

اصول ایمنی زیستی در آزمایشگاه



دکتر سیدحسام‌الدین تفرشی، دکتر فروزان سعدایی
بخش محلول‌های تزریقی، انستیتو پاستور ایران

قبل از ورود به موضوع مقاله ابتدا باید به تعریف
چند اصطلاح بپردازیم.

■ ایمنی زیستی (Biosecurity)

ایمنی زیستی واژه‌ای است که برای توصیف
اصول محدودسازی، فن‌آوری‌ها و نیز عملیاتی که
برای جلوگیری از تماس غیرعمدی با پاتوژن‌ها
توکسین‌ها و یا انتشار اتفاقی آن‌ها، به کار گرفته
می‌شود.

■ امنیت زیستی (Biosecurity)

امنیت زیستی اشاره به اقدامات امنیتی فردی و
سازمانی‌ای دارد که برای جلوگیری از مفقود شدن

■ پیش‌گفتار

تجربه نشان داده که کار کردن غیراصولی
با مواد زیستی، می‌تواند عامل انتقال عوامل
بیماری‌زا به کارکنان آزمایشگاه و به دنبال آن
به سایر افراد جامعه باشد که به آن عفونت‌های
ناشی از آزمایشگاه (Laboratory Associated
Infections) می‌گویند. بنابر گزارش‌های موجود
۴۵ درصد این عفونت‌ها در آزمایشگاه‌های بالینی
(تشخیصی) و ۵۱ درصد در آزمایشگاه‌های
تحقیقاتی رخ داده است. مواد خطرناک زیستی
(Biohazards) هم می‌توانند به‌عنوان عامل
بیماری‌زا ایجاد بیماری کنند و هم زمینه ابتلا به
سایر بیماری‌ها را در انسان و حیوان فراهم کنند.

دزدی، سوء استفاده، انحراف یا رهاسازی عمدی پاتوژن‌ها و توکسین‌ها طراحی شده است. عملیات ایمنی زیستی مؤثر، زیربنای امنیت زیستی می‌باشد. امنیت زیستی برای پیشگیری از بیوتورویسم داخلی یا خارجی است.

■ مواد زیستی خطرناک (Biohazards)

به هر ماده با منشأ بیولوژیک که برای سلامت موجود زنده (انسان، حیوانات و یا گیاهان) و یا محیط خطر داشته و یا قابلیت ایجاد خطر داشته باشد Biological hazards یا Biohazards می‌گویند. بعضی از این مواد عبارتند از: برخی از انواع DNA نوترکیب، ویروس‌ها، پریون‌ها باکتری‌ها، قارچ‌ها، سموم میکروبی و حیوانی و آلرژن‌ها.

■ راه‌های سرایت عوامل بیماری‌زا

چهار روش اصلی برای انتقال عامل بیماری‌زا به بدن شخصی که در آزمایشگاه کار می‌کند وجود دارد.

۱ - انتقال از طریق پوست

۲ - تنفس قطرات بسیار ریز مایع در هوا (آئروسول)

۳ - انتقال از طریق مخاطها (مانند چشم)

۴ - بلع و خوردن

□ انتقال از طریق پوست

انتقال می‌تواند از طریق فرورفتن سوزن آلوده به بدن (Needle sticks)، بریدن پوست و از طریق خراش‌های سطحی پوست انجام شود. این راه انتقال یکی از خطرناک‌ترین روش‌های سرایت

است چون عامل بیماری‌زا به‌طور مستقیم به جریان خون وارد می‌شود.

□ انتقال از طریق تنفس آئروسول

استفاده از بعضی دستگاه‌ها مانند ورتکس، استیرر (هم‌زن مغناطیسی)، سونیکاتور، ساتریفوژهای بدون درد و ... می‌تواند عامل تولید و پخش آئروسول در فضا باشد. بنابراین، اجرای شیوه صحیح و اصولی هنگام کار با دستگاه‌های فوق، تولید آئروسول را به حداقل می‌رساند.

□ انتقال از طریق مخاطها

یکی دیگر از راه‌های ورود عوامل بیماری‌زا به بدن از طریق مخاطها است. انتقال ممکن است از طریق پاشیده شدن ترشحات آلوده به چشم، بینی، دهان یا از طریق دست آلوده باشد (تماس دست آلوده با چشم، دهان و بینی). استفاده از محافظ‌هایی که تمام صورت را می‌پوشانند، برای پیشگیری در موارد فوق مناسب است.

□ انتقال از طریق خوردن

خوردن اتفاقی مواد خطرناک زیستی ممکن است توسط افراد ناشتا و ناآگاه به محیط آزمایشگاه اتفاق بیفتد. روشی که احتمال آن بیشتر است، انتقال عوامل بیماری‌زا از طریق خوردن و آشامیدن در فضای آزمایشگاه‌هایی است که با مواد خطرناک زیستی سروکار دارند.

■ تجهیزات ایمنی فردی

Personal Protective Equipment (PPE)

براساس راه‌های ورود عامل بیماری‌زا، انواع آن‌ها و شناسایی عوامل خطرناک زیستی، هر فردی که با این عوامل کار می‌کند، باید از تجهیزات ایمنی

فرد را در مقابل مواد خطرناک زیستی محافظت کند. در صورت تماس مواد عفونی و آلوده با دست‌ها، قبل از ادامه کار باید حتماً دست‌ها را با آب و صابون شستشو داد. همچنین بعد از خارج کردن دست‌کش‌ها و قبل از خروج از آزمایشگاه شستن دست‌ها الزامی است.

□ ماسک‌ها

استفاده از ماسک در صورتی که سیستم‌های کنترلی مهندسی مانند هودهای ایمنی زیستی در دسترس نباشند، یا مواقعی که احتمال تشکیل آئروسول حتی در زیر هود ایمنی زیستی (BSC) وجود دارد، برای محافظت سیستم تنفسی از ورود آئروسول لازم است. ماسک باید در صورت امکان قبل از استفاده ضدعفونی شود. کنترل شود که از نظر اندازه مناسب صورت باشد و نوع ماسک برای آزمایش موردنظر مناسب باشد و آموزش طریقه استفاده صحیح از آن داده شده باشد.

□ روکش‌های مخصوص کفش

در صورتی که احتمال پاشیده شدن و ترشح مقادیر زیادی از مواد خطرناک زیستی وجود دارد پوشیدن روکش محافظ یک‌بار مصرف روی کفش به جلوگیری از سرایت و انتشار عوامل خطرناک کمک می‌کند.

■ ارزیابی خطر میکروبیولوژیک (بیولوژیک)

اساس ایمنی زیستی، ارزیابی خطر (Risk assessment) است. با آن که ابزارهای متعددی جهت کمک به ارزیابی خطر روش کار یا آزمایش وجود دارد، اما مهمترین جزء تشکیل‌دهنده قضاوت حرفه‌ای می‌باشد. ارزیابی خطر باید به

فردی مناسب در برابر این عوامل استفاده کند. از تجهیزات ایمنی فردی می‌توان به محافظ کامل صورت، روپوش آزمایشگاه، گان، ماسک، دستکش عینک و کفش رو بسته اشاره کرد که مسؤول آزمایشگاه به‌طور مرتب این تجهیزات را تهیه و در آزمایشگاه برای استفاده بگذارد.

□ محافظت از صورت

وقتی که احتمال ترشح مواد عفونی یا سایر مواد خطرناک زیستی وجود دارد، در صورتی که هود ایمنی زیستی (BSC) در دسترس نیست باید از محافظ مناسب صورت استفاده کرد. انواع محافظ صورت عبارتند از: عینک‌های ایمنی که دارای محافظ کناری می‌باشند، عینک معمولی محافظ‌های تمام قد صورت.

□ روپوش‌های معمولی و گان‌ها

برای جلوگیری از آلودگی پوست و لباس، باید روپوش آستین بلند یا گان پوشید. در صورتی که احتمال ترشح یا پاشیده شدن ترشحات روی لباس وجود دارد، باید از روپوش یا پیش‌بندی که دارای لایه نفوذناپذیر هست، استفاده کرد. موقع کار کردن با مواد خطرناک زیستی که در سطح سوم زیستی ایمنی (BSL3) قرار می‌گیرند و همچنین مواد عفونی باید سرآستین روپوش آزاد نباشد و به‌طور کامل داخل دست‌کش قرار گیرد. روپوش کتیف را یا باید در محل آزمایشگاه ضدعفونی و سپس شست یا این‌که با قرار دادن در یک نایلون و بستن در آن به سرویس لباس‌شویی فرستاد.

□ دست‌کش‌ها

هنگام کار با مواد خطرناک زیستی همواره باید دست‌کش به دست کنید، زیرا دست‌کش می‌تواند

وسيله كسانى انجام شود كه آشنائى كافى با
 ۱- ويژگى ارگانيسم‌ها، ۲- تجهيزات و روش‌هاى
 به كار رفته و مدل‌هاى حيوانى مورد استفاده و
 ۳- تجهيزات و امكانات محدودسازى و ايمنى در
 دسترس، داشته باشند.

بر اساس طبقه‌بندي سازمان بهداشت جهانى
 (WHO)، ميكروارگانيسم‌هاى عفونت‌زا بر حسب
 ميزان خطر عفونت، شدت و قابليت سرايت در
 انسان به ۴ گروه خطر (Risk Group) تقسيم
 مى‌شوند كه اين تقسيم‌بندي فقط براى كارهاى
 آزمايشگاهى مورد استفاده قرار مى‌گيرد.

□ گروه خطر ۱ (بدون خطر يا با خطر فردى و جمعى كم)

ميكروارگانيسمى كه باعث بيمارى انسان و
 حيوان نمى‌شود.

□ گروه خطر ۲ (خطر فردى متوسط و خطر جمعى كم)

پاتوژنى كه مى‌تواند باعث بيمارى انسان
 و حيوان گردد ولى خطر جدى براى كاركنان
 آزمايشگاه، جامعه، دام و محيط محسوب
 نمى‌شود. تماس‌هاى آزمايشگاهى ممكن است
 باعث بيمارى جدى شود اما درمان و اقدامات
 پيشگيرانه در دسترس بوده و خطر انتقال عفونت
 محدود مى‌باشد.

□ گروه خطر ۳ (خطر فردى بالا و خطر جمعى متوسط)

پاتوژنى كه به‌طور معمول باعث بيمارى جدى
 در انسان و حيوان مى‌شود اما به‌صورت معمول، از
 فردى به فرد ديگر سرايت نمى‌كند. درمان و اقدام
 پيشگيرانه مؤثر وجود دارد.

□ گروه خطر ۴ (خطر فردى و جمعى بالا)

پاتوژنى كه به‌طور معمول باعث بيمارى جدى
 در انسان و حيوان مى‌شود و به‌طور مستقيم يا
 غيرمستقيم از فردى به فرد ديگر به آسانى قابل
 انتقال است. درمان و اقدام پيشگيرانه مؤثر معمولاً
 وجود ندارد. اين تقسيم‌بندي تا حدى شبیه به
 طبقه‌بندي گروه‌هاى خطر توسط انستيتو سلامت
 ملي آمريكا (National Institutes of Health
 يا NIH) است ولى اين دو سازمان سطح زيست
 ايمنى (BSL: Biosafety level) يكسانى را براساس
 تعريف گروه‌هاى خطر ارايه نمى‌دهند.

مرکز کنترل و پيشگيرى از بيمارى‌هاى آمريكا
 CDC يا Centers for Disease Control and
 Prevention) برپايه توانائى بيمارى‌زاى و شدت
 عفونت ناشى از يك ميكروارگانيسم در انسان و يا
 حيوان، قابليت سرايت، وجود يا عدم وجود اقدام
 پيشگيرانه (واكسن) و يا درمانى (دارو) ابتدا ۴ گروه
 خطر را تعريف و سپس بر اساس آن و ويژگى‌هاى
 ديگر، چهار سطح زيست ايمنى را براى كار كردن
 با مواد خطرناك زيستى در نظر گرفته است كه
 البته اين سطوح زيست ايمنى با ۴ گروه خطر (Risk
 Group) به‌طور كامل فرق دارند و در حقيقت گروه
 خطر يکى از عوامل مهم و مؤثر در تعريف سطح
 زيست ايمنى است (جدول ۱).

■ زيست ايمنى سطح اول (BSL1)

اين سطح از زيست ايمنى براى كار كردن
 با عواملى است كه بيمارى شناخته‌شده‌اى در
 بزرگسالان ايجاد نمى‌کنند. تمام عوامل باكتريايى
 انگلى، قارچى، وىروسى، ريكتريايى و كلاميديايى

جدول ۱ - سطوح زیست ایمنی

سطح زیست ایمنی	نوع عوامل خطر ساز	روش کار	تجهیزات ایمنی (سد اول)	امکانات ویژه (سد دوم)
۱	کار کردن با عواملی که بیماری شناخته شده‌ای در افراد سالم ایجاد نمی‌کند.	روش کار استاندارد در آزمایشگاه‌های میکروبی‌شناسی (SMP) است.	تجهیزات خاصی لازم نیست. روپوش، دستکش، عینک و محافظ صورت حسب مورد ضرورت شستن دست قبل از ترک آزمایشگاه	میز روپوش و دانش دستشویی ورود به آزمایشگاه باید کنترل شده باشد. آزمایشگاه باید به راحتی قابل نظافت باشد.
۲	کار با عوامل بیماری‌زایی که به یکی از روش‌های زیر ممکن است به انسان سرایت کنند. الف - از طریق خراش‌ها و زخم‌های پوستی ب - از طریق غشاهای مخاطی بدن پ - از طریق بلع و خوردن	علاوه بر رعایت روش کار BSL1 ■ دسترسی به آزمایشگاه باید محدود باشد. ■ احتیاط‌های لازم برای کار با وسایل نوک تیز ■ دستورالعمل زیست ایمنی موجود در آزمایشگاه، روش‌های گندزدایی پسماندها و مراقبت‌های لازم پزشکی را مشخص کرده باشد.	سد اول شامل: هود ایمنی بیولوژیک یا به کار بردن روش‌های محدودکننده فیزیکی در مواردی که امکان ایجاد ترشح و یا تولید آئروسل وجود دارد. استفاده از تجهیزات ایمنی فردی (PPE) مانند: روپوش، دستکش، عینک، محافظ صورت.	علاوه بر امکانات BSL1 ■ وجود درهایی که به‌طور خودکار بسته شوند. ■ عدم استفاده از وسایلی که به سادگی تمیز نمی‌شوند. مانند روکش پارچه‌ای برای صندلی ■ در دسترس بودن اتوکلاو و سایر روش‌های آلودگی‌زدایی ■ وجود دستشویی نزدیک در خروجی آزمایشگاه ■ وجود چشم‌شویی
۳	عوامل بیماری‌زای بومی یا خارجی که از طریق ایجاد آئروسل می‌توانند منتقل شوند و ایجاد بیماری حاد کرده و می‌توانند سبب مرگ شوند	علاوه بر رعایت روش کار BSL2 ■ ورود به آزمایشگاه کاملاً کنترل شده باشد. ■ آلودگی‌زدایی از تمام پسماندها ■ آلودگی‌زدایی از لباس کار آزمایشگاه قبل از شستشو	سد اول: هود ایمنی بیولوژیک یا به کار بردن روش‌های محدودکننده فیزیکی موقف کار با عوامل این سطح، استفاده از تجهیزات ایمنی فردی (PPE) مانند: روپوش، دستکش، عینک، محافظ صورت.	علاوه بر امکانات BSL2 ■ وجود راهرو برای جدا کردن فیزیکی آزمایشگاه از بقیه ساختمان ■ وجود دو در ورودی برای آزمایشگاه که به‌طور خودکار بسته شوند. ■ هوای خروجی مجدداً به فضای آزمایشگاه برگردد. ■ وجود جریان هوای منفی در آزمایشگاه ■ دسترسی از طریق اتاق تعویض لباس با درهای هواپند (Airlock)
۴	کار با عوامل بیماری‌زای بسیار خطرناکی که از طریق ایجاد آئروسل منتقل شده و سبب بیماری مرگ‌آور می‌شوند و یا عوامل بیماری‌زایی که خطرات ناشناخته دارند و واکنش یا درمانی برای آن‌ها شناخته نشده است.	علاوه بر روش کار BSL3 ■ تعویض لباس‌ها قبل از ورود ■ قبل از خروج از آزمایشگاه دوش گرفته شود. ■ تمام مواد و وسایل قبل از خروج استریل یا ضدعفونی شوند.	سد اول: تمام کارهای آزمایشگاهی در هود ایمنی زیستی کلاس III یا اگر در هود کلاس I یا II انجام می‌شود باید به همراه لباس محافظ تمام بدن که مجهز به کیسه‌سول اکسیژن و فشار داخلی مثبت است، باشد.	علاوه بر امکانات BSL3 ■ آزمایشگاه از ساختمان‌های مجاور جداسازی شده باشد. ■ تیبیه خروجی هوای اختصاصی، مکده هوا و سیستم استریل کننده هوا

* Standard Microbiological Practices
۱. از سه روش به منظور آلودگی‌زدایی پسماندهای زیستی ممکن است استفاده شود. ۱- اتوکلاو کردن ۲- سوزاندن ۳- گندزدایی به وسیله مواد شیمیایی

می‌توانند به‌عنوان یک عامل خطر ارزیابی شوند اما این عوامل اگر به گروهی با خطر بالاتر تعلق نداشته باشند، می‌توان در زیست ایمنی سطح اول BSL1 طبقه‌بندی کرد. باید دانست که بعضی عواملی که در شرایط عادی ایجاد بیماری نمی‌کنند، ممکن است عوامل بیماری‌زای فرصت‌طلبی باشند که سبب ایجاد عفونت در افراد کم‌سن و سال، یا افراد مسن سال و یا افرادی که دارای نقص در سیستم ایمنی خود هستند، بشوند. آزمایشگاه‌های تحقیقاتی و آموزش پایه در این سطح هستند.

■ زیست ایمنی سطح دوم (BSL,2)

BSL,2، جهت آزمایشگاه‌های تشخیص طبی - بالینی، آموزشی، تحقیقاتی و سایر آزمایشگاه‌هایی که با آن دسته از عوامل بیماری‌زا و خطرناک که باعث بیماری در انسان می‌شوند، به کار می‌رود. با استفاده و رعایت روش‌های استاندارد میکروبی‌شناسی، می‌توان به این دسته از عوامل خطرناک با اطمینان خاطر و امنیت کافی کار نمود. به کار بردن روش‌های توصیه‌شده جهت جلوگیری از تولید ذرات ریز معلق در هوا ضروری است.

■ زیست ایمنی سطح سوم (BSL,3)

BSL,3، برای آزمایشگاه‌های تشخیص پزشکی ویژه - تحقیقاتی یا تولیدی در مواردی است که استنشاق برخی از عوامل داخلی یا خارجی موجب بروز بیماری‌های شدید کشنده می‌شود.

■ زیست ایمنی سطح چهارم (BSL,4)

عوامل خطرناک در BSL,4، به‌صورت ذرات ریز

معلق در هوا و از طریق دستگاه تنفسی، مخاط یا پوست آسیب‌دیده یا به علت تزریق تصادفی باعث ایجاد بیماری می‌شوند و هیچ‌گونه واکنش و درمانی نیز برای آن‌ها وجود ندارد. آزمایشگاه‌های تحقیقاتی (و آن‌هایی که با عوامل عفونی ناشناخته کار می‌کنند) در این سطح هستند.

از بین چهار سطح فوق، سطح دوم زیست ایمنی به دلیل استفاده بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

■ استانداردهای کار در سطح دوم

زیست ایمنی

سطح دوم زیست ایمنی از سطح اول از نظرهای زیر تفاوت دارد:

۱ - کارکنان آزمایشگاه باید برای حمل و نقل عوامل بیماری‌زا آموزش ببینند و این آموزش‌ها زیر نظر افراد ذی‌صلاح اجرا شوند.

۲ - دسترسی به آزمایشگاه در حین کار مقدور نیست.

۳ - تمام فعالیت‌های آزمایشگاهی‌ای که باعث ایجاد آئروسول و یا ترشح می‌شوند باید زیر هودهای ایمنی (Biological safety Cabinet) و یا سدهای ایمنی فیزیکی مناسب دیگر انجام شوند.

استانداردهای زیر جزء الزامات سطح دوم زیست ایمنی است.

□ روش کار استاندارد میکروبی‌شناسی در سطح

دوم زیست ایمنی

۱ - دسترسی به آزمایشگاه باید به‌صورت کاملاً کنترل شده باشد.

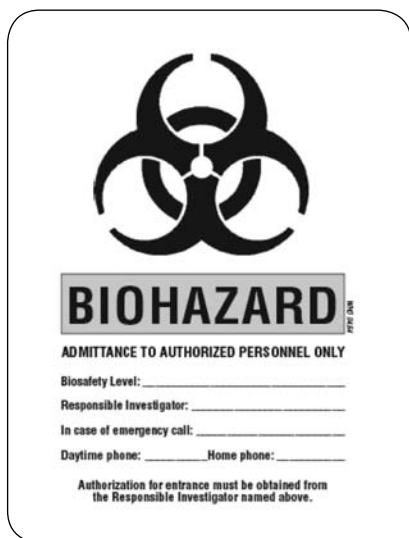
۲ - کارکنان باید بعد از پایان کار و قبل از ترک آزمایشگاه دست خود را بشویند.

یخچالی که مواد خطرناک زیستی در آن وجود دارد ممنوع است و برای مواد غذایی باید از یخچالی فقط به همین منظور استفاده کرد.

۹ - هیچ ماده‌ای نباید وارد دهان شود و برچسب‌ها نباید با زبان زده شوند.

۱۰ - تمام محیط‌های کشت و منابع عوامل عفونی باید قبل از دور ریختن آلودگی‌زدایی شوند. اگر قرار است آلودگی‌زدایی در خارج از آزمایشگاه انجام شود، تمام مراحل جمع‌آوری، حمل، نگهداری و فرآیند آلودگی‌زدایی منابع و عوامل عفونی باید در یک ظرف محکم و غیرقابل نفوذ انجام شود و سپس انتقال یابند.

۱۱ - نشانه بین‌المللی مواد زیستی خطرناک طبق شکل ۱ هنگام کار با مواد زیستی خطرناک باید روی در ورودی نصب شود و اطلاعات آن کامل گردد.



شکل ۱ - نشانه بین‌المللی مواد زیستی خطرناک

۳ - کشیدن مایعات با دهان ممنوع است.
۴ - نحوه صحیح حمل و کار با وسایل نوک تیز (سرسوزن‌ها، پی‌پست‌ها، وسایل شیشه‌ای شکسته، تیغ‌های جراحی) باید به‌طور کامل رعایت شود مانند:

■ سرسوزن‌ها نباید خم، شکسته و یا از روی سرنگ قبل از دور انداختن برداشته شوند.

■ سرسوزن‌ها باید در ظرف مخصوص (مقاوم به سوراخ شدن) ریخته شوند.

■ اجسام تیز و برنده‌ای که قرار است دوباره مصرف شوند باید در یک ظرف با سختی و مقاومت مناسب جمع‌آوری شوند تا به مکان مناسب برای آلودگی‌زدایی (ترجیحاً با اتوکلاو) حمل شوند.

■ وسایل شیشه‌ای شکسته شده نباید به‌طور مستقیم با دست جابجا شوند. بلکه باید از برس و خاک‌انداز و یا انبر و پنس استفاده نمود و تا آنجایی که ممکن است بهتر است لوازم پلاستیکی جانشین ظروف و وسایل شیشه‌ای شوند.

۵ - بعد از پایان کار تمام سطوح باید آلودگی‌زدایی شوند و در صورت ریختن و یا ترشح عوامل عفونی باید بلافاصله ضدعفونی انجام شود.

۶ - در صورتی که هر کدام از تجهیزات فردی در حین کار به ماده خطرناک زیستی آلوده شد، باید بلافاصله آن‌را تعویض کرد.

۷ - خوردن، آشامیدن، سیگار کشیدن، استفاده از لوازم آرایشی و جواهرات اعم از انگشتر و ساعت و به کار بردن لنزهای تماسی چشمی در محیط آزمایشگاهی که با مواد خطرناک زیستی کار می‌شود ممنوع است.

۸ - نگهداری مواد خوراکی و آشامیدنی در

۱۲ - یک برنامه منظم کنترل بند پایان و چوندگان برای آزمایشگاه لازم است (حشراتی مانند سوسک و مگس سبب انتقال مکانیکی عوامل عفونی می‌شوند).

۱۳ - مدیر آزمایشگاه باید اطمینان حاصل کند که کارکنان آموزش‌های لازم برای کار در این سطح از ایمنی زیستی را دیده‌اند و برای انجام این کار کارایی لازم را دارند و سالانه باید اطلاعات و آموزش آن‌ها در صورت تغییر روش‌های کار و یا سیاست‌های کاری به روز گردد.

۱۴ - برای کارکنان باید مراقبت پزشکی مناسب فراهم باشد و در صورتی که واکسن و یا روش پیشگیری مناسب دیگری برای عوامل عفونی‌ای که در آزمایشگاه با آن‌ها کار می‌شود وجود دارد، باید برای کارکنان استفاده شود.

۱۵ - اقدام لازم برای جمع‌آوری و نگهداری سرم افراد در معرض خطر باید انجام شود.

۱۶ - وسایل آزمایشگاه باید طبق برنامه تنظیمی آلودگی‌زدایی شوند و در صورت ایجاد ترشح و یا ریختن عوامل عفونی باید همان لحظه آلودگی‌زدایی توسط افراد آموزش دیده انجام شود. همچنین وسایل قبل از انجام تعمیرات و یا فعالیت‌های نگهداری و یا خروج از آزمایشگاه باید آلودگی‌زدایی شوند.

۱۷ - تمام اسنادی که در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از آلودگی محافظت شوند.

۱۸ - در صورت بروز حادثه و برخورد با عوامل عفونی، فرد باید بلافاصله برابر راهنمای ایمنی زیستی موجود در آزمایشگاه مورد ارزیابی و درمان قرار گیرد و تمام فعالیت‌های درمانی انجام شده

ثبت گردیده و موضوع به مدیر آزمایشگاه و مسؤول ایمنی زیستی گزارش گردد.

۱۹ - نگهداری حیوانات و گیاهان در آزمایشگاه با سطح دوم زیست ایمنی ممنوع است و فقط حیوانات مورد مطالعه طبق دستورالعمل باید به آزمایشگاه برده شوند.

۲۰ - پا کردن کفش جلو باز ممنوع است.
□ تجهیزات ایمنی (سد اول) در سطح دوم زیست ایمنی

۱ - از هودهای ایمنی (Biological Safety Cabinet با مخفف BSC) ویژه این سطح باید برای تمام فعالیت‌های آزمایشگاهی‌ای که با ایجاد آئروسل یا ریختن عوامل عفونی همراه هستند مانند انتقال مواد با پی‌پت، سانتریفوژ صاف کردن، ورتکس، اختلاط، سونیکاسیون و باز کردن ظرف عوامل عفونی (یا بافت آلوده حیوانی) استفاده شود.

۲ - وسایل ایمنی شخصی (مانند روپوش و گان) باید حتماً پوشیده شوند و قبل از ترک آزمایشگاه بیرون آورده شوند. تمام لباس‌ها برابر راهنمای ایمنی زیستی باید جمع‌آوری و شسته شوند و هیچ‌گاه برای شستشو نباید به منزل برده شوند. به تن داشتن روپوش و خروج از آزمایشگاه (حضور در مکان‌های دفتری، اداری، سالن غذاخوری کتاب‌خانه و...) ممنوع است.

۳ - در صورتی که احتمال ترشح یا ریختن عوامل عفونی در خارج از هود ایمنی وجود دارد باید از عینک، ماسک و محافظ صورت استفاده شود. این وسایل در صورتی که قرار است دوباره استفاده شوند باید حتماً قبل از استفاده مجدد

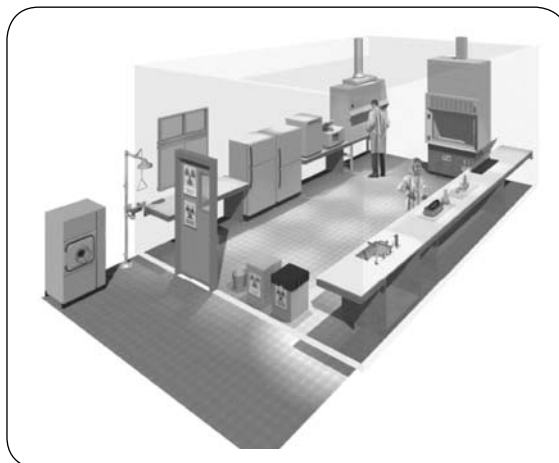
- ۵- سطح میزها باید نسبت به آب غیرقابل نفوذ و به حرارت، حلال‌های آلی، اسیدها، قلیاها و دیگر مواد شیمیایی مقاوم باشند.
- ۶- روی صندلی‌های آزمایشگاه باید با مواد غیرقابل نفوذی که به راحتی تمیز و ضدعفونی می‌شوند، پوشانده شوند.
- ۷- وجود پنجره در آزمایشگاه به ویژه وقتی که به سمت بیرون باز شوند، توصیه نمی‌شوند و در صورتی که وجود دارند باید با پرده پوشانده شوند.
- ۸- هودهای ایمنی باید در جایی نصب شوند که جریان هوا روی کارآیی آن‌ها تأثیر نگذارد. برای مثال هودهای ایمنی نباید روبه روی درها پنجره‌هایی که باز می‌شوند و مکان‌های پررفت و آمد آزمایشگاه نصب شوند.
- ۹- تمام لوله‌های خلأ باید از سیفون دارای ماده ضدعفونی‌کننده مناسب عبور کنند.
- ۱۰- چشم‌شوی باید در دسترس باشد.
- ۱۱- برای سیستم تهویه الزام خاصی وجود ندارد ولی در طراحی‌های جدید، یک سیستم مکانیکی تهویه هوا به سمت داخل (بدون بازگشت به فضای خارج از آزمایشگاه) در نظر می‌گیرند.
- ۱۲- هوای خروجی از فیلترهای هپا (HEPA) هودهای ایمنی کلاس II در صورتی که هود کاملاً سالم و آزمایش شده باشد، می‌تواند به فضای آزمایشگاه دوباره برگردد.
- ۱۳- روش‌های آلودگی‌زدایی پسماندهای زیستی باید تدوین و در دسترس قرار داشته باشد.
- ۱۴- تجهیزات آزمایشگاه باید طوری ساخته شوند که عاری از بریدگی، لبه‌های تیز و قسمت‌های متحرک حفاظت نشده باشد. در شکل

آلودگی‌زدایی شوند.

- ۴- از دست‌کش برای جلوگیری از تماس مستقیم عوامل عفونی باید استفاده شود. انتخاب نوع دست‌کش بستگی به نتیجه ارزیابی خطر میکروبیولوژیک دارد. جایگزین برای دست‌کش‌های لاتکس باید وجود داشته باشد و دست‌کش هیچ‌گاه نباید خارج از آزمایشگاه به دست شود و کارکنان در موارد آلودگی و پارگی دست‌کش باید آن‌را عوض کنند. دست‌کش‌ها باید قبل از خروج از آزمایشگاه بیرون آورده شوند و دست‌ها حتماً قبل از خروج برابر دستورالعمل شسته شوند. دست‌کش‌های یک بار مصرف نباید شسته شده و دوباره مصرف شوند.
- ۵- استفاده از محافظ چشم صورت و ماسک (برای محافظت تنفسی) در آزمایشگاه و مکان‌هایی که حیوانات در آن‌ها قرار دارند، الزامی است.

□ امکانات ویژه (سد دوم) در سطح دوم زیست ایمنی

- ۱- درهای آزمایشگاه باید به صورت اتوماتیک و خودکار باز و بسته شده و دارای قفل باشند.
- ۲- آزمایشگاه باید جایی برای شستن دست نزدیک در خروجی داشته باشد و شیرهای آن باید اتوماتیک بوده و بدون دخالت دست کار کنند.
- ۳- طراحی آزمایشگاه باید طوری باشد که به راحتی آلودگی‌زدایی شود و استفاده از هر نوع فرش و زیرانداز در آن ممنوع است.
- ۴- میز بندی و تجهیزات آزمایشگاهی باید طوری طراحی شوند که فضای کافی برای کار داشته باشند و فضاهای بین میزها، کسوها، قفسه‌ها و وسایل باید طوری در نظر گرفته شوند که قابل نظافت و آلودگی‌زدایی باشند.



شکل ۲ - نمایی از آزمایشگاه با سطح دوم زیست ایمنی

۵- افرادی که مستعد آلودگی هستند (مانند افراد دارای اختلال ایمنی) از انجام کارهای آزمایشگاهی کنار گذاشته شوند.

۶- تمام سرایت‌های اتفاقی عوامل خطرناک زیستی باید بلافاصله به مسؤولان مربوطه گزارش شود تا اقدامات مناسب در مورد آن فرد به عمل آید زیرا تأثیر بعضی از اقدامات درمانی با گذشت زمان ممکن است کاهش یابد.

□ هودهای زیست ایمنی

هودهای زیست ایمنی عموماً به‌عنوان یک سد محافظ اولیه در آزمایشگاه‌های میکروبی‌شناسی به کار می‌روند. سه دسته هود زیست ایمنی وجود دارد: کلاس I، II و III. موقعی که هودهای زیست ایمنی و تکنیک‌های استاندارد آزمایشگاه میکروبی‌شناسی با هم به کار می‌روند، هر دسته از هودهای زیست ایمنی سطوح مختلفی از ایمنی را مهیا خواهند کرد.

۲ نمایی از آزمایشگاه با سطح دوم زیست ایمنی دیده می‌شود.

□ برای کارکنان

۱- کنترل بهداشتی و سلامت قبل از استخدام لازم و سوابق پزشکی کارکنان باید ثبت و ارزیابی گردد.

۲- ارزیابی، مراقبت و درمان صحیح پزشکی باید برای تمام کارکنان فراهم گردد و گزارش بیماری و غیبت کارکنان باید توسط مدیر آزمایشگاه نگهداری شود.

۳- بانوانی که در سنین بارداری هستند باید از خطر تماس شغلی با میکروارگانیسم‌هایی که برای جنین خطرآفرین هستند آگاه گردند (مانند ویروس رویلا).

۴- فقط افراد مجاز حق ورود به آزمایشگاه را دارند و ورود کودکان به‌طور مطلق ممنوع است.

سطح تماس در آن‌ها، به شکل پلیسه ماندی تا خورده‌اند. به منظور هدایت جریان هوا در فیلتر این صفحات توسط تیغه‌هایی از جنس آلومینیوم از همدیگر جدا شده‌اند.

□ یادآوری نکات ضروری در مورد هود زیست ایمنی کلاس II

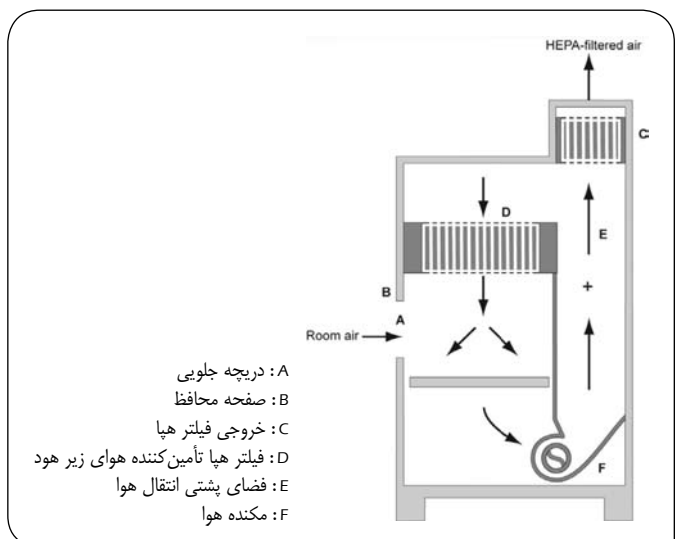
۱ - قسمت‌های مشبک جلو و عقب هود کاملاً آزاد بوده و با وسایل اضافی مسدود نشود، زیرا این کار سبب اختلال یا قطع جریان هوا می‌شود و می‌تواند برای افراد، محیط و مواد و محصولات خطرناک باشد.

۲ - هیچ وسیله نباید روی هود (قسمت بالا) گذاشته شود. فیلتر هپا ممکن است خراب شود و سبب اختلال در تنظیم جریان هوا گردد.

۳ - از انجام حرکات شدید و ناگهانی در زیر و

□ هود زیست ایمنی کلاس II (BSC class II)

هودهای ایمنی II برای محافظت افراد، محیط مواد و محصولات طراحی شده‌اند. تفاوت اصلی هودهای کلاس I و کلاس II، تصفیه جریان هوا توسط فیلترهای هپا (HEPA یا High-efficiency Particular Air) است که از قسمت جلویی سطح کار وارد هود کلاس II می‌شود (شکل ۳). فیلتر هپا اساسی‌ترین قسمت این هود ایمنی است. فیلتر هپا وسیله‌ای است که ذرات و میکروارگانیسم‌ها را از هوا جداسازی می‌کند. این فیلترها ۹۹/۹۷ درصد تمام ذراتی که اندازه آن‌ها ۰/۳ میکرون باشد را جدا می‌کنند و در مورد ذراتی که اندازه آن‌ها از ۰/۳ میکرون بیشتر باشد کارایی فیلتر به مراتب بیشتر است. فیلترهای هپا از صفحاتی از جنس الیاف بروسلیکات ساخته شده که برای بالا بردن



شکل ۳ - شکل و اجزاء هود زیست ایمنی کلاس II نوع A1

خارج هود اجتناب کنید.

۴- هود ایمنی در نزدیکی پنجره، راهروها و کنار درهای تردد نصب نشود. هر کدام از این حالت‌ها می‌تواند سبب اختلال در جریان هوا و عملکرد هود ایمنی شود.

۵- استفاده از شعله گاز زیر هود ایمنی ممنوع است. گرما سبب اختلال در جریان هوا شده و شعله می‌تواند سبب آسیب به فیلتر هوا گردد. همچنین گاز فضا را پر می‌کند و بازگشت مجدد هوای فیلتر شده به هود عملاً کم می‌شود.

۶- مواد شیمیایی فرار و رادیونوکلئیدهای فرار نباید در زیر هود استفاده شوند مگر این که قبلاً استفاده از آن‌ها توسط مدیر آزمایشگاه تأیید شده باشد.

۷- نوع A2 کلاس II هودهای ایمنی معادل هودهای ایمنی‌ای که قبلاً نوع A3 کلاس II نامیده می‌شدند، نیست مگر این که از طریق سیستم سایبان (Canopy) به سیستم خروجی هوای آزمایشگاه متصل شده باشد.

۸- خوردن، آشامیدن، جویدن آدامس و کشیدن سیگار موقع کار در زیر هود ممنوع است. انجام این کارها ممکن است سبب بلع مواد و عوامل خطرناک شود.

۹- سطح داخلی هود (سطح کار) را قبل و بعد از کار با یک ضد عفونی کننده، گندزدایی و سپس تمیز کنید.

انواع دیگر هودهای زیست ایمنی کلاس II را در شکل‌های ۴ می‌توانید ببینید.

□ تأیید صحت کار کرد هودهای زیست ایمنی

۱- هودهای زیست ایمنی باید توسط شرکت‌های

فروشنده معتبر از نظر وضعیت مناسب سیستم و کارایی درست هود تأیید شده باشند. این شرکت‌ها باید دارای گواهی مهارت و خبرگی لازم از مؤسسات مرتبط باشند.

۲- تمام هودهایی که برای محصولات و بافت‌های انسانی یا عوامل عفونی یا بالقوه عفونی استفاده می‌شوند، باید به‌طور سالانه از نظر صحت کارکرد تأیید شوند.

۳- هودهایی که برای مواد و عوامل غیر عفونی استفاده می‌شود، حداقل باید هر دو سال یک بار از نظر صحت کارکرد تأیید شوند.

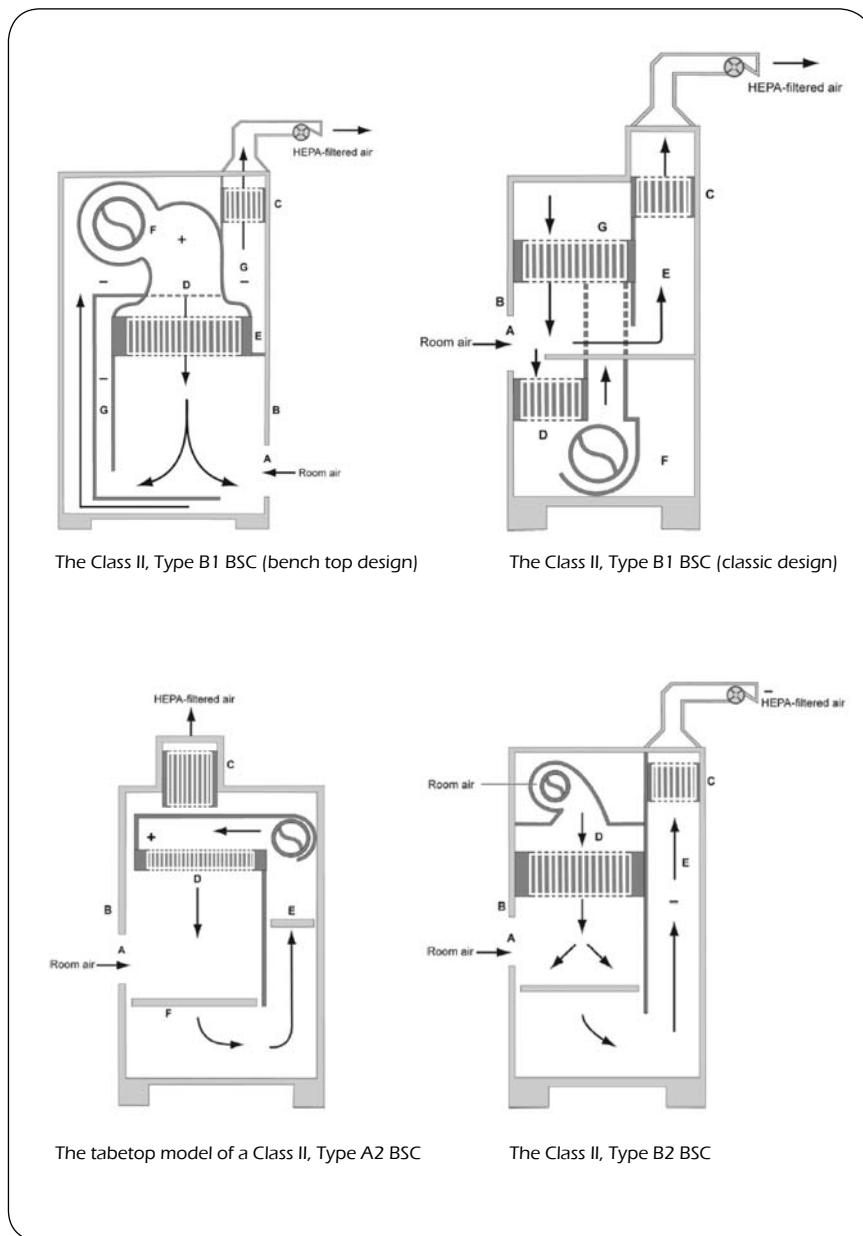
۴- تمام هودهایی که جدیداً خریداری می‌شوند با هودهایی که جابجا می‌شوند برای هر نوع کار آزمایشگاهی باید قبل از کار کردن با آن‌ها از نظر صحت کارکرد تأیید شوند.

۵- اگر در هودی با عوامل عفونی کار شده باشد و این عوامل از طریق ایجاد آئروسول منتقل می‌شوند، باید قبل از جابجایی یا تعمیر هود به‌طور کامل گندزدایی شود.

■ تقسیم‌بندی پسماندهای زیستی و تدابیر لازم برای ایمن شدن از آن‌ها (Waste management)

□ وسایل نوک تیز و برنده

این دسته شامل سوزن‌ها، سرنگ‌هایی که سرسوزن آن‌ها جدا نمی‌شود، لوله‌های موئین، لام و لامل، تیغه جراحی و شیشه‌های شکسته‌ای که به پسماندهای زیستی آغشته شده‌اند می‌باشد. این پسماندها باید در جعبه‌های غیرقابل نفوذ ریخته شوند (satety box) و قبل از معدوم کردن به روش



شکل ۴ - انواع هودهای زیست ایمنی کلاس II

مناسب مانند اتوکلاو کردن استریل شوند.

□ پی‌پت‌ها

پی‌پت‌هایی که با آن‌ها عوامل عفونی یا مایعات بدن برداشته شده، باید در ظرف مخصوص پی‌پت‌های عفونی (pipette biohazard box) گذاشته شوند، و بعد برای استریل کردن در داخل کیسه‌های مناسب اتوکلاو قرار داده و سترون نمود. در صورتی که پی‌پت یا نوک سمپلر با عوامل عفونی آغشته نباشد باید آن‌ها را در ظرف غیرقابل نفوذ (safety box) قرار داده و به شیوه صحیح معدوم کرد (احتیاج به اتوکلاو کردن نیست).

□ پسماندهای میکروبی

این گروه شامل کشت‌های میکروبی و عوامل میکروبی ذخیره شده می‌باشد. ظروف کشت را باید در کیسه‌های قابل اتوکلاو کردن گذاشته و قبل از معدوم کردن استریل کرد. پسماندهای مایع میکروبی را باید قبل از وارد کردن به فاضلاب یا استریل کرد و یا به وسیله گندزدایی شیمیایی بی‌اثر نمود.

□ نمونه‌های خونی، مایعات دیگر بدن و کشت بافت‌های انسانی

این نمونه‌ها بایستی حتماً در کیسه‌هایی با قابلیت اتوکلاو شدن قرار گیرند و قبل از معدوم شدن اتوکلاو گردند.

□ پسماندهای کشت بافت

تمام پسماندها باید در کیسه‌هایی با قابلیت اتوکلاو شدن قرار گیرد و بعد از اتوکلاو شدن به شیوه صحیح معدوم گردند.

□ پسماندهای بخش آناتومی و آسیب‌شناسی

این نوع پسماندها شامل: اندام‌ها، اعضای قطع

شده، لاشه حیوانات و... می‌باشد که باید به وسیله کوره مخصوص سوزانده شوند. تمام بافت‌های بزرگ جدا شده انسانی باید با هماهنگی مسئولین مربوطه به شیوه صحیح معدوم گردند.

□ شیشه‌های شکسته شده غیر عفونی

پسماندهای فوق باید در جعبه‌های غیرقابل نفوذ قرار گیرد و روی برچسب آن قید گردد که (پسماند غیر عفونی)، سپس به شیوه صحیح معدوم گردند.

□ پسماندهای جامد عمومی

شامل دست‌کش‌های یک بار مصرف، گاز مصرف‌شده، کاغذهای بسته‌بندی، پارا فیلم و ... می‌باشد که غیرآلوده‌اند. این پسماندها احتیاج به گندزدایی و سترون‌سازی قبل از معدوم کردن ندارند، اما باید آن‌ها را در کیسه‌های نایلونی محکم قرار داده و در آن‌ها کاملاً بسته و سپس معدوم کرد.

■ دستگاه‌های مخلوط‌کن، هموژن کننده‌ها و سانتریفوژها

از این دستگاه‌ها عموماً در آزمایشگاه‌ها استفاده می‌شود و قابلیت آن‌ها در تولید آئروسول باید مدنظر قرار گیرد. موقعی که با عوامل شناخته شده خطرناک یا عوامل مشکوکی که خطر سرایت آن‌ها از طریق ایجاد آئروسول وجود دارد، باید از مخلوط‌کن یا هموژن کننده‌ای استفاده شود که در آن کاملاً بسته شده و غیرقابل نفوذ باشد. (هدف از انجام این اقدام این است که در حین کار از تولید آئروسول جلوگیری شود). این وسایل ممکن است روی میزهای روباز باشند، اما بهتر است که در آن‌ها در زیر هود ایمنی بیولوژیک مناسب باز شود. تمام

۴ - در صورت لزوم، با انبرک یا پنس اجسام تیز شکسته شده را بردارید و در ظرف مخصوص بگذارید.

۵ - روی مواد زیستی خطرناک ریخته شده پودر جاذب بریزید و سپس پودر جاذب را با جارو و خاک‌انداز بردارید و در سطل مخصوص مواد زیستی خطرناک بریزید.

۶ - سپس ناحیه را با ماده ضدعفونی‌کننده مناسب (محلول ۱ به ۱۰ تازه تهیه شده هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد) از اطراف به سمت مرکز محل آلوده اسپری کنید و برابر دستور سازنده برای اثر زمان بدهید (برای این محلول حداقل ۲۰ دقیقه زمان لازم است).

۷ - با کاغذ یا دستمال خشک‌کن، ماده ضدعفونی‌کننده را از اطراف به سمت مرکز محل آلوده خشک کنید و آن را به داخل سطل مخصوص بریزید.

۸ - در صورت نیاز مراحل ۶ و ۷ را تکرار کنید.

۹ - دست‌کش رویی را بیرون آورید.

۱۰ - عینک را با دست‌کش باقی‌مانده از روی صورت بردارید و آن را با یک تکه پارچه کوچک آغشته به ماده ضدعفونی‌کننده تمیز کنید.

۱۱ - دست‌کش دوم را هم از دست بیرون آورید و در سطل مخصوص بیندازید.

۱۲ - در سطل را ببندید و به قسمت زباله‌های زیستی منتقل کنید.

۱۳ - دست خود را فوری با آب و صابون بشویید.

در صورتی که مواد زیستی خطرناک روی روپوش بریزد، باید بعد از دست کردن دست‌کش و زدن عینک، آن را بیرون آورده و در یک کیسه مخصوص

وسایلی که بدون در هستند و امکان تولید آئروسول از عوامل خطرناک در آنها وجود دارد باید حتماً در زیر هود ایمنی بیولوژیک مناسب استفاده شوند.

■ روش آلودگی‌زدایی

جعبه آلودگی‌زدایی شامل وسایل زیر است:

۱ - دست‌کش (لاتکس، نیتریل)

۲ - عینک مخصوص

۳ - پودر جاذب (Superfine, SSS Clean up Power)

۴ - دستمال خشک‌کن یا کاغذی

۵ - وسایل برداشت اجسام مثل پنس، خاک‌انداز جارو، انبرک

۶ - سطل مخصوص مواد زیست‌ایمنی خطرناک (قرمز رنگ یا یا با نشانه مخصوص مواد زیستی خطرناک)

۷ - مواد ضدعفونی‌کننده مانند محلول ۱ به ۱۰ تازه تهیه شده هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد

۸ - دستمال خشک‌کن یا کاغذی آغشته به مواد ضدعفونی‌کننده

■ روش کار

اولین و مهمترین نکته این است که این کار باید توسط فرد آموزش دیده انجام شود.

۱ - دیگران را از ریختن یا ترشح مواد زیستی خطرناک آگاه کنید.

۲ - جعبه آلودگی‌زدایی را بیاورید.

۳ - دو جفت دست‌کش را روی هم به دست کنید و عینک را به چشم بزنید.

اتوکلاو یا سطل مخصوص مواد خطرناک زیستی قرار داده و برای آلودگی‌زدایی به واحد شستشو و آلودگی‌زدایی آزمایشگاه تحویل دهید.

در موارد زیر آلودگی‌زدایی نباید انجام شود:

- ۱ - زمانی که فرد آموزش لازم برای این کار را ندیده باشد.
- ۲ - جعبه آلودگی‌زدایی و وسایل مورد نیاز در دسترس نباشد.
- ۳ - مواد زیستی خطرناک با آلودگی دیگر (مانند مواد رادیواکتیو) همراه باشد.
- ۴ - سطح یا وسیله آلوده شده بسیار بزرگ‌تر از امکانات در دسترس برای آلودگی‌زدایی باشد.

در چنین مواردی:

- ۱ - دیگران را از آلودگی آگاه کنید.
- ۲ - در آزمایشگاه (منطقه) آلوده را با نصب تابلوی «وارد نشوید، آلوده به مواد زیستی خطرناک» ببندید و از ورود افراد دیگر تا رسیدن کمک‌های لازم برای آلودگی‌زدایی جلوگیری کنید.

۳ - به مسؤول ایمنی زیستی اطلاع دهید.

۴ - در صورتی که سطح آلوده شده زیر هود ایمنی باشد، باید سینی را بیرون آورده و عملیات آلودگی‌زدایی را بیرون هود ایمنی انجام دهید.

۵ - وقتی که حجم ترشح با ریختن مواد زیستی خطرناک زیاد و زیر هود ایمنی نباشد و احتمال ایجاد آئروسول وجود داشته باشد:

نفس‌تان را در سینه حبس کنید و از آزمایشگاه خارج شده و در را ببندید.

تابلوی «وارد نشوید، آلوده به مواد زیستی خطرناک» را روی در آزمایشگاه نصب کنید.

به مسؤول ایمنی زیستی اطلاع دهید و تا رسیدن

کمک‌های لازم برای آلودگی‌زدایی صبر کنید. ۳۰ دقیقه صبر کنید تا آئروسول به وجود آمده در محیط آزمایشگاه پراکنده شود و سپس اقدام به آلودگی‌زدایی کنید.

تمام حوادث و وقایع اتفاق افتاده را با جزییات آن‌ها ثبت کنید.

۶ - اگر آلودگی زیر هود ایمنی اتفاق بیفتد و احتمال تشکیل آئروسول وجود داشته باشد:

هود را در حالت روشن رها کنید.

با رعایت مراحل ۲ تا ۷، علاوه بر سطح آلوده شده، سطح دیواره هود ایمنی و تجهیزات زیر هود را با ضدعفونی‌کننده مناسب (محلول ۱ به ۱۰ تازه تهیه شده هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد) ضدعفونی کنید.

پس از انجام مرحله قبل، سینی و سطح زیر هود را با اتانل تمیز ۷۰ درصد کنید.

منابع

1. <http://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmb15>
2. www.who.int/csr/resources/publications/biosafety/Biosafety7.pdf
3. <http://www.oseh.umich.edu/pdf/Biosafety-Manual.pdf>
4. <http://www.mums.ac.ir/buali/fa/safety,1>
5. <http://www.biochem1.com/wp-content/uploads/2011/4/آزمایشگاه-زیستی-راهنمای-ایمنی-زیستی.pdf>
6. <http://www.orcbs.msu.edu/biological/programs-guidelines/exposure-control-plan/Apx-D2-biohazardous-response.pdf>
7. <http://or.ucsf.ehs/9056-DSY/version/default/part/4/data/>
8. www.hawaii.edu/ehso/jabsom/Sample%20Biological%20Spill%20Procedures.doc