

ارزیابی و مدیریت ریسک در آزمایشگاه‌های دانشکده بهداشت یکی از دانشگاه‌های علوم پزشکی با استفاده از تکنیک ACHiL

ایرج محمدفام^{۱*}، فرشاد عبدالهی^۲، صفورا کریمی^۳

^۱ استاد قطب علمی آموزشی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
^۲ کارشناسی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
^۳ کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات ایمنی و بهداشت شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: ایرج محمدفام، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
ایمیل: mohammadfam@umsha.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: با وجود تلاش‌های مداوم برای کاهش ریسک در سیستم‌های مختلف، هنوز هم حوادث رخ می‌دهند. از نظر ایمنی، آزمایشگاه‌ها به دلیل وجود مواد شیمیایی متنوع، تجهیزات الکتریکی و تعدد دانشجویان، اساتید و کارکنانی که از امکانات آن استفاده می‌کنند و همچنین با توجه به ارزش مادی بالای برخی از تجهیزات از اهمیت بالایی برخوردار هستند؛ به همین دلیل لازم است که خطرات موجود در آن‌ها با استفاده از روش‌های مناسب شناسایی، ارزیابی و کنترل گردند.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۳۰

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه برای شناسایی و ارزیابی خطرات از روش ارزیابی و طبقه‌بندی خطرات در آزمایشگاه‌ها (ACHiL: Assessment and Classification of Hazards in Laboratories) استفاده گردید. روش ACHiL بر مبنای ساختاری طراحی شده است که ۲۸ خطر در آن دسته‌بندی شده است که هر کدام از آن‌ها حدود مجاز مختص به خود را دارند و در سه سطح قرار می‌گیرند.

یافته‌ها: نتایج نشان دادند که عوامل شیمیایی مهم‌ترین عامل مؤثر در بروز خطر در آزمایشگاه‌های مورد مطالعه می‌باشند. عوامل محیطی نیز به‌عنوان دومین عامل مؤثر در بروز حوادث شناسایی گردیدند و عوامل بیولوژیکی و سپس عوامل فیزیکی دارای کمترین نقش در بروز حوادث در آزمایشگاه‌های مورد مطالعه بودند. شایان ذکر است که سطح‌بندی خطرات و جانمایی آن‌ها با توجه به شدت مربوط به هر کدام حاصل گردید.

نتیجه‌گیری: پلتفرم ACHiL یک ابزار ساده اما بسیار کارآمد و مؤثر برای کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و ایمنی است که به آن‌ها اجازه می‌دهد به دیدگاهی کامل و عمیق در مورد خطرات موجود در آزمایشگاه و همچنین نمونه‌کارهای خطرناک دست یابند تا بدین طریق اقدامات ایمنی مناسب در نظر گرفته شود.

واژگان کلیدی: آزمایشگاه، تکنیک ACHiL، ریسک

مقدمه

از دولت، مراقبت‌های بهداشتی، آموزش و اوقات فراغت که انتظار می‌رود بخش آموزش در اولویت قرار بگیرد [۲]؛ زیرا آموزش مناسب می‌تواند سایر بخش‌ها را پوشش داده و امکان اصلاح نواقص آن‌ها را فراهم سازد [۴].

در این ارتباط، دانشگاه‌ها مهم‌ترین نقش را در بخش آموزش بر عهده دارند. دانشگاه‌ها باید به‌عنوان مهد پرورش دانشمندان و پژوهشگران، محیط کار سالم و ایمنی را برای اساتید، دانشجویان و پژوهشگران خود فراهم نمایند [۵،۶]. این درحالی است که مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهند که محیط کار دانشگاهی و به‌ویژه آزمایشگاه‌های علمی کمتر توسط پژوهشگران ایمنی

سازمان بین‌المللی کار (ILO: International Labour Organization) مرگ و میر ناشی از حوادث و بیماری‌های ناشی از کار را سالانه ۲/۳۴ میلیون مورد اعلام کرده است که ۲/۰۲ میلیون مورد از این آمار ناشی از بیماری‌های شغلی می‌باشد. همچنین مطابق با برآورد این سازمان، سالانه ۱۶۰ میلیون بیماری غیرکشنده مرتبط با کار رخ می‌دهد [۱،۲]؛ بنابراین از آنجایی که میلیون‌ها نفر در محیط‌های کاری در معرض خطر می‌باشند، شناسایی و توجه به ایمنی و سلامت شاغلین امری ضروری است.

چهار اصل پیشرفت یک کشور در قرن بیستم عبارت هستند

جراحت چندین نفر را در پی داشت [۲].

با توجه به موارد یادشده و ضرورت ارزیابی و مدیریت خطرات در آزمایشگاه‌های علمی، هدف اصلی مطالعه حاضر ارزیابی و مدیریت ریسک در آزمایشگاه‌های دانشکده بهداشت در یکی از دانشگاه‌های علوم پزشکی با استفاده از تکنیک ACHiL بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش کیفی حاضر به منظور شناسایی و طبقه‌بندی خطرات آزمایشگاه‌های دانشکده بهداشت در یکی از دانشگاه‌های علوم پزشکی انجام شد. آزمایشگاه‌های مورد مطالعه عبارت بودند از: آزمایشگاه‌های عوامل فیزیکی، سم‌شناسی و میکروبیولوژی. ابزار گردآوری داده‌ها نیز شامل: روش‌های مشاهده میدانی، مصاحبه با کارشناسان، بررسی اسناد و مستندات و استفاده از پلتفرم شناسایی خطرات موجود تکنیک ACHiL بود [۱۷].

در ادامه، روش اصلی شناسایی و ارزیابی خطرات در این مطالعه که روش ACHiL بود، تشریح می‌شود. این روش بر مبنای چهارچوبی شکل گرفته است که ۲۸ خطر در آن دسته‌بندی شده و هر کدام از آن‌ها حدود مجاز مختص به خود را دارند و در سه سطح قرار می‌گیرند. شایان ذکر است که مقادیر حدود مجاز توسط الزامات جهانی UNO (United Nations Organization) IARC، (International Agency for Research on Cancer) و غیره ویرایش شده‌اند (جدول ۱).

در این روش جهت طبقه‌بندی خطرات الکتریکی از پرسشنامه طراحی شده توسط انجمن ایمنی سوئیس استفاده شد (جدول ۲). همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این پرسشنامه تجهیزات با خطرات الکتریکی در دو گروه عمده تجهیزات الکتریکی و تجهیزات ذخیره انرژی مانند باتری یا خازن طبقه‌بندی شده‌اند.

این پرسشنامه دارای شش سؤال است؛ چهار سؤال اول مربوط به تجهیزات الکتریکی بوده و دو سؤال بعدی مربوط به خازن‌ها می‌باشند. پس از تکمیل پرسشنامه، با استفاده از راهنمای ارائه شده در شکل ۱ شدت خطر الکتریکی تعیین می‌گردد؛ به‌عنوان مثال در یک وسیله الکتریکی که با جریان متناوب ۲۳۰ ولت (پرسش ۱) و جریان ۵ آمپر (پرسش ۲) کار می‌کند، قسمت‌های الکتریکی در آن بدون تغییر باقی مانده‌اند (پرسش ۳) و قسمت‌های برق‌دار آن قابل دسترس می‌باشند (پرسش ۴)، یک ترکیب به صورت زیر به دست می‌آید:

1b, 2b, 3a و 4a (اعداد، شماره سؤال هستند و حروف، جواب سؤال می‌باشند)؛ در نتیجه مطابق با شکل ۱ شدت خطر این دستگاه ۱ می‌باشد.

در مرحله بعد، هر نوع خطر با توجه به معیارهایی که در این روش وجود دارند در سه سطح (کم، متوسط و زیاد) طبقه‌بندی گردیدند. در مرحله آخر این مطالعه با توجه به شدت‌های




بهداشت مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند. فعالیت‌های تحقیقاتی و پژوهشی به‌طور مداوم همراه با ایجاد خطراتی هستند که گاهی به سختی توسط پژوهشگران ایمنی و بهداشت قابل کنترل می‌باشند [۷]. در اغلب آزمایشگاه‌ها از مواد شیمیایی استفاده می‌شود. این مواد ممکن است ذاتاً خطرناک باشند و یا به دلیل واکنش‌پذیری شیمیایی خطرناک محسوب شوند. مواجهه استنشاقی شاغلین در آزمایشگاه‌ها با بخارات آلی حلال‌هایی مانند بنزن، تولوئن، گزپلن‌ها، اترها، دی‌سولفید کربن، آلدئیدها (فرمالدئید و گلوآل‌آلدئید)، فلزاتی مانند جیوه و سایر ترکیبات حائز اهمیت می‌باشد. در این زمینه، مواجهه بالقوه با آلودگی سطوح توسط ترکیبات غیرفراری مانند آمین‌های آروماتیک و هیدروکربن‌های کلردار کمتر شناخته شده است. مطالعات اپیدمیولوژیکی حاکی از افزایش ریسک مرگ و میر ناشی از لنفوم بدخیم، لوسمی و سرطان دستگاه گوارش در تکنسین‌های آزمایشگاه می‌باشند [۳، ۸، ۹]. علاوه بر این، بین کار در آزمایشگاه و عوارض جانبی حاملگی نیز ارتباط آماری معناداری گزارش شده است [۵].

وجود سلیندرهای تحت فشار حاوی گازهای سمی، قابل اشتعال و انفجار می‌توانند به بروز حوادث فاجعه‌باری منتهی شوند [۱۰]. همچنین، خطرات ناشی از کاربرد گسترده دستگاه‌های برقی می‌توانند علاوه بر ایجاد شوک‌های الکتریکی و مرگ‌های ناشی از برق‌گرفتگی‌ها، به بروز آتش‌سوزی‌های گسترده منجر شوند [۱۱]. ذکر این نکته ضرورت دارد که وجود چشمه‌های مواد رادیواکتیو در برخی از تجهیزات آزمایشگاهی ممکن است خطرات پرتوگیری حاد و مزمن را به دنبال داشته باشند [۱۲].

علاوه بر موارد یادشده، تعدد دانشجویان، اساتید، پژوهشگران و کارکنانی که از امکانات آزمایشگاه‌ها استفاده می‌کنند، ارزش مادی بسیار بالای برخی از تجهیزات، عدم امکان و یا دشواری بیش از حد جایگزینی تجهیزات آسیب‌دیده به همراه تبعات اجتماعی ناشی از حوادث در این‌گونه فضاها باعث شده است که آزمایشگاه‌ها از نظر ایمنی، بحرانی تلقی شوند [۱۰، ۱۳].

براساس آمار منتشرشده در ایالات متحده در سال ۲۰۰۵، نزدیک به ۱۰۰۰۰ حادثه اتفاق افتاده در آزمایشگاه‌های تحقیقاتی رخ داده است [۱۴]. همچنین طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴، ۲۱ حادثه منجر به صدمات شدید و مرگ در بین دانشجویان و مربیان در دانشگاه‌ها و آزمایشگاه‌های تایوان اتفاق افتاده است [۵] که به ایجاد اختلال در روند رشد علمی آن‌ها منتهی شده است [۱۵]. در ایران نیز هر ساله حوادث متعددی در آزمایشگاه‌های علمی رخ می‌دهند که برای نمونه می‌توان به حادثه انفجار سلیندر تحت فشار در دانشگاه تربیت مدرس اشاره کرد [۱۶]. در این ارتباط، حادثه سندرسون (Sanderson) در سال ۲۰۰۵ باعث آتش‌سوزی و وارد آمدن خسارت بسیار زیاد در واحد آزمایشگاه یکی از دانشگاه‌های انگلستان شد. حادثه فریمنتال (Freemantal) نیز منجر به انفجار در دانشگاه فرانسه گردید که مرگ یک نفر و

جدول ۱: خطرات موجود در پلتفرم ACHIL

علامت خطر	خطر	کلاس خطر			معیارهای حدود طبقه‌بندی
		۱	۲	۳	
	منفجره		دارای برچسب H241, H260 H202, H203	دارای برچسب H240, H200, H201	GHS2011 مواد قابل انفجار، مواد خودواکنش یا پراکسید آلی
	میکروارگان یسم‌ها	WHO Risk group 1	WHO Risk group 2	WHO Risk group 3, 4	طبقه‌بندی WHO2004 برای میکروارگانسیم‌های عفونت‌زا به واسطه Risk group
	تابش لیزر	کلاس‌های ۱ و ۲	کلاس 3R	کلاس‌های ۳ و ۴	سیستم طبقه‌بندی براساس استاندارد الکترونیکی بین‌المللی (IEC, 2007, 60825-1)
	الکتریکی	طبقه‌بندی براساس پرسشنامه و جدول طبقه‌بندی شده زیر می‌باشد.			طبقه‌بندی توسعه انجمن سوئیس برای مهندسی برق، برق و فناوری اطلاعات (IT) توسعه یافته است.

جدول ۲: پرسشنامه مورد استفاده برای طبقه‌بندی خطرات الکتریکی

۱. سطح ولتاژ جریان متغیر (AC: Alternative Current)	۴. قسمت‌های دارای جریان برق الف. غیرقابل دسترسی/ عایق شده
۰ تا ۵۰ ولت	ب. پتانسیل در دسترس بودن وجود دارد
۵ تا ۹۹۹ ولت	ج. حفاظ‌گذاری شده است
بزرگ‌تر/ مساوی ۱۰۰۰ ولت	
۲. جریان الکتریکی کمتر از ۲ آمپر	۵. سطح ولتاژ اختصاص یافته (فقط برای خازن) جریان مستقیم (DC: Direct Current)
بزرگ‌تر/ مساوی ۲ آمپر	۰ تا ۵۰ ولت
	۵۱ تا ۹۹۹ ولت
	بزرگ‌تر/ مساوی ۱۰۰۰ ولت
۳. قسمت الکتریکی تجهیزات بدون اصلاح و تغییر	۶. دوشاخه و اتصالات (برای خازن) عایق شده
اصلاح شده (نمی‌دانیم)	پتانسیل در دسترس بودن وجود دارد

Equipment without capacitor

1a				
2a		0		
2b	3a	1	2	1
	3b	1	2	2
		4a	4b	4c

1b		Pos. 2 not relevant		
	3a	1	3	1
	3b	2	3	2
		4a	4b	4c

1c		Pos. 2 not relevant		
	3a	1	3	2
	3b	2	3	2
		4a	4b	4c

Capacitor

5a	
6a	0
6b	1

5b	
6a	1
6b	2

5c	
6a	2
6b	3

شکل ۱: طبقه‌بندی خطرات الکتریکی براساس سؤالات پاسخ‌داده شده در پرسشنامه

بکرل پرتو نیز در حد متوسط (Medium) ارزیابی شد (جدول ۳ و شکل ۲).

آزمایشگاه میکروبیولوژی

در این آزمایشگاه محلول‌های خورنده به مقدار زیادی یافت می‌شوند و در گروه خطرات مربوط به مواد شیمیایی که افراد در آزمایشگاه با آن سر و کار دارند، مهم‌ترین خطر می‌باشند. در پژوهش حاضر شدت خطر مواد خورنده در آزمایشگاه میکروبیولوژی در سطح سه (Sever) ارزیابی گردید. مواد مصرفی دیگر که خطرناک هستند (مانند اکسیدکننده‌ها و محلول‌هایی که خطرات زیست محیطی دارند)، دارای شدت خطر متوسط بودند. شایان ذکر است که هیچ‌گونه ماده یا محلول سمی در این آزمایشگاه وجود نداشت؛ در نتیجه سطح خطر آن صفر برآورد گردید. خطر مربوط به گازهای خنثی تحت فشار باعث افزایش سطح خطر آن از این منظر می‌شود و به

جدول ۳: خطرات موجود در آزمایشگاه سم‌شناسی تحصیلات تکمیلی

نوع خطرات	شدت خطر
محلول قابل اشتعال	متوسط
مواد سمی	زیاد
خطرات محیطی	متوسط
مواد خورنده	زیاد
خطرات الکتریکی	متوسط
پرتو یونیزان	متوسط
محرک سیستم تنفسی	متوسط
گاز خنثی - تحت فشار	زیاد
گاز قابل اشتعال - تحت فشار	زیاد

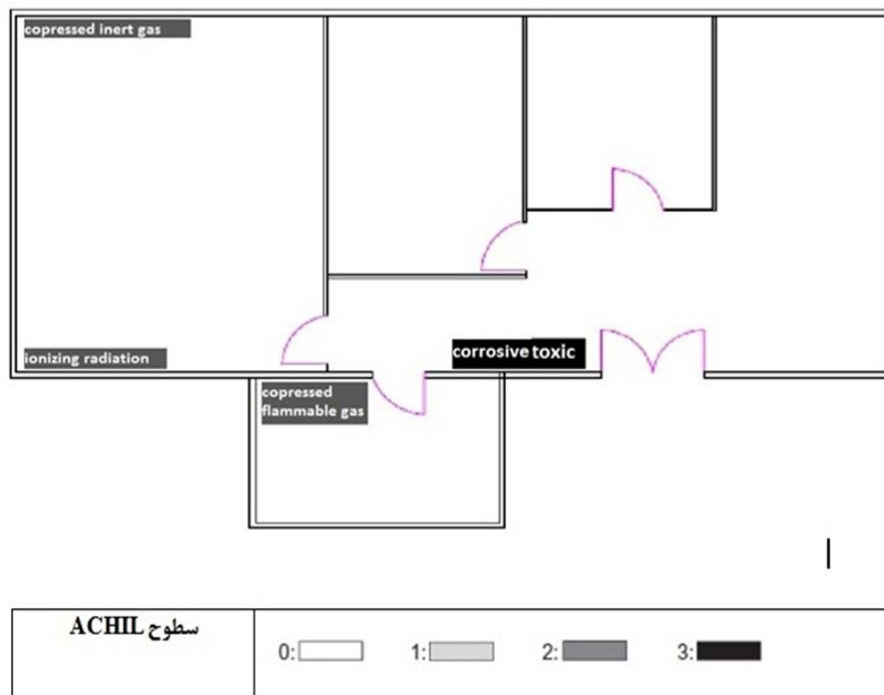
به‌دست‌آمده، خطرات موجود در نقشه آزمایشگاه‌های مورد مطالعه جانمایی شدند.

یافته‌ها

در ادامه، نتایج براساس آزمایشگاه مورد بررسی ارائه می‌شوند.

آزمایشگاه سم‌شناسی

در این آزمایشگاه افراد با انواع مختلفی از مواد شیمیایی سر و کار دارند. شایع‌ترین نوع خطر مربوط به آن‌ها که شدت بالایی (زیاد) دارد، محلول‌های سمی، مواد خورنده و سیلندر گاز قابل اشتعال تحت فشار می‌باشد. این آزمایشگاه از نظر خطر محلول قابل اشتعال و خطر محرک سیستم تنفسی در گروه شدت متوسط (Medium) قرار می‌گیرد. باید عنوان نمود که خطر مواد اکسیدکننده در این آزمایشگاه مشاهده نشد؛ بنابراین شدت خطر مربوط به آن معادل صفر ارزیابی گردید. از جمله خطرات فیزیکی که افراد در این آزمایشگاه با آن مواجه هستند، خطرات الکتریکی (برق‌گرفتگی) می‌باشد. از نظر خطرات الکتریکی این آزمایشگاه در سطح ۲ یعنی شدت متوسط (Medium) ارزیابی شد. از سوی دیگر نتایج گویای آن بودند که در این واحد مورد مطالعه، خطرات مربوط به پرتوهای یونیزان و غیر یونیزان بسیار محدود هستند (تنها ۲۰ درصد). بر مبنای نتایج، منبع تولید پرتوهای یونیزان دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC: Gas Chromatography) و پرتو غیر یونیزان دستگاه FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) بود. به دلیل اینکه محیط انتشار پرتوهای یادشده کاملاً محصور شده است، شدت آن بسیار پایین برآورد گردید. شدت خطر دستگاه GC با توان انتشار ۳۷۰ میکرو



شکل ۲: جانمایی خطرات برجسته در آزمایشگاه سم‌شناسی

آزمایشگاه عوامل فیزیکی

از این آزمایشگاه اغلب جهت تدریس واحدهای تئوری درسی و آشنایی با تجهیزات موجود در آن استفاده می‌شود. این آزمایشگاه که خطرات مواد شیمیایی در آن وجود ندارد، از نظر خطرات الکتریکی، زیست محیطی، خطرات مربوط به سیلندر گاز تحت فشار و پرتوها ایمن ارزیابی گردید. یافته‌های کلی پژوهش براساس نوع خطرات و درجه شدت آن‌ها در جدول ۴ خلاصه شده است.

جدول ۴: خطرات موجود در آزمایشگاه‌ها مطابق با ساختار روش ACHiL

خطرات	شدت		
	کم	متوسط	زیاد
محلول قابل اشتعال	۲	۱	۱
ماده سمی	۰	۱	۲
خطرات محیطی	۲	۱	۱
خورنده	۰	۰	۴
اکسیدکننده	۰	۲	۱
خطرات الکتریکی	۱	۳	۰
پرتو یونیزان	۰	۱	۰
محرک سیستم تنفسی	۰	۳	۰
پرتو فروسرخ	۱	۰	۰
میکروارگانسیم	۰	۱	۰
گاز خنثی - تحت فشار	۰	۱	۳
گاز قابل اشتعال - تحت فشار	۰	۰	۳

بحث

هرچند که در ظاهر امر محیط کار آزمایشگاه‌های علمی ایمن به نظر می‌رسد؛ اما معدود مطالعات انجام شده نشان از بالابودن ریسک‌های ایمنی و بهداشتی آن‌ها دارند. آزمایشگاه‌های علمی به دلیل وجود مواد شیمیایی متنوع، تجهیزات الکتریکی و تعدد دانشجویان، اساتید و کارکنانی که از امکانات آن استفاده می‌کنند و همچنین به دلیل ارزش مادی بالای برخی از تجهیزات از اهمیت بالایی برخوردار هستند؛ بنابراین ارزیابی و مدیریت ریسک‌های ایمنی و بهداشتی آن‌ها یک ضرورت انکارناپذیر به شمار می‌رود؛ از این رو لازم است سطح ایمنی و بهداشت این نوع محیط‌ها و خطرات موجود در آن‌ها با استفاده از ابزارهای مناسب نظیر تکنیک (ACHiL) بررسی و ارزیابی شده و اقدامات کنترلی مناسب طراحی و پیاده‌سازی گردند.

در بررسی‌های انجام شده به منظور یافتن علل حوادث در آزمایشگاه‌های دانشگاهی بر این نکته تأکید می‌گردد که در اغلب برنامه‌های پیشگیری از حادثه به فرایند ارزیابی ریسک توجه نگردیده است [۱۶]. ارزیابی خطرات با پلتفرم ACHiL در محیط‌های کاری باعث دسترسی آسان، سریع و واضح به خطرات موجود می‌شود که دلیل این امر، طبقه‌بندی ساده و ارجاع به حدود مجاز تنظیم شده است [۱۷].

گزارش‌های مربوط به حوادث شیمیایی در آزمایشگاه‌های دانشگاهی گویای آن هستند که وقوع حوادث در آزمایشگاه‌های علمی به‌طور محسوسی بیشتر از آزمایشگاه‌های صنعتی است [۱۸]. نتایج مطالعات گذشته نشان می‌دهند که ترکیبات شیمیایی به‌عنوان یکی از عوامل مهم در وقوع حوادث آزمایشگاهی تلقی می‌گردند [۳، ۱۰، ۱۹]. براساس نتایج مطالعه حاضر، در آزمایشگاه سم‌شناسی شدیدترین نوع خطرات مربوط به محلول‌های سمی، مواد خورنده و سیلندر گاز قابل اشتعال تحت فشار بود. همچنین محلول‌های خورنده و گازهای خنثی تحت فشار به‌عنوان شدیدترین نوع خطر آزمایشگاه میکروبیولوژی شناسایی گردیدند؛ بنابراین نتایج حاصل از مطالعه حاضر تأییدکننده نتایج مطالعات قبلی می‌باشد. لازم به ذکر است از آنجایی که از آزمایشگاه عوامل فیزیکی برای تدریس واحدهای تئوری درسی و آشنایی با تجهیزات موجود در آن استفاده می‌شود، فاقد خطرات مربوط به مواد شیمیایی می‌باشد.

باید خاطرنشان ساخت از آنجایی که اقدامات کنترلی در تمامی محیط‌های کاری از جمله آزمایشگاه‌ها نیازمند صرف هزینه زیاد بوده و زمان‌بر هستند، ارزیابی ریسک مواجهه با مواد شیمیایی در تمام محیط‌هایی که امکان مواجهه با چنین

برخوردار می‌باشد.

یکی از مزایای تکنیک ACHiL نشان‌دادن خطرات براساس سطح شدت آن‌ها در قالب یک نقشه از محیط آزمایشگاه مورد بررسی می‌باشد (شکل ۲). این ویژگی باعث شده است که اساتید، دانشجویان و کارکنان آزمایشگاه‌ها بتوانند به سرعت از خطرات خاصی که ممکن است با آن‌ها روبرو شوند، مطلع گردند و اقدامات ایمنی مناسب را انجام دهند [۱۷]. شایان ذکر است که می‌توان با استفاده از نقشه جانمایی خطرات در جهت کاهش مخاطرات محیطی و ایمن‌کردن محیط‌های کار آزمایشگاهی تلاش نمود.

به نظر می‌رسد که تدوین خط‌مشی و برنامه‌های مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت در تأسیسات آزمایشگاهی می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش حوادث این محیط‌های کاری داشته باشد [۱۰]. با توجه به ارزیابی‌های صورت‌گرفته و نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه حاضر پیشنهاد می‌شود که یک کمیته ایمنی در آزمایشگاه برای ارزیابی خطرات، آموزش، تعیین کارشناس ایمنی و ایمنی زیستی، کمک‌های اولیه، تجهیزات حفاظت فردی و دفع پسماندهای خطرناک تشکیل شود.

نتیجه‌گیری

پلتفرم ACHiL یک ابزار ساده اما بسیار کارآمد و مؤثر برای کارشناسان بهداشت حرفه‌ای و ایمنی است که به آن‌ها اجازه می‌دهد به دیدگاهی کامل و عمیق در مورد خطرات موجود در آزمایشگاه و همچنین نمونه‌کارهای خطرناک دست یابند تا بدین‌طریق اقدامات ایمنی مناسب در نظر گرفته شود. نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که آزمایشگاه سم‌شناسی دارای بیشترین سطح شدت خطرات می‌باشد، آزمایشگاه میکروبیولوژی سطح شدت خطر کمتری نسبت به آزمایشگاه سم‌شناسی دارد و آزمایشگاه عوامل فیزیکی از سطح شدت خطر بسیار کمتری نسبت به دو آزمایشگاه مذکور برخوردار است. علاوه‌براین، بر مبنای نتایج مشخص گردید که عوامل شیمیایی مهم‌ترین نقش را در وقوع حوادث آزمایشگاه‌های مورد بررسی دارند. عوامل محیطی نیز به‌عنوان دومین عامل مؤثر در بروز حوادث شناسایی گردیدند و عوامل بیولوژیکی و سپس عوامل فیزیکی کمترین نقش را در بروز حوادث آزمایشگاه‌های مورد مطالعه داشتند. به نظر می‌رسد که تدوین خط‌مشی و برنامه‌های مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت در تأسیسات آزمایشگاهی می‌تواند نقش به‌سزایی در کاهش حوادث این محیط‌های کاری داشته باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر از سوی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی همدان حمایت مالی شده است. بدین‌وسیله مراتب تشکر و قدردانی نسبت به این معاونت محترم ابراز می‌گردد.

آلاینده‌هایی در آن‌ها وجود دارد، به‌منظور اولویت‌بندی اقدامات کنترلی توصیه می‌شود [۲۰].

تکنیک ACHiL نوع خطرات موجود در محیط کار مورد مطالعه و شدت آن‌ها را براساس سطح کم، متوسط و زیاد نشان می‌دهد و کلاس خطرات شناسایی‌شده را در سطح شدت آن‌ها ارزیابی می‌کند. [۱۷]. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین مجموع سطح شدت خطرات مربوط به محلول‌های قابل اشتعال، خطرات محیطی، مواد خورنده، خطرات الکتریکی و گازهای خنثی- تحت فشار است؛ اما در بین مواد ذکرشده، مواد خورنده دارای بیشترین کلاس خطر در شدت Sever (زیاد) بودند که این امر نشان‌دهنده درجه خطر بالای این مواد بوده و اصلی‌ترین عامل در بروز حوادث آزمایشگاهی می‌باشد. پس از آن گازهای خنثی- تحت فشار دارای بیشترین کلاس در شدت زیاد بودند؛ بنابراین به‌عنوان دومین عامل خطرناک در محیط‌های آزمایشگاهی دانشگاه مورد بررسی شناخته شدند. علاوه‌براین پرتوهای یونیزان، فرسوخ و میکروارگانسیم‌ها از کمترین سطح شدت خطرات برخوردار بودند، پرتوهای فرسوخ دارای کلاس یک در سطح شدت کم و پرتوهای یونیزان و میکروارگانسیم‌ها دارای کلاس یک در سطح شدت متوسط بودند؛ بنابراین پرتوهای فرسوخ کم‌ترین تأثیر را در بروز حوادث آزمایشگاهی دارند. با توجه به موارد ذکرشده، در روش ACHiL مجموع سطح شدت خطر نمی‌تواند به‌تنهایی نشان‌دهنده میزان درجه آن باشد و باید به کلاس خطر در سطح شدت هر خطر توجه گردد.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند، مخاطرات شیمیایی به‌عنوان مهم‌ترین عامل بروز حوادث در آزمایشگاه‌های مورد مطالعه شناخته شدند. عوامل محیطی نیز به‌عنوان دومین عامل مؤثر در بروز حوادث شناسایی گردیدند. این عوامل می‌توانند شامل: جانمایی مناسب مواد موجود در آزمایشگاه، پوست‌های ایمنی و علائم هشداردهنده، تهویه عمومی مناسب، تفکیک پسماندها، دوش‌های اضطراری، چشم‌شوی و غیره باشند. از سوی دیگر مخاطرات بیولوژیکی (میکروارگانسیم‌ها) با سطح شدت متوسط خطر، نقش کمتری در بروز حوادث آزمایشگاه‌های مورد مطالعه نسبت به دو عامل ذکرشده دارند. همان‌طور که بیان شد، پرتوهای فرسوخ و یونیزان دارای کمترین سطح شدت خطر در بین خطرات شناسایی‌شده می‌باشند؛ بنابراین در آزمایشگاه‌های مورد بررسی، مخاطرات فیزیکی از درجات خطر پایین‌تری نسبت به مخاطرات شیمیایی، محیطی و بیولوژیکی برخوردار هستند.

با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان گفت که آزمایشگاه سم‌شناسی دارای بیشترین سطح شدت خطرات می‌باشد، آزمایشگاه میکروبیولوژی سطح شدت خطر پایین‌تری نسبت به آزمایشگاه سم‌شناسی دارد و آزمایشگاه عوامل فیزیکی از سطح شدت خطر بسیار کمتری نسبت به دو آزمایشگاه مذکور

REFERENCES

1. Sundawa BV, Hutajulu E, Sirait R, Banurea W, Mulyadi S. Risk assessment for safety laboratories in Politeknik Negeri Medan. *J Phys*. 2017;**890**(1):12147.
2. Salguero-Caparrós F, Suarez-Cebador M, Rubio-Romero JC. Analysis of investigation reports on occupational accidents. *Saf Sci*. 2015;**72**:329-36. DOI: [10.1016/j.ssci.2014.10.005](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.10.005)
3. Malakouti J, Jang S, Mosaferchi S, Haseli F, Azizi F, Mahdinia M. Health risk assessment of occupational exposure to hazardous chemicals in laboratories of Qom University of Medical Sciences. *Iran Occupat Health*. 2014;**11**(2):13-25.
4. Soltanzadeh A, Mohammadfam I, Mahmoudi S, Savareh BA, Arani AM. Analysis and forecasting the severity of construction accidents using artificial neural network. *Saf Promot Injury Prev*. 2017;**4**(3):185-92.
5. Olin GR. The hazards of a chemical laboratory environment - study of the mortality in two cohorts of Swedish chemists. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1978;**39**(7):557-62. PMID: [567938](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/567938/) DOI: [10.1080/0002889778507808](https://doi.org/10.1080/0002889778507808)
6. Giroux HA. University in chains: confronting the military-industrial-academic complex. Abingdon: Routledge; 2015.
7. Karapantsios T, Boutskou E, Toulipoulou E, Mavros P. Evaluation of chemical laboratory safety based on student comprehension of chemicals labelling. *Educ Chem Eng*. 2008;**3**(1):66-73. DOI: [10.1016/j.ece.2008.02.001](https://doi.org/10.1016/j.ece.2008.02.001)
8. Hamelin EI, Blake TA, Perez JW, Crow BS, Shaner RL, Coleman RM, et al. Bridging the gap between sample collection and laboratory analysis: using dried blood spots to identify human exposure to chemical agents. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng*. 2016;**98630**:9. PMID: [27942095](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27942095/) DOI: [10.1117/12.2223796](https://doi.org/10.1117/12.2223796)
9. Vonshak A. Laboratory techniques for the cultivation of microalgae. Handbook of Microalgal Mass Culture. New Jersey: CRC Press; 2017. P. 117-46.
10. Mehrdad R, Hosseini A. Situation of safety and protection of personnel's in diagnostic laboratories in relation to radioactive Iodine. *Yafte*. 2007;**9**(1):23-8. [Persian]
11. Rasool SR, Al-Dahhan WH, Al-Zuhairi AJ, Hussein FH, Rodda KE, Yousif E. Fire and explosion hazards expected in a laboratory. *J Lab Chem Educ*. 2016;**4**(2):35-7. DOI: [10.5923/j.jlce.20160402.02](https://doi.org/10.5923/j.jlce.20160402.02)
12. Kim D. Remote detection of radioactive material on the basis of the plasma breakdown using high-power millimeter-wave source. [PhD Thesis]. Ulsan, South Korea: Ulsan National Institute of Science and Technology; 2017.
13. Moskowicz PD, Fthenakis VM, Lee JC. Protecting worker health and safety in photovoltaic research and development laboratories. *Solar Cells*. 1989;**27**(1-4):149-58. DOI: [10.1016/0379-6787\(89\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0379-6787(89)90024-0)
14. Wu TC. Safety leadership in the teaching laboratories of electrical and electronic engineering departments at Taiwanese Universities. *J Safety Res*. 2008;**39**(6):599-607. PMID: [19064045](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19064045/) DOI: [10.1016/j.jsr.2008.10.003](https://doi.org/10.1016/j.jsr.2008.10.003)
15. Motovagheh M, Jahangiri M. Health risk assessment of harmful chemicals: case study in a petrochemical industry. *Iran Occupat Health*. 2011;**7**(4):4. [Persian]
16. Dehdashti A, Hafezi R. Health, safety and environmental risk assessment in an academic laboratory: A case study. *Iran Occupat Health*. 2015;**12**(1):66-86. [Persian]
17. Marendaz JL, Suard JC, Meyer T. A systematic tool for assessment and classification of hazards in laboratories (ACHIL). *Safety Sci*. 2013;**53**:168-76. DOI: [10.1016/j.ssci.2012.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.10.001)
18. Leggett DJ. Lab-HIRA: Hazard identification and risk analysis for the chemical research laboratory: Part 1. Preliminary hazard evaluation. *J Chem Health Saf*. 2012;**19**(5):9-24. DOI: [10.1016/j.jchas.2012.01.012](https://doi.org/10.1016/j.jchas.2012.01.012)
19. Marendaz JL, Friedrich K, Meyer T. Safety management and risk assessment in chemical laboratories. *CHIMIA Int J Chem*. 2011;**65**(9):734-7. DOI: [10.2533/chimia.2011.734](https://doi.org/10.2533/chimia.2011.734)
20. Zeverdegani SK, Barakat S, Yazdi M. Validation CHEM-SAM model using SQRA method in exposure to toxic substances in a chemistry research lab. *J Mil Med*. 2017;**19**(3):291-8.