجود خواهد داشت. مهمترین تفاوتی که بین دو حالت پرتوگیری می توان قائل شد این است که پرتوگیری خارجی بدن با دور نمودن منبع پرتوزا از بدن یا دور شدن فرد از منبع یا منطقه آلوده به مواد پرتوزا متوقف و یا کاهش می یابد، ولی چنانچه ماده پرتوزا به نحوی از انحاء به دورن بدن راه یابد پرتوگیری داخلی بدن آغاز و تا

زمانی که ماده در بدن می ماند ادامه خواهد داشت و تنها راه توقف پرتوگیری و یا کاهش آن تسریع دفع آن از بدن خواهد بود. در میان رادیو نوکلئیدهای متعدد که انسان در محیط خود با آنها روبروست برخی به دلایل دارا بودن خصوصیات هسته ای ویژه و نیز عملکرد بیولوژیکی خود در بدن از سمیت رادیو بیولوژیکی بالایی برخوردارند و چنان چه این گونه رادیو نوکلئیدها در مقادیر بیشتر از حدود تعیین شده به محیط راه یافته و انسان را آلوده سازند بالطبع می توانند خطرات جدی برای سلامت انسان محسوب گردند . لذا ضمن استفاده موثر و ضروری از رادیو نوکلئیدها ، به منظور حفاظت افراد، نسل آنها و نیز سایر ارگانیسم ها در محیط زیست ، ضروری است توصیه های حفاظتی در زمینه حفاظت کارکنان با رادیو نوکلئیدها ، حفاظت محیط زیست و حفاظت اجتماع مورد توجه لازم قرار گیرند .

۱- راه های ورود رادیو نوکلئیدها به بدن انسان :

رادیو نوکلئیدهای آلوده کننده محیط می توانند به طرق زیر به درون بدن انسان راه یابند: استنشاق هوای آلوده ، نوشیدن و خوردن آب و مواد غذایی آلوده ، جذب از سطح پوست بدن برای برخی رادیو نوکلئیدها ، ورود به جریان خون از راه جراحات های پوستی و استنشاق عمده ترین راه آلودگی بدن به ویژه برای کارکنان در ضمن کار می باشند. بلع یعنی خوردن و نوشیدن مواد غذایی و آب آلوده یکی از راه های مهم پرتوگیری داخلی به ویژه برای اجتماع و عمدتاً در هنگام رخداد حوادث هسته ای می باشد. وجود رادیو نوکلئیدهای طبیعی نظیر اورانیوم ، رادیوم و رادن در آب ها به ویژه آب های زیرزمینی از راه های مهم پرتوگیری داخلی بدن انسان از راه نوشیدن آب می باشد . جذب از راه پوست سالم بدن برای ورود برخی از رادیونوکلئیدها نظیر ^{3}H به صورت آب یا بخار آب و نیز رادیویدها به صورت بخار یا محلول حائز اهمیت می باشد. البته پوست سالم یک مانع برای ورود رادیو نوکلئیدها به بدن در حالت کلی می باشد . وجود زخم بر روی پوست بدن یکی از راه های بالقوه مهم ورود رادیونوکلئیدها به بدن به ویژه در نزد کارکنان با رادیونوکلئیدهای باز که در تماس نزدیک با آنها می باشند ، بوده و توجه به این امر برای کارکنان حائز اهمیت می باشد . قرار گرفتن بدن در معرض پرتوهای نوترون در هنگام رخداد حوادث بحرانی (Criticality Accidents) منجر به تبدیل برخی عناصر پایدار در بدن به عناصر نوکلئیدهای پرتوزا خواهد شد ، که برای مثال می توان از تبدیل

نوکلئید پایدار ^{23}Na به رادیونوکلئید ^{24}Na در اثر جذب نوترون نام برد. شکلی دیگر از آلودگی داخلی بدن ورود عمدی رادیونوکلئیدها به بدن می باشد که همانا تجویز رادیو داروها به بیماران در پزشکی برای تشخیص یا درمان بیماری ها است.

۲- عملکرد بیولوژیکی رادیونوکلئیدها بر بدن انسان :

رفتار رادیونوکلئیدها در بدن انسان از بدو ورود به بدن تا خروج از بدن، یا به عبارت بهتر متابولیسم (Metabolism) آنها در بدن یکی از مباحث بسیار مهم آلودگی داخلی به رادیونوکلئیدها می باشد. آگاهی از متابولیسم رادیونوکلئیدها در بدن انسان برای مقاصد مختلف از جمله حفاظت در برابر پرتو، جهت ارزیابی در ناشی از رادیونوکلئیدهای داخل شده به بدن (Internal Dosimetry) و نیز کاربرد رادیوداروها در پزشکی (Nuclear Medicine) حائز اهمیت بسیار می باشد. به طور کلی می توان گفت که متابولیسم رادیونوکلئیدها در بدن به خصوصیات فیزیکی ، شیمیایی و بیولوژیکی رادیونوکلئید و ترکیب ماده حامل آنها به بدن بستگی دارد. عملکرد رادیونوکلئیدها در بدن را می توان طی مراحل زیر تشریح نمود :

۲.۱ - مرحله نشست : (*Deposition*) در مسیرهای ورودی به درون بدن :

این مسیرها عبارتند از دستگاه تنفس ، دستگاه گوارش و زخم های موجود بر روی پوست بدن که به عنوان سطوح خارجی بدن و مرزهایی برای ورود رادیونوکلئیدها به درون سیستم های داخلی بدن تلقی می گردند. این مرحله از ورود رادیونوکلئیدها به بدن را اصطلاحاً آلودگی (Contamination) می نامند. عملکرد رادیونوکلئیدها در مسیرهای ورودی ، به ویژه دستگاه تنفس ، حائز اهمیت بسیار است. رادیونوکلئیدهای وارد شده به دستگاه تنفس براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود و ذرات حامل آنها (آئروسول ها) دارای عملکردهای متفاوت می باشند. بدین معنی که برخی از رادیونوکلئیدها به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود قادر به نفوذ در بخش های تحتانی دستگاه تنفس و از آنجا ورود به مایع خارج سلولی و جریان خون می باشند. که این گونه رادیونوکلئیدها و ترکیبات را قابل انتقال (Transportable) می نامند. یک شرط اساسی برای انتقال به جریان خون قابل حل بودن رادیونوکلئید در مایعات بدنی می باشد. در مقابل برخی رادیونوکلئیدها قابل نفوذ از دستگاه تنفس به جریان خون نمی

باشند و این گونه ترکیبات بعد از ورود و نشست در قسمت های مختلف دستگاه تنفس به ویژه قسمت های فوقانی بر اثر پدیده های فیزیولوژیک ، برای مثال عملکرد مژک ها در دستگاه تنفس، رفته رفته به خارج دستگاه و به سمت حلق هدایت می شوند که می توانند از آن جا به درون دستگاه گوارش راه یابند چنان چه در دستگاه گوارش نیز جذب نگردند از راه مدفوع از بدن دفع خواهند شد. این گونه ترکیبات را غیر قابل انتقال (Non-Transportable) می نامند. البته باید یادآور شد که حالت عدم قابلیت انتقال برخی از رادیونوکلیدها صددرصد نمی باشد ، بلکه بخش ناچیزی از این گونه ترکیبات قابل راه یافتن به جریان خون می باشند.

خصوصیات فیزیکی نظیر قطر ذرات و شکل آنها ، نوع ترکیب شیمیایی ذره و خصوصیات فیزیولوژیک شخص به ویژه وضع سلامت دستگاه تنفس عوامل عمده تعیین کننده عملکرد رادیونوکلیدها در دستگاه تنفس است . جذب رادیونوکلیدها در دستگاه گوارش عمدتاً در قسمت روده باریک صورت می گیرد و همانند جذب در دستگاه تنفس ، عوامل موثر در جذب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ماده خورده شده می باشد . درجه حلالیت ماده رادیواکتیو در محیط روده باریک حائز اهمیت بسیار است . برای مثال جذب رادیویدها در ترکیبات محلول در بدن ، از دستگاه گوارش صددرصد می باشد ، ولی رادیونوکلیدهایی نظیر اورانیوم و پلوتونیوم دارای میزان های جذب بسیار پایین (حدود ۰/۰۱٪) می باشند . ذکر این نکته در این جا ضروری است که برای رادیونوکلیدهای غیر قابل انتقال از دستگاه های تنفس و گوارش ، اورگان های بحرانی عمدتاً محل های نشست در دستگاه های فوق الذکر می باشد .

۲.۲ - مرحله جا به جایی : (*Translocation*)

این مرحله بیانگر چگونگی انتقال رادیونوکلیدها از محل نشست به درون جریان خون یا به درون لنف می باشد. بر این اساس چنان چه رادیونوکلید در مایعات بدنی محلول و به عبارت دیگر قابل انتقال باشد به جریان خون راه خواهد یافت و موجب آلودگی درونی بدن یا آلودگی سیستمی خواهد شد (Systemic Contamination) . همراه با این مرحله (مرحله جا به جایی) بخشی از رادیونوکلیدها به دلایل خصوصیات فیزیکی ذرات حامل قابل جذب نبوده و توسط پدیده های فیزیولوژیک از مسیرهای ورودی دفع می گردند .

۲.۳ - مرحله توزیع: (*Distribution*) و نشست در ارگان های بدن:

رادیونوکلئیدهای وارد شده به جریان خون براساس خصوصیات شیمیایی و نقش فیزیولوژیک خود و نیز خصوصیات ترکیب حامل در یک یا چند بافت مورد نظر جذب می گردند و برای مدت زمان های متفاوت براساس خصوصیات بیولوژیک در آن ارگان ها یا بافت ها باقی می ماند. در این ارتباط ارگانی که بالاترین مقدار از یک رادیونوکلئید معین را در خود جمع می نماید و آسیب وارده به آن به منزله آسیب عمده به کل بدن خواهد بود اصطلاحاً ارگان بحرانی (*Critical Organ*) نامیده می شود. برای مثال، غده تیروئید نقش ارگان بحرانی را برای رادیویدها (^{131}I ، ^{125}I و ^{123}I و غیره) داراست زیرا این غده حدود ۳۰ درصد از رادیوید وارد شده به بدن را جذب می کند. برخی رادیونوکلئیدها، اگرچه ممکن است عناصر ضروری برای بدن نباشند، ولی به دلیل تشابه آنها از نظر خصوصیات شیمیایی با برخی عناصر ضروری تقریباً از متابولیسم این عناصر تبعیت می کنند. برای مثال، رادیونوکلئید ^{137}Cs (سزیوم) همانند عنصر پتاسیم در بدن عمل می کند این عناصر اصطلاحاً هم شکل (همولوگ) از نظر فیزیولوژیک نامیده می شوند. رادیونوکلئید اخیر در ارگان خاصی از بدن نمی نشیند، بلکه در تمام بدن منتشر می گردد و بر این اساس ارگان بحرانی آن تمام بدن می باشد. رادیونوکلئیدهایی نظیر ^{90}Sr ، ^{226}Ra ، ^{239}Pu و بسیاری دیگر همانند عنصر کلیسم در بدن عمل می کنند و محل نشست عمده آنها در بدن، استخوان می باشد. از این رو آنها را رادیونوکلئیدهای استخوان گرا (*Bone-Seeker*) می نامند. این رادیونوکلئیدها دارای زمان نشست طولانی در بدن می باشند و از این رو از نظر رادیولوژیک حائز اهمیت بسیار زیاد هستند. رادیونوکلئیدهای دیگر نظیر ^3H (آب ^3H دار) و ^{24}Na همانند عناصر پایدارشان در تمام بدن منتشر می گردند.

از خصوصیات متابولیک رادیونوکلئیدها، با توجه به ترکیب شیمیایی حامل آنها، در پزشکی هسته ای استفاده می نمایند و برای بیماری های گوناگون در ارگان های بدن و بررسی عملکرد ارگان ها از آنها کمک می گیرند. برای مثال، از رادیو داروی یدور پتاسیم (^{131}I حاوی) برای آزمایش جذب ید در تیروئید (*Thyroid Uptake Test*) یا عکسبرداری از غده تیروئید و نیز درمان پرکاری و سرطان تیروئید استفاده بسیار

می نمایند. از ترکیبات شیمیایی دیگر حامل ^{131}I برای بررسی سایر ارگان ها نیز استفاده می نمایند .

۲.۴ - مرحله دفع از بدن : (Elimination)

توأم با توزیع رادیونوکلئیدها در بدن و نشست در ارگان ها و بافت ها پدیده دفع نیز صورت می گیرد . برای رادیونوکلئیدهایی که قابل انتقال در مایعات بدنی هستند دفع عمدتاً از طریق ادرار انجام می گیرد . عرق بدن و بزاق از جمله راه های دیگر دفع برای این گونه رادیونوکلئیدها تلقی می شوند . برای رادیونوکلئیدهای دارای حالات گازی نظیر گاز رادن و تورون (^{222}Rn و ^{220}Rn) که در نتیجه تجزیه رادیواکتیو رادیونوکلئیدهای (^{226}Ra و ^{224}Ra) در بدن تولید می شوند دفع از طریق بازدم انجام می گیرد . برای رادیونوکلئیدهای خورده شده دفع از طریق مدفوع صورت می گیرد . سرعت دفع رادیونوکلئیدها از بدن براساس متابولیسم آنها تعیین می گردد و برای هر رادیونوکلئید الگوی خاصی برای دفع آن از بدن وجود دارد. ذکر این نکته در این جا ضروری است که کاهش مقدار رادیونوکلئیدها در بدن براساس دفع بیولوژیکی آنها از بدن و نیز تجزیه رادیواکتیو آنها در بدن صورت می گیرد . در این ارتباط پارامتر تعیین کننده کاهش مقدار رادیونوکلئیدها در بدن نیمه عمر موثر هر رادیونوکلئید در بدن می باشد . (Effective Half- Life) با توجه به بستگی مراحل فوق الذکر به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رادیونوکلئید آلوده کننده بدن چنین استنتاج می گردد که رادیونوکلئیدهای مختلف دارای عملکردهای بیولوژیکی متفاوت نسبت بهم هستند و حتی برای ترکیبات مختلف از یک رادیونوکلئید با خصوصیت های فیزیکی و شیمیایی متفاوت نیز عملکردهای متفاوت وجود دارد . برای مثال متابولیسم رادیوسزیم با متابولیسم پلوتونیوم متفاوت است و برای پلوتونیوم متابولیسم برای ترکیب اکسیدی و ترکیب نیترات نیز متفاوت می باشد . از اطلاعات مربوط به متابولیسم رادیونوکلئیدها در بدن انسان که بیانگر انتقال و توزیع آنها در بین بافت های مختلف بدن و دفع آنها از بدن به صورت تابعی از زمان می باشد مدل هایی تهیه می شود که اصطلاحاً آنها را مدل های متابولیک (Models Metabolic) می نامند . اطلاعات مزبور از بررسی های انجام شده بر روی حیوانات آزمایشگاهی نظیر سگ و موش که رادیونوکلئید مورد بررسی را دریافت داشته اند و از بررسی های پیگیر بر روی افرادی که در نتیجه حوادث آلوده شده اند و در

برخی موارد با استفاده از تجویز برخی رادیونوکلئیدها به افراد داوطلب بدست آورده اند یا می آورند . یکی از موارد مهم کاربرد اطلاعات متابولیک رادیونوکلئیدها استفاده از آنها در جهت تسریع دفع از بدن یا به عبارت دیگر درمان آلودگی داخلی به رادیونوکلئیدها می باشد.

۳- سمیت رادیونوکلئیدها (Radio toxicity) :

علمی که به بررسی عوارض فیزیکی و بیولوژیکی ناشی از ورود و نشست رادیونوکلئیدها در بدن می پردازد به نام رادیوتوکسیکولوژی خوانده می شود ، ولی در مفهوم وسیعتر واژه مزبور در برگیرنده عملکرد و اثرات رادیوایزوتوپها در محیط زیست نیز می باشد . اساساً عوامل موثر در سمیت رادیوایزوتوپها یا عبارت دیگر اثرات ناشی از رادیوایزوتوپهای نشت کرده در بدن به شرح زیر می باشند :

*** خصوصیات شیمیایی رادیوایزوتوپ**، که در واقع همان خصوصیات شیمیایی عنصر مربوطه می باشد ، و ماهیت ترکیب حامل رادیوایزوتوپ نیز عامل موثری در این رابطه می باشد . این خصوصیات همان طوری که در پیش گفته شد تعیین کننده عملکرد رادیوایزوتوپ در بدن یا به عبارت دیگر متابولیسم آن در بدن می باشد که شامل موارد زیر می گردد :

- جذب رادیونوکلئید از روده ، ریه ، یا سایر قسمت های ورودی بدن

- راه و سرعت دفع از بدن

- انتقال و ابقاء در قسمت های نشست در بدن

- گردش مجدد و انتقال به قسمت های ثانویه نشست

- سمیت شیمیایی عنصر

چهار مورد اول در قسمت پیش توضیح داده شد . در مورد سمیت شیمیایی عنصر باید گفت که خصوصیات شیمیایی رادیونوکلئیدها گذشته از تاثیری که بر روی متابولیسم آنها دارد ، از جنبه دیگری نیز حائز اهمیت می باشد و آن در مورد رادیونوکلئیدهای با اکتیویته ویژه پایین است . اورانیوم طبیعی به دلیل این خصوصیت مورد مهمی می باشد و آن این است که جرم عنصر آلوده کننده تعیین کننده سمیت آن است نه مقدار اکتیویته آن ، اما برای سایر رادیونوکلئیدها ، اثرات بیولوژیکی با سمیت آنها براساس پرتوهای ساطع شده از آنها ضمن تجزیه ، یا به عبارت دیگر از نظر رادیولوژیکی تعیین می گردد .

* مقدار رادیونوکلئید نشست کرده در بدن : که عامل اساسی در تعیین دوز وارده به بدن می باشد .

* نوع پرتو (پرتوهای ساطع شده از رادیونوکلئید) عامل اساسی در تعیین سمیت رادیونوکلئیدها در بدن می باشد . بر این اساس پرتوهای دارای انتقال انرژی خطی (LET) بالا نظیر ذرات آلفا ، و رادیونوکلئیدهای ساطع کننده آنها دارای سمیت رادیولوژیک بالاتر نسبت به رادیونوکلئیدهای دارای پرتوهایی با LET پایین نظیر ایکس و گاما ، می باشد.

* نیمه عمر فیزیکی رادیونوکلئید، برای رادیونوکلئیدهای دارای نیمه عمر بیولوژیکی بالا ، زیاد بودن نیمه عمر فیزیکی نوکلئید باعث کندی کاهش رادیونوکلئید در بدن و بالا رفتن سمیت رادیونوکلئید خواهد شد .

* نیمه عمر بیولوژیکی رادیونوکلئید، که براساس متابولیسم آن عنصر در بدن تعیین می گردد. برای مثال ^{99m}Tc دارای نیمه بیولوژیکی چند روز ، ^{131}I نیمه عمر حدود ۱۳۸ روز و ^{239}Pu نیمه عمر حدود ۶۵۰۰۰ روز می باشد . همان طوری که در پیش اشاره شد با توجه به نیمه عمر بیولوژیکی رادیونوکلئید نیمه عمر دیگری استنتاج می گردد که آن را نیمه عمر موثر می نامند که پارامتر کلی تعیین کننده سرعت کاهش رادیونوکلئید از بدن می باشد . برای مثال نیمه عمر موثر ^3H در بدن (آب ^3H دار) حدود ۱۲ روز می باشد. (با وجودی که نیمه عمر فیزیکی آن حدود ۱۲ سال است) و نیمه عمر موثر ^{239}Pu به دلیل بالا بودن عمر فیزیکی بیولوژیکی حدود ۶۵۰۰۰ روز می باشد .

* وجود یا عدم وجود و مقدار هر نوکلئید حامل، برای مثال یک نوکلئید پایدار از همان عنصر، برای مثال کمبود ید پایدار در بدن موجب افزایش ید رادیوکتیو در غده تیروئید خواهد شد.

* سن و وضعیت فیزیکی شخص، که عامل مهم و موثر در متابولیسم رادیونوکلیدها در بدن منجمله جذب و نشست آنها در بدن می باشد .

* در برخی موارد، نظیر سرطانزایی ، وجود یا عدم وجود عوامل کمک کننده (Cofactors) که می توانند باعث افزایش اثر پرتوی یون ساز گردند .

ب - پرتوگیری خارجی

مواد پرتوزا به طور پیوسته و قابل پیش بینی انرژی منتشر می نمایند . انرژی انتشار یافته می تواند به صورت ذرات آلفا (α) ، بتا (β) و پرتوهای گاما (δ) باشد . برخورد این پرتوها با ماده تحت شرایط خاص ، باعث انتشار پرتوهای ایکس و یا ذرات نوترون می شود.

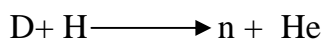
پرتوهای ایکس و گاما از فوتون تشکیل یافته اند . فوتون ها در برخورد با ماده مانند ذره عمل می نمایند. هر چه طول موج فوتون ها کوتاه تر باشد انرژی آنها بیشتر خواهد بود . انرژی زیاد پرتوهای گاما و قدرت نفوذ آنها در ماده ناشی از طول موج خیلی کوتاه آنها می باشد . پرتوهای ایکس به وسیله ماشین های مولد پرتو ایکس تولید می شوند هنگامی که ولتاژ مناسب که از مرتبه هزاران ولت است روی ماشین اعمال می شود . این پرتوها در مقایسه با پرتوهای گاما دارای طول موج بلندتر و در نتیجه انرژی کمتر و قدرت نفوذ ضعیف تر می باشند. رادیوایزوتوپ های ^{60}Co و ^{192}Ir دو نوع از مواد پرتوزای تولید کننده پرتوهای گاما می باشند. پرتوهای گامای ناشی از ^{192}Ir دارای انرژی کمتری نسبت به پرتوهای ^{60}Co می باشند و هر کدام از این مواد دارای کاربرد خاصی می باشند . ذرات بتا همان الکترون ها هستند و دارای گستره وسیعی از انرژی می باشند . دو نوع از مواد بتازا تریتمیم (^3H) و فسفر-۳۲ (^{32}P) می باشند .

انرژی پرتوهای تریتمیم تقریباً یک صدم انرژی پرتوهای ناشی از فسفر می باشد. ذرات آلفا به طور کلی کندتر از ذرات بتا حرکت می کنند چون ذرات سنگینی می باشند انرژی بیشتری با خود حمل می نمایند . در مواردی که نیاز باشد در یک مسیر کوتاه یون سازی زیادی انجام شود مانند آشکار سازهای دود ، از مواد آلفا استفاده می شود.

جدول شماره ۴ - نام برخی از مواد پرتوزا و کاربردهای آنها آورده شده است

کاربرد	انرژی پرتو (Mev)	نوع پرتو	نیمه عمر	ماده پرتوزا
اندازه گیری صنعتی →	۵/۳-۵/۵ ۰/۰۳-۰/۳۷	آلفا بتا	۴۵۸ سال	آمرسیم - ۲۴۱
پرتو درمانی و تشخیصی	ماکزیمم ۰/۶۱ ۰/۳۶-۰/۰۸ و ۰/۷	بتا گاما	۸/۱ روز	ید - ۱۳۱
پرتو درمانی	ماکزیمم ۱/۷	بتا	۱۴/۳ روز	فسفر - ۳۲
پرتو درمانی ، پرتونگاری و اندازه گیری صنعتی	ماکزیمم ۰/۳۱۴ ۱/۱۷ و ۱/۳۳	بتا گاما	۵/۲۵ سال	کبالت - ۶۰
پرتو درمانی ، پرتونگاری و اندازه گیری صنعتی	ماکزیمم ۰/۵۱ ۰/۶۶۲	بتا گاما	۲۸ سال	سزیم - ۱۳۷
اندازه گیری صنعتی	۲/۲۷	بتا	۲۸ سال	استرانسیم ۹۰-
	۲/۲۶	بتا		ایتیریم - ۹۰
پرتو درمانی و رادیوگرافی صنعتی	ماکزیمم ۰/۶۷ ۱/۴-۰/۲	بتا گاما	۷۴ روز	ایریدیم - ۱۹۲
پرتو درمانی	۴/۵۹-۶ ۰/۶۷-۳/۲۶ ۰/۲-۲/۴	آلفا بتا گاما	۱۶۲۰ سال	رادیوم - ۲۲۶
تحقیقات	۴-۵ ۰/۰۶	نوترون گاما	۴۵۸ سال	آمرسیم+برلیم

نوترون ها به روش های مختلف تولید می شوند . یکی از این روش ها مخلوط نمودن یک ماده آلفازا مانند ^{241}Am با Be می باشد. هنگامی که ذرات آلفا از آمرسیم انتشار یافته و به برلیوم برخورد می نمایند طی واکنش هسته ای $n+c \longrightarrow \alpha + \beta e$ نوترون هایی با انرژی زیاد تولید می شوند . امرسیم دارای پرتوهای گاما نیز می باشد . بنابراین این یک چشمه مرکب $\text{Am}-\text{Be}$ نوترون زا و گامازا می باشد. یکی دیگر از روش های تولید نوترون با استفاده از شتاب دهنده ها می باشد . برای مثال پرتوهای یونی مانند دوتریم D به وسیله ماشین شتاب دهنده، شتابدار می شوند و روی یک هدف خاص مانند تریتم تابانده می شوند و از طریق واکنش زیر نوترون های با انرژی خیلی زیاد (۱۴ Mev) تولید می نمایند.



فصل سوم

اثرات بیولوژیک پرتوهای یون ساز

خلاصه ای از اثرات بیولوژیکی پرتوهای یون ساز

امروزه اثرات بیولوژیکی پرتوهای یون ساز را به سه گروه مختلف طبقه بندی می کنند :

۱- اثرات قطعی بدنی یا جسمانی (Somatic Certainly Effects) :

منظور اثرات بدنی است که وقوع آن حتمی است و جنبه احتمالی یا آماری ندارد . این اثرات را معمولاً تظاهرات اولیه یا زودرس ناشی از پرتو می نامند هر چند که بعضی از این اثرات دیررس نیز می باشند . از سرخی پوست (Erythema) گرفته تا نابودی و نکروز بافت ها ، عقب افتادگی رشد همگی جزء این گونه اثرات محسوب می شوند .

۲- اثرات آماری بدنی (Somatic Stochastic Effects):

اثرات بدنی هستند که وقوع و پیشرفت آنها ماهیت آماری دارند و از قوانین آن تبعیت می کنند مهمترین این اثرات عبارتند از : لوسمی (Leukemia) و انواع سرطان ها ، اثرات آماری همگی جزء اثرات دیررس پرتوهای یون ساز می باشند .

۳- اثرات ژنتیکی (Genetic Effects):

اثراتی هستند که در افراد پرتو دیده بروز نمی کند بلکه در فرزندان و نسل های آینده ظاهر می شوند این اثرات همگی نتیجه ضایعات هستند که پرتوهای یون ساز بر روی DNA ایجاد می کنند. به این ترتیب روشن می شود که اصول و قوانین حفاظت در برابر پرتوهای یون ساز روش ها و اقداماتی برای جلوگیری یا به حداقل رساندن اثرات یاد شده در افراد می باشند .

✳️نسوج حساس و مقاوم بدن در برابر پرتو:

به علت وجود تبادلات بین نسوج و سیستم های مختلف موجود زنده تشخیص اثرات نهایی پرتو روی انسان پیچیده است . اندام های بدن از نظر آسیب پذیری در مقابل پرتو به دو قسمت تقسیم می شوند.

الف) نسوج حساس به پرتو که عبارتند از:

- ۱- مغز استخوان ۲- سلول های جنسی ۳- نسوج لنفاوی ۴- مخاط دستگاه گوارشی و گلو
- ۵- اپی درم پوست ۶- فولیکول ها

ب) نسوج مقاوم به پرتو که عبارتند از:

- ۱- غضروف و نسوج های استخوانی ۲- عضلات یا بافت های عضلانی ۳- بافت عصبی

✱ اثر کلی پرتو در انسان :

اثر پرتو روی انسان به دو صورت قابل ذکر است . اثرات حاد و اثرات تاخیری

✱ اثرات حاد :

که بلافاصله بعد از برخورد پرتو با قسمت های مختلف بدن ظاهر می گردد و بروز آن مربوط است به اندازه و موقعیت ناحیه پرتو دیده و نیز میزان و زمان دز دریافت شده. نظر به این که عکس العمل پوست بدن در برابر پرتو قابل رویت و مشخص است لذا به ذکر حالت های مختلف آن می پردازیم :

۱- Mild Erytoma (سرخی ملایم) :

در این حالت در ناحیه پرتو دیده پوست یک سرخی ملایم ایجاد می گردد مانند سوختگی ناشی از آفتاب این وضع بعد از برخورد دزی حدود ۴۰۰ راد ایجاد می گردد و در مدت حدود ۷ روز مرتفع می شود علتش منبسط شدن رگ های خونی محل پرتو دیده و احتقان می باشد .

۲- Wet dermatitis درماتیت مرطوب:

حالت التهاب و سرخی شدید پوست می باشد که منجر به تولید و زیکول می گردد، این حالت را می توان به یک سوختگی پوست درجه ۲ تشبیه کرد و در اثر برخورد پرتوی با دز بالای ۵۰۰ راد ایجاد می گردد . بازیابی و ترمیم در این حالت خیلی کند است و حدود ۶ هفته طول دارد .

۳- Necrosis :

حالت خیلی شدید و دردناک از آزرده گی پوست می باشد که با دزی حدود ۳۰۰۰ راد یا بیشتر به وجود می آید. این حالت را می توان به یک سوختگی پوست درجه ۳ تشبیه نمود التیام و ترمیم این ضایعه بسیار مشکل بوده و خیلی طولانی است ، قدرت ترمیم و بهبودی کامل ممکن است به چند سال برسد .

* شدت تاثیر پرتو روی پوست افراد به عوامل زیر بستگی دارد :

- ۱- محل قرار گرفتن نسج آزرده شده توسط پرتو به طور مثال نقاطی که چین خورده هستند و عرق می کنند مانند : زیر بغل ، کشاله ران ، زیر پستان حساس هستند .
- ۲- سن: پوست افراد مسن معمولاً بیشتر از اشخاص جوان مورد آسیب پرتو قرار می گیرد .
- ۳- جنس پوست زنان بیشتر از مردان نسبت به پرتو حساس است .
- ۴- رنگ : اشخاص با پوست سفید حساس تر از افراد با رنگ پوست تیره می باشند .
- ۵- موقعیت اولیه محل برخورد پرتو : اگر پوست قبل از برخورد پرتو بنا به عللی آزرده شده باشد .مانند (سوختگی یا عفونت پوستی) در این صورت پوست خیلی حساس است.

* تاثیر پرتو روی عناصر خونی :

عناصر مختلف موجود در خون مانند گلبول های قرمز و سفید و پلاکتها تحت تاثیر پرتو قرار می گیرند ولی عکس العمل آنها در مقابل آن متفاوت می باشد و بستگی به دز جذب شده دارد .از آن جایی که وظیفه دفاعی بدن در مقابل عفونت های مختلف به عهده گلبول های سفید می باشد لذا کاهش آنها در اثر پرتو وارده به قسمت های مختلف بدن زمینه را جهت ابتلاء به عفونت مساعد می سازد این کاهش با دز حدود ۲۵ را شروع می شود. از طرفی مقاومت گلبول های قرمز خون نسبت به پرتو بیشتر از گلبول های سفید است چون طول عمر گلبول های قرمز طولانی تر از گلبول های سفید است و تغییر آنها در خون محیطی کندتر می باشد . بنابراین آنمی کم خونی ناشی از کمبود گلبول قرمز) حاصل از یک پرتوگیری ، ملایم تر از لکوپنی (کم شدن گلبول های سفید خون) حاصل از آن می باشد . همچنین کم شدن پلاکت های خون که در دزهای بالا حدود ۷۵-۵۰ را ممکن است اتفاق بیافتد و حالت خونریزی را پیش می آورد.

تأثیر پرتو بر سلول های جنسی :

الف (بیضه ها :

تمام مراحل تکاملی سلول های جنسی مردانه از ابتدا (اسپرماتوگونی) تا انتها (اسپرماتوزوئید) را اسپرماتوزنز می گویند که این مراحل در لوله های سمی نیفروس شخص بالغ انجام می گیرد . از آن جایی که مراحل مختلف اسپرماتوزنز در انسان و میمون تقریباً مشابه است . برای اولین بار دو محقق به نام های Lebland و Clermand ، ۵ مرحله متفاوت در اسپرماتوزنز میمون مطالعه نمودند و متعاقب آن با به کار بردن تیمیدین رادیواکتیو اشخاص داوطلب نشان دادند که اسپرماتوزنز در انسان نیز مانند میمون می باشد با این تفاوت که مراحل رسیدگی از نظر مدت زمان متفاوت است. در انسان اسپرماتوگونی از همه حساس تر و اسپرماتوزوئید نسبتاً مقاوم تر است . به عنوان مثال با یک تابش حدود ۴۰۰ راد به دستگاه تناسلی مردانه سلول های اسپرماتوگونی کشته می شوند ولی ذخیره اسپرماتوزوئید از قبل وجود دارد و به این جهت حدود یک ماه یا بیشتر طول می کشد تا اسپرماتوزوئید دیگر دیده نشود. به طور کلی دز حدود ۳۰۰ راد در جنس مذکر حالت عقیمی موقت و دز ۶۰۰ راد به بالا عقیمی پایدار به وجود می آورد.

ب (تخمدان ها :

مراحل رسیدگی یا تکامل سلول های جنسی زنانه را اووژنز می نامند که از سلول های اووگونی شروع و به گامت جنسی زنانه ختم می شود . تخمدان ها از بیضه ها در برابر پرتو خیلی حساس تر هستند چون تعداد سلول های زاینده آنها کمتر است و به خصوص در اینها تقسیمات اولیه سلول های تناسلی زنانه در مرحله جنینی تا هفته های اول پس از تولد صورت گرفته و خاتمه می یابد . تابش پرتو با دز حدود ۶۰۰-۳۰۰ راد به تخمدان ها می تواند عقیمی موقت یا دائم را نسبت به سن در خانم ها ایجاد نماید. خانم ها در سنین نزدیک یائسگی حساستر هستند به طوری که در سنین پایین تر دز عقیمی به حدود ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ راد می رسد .

اثرات برخورد پرتو به تمام قسمت های بدن :

اگر تمام بدن تحت تاثیر پرتو با دز بالاتر قرار گیرد ممکن است اثرات ذکر شده به هر یک از اعضا بدن یک جا بروز کند. اثر عمومی پرتو روی اعضا مختلف بدن تقریباً متفاوت می باشد که ممکن است در بعضی از اعضا شدید و در برخی خفیف بروز کند. در برخورد پرتو به تمام بدن با دز کمتر از حدود ۲۵ راد اثر کلینیکی به جا نمی ماند و تشخیص عضو پرتو دیده مشکل است اولین اثر با دز بالاتر از ۲۵ رادلکوپنی (کم شدن گلبول های سفید) متعاقب آن انمی (کم شدن گلبول های قرمز) و خونریزی زیر جلدی (هماتوم) قابل ذکر است در دز حدود ۷۵ راد اغلب پرتودیدگی در فرد ظاهر می شود و شدت بروز علائم بستگی به ارزش جذب دز و پخش آن دارد به طور مثال علائم زیر مربوط به پرتوی با دز حدود ۴۰۰ راد می باشد.

الف: حدود چند ساعت بعد از پرتودیدگی سردرد، استفراغ، اسهال، تب و در روزهای بعدا ولسرهای (زخم های جوش مانند) کوچک در دهان و زخم گلو و کم شدن تدریجی وزن بدن.

ب: در عرض دومین هفته علائم زیر ظاهر می گردد: بهبودی وضع ظاهر و از بین رفتن علائم گفته شده قبلی، کم شدن مداوم وزن با دامنه های متفاوت

ج: در عرض سومین هفته علائم قبلی با شدت بیشتر دوباره عود می کنند و بروز عقیمی موقت نیز اضافه می گردد. ثبات وزن علامت پیشرفت بیماری به طرف بهبودی است. شخص پرتو دیده ای که در سومین هفته نیز به تدریج وزنش کم می شود در عرض چهارمین هفته به احتمال قوی خواهد مرد. احتمال مرگ و میر در برخورد اشعه ای با دز ۴۰۰ را در حدود ۵۰٪ می باشد که این دز را در انسان (LD 50 Median Lethal Dose) دز متوسط مرگ زا می نامند. به علت این که مقاومت افراد در مقابل مرگ صد درصد نیست لذا بهترین نماینده حساسیت مرگ را در ۵۰ درصد به حساب می آورند و زمان آن معمولاً ۳۰ روز است. اقداماتی که برای نجات این گونه بیماران می توان انجام داد جدا کردن بیمار و قرار دادن آن در اتاق استریل است تا از ابتلا به سایر بیماری ها در امان باشد. تجویز دقیق آنتی بیوتیک و پیوند زدن مغز استخوان (Bone Marrow) در مراکز بسیار دقیق و مخصوص پزشکی در صورتی که موقعیت و وضعیت مریض اجازه بدهد مجاز می باشد و این عمل به عنوان ریسک برای بهبودی بیمار است. بنابراین کمک های ولیه برای درمان شخصی که تحت تاثیر در بالا قرار گرفته

چیزی نیست جز این که در استراحت مطلق قرار داده شود و این استراحت ممکن است مدتی طول بکشد. قدم بعدی در درمان پرتودیدگی جبران دز هیدراتاسیون (از بین رفتن آب سلول های بدن) حاصل از پرتو می باشد. به طوری که گفته شد در دزهای بالا اسهال آبکی و گاه خونی به شخص دست می دهد که موجب کم شدن مایعات بدن و بهم خوردن الکترولیت های بدن که خود باعث مرگ سریع می گردد. هنگامی که مخاط روده و معده ترمیم می شود درمان و مداوای کم آبی و عدم تعادل الکترولیت های بدن از مرگ آنی جلوگیری می کند. علائم گفته شده فوق در مورد دزهای بالا و پایین ۴۰۰ راد نیز صادق است تفاوت فقط در شدت و زمان گسترش علائم فوق می باشد. به طور مثال با دز ۱۰۰ راد همان علائم گفته شده بالا به وجود می آید با این تفاوت که علائم در دو هفته متوالی ظاهر می گردد با شدت کم و احتمال مرگ در این حالت ۱٪ می باشد برعکس پرتوی با دز ۶۰۰-۸۰۰، راد همان علائم را با شدت خیلی زیاد و فشرده ایجاد می کند و مرگ به احتمال ۱۰٪ در آخر هفته دوم پیش می آید دز حدود ۱۰/۰۰۰ راد تشنج فراوان و مرگ آنی پیش می آورد.

اثرات دیررس پرتو :

مسئله ای که در مطالعه علائم دیررس ناشی از پرتو باید در نظر گرفت طولانی بودن زمان است و این که آیا وضع پیش آمده حاصل پرتودیدگی می باشد یا نه خیلی مشکل است چون اثرات مشابه ممکن است توسط سایر فاکتورها از قبیل مواد شیمیایی و یا این که به طور طبیعی اتفاق بیفتد نیز وجود دارد برای مثال وقوع لوسمی (سرطان خون) در یک اجتماع یک میلیون نفری به طور طبیعی ۵۰ نفر در سال می باشد. به ازاء هر رم پرتوگیری فردی ۳۰ نفر به تعداد مبتلایان در یک میلیون نفر اضافه می شود که با توجه به عدد ذکر شده و در نظر گرفتن وقوع طبیعی آن خیلی جزئی است.

ریسک ابتلا به سرطان های متداول دیگر به قرار زیر است :

احتمال وقوع و مرگ و میر از سرطان تیروئید به ازاء هر رم در یک میلیون نفر ۱۰ نفر احتمال وقوع و مرگ و میر از سرطان پستان به ازاء هر رم در یک میلیون نفر ۱۰ نفر احتمال وقوع و مرگ و میر از سرطان شش به ازاء هر رم در یک میلیون نفر ۲۵-۵۰ نفر با توجه به ارقام ذکر شده که به این نتیجه می رسیم که در مقایسه با

فاکتورهای دیگر سرطان زا و سایر اتفاقات مرگ زا در اجتماع پرتو از نسبت درصد پایینی برخوردار است. بنابراین در چهارچوب اهداف و اصول حفاظت در برابر پرتو افراد توجه داشته باشند پرتوگیری ها در حداقل موجه شدنی خود حفظ گردد.

اثرات پرتو در جنین:

این اثرات بستگی به سن جنین دارد هر چه جوانتر باشد تاثیر پذیری اش بیشتر است مخصوصا در ۴ هفته اول رشد جنین این اثر زیاد است. اثرات پرتو در جنین خیلی بیشتر حائز اهمیت است چون یک صدمه کوچک و جزئی ایجاد شده در طول مدت رشد جنین تبدیل به یک آنومالی اصلی بزرگ می گردد. تشخیص اثرات پرتو در جنین هم مشکل است زیرا ۳٪ بچه ها به طور طبیعی هنگام تولد آنومالی نشان می دهند. به طور کلی پرتوهای یون ساز در جنین می تواند اثرات سقط جنین و عقب ماندگی و احتمالا لوسمی و ایجاد فتق و نقص کلیه و ناموزون بودن دندان ها و ناهنجاری های اسکلتی و کوتاهی قد و ناقص الخلقه بودن را بنمایند. در ضمن بعضی از ناقص الخلقه ها ممکن است به طور طبیعی اتفاق بیافتد که غیر قابل تشخیص از اثرات پرتو است همچنین در برخی موارد سقط جنین ممکن است در اثر مسئله پرتو نباشد بلکه در نتیجه بهم خوردن تعادل هورمونال ناشی از پرتو دیدگی به وقوع پیوندند. دستگاه ها و اعضاء مختلف جنین مخصوصا سلسله اعصاب مرکزی، چشم و نسوج مزانشیم بیشتر از افراد بالغ حساس به پرتو می باشند. که می توان گفت مربوط به توسعه سریع و فعالیت متابولیکی جنین است. به طور کلی دوران جنین را از نظر حساسیت به پرتو به سه قسمت تقسیم می کنند:

۱- دوره فوق العاده حساس که قبل از جایگزینی تخمک در دیواره رحم Preimplantation می باشد که در این مرحله اگر میزان دز از حد معینی تجاوز کند سقط جنین یا مرگ پیش می آید.

۲- دوره حساس و یا زمان تفکیک و ساخته شدن اندام های مختلف است و تا ۳ ماهگی ادامه دارد و ناهنجاری های یاد شده بالا در این مرحله اتفاق می افتد.

۳- دوره اصلی جنسی از ۳ ماهگی به بعد که جنین نسبتا مقاوم است معهذبا با دزهای زیاد پرتو احتمال عوارض نامطلوب مانند، میکروسفالی، کوتاهی، عقیم شدن و افزایش

احتمالی ایجاد لوسمی و سرطان های دیگر وجود دارد بنابراین می بایستی در مورد رادیوگرافی توجه بیشتری مبذول بشود .

فصل چهارم

روشهای محدود سازی پرتوگیری

روش های حفاظت در برابر اشعه

روش های حفاظت در برابر اشعه شامل محدودسازی پرتوگیری خارجی و داخلی می باشد.

الف (محدود سازی پرتوگیری خارجی

- به حداقل رساندن زمان پرتوگیری
- به حداکثر رساندن فاصله از چشمه تابش
- حفاظ گذاری پیرامون چشمه تابش
- جایگزینی نمودن تکنیک هایی که از مواد غیر رادیونوکلئید بهره می برند به جای روش هایی که از این عناصر استفاده می کنند .

(۱) زمان :

- تمرین نمودن تکنیک های جدید و نا آشنا بدون استفاده از مواد رادیواکتیو تا زمان کسب مهارت کامل در کار با این روش ها
- کار با رادیونوکلئیدها به فرم سنجیده و آگاهانه بدون هیچ گونه تعجیل و شتاب زدگی
- اطمینان از عودت تمام منابع رادیواکتیو به محل ذخیره سازی آنها بلافاصله پس از اتمام کار .
- دفع مکرر مواد زائد رادیواکتیو از محیط کار .
- صرف وقت کمتر در محیط آزمایشگاه تا حد امکان .

مقدار پرتوگیری خارجی (دز دریافتی پرتوکار) متناسب با زمانی است که در میدان تابش سپری می شود. انجام فعالیت در میدان پرتو باید سریع و با کارآیی مطلوب صورت پذیرد . بنابراین اگر لازم باشد که در یک میدان تابش نسبتا شدید کار کنیم ، مانند وقتی که یک چشمه پرتونگاری را دستکاری می کنیم . با محدود کردن زمان پرتوگیری می توان کار مورد نظر را طبق موازین ایمنی تابش انجام داد . به طوری که حاصلضرب شدت دز در زمان پرتوگیری از مقدار ماکزیمم دز مجاز تجاوز نکند .

$$\text{دز کل} = \text{زمان پرتوگیری} \times \text{شدت دز}$$

(۲) فاصله :

فاصله در کاهش شدت تابش ناشی از چشمه پرتوزا دارای نقش بسیار موثری می باشد به طوری که با افزایش فاصله از یک چشمه پرتوزا مقدار تابش به شدت کاهش می یابد. شدت دز تابشی ناشی از چشمه نقطه ای پرتوزا متناسب با عکس مجذور فاصله از چشمه کاهش می یابد.

بنابراین

$$I_d = I \times \frac{1}{d^2} = \frac{I}{d^2}$$

(شدت چشمه) (شدت دز در فاصله d از چشمه)

با استفاده از رابطه بالا بین شدت های دز در دو فاصله مختلف از چشمه مثل d_1 و d_2 رابطه زیر برقرار است :

$$\frac{\text{شدت دز در فاصله } d_1}{\text{شدت دز در فاصله } d_2} = \frac{(d_2)^2}{(d_1)^2}$$

مثال : در صورتی که شدت دز در فاصله ۱ متری از یک چشمه نقطه ای گاما ۴۰۰ میکروسیورت در ساعت باشد ، شدت دز این چشمه را در فواصل ۲ متری محاسبه نمایید.

$$\frac{400}{\text{شدت دز در فاصله ۲ متری}} = \frac{2^2}{(1)^2}$$

$$\text{شدت دز در فاصله ۲ متری} = \frac{400}{4} = 100 \mu \text{ Sv/h}$$

✓ **حفاظ گذاری پیرامون چشمه تابش :**

* **حفاظ پرتوهای آلفا :** ذره آلفا هسته اتم هلیوم است که دارای دو نوترون و دو پروتون می باشد و از اتم های عناصر سنگین مانند اورانیوم ، رادیوم ، رادون و پلوتونیم گسیل می شود. این ذره ۷۳۰۰ مرتبه سنگین تر از الکترون و بار آن مثبت و دو برابر الکترون می باشد. اورانیوم ، توریم مواد آلفازای طبیعی می باشند. ذرات آلفا که از این مواد انتشار

می یابند دارای گستره انرژی بین ۴ Mev تا ۹ Mev می باشند. پرتوهای آلفا پس از طی مسافت چند سانتی متر در هوا، عبور از یک ورقه کاغذ، لباس یا لایه های خارجی پوست در اثر برخوردهایی که با اتم ها و مولکول های ماده در مسیر حرکتشان انجام می دهند یون سازی نموده، انرژی خود را کاملاً از دست داده و متوقف می شوند. در صورتی که این پرتوها به سطح پوست بدن برخورد نمایند توسط لایه مرده پوست بدن کاملاً متوقف می شوند. بنابراین در صورتی که چشمه مولد پرتوهای آلفا در خارج از بدن قرار داشته باشند پرتوهای آن آسیبی به بدن نمی رسانند و از نظر پرتوگیری خارجی مشکلی ایجاد نمی نمایند. در صورتی که ماده آلفا زدا بلعیده شود و یا از راه تنفس وارد بدن شود در اثر برخورد با سلول های زنده داخل بدن که توسط لایه حفاظت نمی شوند متوقف شده و باعث پرتوگیری داخلی می شوند.

* پرتوهای بتا و برد ماکزیمم آنها :

پرتوهای بتا شامل الکترون ها می باشند که بسیار کوچکتر از ذرات آلفا بوده و دارای قدرت نفوذ بیشتری می باشند. پرتوهای بتا بسته به انرژی شان می توانند تا چند متر در هوا یا چند سانتی متر در موادی مانند بافت بدن یا پلاستیک حرکت کنند. در اثر برخورد هایی که پرتوهای بتا در طول مسیر حرکتشان انجام می دهند به تدریج انرژی خود را از دست داده و نهایتاً متوقف می شوند. در صورتی که مواد بتا زدا از طریق بلعیدن و یا تنفس وارد بدن شوند احتمال پرتوگیری داخلی را ایجاد می نمایند و آنها که دارای انرژی زیاد هستند باعث پرتوگیری خارجی نیز می شوند. مسافتی که پرتوهای بتا در ماده طی می کنند تا کاملاً متوقف شوند را برد ماکزیمم پرتو بتا می نامند. نفوذ ذره بتا در محیطی که در آن حرکت می کند بستگی به دانسیته جرمی ماده محیط دارد و به خصوصیات محیطی مانند عدد اتمی بستگی ندارد.

* حفاظ گذاری چشمه های بتا زدا :

پرتوهای بتا در برخورد با مواد با اتم های سنگین مانند سرب مقدار زیادی از انرژی خود را از دست می دهند و در عین حال باعث تولید پرتوهای ایکس ترمزی نیز می شوند. میزان تولید تابش ترمزی همراه با افزایش عدد اتمی حفاظ و انرژی بتا افزایش

می یابد. استفاده از حفاظ سربی برای پرتوهای بتا خود انتشار دهنده پرتوهای ایکس ترمزی می شود. بنابراین برای طراحی حفاظ در برابر میدان های شدید پرتوهای بتا لازم است به دو عامل توجه داشته باشیم :

۱- برد ماکزیمم پرتوهای بتا

۲- تابش ترمزی ناشی از جذب بتا در خود چشمه و جذب در حفاظ .

به همین دلیل حفاظ گذاری در برابر پرتوهای بتا از دو قسمت تشکیل می شود :

الف) ماده ای با عدد اتمی کوچک که تولید تابش ترمزی در آن حداقل ممکن باشد و با ضخامت کافی برای متوقف کردن پرتوهای بتا .

ب) ماده ای با عدد اتمی بزرگ و ضخامت کافی برای کاهش شدت تابش ترمزی به سطحی قابل قبول .

* حفاظ گذاری در برابر پرتوهای ایکس و گاما :

پرتوهای ایکس و گاما دارای قدرت نفوذ زیادی در ماده می باشند . این پرتوها هنگام عبور از ماده باعث یون سازی می گردند و نهایتا یا جذب ماده گردیده یا این که انرژی آنها کاهش می یابد . یکی از روش های توصیف قدرت نفوذ این پرتوها تخمین ضخامت حفاظ آنها می باشد. ضخامت نیم مقدار Half Value Thickness ضخامتی از ماده است که در صورتی که در مسیر پرتو ایکس و گاما قرار گیرد شدت پرتو را به نصف مقدار اولیه کاهش می دهد . اگر شدت اولیه پرتو I_0 باشد و بخواهیم شدت را به I کاهش دهیم در صورتی که n تعداد لایه های نیم مقدار مورد نیاز باشد رابطه زیر بین شدت ها برقرار می باشد : $\frac{I_0}{I} = 2^n$

ضخامت یکدهم مقدار (TVT) Tenth Value Thickness یا لایه یکدهم مقدار (TVL) Tenth Value Layer ضخامتی از ماده است که وقتی در مسیر پرتو ایکس و گاما قرار می گیرد شدت آن به یکدهم مقدار اولیه کاهش می دهد . اگر بخواهیم از لایه های یکدهم مقدار استفاده کنیم و شدت پرتو را از I_0 به I برسانیم در این صورت رابطه زیر بین تعداد لایه ها و یکدهم مقدار (m) و شدت ها برقرار است:

$$\frac{I_0}{I} = 10^m$$

در جدول ۵ مقادیر لایه های نیم مقدار و یکدهم مقدار برخی مواد مناسب برای حفاظ پرتوهای ایکس و گاما آمده است .

جدول شماره- ۵ مقادیر لایه های نیم مقدار و یکدهم مقدار برای چند نوع ماده

سیمان		آهن		سرب		منبع پرتو
TVL	HVL	TVL	HVL	TVL	HVL	
					۰/۰۲	تکنسیوم m-۹۹
۱۵/۷	۴/۷			۲/۴	۰/۷۲	ید ۱۲۱
۱۶/۲	۴/۹	۵/۴	۱/۶	۲/۲	۰/۶۵	سزیم ۱۲۷
۱۴/۰	۴/۲	۴/۲	۱/۲	۱/۹	۰/۵۵	ایریدیم ۱۹۲
۲۰/۲	۶/۲	۶/۷	۲/۰	۴/۰	۱/۱	کبالت ۶۰
۵/۴۲	۱/۶۵			۰/۰۸۷	۰/۰۰۲۶	اشعه ایکس ۱۰۰KV
۸/۵۵	۲/۵۹			۰/۱۴۲	۰/۰۴۲	اشعه ایکس ۲۰۰KV

* حفاظ پرتوهای نوترونی :

یکی از مواد نوترون زا کالیفرنیم -۲۵۲ می باشد که با نیمه عمر ۲/۶۵ سال از طریق واکنش شکافت نوترون انتشار می دهد . تعداد متوسط نوترون که از هر شکافت انتشار می یابد تقریباً ۳/۶۵ نوترون می باشد. در رآکتورهای شکافت هسته ای نوترون به میزان زیاد تولید می شود . در این رآکتورها به ازاء هر شکافت اورانیوم-۲۳۵ تعداد ۲/۵ نوترون تولید می شود . میدان های قوی نوترونی به وسیله ماشین های مولد نوترون از طریق واکنش های هسته ای تولید می شوند . در اطراف شتاب دهنده های انرژی بالا، نوترون ها به میزان زیاد به عنوان پرتوهای ثانویه تولید می شوند که ناشی از برخورد ذرات اولیه با مواد حفاظ یا سایر مواد محیط اطراف آزمایش می باشند . یکی از مسائل مهم محیط های نوترونی حفاظت افراد در مقابل این میدان ها می باشد. چون نوترون ها دارای بار نیستند در برخورد با مواد به راحتی انرژی خود را از دست نمی دهند . نوترون در ماده حرکت می کند تا این که با هسته اتم برخورد نماید . ماکزیمم انتقال انرژی هنگامی رخ می دهد که نوترون با هسته هیدورژن (پروتون) برخورد نماید که تقریباً دارای جرم مساوی با نوترون می باشد . میزان انرژی انتقال یافته بستگی به جهت حرکت پروتون و نوترون بعد از برخورد دارد . اگر پروتون به جلو حرکت کند کلیه انرژی نوترون به پروتون

انتقال می یابد و نوترون به سکون می رسد . میزان انرژی نوترون که در برخورد با مواد سنگین تر از هیدروژن می تواند انتقال یابد با افزایش عدد جرمی ماده کاهش می یابد. اتم پس زده شده سریعاً باردار می شود و به عنوان یک ذره یوننده در محیط نفوذ کرده و در مسیر حرکت یون سازی انجام می دهد تا به تدریج سرعت خود را از دست بدهد . اتم های هیدروژن اکثر انرژی نوترون ها را دریافت نموده و به عنوان پروتون های پس زده شده به بافت بدن آسیب می رسانند . سایر آسیب ها در بافت ناشی از برخورد با کربن و اکسیژن می باشد ضمن این که بخشی نیز ناشی از پرتوهای گاما و پروتون های تولید شده در اثر جذب نوترون های کم انرژی به وسیله نیتروژن می باشد . برخورد بین نوترون و هسته های سبک موجود در بافت در انرژی های از مرتبه چند Mev و کمتر که عموماً پرتوگیری در این انرژی ها رخ می دهد برخورد الاستیک یا کشسان می باشد . در برخورد با هسته های سنگین تر مقداری از انرژی نوترون به انرژی داخلی هسته هدف تبدیل می شود. که در این حالت برخورد نالاستیک نامیده می شود هسته برانگیخته انرژی برانگیختگی را با انتشار پرتو گاما یا سایر ذرات از دست می دهد . بنابراین این حفاظ گذاری در برابر نوترون ها بر پایه کندسازی نوترون های سریع و جذب نوترون های کم انرژی (حرارتی) استوار است . هنگامی که نوترون انرژی خود را کاملاً از دست می دهد جذب اتم های ماده حفاظ می شود و یک رادیو ایزوتوپ گامازا تولید می نماید ، بنابراین برای طراحی حفاظ نوترونی لازم است تولید گاما های ناشی از جذب نوترون در ماده را نیز در نظر گرفت . برای جذب پرتوهای گامای تولید شده در حفاظ اولیه نوترون لازم است از مواد سنگین مانند سرب به عنوان حفاظ ثانویه استفاده نمود .

ب- محدود سازی پرتوگیری داخلی

همان طور که پیشتر اشاره شد مواد رادیواکتیو می توانند از سه راه عمده به درون بدن راه یابند :

- استنشاق هوای آلوده به گازها و گرد و غبار رادیواکتیو

- بلع ، یعنی نوشیدن آب آلوده ، و خوردن مواد غذایی آلوده

- جذب از راه پوست سالم یا زخم ها

بر این اساس معیارهای حفاظتی برای مقابله با راه یافتن مواد رادیواکتیوبه درون بدن به نحوی طرح ریزی می گردند که یا راه های ورودی به بدن بسته شوند یا انتقال

مواد رادیواکتیو از منبع به طرف انسان قطع گردد . قطع انتقال مواد رادیواکتیو از منبع به انسان را می توان با پوشاندن یا محدود کردن منبع، یا توسط نترل محیط (از طریق تهویه و مراقبت های لازم هنگام کار) ، و نیز از طریق تجهیز فرد به پوشش های حفاظتی و ابزار حفاظت دستگاه تنفس ، انجام داد . ذکر این نکته در این جا ضروریست که این معیارهای کنترل متفاوت با معیارهای مورد استفاده در بهداشت صنعتی ، جهت حفاظت کارکنان از اثرات مواد سمی غیر رادیواکتیو ، نمی باشد ، اما درجه کنترل لازم برای ایمنی رادیولوژیک به طور کلی بسیار بالاتر از درجات مربوط به ایمنی شیمیایی می باشد . جداول این نکته مزبور را به خوبی نشان می دهد ، همان طور که در جدول ملاحظه می شود حدود مجاز عناصر مختلف براساس سمیت شیمیایی و رادیولوژیکی با هم مقایسه شده اند و برای هر عنصر رادیونوکلئید همان عنصر با نوکلئید پایدار آن مقایسه شده است .

جدول ۶- حداکثر غلظت های مجاز چندین ماده براساس سمیت شیمیایی و رادیولوژیک

	Milligrams Per Meter ³	
	Non-radioactive	Radioactive
Beryllium	0.002	Be 1.7×10^{-6}
Mercury	0.1	Hg 5×10^{-9}
Lead	0.05	Pb 1×10^{-9}
Arsenic	0.5	As 3×10^{-9}
Cadmium	0.1	Cd 4×10^{-10}
Zinc	5	Zn 1.2×10^{-6}

کنترل منبع پرتوزا

الف) تحدید منبع (Source Confinement) :

ساده ترین حالت تحدید منبع محدود نمودن عملیات با مواد رادیواکتیو در قسمت های مشخص و مجزا در یک آزمایشگاه و با استفاده از وسایل محدود کننده ، نظیر سینی ها می باشد . این حالت برای کار با مقادیر سطح پایین رادیونوکلئیدها، یعنی جایی که امکان آلودگی محیط به مقادیر قابل اهمیت رادیونوکلئیدها غیر محتمل است، می تواند کافی باشد . چنان چه امکان رها شدن رادیونوکلئیدها به صورت گاز یا آئروسول، به محیط (آتمسفر) در مقادیر بالا یعنی چندین برابر حدود آلودگی داخلی بدن وجود داشته باشد،

روش معمول کار استفاده از یک هود خلاء می باشد. هدف از کاربرد هود رقیق نمودن رادیونوکلئید در هوا و خارج ساختن رادیواکتیویته از طریق جریان هوا در هود به سمت خارج می باشد. از این رو ضروری است مقدار هوای کافی در تمام اوقات به درون هود جریان یابد. مقدار هوای لازم برای جریان از راه هود به سمت خارج به ماهیت فیزیکی رادیونوکلئیدها ی مورد استفاده بستگی دارد. برای رادیونوکلئیدهای دارای حالات گاز و بخار جریان هوای مورد نیاز کمتر از جریان هوای ضروری در هنگام کار با رادیونوکلئیدهای دارای حالات ذره ای می باشد، زیرا امکان ریزش ذرات به درون هود در جریان های هوای کم وجود دارد. برای جلوگیری از آلودگی هوای خارج از محیط های کار با رادیونوکلئیدها با مقادیر قابل اهمیت، ضروری است هوای خروجی از مجرای هود توسط یک وسیله پاک کننده مناسب تصفیه گردد. برای این منظور از فیلترهای مناسب و مختلف می توان استفاده نمود. برای رادیونوکلئیدهای دارای حالت ذره ای (آئروسول ها) می توان از فیلترهای دارای راندمان جمع آوری بالا دود ۹۹/۹۹۵ درصد برای ذرات ریز با قطر حدود ۰/۳ میکرون استفاده نمود. برای رادیونوکلئیدهای دارای حالات گازی و بخار، نظیر رادیونوکلئیدها از فیلترهای شیمیایی نظیر ذغال اکتیو شده (Activated Charcoal) می توان استفاده نمود. چنان چه ماهیت کار با رادیواکتیویته طوری باشد که امکان آلودگی محیط کار به مقادیر بالا از رادیونوکلئیدها وجود داشته باشد، یا اگر هوای مورد نیاز برای استفاده از هود موجود نباشد، می توان از سیستم های کاملا بسته به نام جعبه دستکش دار (Glove Box) استفاده نمود، که محیط کار با رادیونوکلئید را از محیط اطراف کاملا مجزا می سازد. حجم هوای در جریان در جعبه های مزبور به مراتب کمتر از حجم هوای در جریان در درون هودهای خلاء می باشد. هوای ورودی به جعبه از فیلترهای ویژه با راندمان بالا عبور می کند و هنگام خروج از جعبه از یک سری فیلترهای ویژه با راندمان بالا و مقاوم به آتش می گذرد.

ب) کنترل محیط :

حفاظت محیط کار در برابر خطرات ناشی از آلودگی رادیواکتیو از طریق طراحی صحیح ساختمان ها و اطاق ها و نیز تجهیزات فیزیکی مورد استفاده در آنها، و همچنین طرح صحیح روش های کار با رادیونوکلئیدها امکان پذیر می باشد. در رابطه با تجهیزات فیزیکی مورد استفاده در محل های کار با رادیونوکلئیدهای باز باید به موارد مهمی نظیر

قابلیت رفع آلودگی سطوح کار ، کف و دیوارهای اطاق های کار ، محل های نگهداری پسمان های رادیواکتیو ، اعم از مایع و جامد ، محل ها و تجهیزات نگهداری رادیونوکلئیدها ، اطاق های تعویض لباس و اطاق های دوش ، و نیز تهویه اطاق ها و جریان هوا از قسمت های داخلی به سمت خارج ساختمان همراه با وسایل تمیزکننده هوا، توجه لازم بشود . کنترل آلودگی پرسنل ، تجهیزات و وسایل هنگام خروج از منطقه کار با رادیونوکلئیدهای باز جهت جلوگیری از انتشار و انتقال آلودگی به محیط خارج حائز اهمیت می باشد. استفاده از روش های مناسب کار با رادیونوکلئیدهای باز در عملیات مختلف با آنها و به کار بردن وسایل لازم کمک بسیار موثر در جهت جلوگیری از آلودگی محیط کار و کارکنان خواهد نمود.

ج) کنترل فرد :

۱- پوشش حفاظتی :

با وجود رعایت معیارهای مختلف حفاظتی ، به منظور جلوگیری از آلودگی محیط، در هنگام کار با مواد رادیواکتیو باز ، که در فوق اشاراتی در این زمینه شد ، امکان ورود این مواد از محدوده کاری به محیط اطراف در نتیجه رخداد سوانح وجود دارد . از اینرو برای جلوگیری مجدد از آلودگی افراد شاغل ضروری است هنگام کار با رادیونوکلئیدهای باز کارکنان از پوشش های مناسب حفاظتی استفاده نمایند . این گونه پوشش ها می تواند شامل روپوش های آزمایشگاهی ، کلاه ، دستکش ، کفش با پوشش های کفش و غیره باشد. این گونه پوشش ها می بایست هنگام خروج از منطقه کار با رادیونوکلئیدها از تن خارج گردند تا احتمال انتشار آلودگی به مناطق اطراف از بین برود.

۲) حفاظت دستگاه تنفس :

هنگامی که احتمال آلودگی هوای محیط کار به غلظت های بالای رادیونوکلئیدها وجود داشته باشد ضروری است کارکنان از وسایل لازم جهت جلوگیری از استنشاق هوای آلوده استفاده نمایند . در این زمینه باید تاکید کرد که برای هر نوع ماده رادیواکتیو خاص می بایست از وسایل مناسب برای آن ماده استفاده نمود . وسایل حفاظت دستگاه تنفس که برای مقاصد رادیولوژیک قابل استفاده می باشند عبارتند از :

① وسایل و یا به عبارت بهتر رسیپراتور (**Respirator**) نوع فیلتر دار ، که تنها برای آلودگی های به شکل گرد و غبار (Dust) قابل استفاده هستند . این گونه رسیپراتورها برای حفاظت در برابر گازهای رادیواکتیو مناسب نیستند . رسیپراتورها دارای اشکال مختلف می باشند که در شرایط مختلف از نظر غلظت آلودگی هوا می توان از آنها استفاده کرد .

② ماسک های تنفسی ، که برای حفاظت در برابر گرد و غبار یا گازها یا هر دو مورد استفاده قرار می گیرند. برخی از این ماسک ها مجهز به محفظه های هوای تمیز می باشند که با شخص حمل می شوند ، و برخی دیگر از محفظه های هوا در خارج از منطقه که توسط لوله به ماسک متصل می گردند تغذیه می شوند . از این گونه ماسک ها در هنگام ورود به مناطق بسیار آلوده معمولا استفاده می شود .

③ ماسک های گاز (Gas -Masks) ، که برای جذب گازهای رادیواکتیو از هوای استنشاقی مورد استفاده قرار می گیرند . ماده جذب کننده درون ماسک یک ماده شیمیایی نظیر شارکل می باشد ، این ماده برای جذب رادیویدها از برخی دیگر از گازهای سمی از هوای استنشاقی قابل استفاده می باشد .

فصل پنجم

حفاظت در برابر اشعه
در آزمایشگاه رادیوایمونواسی

حفاظت در برابر اشعه در آزمایشگاه رادیوایمونواسی

مقدمه :

در یک آزمایشگاه رادیوایمونواسی کارکنان علاوه بر رعایت نکات ایمنی به علت وجود مواد بالقوه آسیب رسان موجود در سایر آزمایشگاه ها (از قبیل مواد شیمیایی - مواد قابل اشتعال) نیازمند رعایت احتیاطات ویژه ای به علت وجود تابش های رادیواکتیو به میزان بسیار کم نیز می باشند. به خصوص که مواد رادیواکتیونه دیده می شوند نه حس می شوند طعم و بویی هم ندارند این امر بدین معنی نیست که در آزمایشگاه رادیوایمونواسی خطرات بیشتری وجود دارد بلکه صرفاً جهت افزایش آگاهی در استفاده و جابه جایی و کار با مواد رادیواکتیو می باشد .

- تابش (Radiation) به معنای بازتاب یا انتقال اشعه تولید شده از منبع اشعه به درون فضا بوده که این پرتوها یا به صورت امواج الکترومغناطیک (اشعه گاما - ایکس) و یا به صورت ذره ای (آلفا - بتا - نوترون) می باشند. آسیب بیولوژیک پرتوهای یونیزان آسیب به DNA سلول های هسته دار بوده ولی هر کدام از آنها احتیاطات ویژه ای می طلبند. اگر میزان تابش بالا باشد می تواند باعث مرگ سلولی و ایجاد سرطان شود.

لازم به توضیح است که این میزان تابش در آزمایشگاه های رادیوایمونواسی مشاهده نمی شود، ولی واضحاً تابش های رادیواکتیو می توانند مضر باشند لذا افراد دست اندرکار در سازمان های ذیصلاح محدودیت هایی را برای پرتوگیری های شغلی و غیره در نظر گرفته اند. لازم به ذکر می باشد به خاطر وجود پرتوگیری های طبیعی در محیط میزان پرتوگیری صفر به صورت استاندارد وجود ندارد . نکته مهم در کار با مواد رادیواکتیو (مانند کیت ها و یا روش های پزشکی هسته ای) بذل توجه در جهت جلوگیری از آلودگی داخلی یا خارجی می باشد . آلودگی داخلی وقتی رخ می دهد که این مواد تنفس شده و یا خورده شوند و یا از طریق پوست آسیب دیده جذب شوند و آلودگی خارجی هنگامی اتفاق می افتد که جا به جایی و یاال های حاوی مواد رادیواکتیو به طور صحیح ، انجام نشده و در اثر نشت این مواد باعث آلودگی محیط کار ، یا سطح خارجی بدن شوند . شدت آسیب های ایجاددی بستگی به نیمه عمر و نوع ماده رادیواکتیو ، قدرت نفوذ آن در پوست و مدت تماس فرد با این مواد را دارد . به عنوان مثال ذرات آلفا

قادر به نفوذ در پوست نبوده لذا ایجاد آسیب خارجی می نمایند ولی اگر به هر طریقی وارد بدن شوند امکان ایجاد آسیب های استخوانی و سایر ارگان های بدن نیز وجود دارد. آزمایشگاه های رادیوایمونواسی در هر کشور بایستی تحت نظارت سازمان های ذیصلاح مربوطه (در ایران این مهم به عهده سازمان انرژی اتمی و در آمریکا به عهده Nuclear Regulatory Commission NRC می باشد) بوده و طبق قوانین و دستورالعمل های ارسالی از سوی این سازمان ها فعالیت نمایند.

مجوز برای انجام تست ها و تعلیم و آموزش کارمندان:

طبق قوانین NRC در هر بیمارستان باید یک نفر به عنوان مسئول امور حفاظت در برابر اشعه که مسئولیت انجام امور مراقبت بهداشتی پرسنل ، مونیتورینگ حمل و نقل و استفاده صحیح از مواد رادیواکتیو و دفع بهداشتی آنها را به عهده باشد ، ضروری است . نشست های آموزشی برای تمام پرسنل دست اندرکار با مواد رادیواکتیو باید به طور سالیانه برگزار شده و آموزش مسائل حفاظتی پرسنل، نحوه صحیح ذخیره سازی، انتقال و استفاده از مواد رادیواکتیو جزء سر فصل های آموزشی قرار داده شود . از دیگر حقوق پرسنل آگاهی از میزان پرتوگیری آنها در طی ارزیابی های انجام شده می باشد در صورتی که به نظر می رسد استفاده از فیلم بچ توسط کارکنانی که روش های RIA را به طریق Invitro انجام می دهند بیشتر یک احتیاط قانونی است تا توجه بهداشتی . (در حال حاضر طبق توصیه سازمان انرژی اتمی ایران کلیه کارکنان آزمایشگاه های هورمون شناسی جهت مونیتورینگ فردی نیازی به فیلم بچ یا سایر دزیمترهای فردی ندارند.)

حاملگی و آزمایشگاه رادیوایمونواسی :

از آن جایی که ید پرتوزا از طریق جفت به تیروئید جنین می رسد و با توجه به اثرات مضر قبلی گفته شده در صورت مشخص شدن حاملگی از ادامه کار زنان در این آزمایشگاه ها بایستی جلوگیری به عمل آید .

کار با ایزوتوپ های رادیواکتیو :

در اکثر روش های رادیوایمونواسی از ^{125}I که ساطع کننده اشعه گاما می باشد به عنوان ماده رادیواکتیو استفاده می شود اگرچه چندین ایزوتوپ دیگر مانند ^3H و ^{57}Co و ^{58}Co و ^{59}Fe نیز هنوز در بعضی تست ها استفاده می شوند . البته به ازاء هر تست تنها از یک عنصر رادیواکتیو استفاده می گردد . انتخاب ایزوتوپ ها برای مقاصد تشخیصی با توجه به خاصیت انطباق شیمیایی آنها با روش های آزمایشگاهی ایمنی و کیفیت شناسایی آنها انجام می پذیرد . سهولت شناسایی مقدار کم ^{125}I ، نیمه عمر نسبتاً کوتاه آن (۶۰ روز) از دلایل منطقی موجه برای انتخاب آن در تست های RIA می باشند .

اگرچه میزان رادیواکتیویتهی به ازاء هر کیت RIA ۵ میکروکوری می باشد ولی کلیه کارکنان بایستی ویال های حاوی ماده رادیواکتیو را فقط زیر هود باز کرده و با آن کار نمایند . وسایل شیشه ای و تجهیزات مورد استفاده در این آزمایشگاه ها نباید در سایر آزمایشگاه مورد استفاده قرار گیرد و اگر تجهیزات برای تعمیر ارسال می گردند ، باید پروسه تعمیر تحت نظارت فردی آگاه به امور حفاظت در برابر اشعه صورت پذیرفته و یا قبل از تعمیر از آنها رفع آلودگی شود .

نگهداری ، برچسب زدن و علامتگذاری :

- تمام مواد رادیواکتیو باید به طور مناسب حفاظ بندی شوند .
- باید درب یخچال و یا فریزرهای حاوی این مواد کاملاً بسته و قفل گردند .
- محل های ذخیره و نگهداری این مواد حتی در صورت عدم حضور پرسنل مربوطه باید بسته باشند .
- باید علامت مخصوص پرتوتابی روی درب آزمایشگاه ، درب یخچال ، هود ، و روی درب تمام مکان های ذخیره و نگهداری مواد رادیواکتیو جهت اطلاع پرسنل و سایر افراد نصب گردند .
- آزمایشات با روش RIA باید جدا از روش های شیمیایی انجام پذیرند .

دفع مواد زائد :

مواد زائد رادیواکتیو مایع یا جامد بوده که بایستی از فضای آزمایشگاه خارج شده و در هر بار برداشت مواد صحیحی از میزان دفع آنها به عمل آورده شود. در آزمایشگاه های رادیوایمونواسی در ایران پسماندهای مایع حاصل از ۵۰۰ آزمایش را می توان در ظرفشویی مخصوص این کار خالی نمود و سپس ظرفشویی را با مقادیر زیادی آب شستشو داد به شرطی که این پسماند در ماه از ۵۰۰۰ آزمایش تجاوز ننماید و یا بر طبق قوانین وضع شده توسط NRC از ۲۰ میکروکوری در روز تجاوز ننماید. در مورد پسماندهای جامد از قبیل دستمال های کاغذی جاذب، لوله های آزمایش و ... باید با رعایت اصول بهداشتی آنها را در یک سطل زباله مخصوص نگهداری نموده و سپس آنها را با سایر پسماندهای آزمایشگاهی در بسته های مناسب قرار داد به شرطی که وزن هر بسته کمتر از ۱۰ کیلوگرم بوده و در هر کیلوگرم پسماند کل آزمایشگاه پسماند جامد رادیواکتیو حاصل از ۱۰ آزمایش قرار داده شده و روی هیچ کدام از بسته ها علامت مواد پرتوزا قرار داده نشود. (طبق آخرین دستورالعمل ارسال شده از سوی سازمان انرژی اتمی ایران)

محموله های RIA: جا به جایی و چیدمان :

میزان رادیواکتیویته در کیت های تشخیصی RIA به روش این ویترو به قدری کم است که اعمال روش های بسته بندی خاص و یا برچسب های ویژه اغلب لزومی ندارد حتی ممکن بر چسب اشعه بر روی سطح خارجی بسته بندی آنها هم مشاهده نشود. اگر چه باید بسته های آسیب دیده RIA به دقت حمل و نقل شده و برای کشف آلودگی مانیتور شده و فقط با دستکش باز شوند. اگر محتویات داخل آن نشت کرده و یا شکستگی مشاهده می شود باید محتویات داخل بسته بندی در یک ظرف مناسب جهت جلوگیری از نشت بیشتر قرار گیرند و تمام مناطق دور و بر بسته های آسیب دیده جهت شناسایی آلودگی کنترل شوند. باید به همراه تمام محموله های مواد رادیواکتیو گزارشی دال بر نوع مواد رادیواکتیو، تعداد آنها و نحوه چیدمان آنها ضمیمه باشد و اگر این محموله ها دچار هر گونه آسیبی شوند گزارش مواقع نیز جداگانه ثبت گردد.

وسایل اندازه گیری برای مانیتورینگ پرسنل و محیط کار :

برای اطمینان از حفاظت کافی در برابر اشعه از وسایل اندازه گیری خاصی جهت ثبت و اندازه گیری میزان اشعه دریافتی توسط پرسنل یا محیط کار استفاده می گردد که باید نتایج حاصل از این سنجش در پرونده سلامتی پرسنل نگه داری شود و به مسئول حفاظت در برابر اشعه گزارش گردد . نمونه هایی از وسایل اندازه گیری شامل موارد زیر می باشند:

۱ - Film Badge :

فیلم ها یکی از متداول ترین و قدیمی ترین وسایلی هستند که برای مانیتورینگ فردی تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است . فیلم ها از یک قطعه کوچک یا لفاف کاغذی ضد نور در یک قالب پلاستیکی موسوم به بچ تشکیل شده اند . دزیمتری با فیلم بر مبنای اندازه گیری دانسیته (سیاهی) فیلم ظاهر شده انجام می پذیرد . هرچه پرتوگیری فیلم بیشتر باشد دانسیته فیلم ظاهر شده نیز بیشتر خواهد شد .

- مزایای فیلم بچ :

- ✓ از یک فیلم می توان برای پرتوهای ایکس ، گاما ، بتا ، نوترون حرارتی استفاده کرد .
- ✓ اطلاعات پرتوگیری روی فیلم به طور دائم ثبت می شود بنابراین از فیلم می توان به عنوان یک مدرک استفاده کرد .
- ✓ قیمت فیلم نسبتاً ارزان است .
- ✓ فیلم بادوام بوده و در اثر حرکات شدید یا ضربه خراب نمی شود .
- ✓ برای استفاده از فیلم بچ پرتوکاران نیازی به تهیه تجهیزات اضافی یا آموزش تخصصی ندارند .

- معایب فیلم بچ :

- ✓ علاوه بر پرتوهای یون ساز عوامل محیطی نظیر رطوبت، فشار، گرما و گازهای شیمیایی می توانند باعث ایجاد سیاهی در روی فیلم شوند .

✓ در صورتی که مدت زمان نگهداری فیلم قبل از ظهور طولانی باشد و در این مدت فیلم در محل نامناسب (از نظر گرما و رطوبت و) قرار گیرد فیلم برای دزیمتری قابل استفاده نخواهد بود .

✓ اگر فیلم پس از پرتوگیری برای مدت نسبتاً طولانی ظاهر نشود اثر اشعه روی فیلم کاهش می یابد .

۲- (TLD) Thermoluminescent Dosimeter :

در اثر تابش پرتوهای یون ساز به برخی از کریستال کسری از انرژی پرتو در کریستال ذخیره می گردد. اگر به این کریستال حرارت داده شود ، انرژی ذخیره شده در دماهای معینی به صورت نور مرئی ظاهر می گردد. این پدیده ترمولومینسانس نامیده می شود شدت ترمولومینسانس با انرژی جذب شده از پرتوهای یون ساز ارتباط مستقیم دارد. از این رو از این پدیده می توان برای دزیمتری پرتو استفاده کرد معمولاً برای دزیمتری فردی از سیستم فلوراید استفاده می شود.

مزایای دزیمتر ترمولومینسانس :

- تغییر دما و رطوبت در محیط کار تاثیر محسوس روی نتایج دزیمتر ندارد .
- برای دزهای نسبتاً کم تا دزهای نسبتاً زیاد (دزهای کشنده) قابل استفاده است .
- معادل بافت نرم بوده و می تواند مستقیماً معادل دز بافت نرم را نشان دهد .
- از یک کریستال تا بیش از صد بار می توان استفاده نمود .
- با توجه به کوچک بودن ابعاد از کریستال می توان برای تعیین پرتوگیری موضعی استفاده کرد و به عنوان مثال کریستال را می توان در محل نگین انگشتر نصب و پرتوگیری دست ها را تعیین نمود

معایب دزیمتر ترمولومینسانس:

- پس از هر بار خوانده شدن اثر پرتو روی دزیمتر پاک می شود در نتیجه بررسی مجدد میسر نیست .
- قیمت آن در مقایسه با فیلم نسبتاً گران است .
- کسب اطلاعات جانبی در رابطه با انرژی پرتو ، شرایط پرتودهی توسط آن میسر نیست.

مونیتورینگ روتین :

مناطق مختلف آزمایشگاه های رادیوایمونواسی و هم چنین تجهیزات مورد استفاده از قبیل هودها ، یخچال ها بایستی حداقل هر ۶ ماه یکبار ماهیانه به منظور کشف آلودگی احتمالی توسط یک دزیمتر پورتابل محیطی بررسی شده و کلیه نتایج مثبت یا منفی حاصله ثبت نگهداری شوند .

رفع آلودگی ناشی از نشت مواد رادیواکتیو

Spill Clean up : Personnel & Work Arena :

- منطقه آلوده را از سایر مناطق ایزوله کنید .
- سطوح کاری را با دستمال های جاذب با آستر پلاستیکی بپوشانید .
- اگر نشت مواد رادیواکتیو اتفاق افتاد از آب و صابون یا محلول های آلوده زای تجارتي در حد امکان با کمترین حجم در آن محل استفاده کنید تا میزان رادیواکتیویته به حد قابل قبول برسد .
- اگر ویال حاوی مواد رادیواکتیو روی فردی ریخته شود لباس های آلوده او را خارج کنید . اگر بریدگی ایجاد شده محل بریدگی را فشار دهید تا خون دارای ماده خارجی داخل شده از راه زخم خارج گردد .

Procedure For Personnel Decontamination

مراحل آلودگی زدایی پرسنل

- ۱- لباس های آلوده او را خارج کنید .
- ۲- دست ها را با یک صابون یا دترجنت ملایم شستشو دهید .
- ۳- یک محلول صابون با مقداری زیادی آب تهیه کنید .
- ۴- محل آلوده شده را به مدت ۲-۳ دقیقه با کف صابون بشویید . دقت کنید این محلول به محل های دیگر نباشد .
- ۵- محل را با آب گرم کاملاً آبکشی کنید .
- ۶- در صورت نیاز مراحل بالا را برای ۳-۴ بار تکرار کنید .
- ۷- مراقب باشید دستتان خراش یا صدمه ای نبیند .
- ۸- از یک کرم مرطوب کننده جهت جلوگیری از خشکی و ترک پوست استفاده کنید.

مراحل آلودگی زدایی نشت مواد رادیواکتیو

Procedure For Spill Decontamination

- ۱- ابتدا مشخص نمایید آیا در این جریان فردی هم آلوده شده یا خیر در صورت مثبت بودن جواب لباس های آلوده او را فوراً از تنش خارج کرده و مراحل آلودگی زدایی فردی در آغاز کنید .
 - ۲- به مسئول ایمنی در برابر مواد رادیواکتیو محل کار خود اطلاع دهید .
 - ۳- با توجه به راهنمایی های فرد مسئول مراحل رفع آلودگی زدایی را به شرح زیر آغاز کنید .
 - ۴- در ابتدا اگر دستهایتان آلوده به مواد شده اند آنها را بشوید سپس دستکش دستتان کنید .
 - ۵- از پرسنل دیگری بخواهید پنکه ها و دستگاه های تهویه و هواکش ها را خاموش کند .
 - ۶- نوع و مقدار ماده رادیواکتیو ریخته شده را مشخص نمایید .
- ❖ توجه (۱):** اگر ماده رادیواکتیو ریخته شده ساطع کننده اشعه گاما یا ذرات بتا است آسیب ارگان های داخلی و خارجی بدن مد نظر قرار گرفته ولی اگر مواد رادیواکتیو ساطع کننده ذره آلفا یا بتای کم انرژی می باشد معمولاً ایجاد آسیب خارجی نمی نمایند .
- ۷- محل های آلوده را مشخص کرده و رفت و آمد را در آنجا محدود نمایید تا مراحل آلودگی زدایی تکمیل شود .
 - ۸- ترشحات مایع را با مواد جاذب جهت جلوگیری از انتشار آلودگی بپوشانید .
 - ۹- مطمئن شوید افرادی که محل را ترک می نمایند آلوده نباشند .
 - ۱۰- روش های رفع آلودگی را در اسرع وقت آغاز کنید و این اقدامات را تا رفع آلودگی کامل ادامه دهید. محلول های پاک کننده معمولی آزمایشگاه و یا محلول های تجاری ویژه جهت آلودگی زدایی موجود در بازار در این خصوص کفایت می کنند .
 - ۱۱- اگر برطرف کردن آلودگی با این اقدامات بعید به نظر می رسد به اداره ایمنی در برابر مواد رادیواکتیو اطلاع دهید .
 - ۱۲- کاهش شدت آلودگی را با کانترهای گایگر چک نمایید .

❖ **توجه (۲):** اگر ریزش مواد رادیواکتیو به همراه آلودگی های عفونی در اتفاق افتاده باشد در جهت رفع آلودگی از مواد ضد عفونی کننده ای مانند هیپوکلریت به علت قابلیت تبخیر ید رادیواکتیو استفاده ننمایید .

توصیه های امور حفاظت در برابر اشعه در آزمایشگاه های هورمون شناسی در ایران

حفاظت کارکنان با اشعه ، افراد جامعه ، نسل های آینده و محیط زیست در برابر اثرات بیولوژیکی اشعه بر اساس قانون حفاظت در برابر اشعه امر حیاتی است . جهت نیل به اهداف فوق و حسن اجرای قانون حفاظت در برابر اشعه و آیین نامه آن ، توصیه های زیر ضروری می باشد.

۱- جهت کلیه کارکنان با مواد پرتوزا پرونده پزشکی تشکیل گردد . پرونده مذکور بایستی حاوی تاریخچه پزشکی شخص ، سوابق دزیمتری براساس گزارشات فیلم بچ ، مشخصات حرفه ای گذشته و همچنین اطلاعات لازم در مورد آزمایش های تناوبی خون شامل : شمارش گلبول های قرمز و سفید ، پلاکت ها ، تعیین فرمول لوکوسیت ها ، جستجو و ثبت سلول های غیر عادی خون ، تعیین مقدار هموگلوبین و هماتوکریت خون ، تعیین زمان انعقاد و سرعت سدیمانتاسیون خون باشد.

۲- براساس قانون حفاظت در برابر اشعه لازم است افراد قبل از اشتغال به کار با اشعه آموزش های لازم کار یا مواد پرتوزا و دستگاه های پرتوساز را دیده باشند . لذا ضروری است کلیه کارکنان با اشعه آن آزمایشگاه به ترتیب در دوره آموزش مقدماتی حفاظت در برابر اشعه در پزشکی که به صورت دوره ای در این امور برگزار می شود شرکت نمایند .

۳- ضروری است کلیه عملیات کار با مواد پرتوزای باز به ویژه مواد قابل تصعید در زیر هود با فشار منفی انجام گیرد .

۴- هواکش هود باید در بلندی قرار گیرد به نحوی که در وضعیت هوای نامناسب مواد پرتوزای خارج نتواند از طریق پنجره وارد اتاق گردد .

۵- جهت جلوگیری از تغییر جریان هوای هود به وسیله جریان هوای نزدیک آن بهتر است هودها نزدیک در ، پنجره ، سیستم تهویه ، دستگاه های تولید کننده گرما و سایر منابعی که جریان قوی هوا ایجاد می کنند قرار نگیرد .

- ۶- کلید برق ، گاز و آب هود باید خارج از آن قابل کنترل باشد و سطح داخل هود نیز باید صاف و بدون خلل و فرج باشد که رفع آلودگی از آن به آسانی انجام پذیرد .
- ۷- محل آزمایش و رویه میز کار و همچنین پوشش دیوار و کف اتاق باید از جنس غیر قابل نفوذ و قابل شستشو و یکپارچه بدون لبه بوده و مواد شیمیایی بر روی آن بی اثر باشد .
- ۸- استفاده از دستکش پلاستیکی (یک بار مصرف) و روپوش آزمایشگاهی هنگام کار با مواد پرتوزا الزامی است.
- ۹- هنگام کار با مواد پرتوزای مایع ، عملیات در داخل یک سینی که با کاغذ جاذب و رطوبت پوشانده شده است انجام پذیرد .
- ۱۰- در صورت ایجاد آلودگی، رفع آلودگی به عهده شخصی است که سبب آلودگی شده است و کلیه عملیات باید زیر نظر فرد صلاحیت دار انجام گیرد . البته لازم است کارکنان با اشعه در این رابطه آموزش لازم را دیده باشند .
- ۱۱- نباید وسایل آزمایشگاه از منطقه تحت کنترل بیرون برده شوند مگر آن که از آلوده نبودن آنها اطمینان حاصل گردد .
- ۱۲- ضروری است جهت ثبت آمار کیت های تحویل گرفته و مصرف شده ، دفتر جداگانه ای تهیه گردد .
- ۱۳- جهت نگهداری رادیو کیت ها لازم است از یخچال ویژه ای که فقط به این کار اختصاصی دارد و علامت وجود پرتو بر روی درب آن نصب شده است استفاده گردد .
- ۱۴- دستورالعمل کار در محل انجام آزمایش نصب گردد.
- ۱۵- از آلوده شدن وسایل تحریر جلوگیری شود. (در صورتی که شخص عادت به تماس مداد و یا قلم به دهان داشته باشد از این کار منع گردد)
- ۱۶- در محوطه آزمایشگاه برای نظافت دست و صورت لازم است از دستمال های کاغذی استفاده شود، همچنین لازم است بعد از خاتمه کار دست ها شسته شده و به خصوص در شستشوی زیر ناخن ها و چین های دست دقت شود.
- ۱۷- در صورتی که زخم باز در دست وجود داشته باشد باید از کار با مواد پرتوزا اجتناب گردد ، در صورت اجبار به کار در شرایط استثنایی ، با مشورت پزشک و بعد از پانسمان کامل، کار می توانید انجام شود.

References :

- 1- Susan L. Rose / Clinical Laboratory Safty / j . B . Lippincott Company / 1984 / p:119-130
- 2- Carl . A .Burits / Edward R . Ash wood / Tietz Text Book of Clinical Chemistry / Third Edition / Saunders Company /1999
- 3- Diane o. Fleming / Laboratory Principles and Practices Safety / Second Edition / 1995
- 4- Laboratory Biosafety Manual / Third Edition / 2004
- 5- Biosafety in the Laboratory / 1989
- 6- John Bernard Henry / Clinical Diagnosis & Management by Laboratory Methods / 21st Edition / Saunders Company / 2007
- 7- کاتوزی ، مهرا ن - کمیت و یکاهای مورد استفاده در امور حفاظت در برابر اشعه - شهریور ۷۸ - سازمان اتمی ایران
- 8- کاتوزی ، مهرا ن - فیزیک پرتوها - شهریور ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران
- 9- حیدری، احمد - خلاصه ای از اثرات بیولوژیک پرتوها - ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران
- 10- برهان آزاد ، سیامک - مونیتورینگ فردی - مهر ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران
- 11- جعفری زاده ، منصور - حفاظت در برابر پرتوگیری خارجی - ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران
- 12- برهان آزاد ، سیامک - استانداردهای پایه در حفاظت در برابر اشعه - ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران
- 13- علیرضا ، نوربخش - پرتوگیری داخلی بدن و حفاظت در برابر آن - ۱۳۷۸ - سازمان انرژی اتمی ایران