

Exposure Risk Assessment of Formaldehyde in Four Military Hospitals of Tehran, Iran

Gholamhossein Pourtaghi¹ , Abdulrahman Bahrami^{2,*}, Iman Shaban³, Elnaz Taheri⁴, Zahra PirMohammadi⁵

¹ Associate Professor, Department of Occupational Health Engineering, Health Research Center, Lifestyle Institute, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

² Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

³ MSc, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Faculty of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran

⁴ PhD Student, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Faculty of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

⁵ MSc, Department of Occupational Health and Safety Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

* **Corresponding Author:** Abdulrahman Bahrami, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Baqiyatallah University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: bahrami@umsha.ac.ir

Abstract

Received: 25/12/2019

Accepted: 16/03/2020

How to Cite this Article:

Pourtaghi G, Bahrami A, Shaban I, Taheri E, PirMohammadi Z. Exposure Risk Assessment of Formaldehyde in Four Military Hospitals of Tehran, Iran. *J Occup Hyg Eng.* 2020; 7(1): 21-30. DOI: 10.29252/johe.7.1.21

Background and Objective: Formaldehyde is a hazardous compound used as a chemical preservative and disinfectant in medical laboratories and hospitals. The aim of this study was to assess the risk of occupational exposure to formaldehyde in different departments of educational hospitals of Baqiyatallah University of Medical Sciences in Tehran, Iran.


Materials and Methods: This descriptive cross-sectional study was performed on a total of 72 staff in different departments of four hospitals using the census method. The National Institute for Occupational Safety and Health method 3500 was used to determine the formaldehyde concentration in the air samples. The risk assessment was conducted using the proposed method of the United States Environmental Protection Agency (EPA).

Results: In this study, the time-weighted average of 8-hour exposure was determined within a range of 0.01-0.08 ppm. The obtained findings showed that the average estimated risk of cancer incidence varied from 1.4×10^{-4} to 30×10^{-4} for the staff of the studied hospitals and was higher than the recommended value (10^{-6}) of the United States EPA. The average potential dose varied from 124-1149. Based on the obtained results, there was a significant difference between cancer risk and potential dose in different hospitals and departments. In addition, the maximum averages of carcinogenic risk and potential dose were 30 and 57.5 times higher than the definite risk and acceptable limit, respectively.

Conclusion: Due to the high risk of formaldehyde, it is required to take engineering and management control measures for the protection of the staff in hospitals.

Keywords: Formaldehyde; Hospital; Risk Assessment; Tehran

بررسی ریسک مواجهه با فرمالدئید در چهار بیمارستان نظامی شهر تهران

غلامحسین پور تقی^۱ , عبدالرحمن بهرامی^{۲*}، ایمان شبان^۳، الناز طاهری^۴، زهرا پیرمحمدی^۵

^۱ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت، پژوهشکده سبک زندگی، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

^۲ استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران

^۴ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

^۵ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* نویسنده مسئول: عبدالرحمن بهرامی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، تهران، ایران. ایمیل: bahrami@umsha.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: فرمالدئید به عنوان یک ماده شیمیایی نگهدارنده و ضد عفونی کننده در آزمایشگاه‌های پزشکی و بیمارستان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با فرمالدئید در بخش‌های مختلف بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) تهران انجام شد.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مواد و روش‌ها: پژوهش توصیفی-مقطعی حاضر به روش سرشماری در ارتباط با ۷۲ نفر از افراد شاغل در بخش‌های مختلف چهار بیمارستان انجام شد. جهت تعیین غلظت فرمالدئید در نمونه‌های هوا از روش ۳۵۰۰ انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی استفاده گردید. ارزیابی ریسک با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا انجام شد.

یافته‌ها: در این مطالعه میانگین متوسط مواجهه هشت ساعته وزنی-زمانی با فرمالدئید در حدود ۰/۰۱ تا ۰/۰۸ بخش در میلیون تعیین گردید. یافته‌ها نشان دادند که محدوده میانگین ریسک سرطان‌زایی به دست آمده برای کارکنان بیمارستان‌های مورد مطالعه از 1.0×10^{-4} تا 1.4×10^{-4} تا 3.0×10^{-4} متغیر بوده و بیش از میزان توصیه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا می‌باشد. میانگین پتانسیل دوز نیز بین ۱۲۴ تا ۱۱۴۹ متغیر بود. براساس نتایج، ریسک سرطان‌زایی و پتانسیل دوز در بیمارستان‌ها و بخش‌های مختلف اختلاف معناداری داشت. همچنین حداکثر میانگین ریسک سرطان‌زایی به دست آمده، ۳۰ برابر ریسک قطعی و حداکثر میانگین پتانسیل دوز، ۵۷/۵ برابر میزان قابل پذیرش بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به بالا بودن ریسک فرمالدئید، انجام اقدامات کنترلی مهندسی و مدیریتی جهت حفاظت از نیروی کار در بیمارستان‌ها ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک؛ بیمارستان؛ تهران؛ فرمالدئید

مقدمه

تنفس می‌باشد [۵-۲]. این ماده از سوی سازمان بین‌المللی تحقیقات در مورد سرطان (IARC: International Agency for Research on Cancer) به عنوان سرطان‌زای قطعی تقسیم‌بندی شده است [۶]. در مطالعات اپیدمیولوژیک در مورد کارگران صنعتی، پاتولوژیست‌ها و آناتومیست‌ها ارتباط بین مواجهه با فرمالدئید با افزایش ریسک انواع مختلف سرطان شامل: حفره بینی، نازوفارنکس، ریه، مغز، پانکراس، پروستات، کولون و سیستم لنفوم آتوپیک مشخص گردیده است [۲۰-۴].

فرمالدئید گازی بی‌رنگ با بوی تند و تحریک‌کننده شدیدی است که در مقیاس وسیع از طریق اکسیداسیون گاز متانول تولید می‌شود [۱]. به دلیل حلالیت بالا، این ترکیب می‌تواند موجب تحریک سیستم تنفسی فوقانی گردد. تحریک راه هوایی فوقانی، رایج‌ترین اثر گزارش شده توسط کارگران مواجهه‌یافته می‌باشد که در برخی از موارد در غلظت‌های اندک نیز رخ داده است. علائم تحریک راه هوایی فوقانی شامل: خشکی یا درد گلو، احساس خارش و سوزش بینی، سرفه منظم، خس‌خس سینه و تنگی

جمع‌آوری نمونه هوا

به منظور سنجش غلظت فرمالدئید از روش شماره ۳۵۰۰ انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی با حد تشخیص ۰/۵ میکروگرم بر نمونه استفاده گردید. نمونه برداری از هوای استنشاقی افراد شاغل توسط دو بطری گازشوی متوالی حاوی ۲۰ میلی لیتر جاذب بی سولفیت سدیم با اتصال به پمپ نمونه برداری فردی (مدل ۲۲۴، SKC، آمریکا) در ناحیه تنفسی (ارتفاع ۱/۵ متری) با دبی ۱ لیتر بر دقیقه انجام شد. از یک بطری تله گیر در مسیر جهت حفاظت از پمپ نمونه برداری استفاده گردید. کالیبراسیون پمپ نمونه برداری فردی توسط روتامتر انجام شد. به منظور آماده سازی نمونه های جمع آوری شده، ۰/۱ میلی لیتر کروموتروپیک اسید ۰/۱ درصد و ۶ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد افزوده گردید. سپس نمونه ها به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. تجزیه نمونه ها در آزمایشگاه عوامل شیمیایی دانشکده بهداشت بقیه الله با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis-NIR (مدل Perkin Ellmer, Lambda 950، آمریکا) در طول موج ۵۴۰ نانومتر انجام شد.

مواجهه با فرمالدئید

متوسط مواجهه هر فرد با دوز بالقوه مشخص می گردد. دوز بالقوه بیانگر دوز مؤثر مواجهه بوده و می تواند اثرات سلامتی بر انسان در یک محیط خاص را به دنبال داشته باشد. در این مطالعه دوز بالقوه برای هر فرد (i) طبق فرایند مصرفی (تنفسی) با کمک فرمول سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا محاسبه گردید [۲۴،۲۵]:

$$PD_i = \sum_{j=1}^n C_j IR_j T_i$$

که در آن C= میانگین غلظت آلاینده بر مبنای میکروگرم بر متر مکعب، IR= نرخ تنفسی بر مبنای متر مکعب بر ساعت و T= زمان مواجهه ساعت در روز است.

با توجه به دشواری سنجش دقیق نرخ تنفس برای هر فرد، در این مطالعه به منظور محاسبه دوز بالقوه مواجهه هشت ساعته، نرخ تنفسی معادل ۱/۰۲ متر مکعب بر ساعت در نظر گرفته شد [۲۶].

ارزیابی ریسک سرطان زایی فرمالدئید با استفاده از روش

ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا

ریسک ناشی از مواجهه با فرمالدئید با استفاده از تخمین مقدار جذب روزانه به صورت مزمن (CDI: Chronic Daily Intake) محاسبه گردید. برآورد CDI بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم در روز براساس فرمول زیر انجام شد:

$$CDI = \frac{CA \times IR \times ED \times EF \times L}{BW \times ATL \times NY}$$

مسیر تنفسی اصلی ترین راه مواجهه شغلی با فرمالدئید است [۵]. حد آستانه مجاز میانگین وزنی- زمانی هشت ساعته (شغلی) (PEL-TWA: Permissible Exposure Limit-Time) (OSHA: Occupational Safety and Health) با فرمالدئید در اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (Administration) برابر با ۰/۷۵ بخش در میلیون می باشد. انجمن متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists) حد سقفی ۰/۳ بخش در میلیون را برای اثرات تحریکی مواجهه با فرمالدئید بر چشم و راه تنفسی فوقانی توصیه نموده است [۲۱]. این ترکیب به عنوان یک ماده شیمیایی نگهدارنده و ضد عفونی کننده در آزمایشگاه های پزشکی و بیمارستان ها مورد استفاده قرار می گیرد [۲۲]. مطالعات اندکی در رابطه با ارزیابی ریسک بهداشتی مواجهه با فرمالدئید در بیمارستان ها انجام شده است. LU و همکاران در سال ۲۰۰۵ به ارزیابی ریسک مواجهه با فرمالدئید در چهار بیمارستان گوانگ ژو چین پرداختند و مشخص نمودند که دوز بالقوه (PD: Potential Dose) مواجهه ۴۱/۸ میکروگرم در روز با نرخ تنفسی ۰/۶۳ متر مکعب بر ساعت می باشد [۲۳].

همچنین در مطالعه ای که توسط Sousa و همکاران طی سال ۲۰۱۱ در ارتباط با ارزیابی ریسک سرطان زایی فرمالدئید در دو بیمارستان در فورت لایزای برزیل انجام شد، یافته ها نشان دادند که رنج ریسک سرطان زایی این ترکیب از $2/84 \times 10^{-6}$ تا $3/07 \times 10^{-5}$ است و میانگین دوز بالقوه نیز بالاتر از حدود مجاز مقرر گردیده توسط سازمان ملی ایمنی و سلامت شغلی (NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health) با نرخ تنفسی ۱/۰۲ متر مکعب بر ساعت می باشد [۲۴].

با توجه به مطالب مذکور و مطابق با بررسی های صورت گرفته، هرچند پژوهش هایی در زمینه تعیین مقادیر فرمالدئید در بیمارستان ها انجام شده است؛ اما مطالعات مربوط به ارزیابی ریسک بسیار محدود می باشد؛ از این رو در مطالعه حاضر با هدف صیانت از نیروی کار، مقدار ریسک مواجهه با فرمالدئید در چهار بیمارستان نظامی تهران تعیین شد و ضمن مقایسه بخش های مختلف براساس استاندارد محیط زیست آمریکا (USEPA: United States Environmental Protection Agency) طبقه بندی و ارزیابی گردید.

مواد و روش ها

پژوهش توصیفی- مقطعی حاضر در سال ۱۳۹۷ در ارتباط با ۷۲ نفر از افراد شاغل در بخش های مختلف چهار مجموعه آموزشی و بیمارستان نظامی شهر تهران (بقیه الله، دانشکده پزشکی بقیه الله، نجمیه و قلب جماران) به روش سرشماری انجام شد. ویژگی های دموگرافیک افراد شامل: سابقه کار، نوع شغل افراد، سن و غیره با استفاده از پرسشنامه ثبت گردید.

که در آن $CA =$ غلظت آلاینده بر حسب میلی گرم بر متر مکعب، $IR =$ نرخ تنفس بر حسب متر مکعب بر ساعت (برابر با $1/0.2$)، $ED =$ مدت مواجهه بر حسب هفته در سال، $EF =$ فرکانس مواجهه بر حسب هفته در سال، $L =$ طول مدت مواجهه بر حسب سال، $BW =$ وزن بدن بر حسب کیلوگرم، $ATL =$ متوسط طول عمر فرد (۷۰ سال) و $NY =$ تعداد روزهای سال (۳۶۵ روز) می‌باشد [۲۴، ۲۷، ۲۸].

ریسک سرطان (CR: Cancer Risk) نیز با استفاده از ضرب جذب روزانه به صورت مزمز در فاکتور تشدید (SF) براساس سیستم اطلاعاتی یکپارچه ریسک (IRIS: Integrated Risk Information System) محاسبه گردید [۲۴، ۲۹، ۳۰].

$$CR = CDI \times SF$$

مطابق با سیستم اطلاعاتی یکپارچه ریسک، فاکتور تشدید برابر با $0.455/10^4$ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است [۲۴، ۲۹-۳۴]. سازمان جهانی بهداشت (WHO: World Health Organization) ریسک سرطان زایی در محدوده بین 10^{-6} تا 10^{-5} و کمتر از این مقدار را پذیرفته است؛ در حالی که سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا مقادیر کمتر از 10^{-6} را توصیه نموده است [۲۸]. براساس مطالعات پیشین، ریسک سرطان به صورت زیر رتبه‌بندی گردیده است [۳۵]:

بیش از 10^{-4} : ریسک قطعی (Definite risk)
بین 10^{-5} تا 10^{-4} : ریسک محتمل (Probable Risk)
بین 10^{-6} تا 10^{-5} : ریسک ممکن (Possible Risk)

ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی فرمالدئید به روش ارائه شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا
جهت ارزیابی ریسک غیر سرطان زایی، شاخص خطر (HI) براساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$HI_{FA} = \frac{C_{FA}}{RfC_{FA}}$$

جدول ۱: ویژگی‌های دموگرافیک افراد شاغل در بیمارستان‌های تحت مطالعه به تفکیک بخش مورد بررسی

نام بیمارستان	بخش مورد بررسی	تعداد نمونه	جنسیت بر حسب درصد		سن	وزن
			مرد	زن		
بقیه الله	پاتولوژی	۱۶	۷۵	۲۵	40 ± 6	70 ± 3
	تشریح	۶	۸۳	۱۷	41 ± 5	72 ± 3
	درمانگاه	۶	۵۰	۵۰	34 ± 6	67 ± 4
	اداری	۶	۱۰۰	۰	43 ± 5	72 ± 4
دانشکده پزشکی بقیه الله	تشریح	۱۸	۷۳	۲۷	38 ± 8	71 ± 5
	درمانگاه	۴	۷۱	۲۹	41 ± 4	73 ± 3
نجمیه	آزمایشگاه	۸	۵۰	۵۰	41 ± 6	73 ± 4
قلب جماران	آزمایشگاه	۴	۷۵	۲۵	38 ± 10	67 ± 5

غلظت تنفسی مرجع به عنوان غلظتی از ماده‌ای شیمیایی است که اگر انسان از طریق تنفس در مواجهه با آن قرار گیرد، به احتمال زیاد موجب بروز اثرات مضر برای سلامتی در وی نخواهد شد. شاخص خطر معمولاً با ۱ مقایسه گردیده و به عنوان سطحی تفسیر می‌گردد که در آن انتظار رخداد اثرات مضر برای سلامتی وجود ندارد [۳۶].

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2016 و SPSS 21 انجام شد. به منظور مقایسه و بررسی داده‌ها با توجه به غیر نرمال بودن آن‌ها از آزمون‌های ناپارامتری Kruskal-Wallis و Mann-Whitney استفاده گردید.

یافته‌ها

ویژگی‌های دموگرافیک افراد شاغل در بیمارستان‌های تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) تهران به تفکیک بخش مورد بررسی در جدول ۱ مشخص گردیده است. در جدول ۲ میانگین متوسط وزنی- زمانی هشت ساعته (TWA) در بخش‌های مورد مطالعه در هر بیمارستان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، $87/5$ و $3/5$ درصد از افراد مورد مطالعه به ترتیب با مقادیری بیش از مقدار توصیه شده از سوی سازمان ملی ایمنی و سلامت شغلی (0.16) بخش در میلیون) و حد آستانه مجاز میانگین وزنی- زمانی هشت ساعته اداره ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا مواجهه داشته‌اند. بر مبنای نتایج، بالاترین میانگین متوسط وزنی- زمانی هشت ساعته مربوط به دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) واقع در شمال تهران و بخش درمانگاه بوده است.

میانگین سطوح دوز بالقوه در جدول ۳ مشخص گردیده است.

جدول ۲: میانگین TWA در بخش‌های مورد بررسی در هر بیمارستان

بیمارستان	بخش مورد بررسی	TWA (بخش در میلیون)
بقیه الله	پاتولوژی	۰۸/۰۲۷±۰/۰
	تشریح	۰۵/۰۱۶±۰/۰
	درمانگاه	۰۳۶/۰۰۲±۰/۰
	اداری	۰۱۵/۰۰۲±۰/۰
دانشکده پزشکی بقیه الله	تشریح	۰۸۵/۰۶۳±۰/۰
	درمانگاه	۰/۱۴
نجمیه	آزمایشگاه	۰۲۵/۰۱۱±۰/۰
	آزمایشگاه	۰۱۳/۰۰۳±۰/۰

جدول ۳: میانگین دوز بالقوه در بخش‌های مورد بررسی در هر بیمارستان

بیمارستان	بخش مورد بررسی	PD (میکروگرم در روز)
بقیه الله	پاتولوژی	۶۳۴±۲۱۹
	تشریح	۳۹۴±۱۳۰
	درمانگاه	۲۸۹±۲۲
	اداری	۱۲۴±۲۲
دانشکده پزشکی بقیه الله	تشریح	۶۷۴±۴۹۹
	درمانگاه	۱۱۴۹±۸۶۶
نجمیه	آزمایشگاه	۱۹۸±۹۲
	آزمایشگاه	۱۰۳±۲۳

جدول ۴: میانگین ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فرمالدئید به تفکیک بخش مورد بررسی در هر بیمارستان

بیمارستان	بخش مورد بررسی	میانگین ریسک سرطان‌زایی	میانگین ریسک غیر سرطان‌زایی
بقیه الله	پاتولوژی	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 1.2 \times 9.4$	۹±۲۷
	تشریح	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 8.5 \times 5$	۵±۱۷
	درمانگاه	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 4.4 \times 2$	۱۲
	اداری	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 3.5 \times 0$	۵
دانشکده پزشکی بقیه الله	تشریح	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 1.1 \times 1$	۲۱±۲۹
	درمانگاه	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 3.0 \times 27$	۳۷±۴۹
نجمیه	آزمایشگاه	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 1.4 \times 1$	۴±۸
	آزمایشگاه	$1.0^{-4} \times 1.0^{-4} \pm 2.1 \times 17$	۱±۴

سرطان‌زایی مربوط به دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) بخش درمانگاه می‌باشد. در جدول ۵ نیز میانگین و توزیع فراوانی ریسک قطعی، محتمل و ممکن به تفکیک بخش مورد بررسی در هر بیمارستان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بخش درمانگاه دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) علاوه بر داشتن بالاترین میانگین ریسک، دارای بیشترین درصد فراوانی ریسک قطعی است.

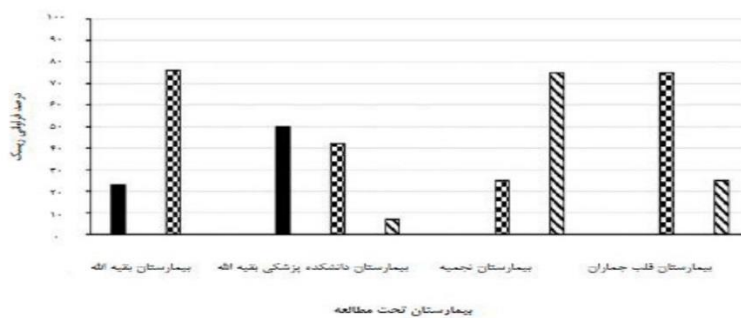
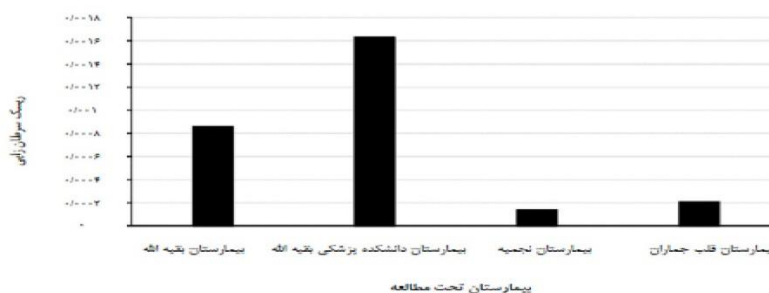
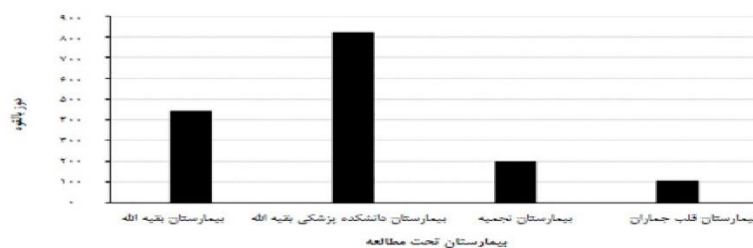
نمودارهای ۱ و ۲ میانگین دوز بالقوه، ریسک سرطان‌زایی و توزیع فراوانی این ریسک را به تفکیک بیمارستان‌ها و بخش‌های تحت مطالعه نشان می‌دهند. بر مبنای نتایج، دانشکده پزشکی

بر مبنای نتایج، بیشترین سطوح مواجهه مشاهده شده مربوط به بخش درمانگاه دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) می‌باشد. میانگین دوز بالقوه در تمامی بخش‌های مورد مطالعه بیمارستان‌ها (به جز بیمارستان دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) و بخش آزمایشگاه) از حد مجاز مقرر گردیده توسط سازمان ملی ایمنی و سلامت شغلی (۱۲۰ میکروگرم در روز) بالاتر می‌باشد که بیانگر بالا بودن میزان مواجهه است.

جدول ۴ میانگین ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فرمالدئید را به تفکیک بخش مورد بررسی نشان می‌دهد. بر مبنای نتایج، بالاترین میانگین ریسک سرطان‌زایی و غیر

جدول ۵: توزیع درصد فراوانی ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فرمالدئید به تفکیک بخش مورد بررسی در هر بیمارستان

بیمارستان	بخش مورد بررسی	توزیع درصد فراوانی سرطان‌زایی بر حسب درصد			توزیع درصد فراوانی غیر سرطان‌زایی بر حسب درصد	
		ریسک قطعی	ریسک محتمل	ریسک ممکن	ریسک قطعی	ریسک ممکن
بقیه الله	پاتولوژی	۴۳	۵۶	-	۱۰۰	-
	تشریح	۱۶	۸۳	-	۱۰۰	-
	درمانگاه	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
	اداری	-	۱۰۰	-	۱۰۰	-
دانشکده پزشکی	تشریح	۴۷	۴۲	۱۰	۱۰۰	-
	درمانگاه	۵۷	۴۲	-	۱۰۰	-
نجمیه	آزمایشگاه	۲۵	۷۵	-	۱۰۰	-
	آزمایشگاه	۷۵	۲۵	-	۱۰۰	-

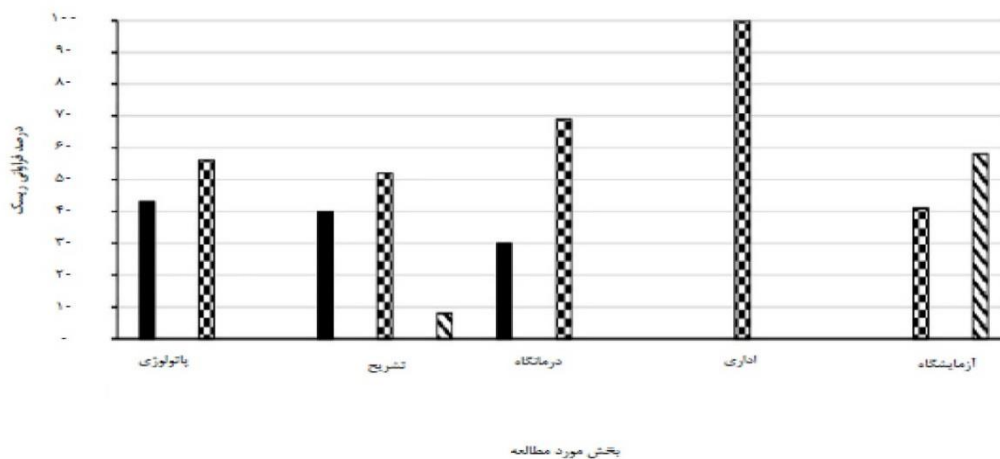
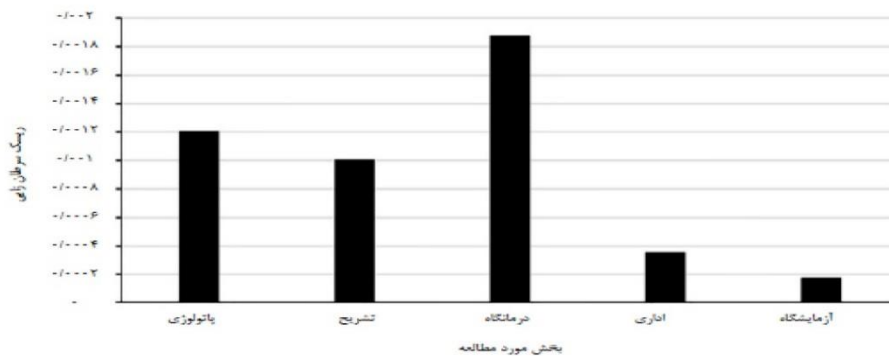
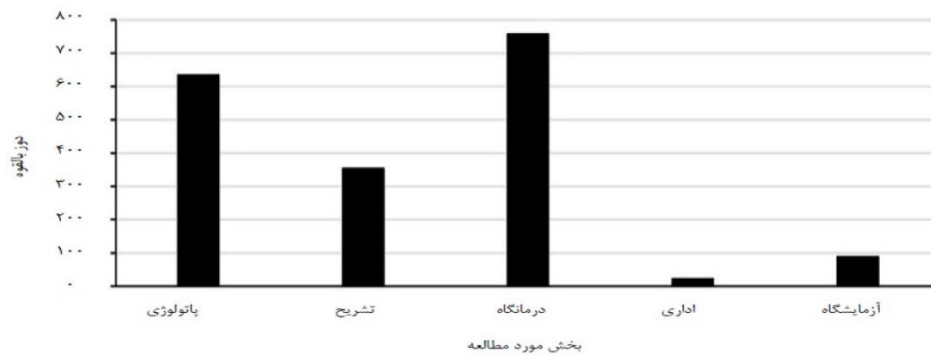


قطعی
 ممکن
 محتمل

نمودار ۱: میانگین دوز بالقوه، ریسک سرطان‌زایی و توزیع فراوانی این ریسک به تفکیک بیمارستان‌های تحت مطالعه

بالمقوه، ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی به تفکیک بیمارستان‌ها، بخش‌ها و جنسیت نشان داد که تفاوت معناداری بین نتایج وجود دارد ($P < 0.05$).

بقیه الله (عج) دارای بالاترین میانگین دوز بالقوه، ریسک سرطان‌زایی و درصد فراوانی ریسک قطعی می‌باشد. مقایسه میانگین متوسط وزنی - زمانی هشت ساعته، دوز



نمودار ۲: میانگین دوز بالقوه، ریسک سرطان‌زایی و توزیع فراوانی این ریسک به تفکیک بخش‌های تحت مطالعه

بحث

در بخش‌ها به ترتیب مربوط به درمانگاه، پاتولوژی، تشریح، اداری و آزمایشگاه بود. اگرچه در بررسی بیمارستان‌ها به تفکیک بخش مورد مطالعه، درمانگاه دانشکده پزشکی بقیه الله (عج) دارای بالاترین میانگین متوسط وزنی- زمانی هشت ساعته، دوز بالقوه، ریسک سرطان‌زایی و درصد فراوانی ریسک قطعی بود؛ اما در بررسی بخش‌ها، قسمت پاتولوژی و تشریح دارای بالاترین درصد فراوانی ریسک قطعی بودند. ریسک قطعی سرطان‌زایی در

مطالعه حاضر با هدف تخمین ریسک و پیشگیری از اثرات زیان‌آور ناشی از مواجهه با فرمالدئید در بخش‌های مختلف چهار بیمارستان تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) تهران انجام شد.

بر مبنای نتایج، بیمارستان‌های دانشکده پزشکی بقیه الله، بقیه الله، قلب جماران و نجمیه به ترتیب دارای بالاترین میانگین ریسک سرطان‌زایی بودند. بالاترین میانگین ریسک سرطان‌زایی

انسان افزایش می‌یابد [۲۵]. مقادیر دوز بالقوه در این پژوهش از سایر مطالعات و نیز از ۱۲۰ میکروگرم در روز (به جز بیمارستان قلب جماران) بالاتر بود. در مطالعه Sousa و همکاران دوز بالقوه دارای مقادیر اندکی بالاتر از ۱۲۰ میکروگرم در روز بود که دلیل بالاتر بودن مقادیر به دست آمده در این پژوهش، بیشتر بودن غلظت فرمالدئید است [۲۴]. دوز بالقوه در مطالعه Lu و همکاران (۴۱/۵ میکروگرم در روز) بسیار کمتر از نتایج مطالعه حاضر بود. این پژوهشگران میزان نرخ تنفسی را برابر با ۰/۶۳ متر مکعب در روز در نظر گرفته بودند که در مطالعات دیگر توصیه نشده است. بیشترین میزان دوز بالقوه به ترتیب مربوط به بیمارستان‌های دانشکده پزشکی بقیه الله، بقیه الله، نجمیه و قلب جماران بود. در بخش‌های مورد بررسی نیز به ترتیب درمانگاه، پاتولوژی، تشریح، آزمایشگاه و بخش اداری دارای بالاترین میزان دوز بالقوه بودند. از آنجایی که بالا بودن مقادیر دوز بالقوه بیانگر افزایش سطوح مواجهه است، می‌بایست میزان مواجهه در قسمت‌های دارای مقادیر بالایی از دوز بالقوه کاهش یابد. کاهش دوز بالقوه با کاهش غلظت فرمالدئید و زمان مواجهه میسر خواهد شد.

با توجه به موارد ذکر شده، انجام اقدامات کنترلی مهندسی و مدیریتی طبق اولویت‌بندی مشخص گردیده جهت صیانت از نیروی کار ضروری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه ارزیابی ریسک سرطان‌زایی چهار بیمارستان تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) در تهران انجام شد. نتایج نشان دادند که فرمالدئید یکی از عوامل موجب نگرانی در بیمارستان‌ها است که نیازمند انجام اقدامات کنترلی و مهندسی جهت پیشگیری از عوارض زیان‌آور آن در کارکنان می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت مدیریت پژوهشی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله به دلیل تأمین منابع مالی، تجهیزات مورد نیاز و همکاری در به اتمام رساندن این پژوهش اعلام می‌نمایند.

تضاد منافع

نویسندگان تصریح می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

سهم نویسندگان

غلامحسین پورتنی: ایده اصلی، نظارت بر جمع‌آوری اطلاعات، نگارش پیش‌نویس مقاله
عبدالرحمن بهرامی: ایده اصلی، نظارت بر جمع‌آوری

بخش‌های پاتولوژی، تشریح و درمانگاه به ترتیب دارای فراوانی ۴۳، ۴۰ و ۳۰ درصد بود. در مقایسه مقدار ریسک بنزن با حد توصیه شده سازمان جهانی بهداشت، ۹۷/۴ درصد ریسک فرمالدئید غیر قابل پذیرش بود. علاوه بر این، تمام بیمارستان‌ها و بخش‌های مورد بررسی دارای ریسک سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی بیش از حد توصیه شده از سوی سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا بودند که این نتایج موجب ایجاد نگرانی در مواجهه با فرمالدئید است. با وجود آنکه مواجهه با فرمالدئید در اکثر موارد کمتر از حدود استاندارد شغلی است؛ اما امکان ابتلا به سرطان در همین شرایط کاری و طی مدت ۳۰ سال مواجهه با تعریف سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا وجود دارد؛ چنانچه در جمعیت یک میلیون نفری، مواجهه با یک ماده شیمیایی و یا یک عامل مخاطره‌آمیز باعث ایجاد سرطان به میزانی گردد که نسبت استاندارد مرگ و میر بیش از نسبت استاندارد در حالت طبیعی جامعه به علت بیماری مورد مطالعه باشد و اختلاف معناداری مشاهده گردد، امکان سرطان‌زایی ترکیبات شیمیایی وجود دارد. از سوی دیگر چنانچه جمعیت مورد مطالعه صد هزار نفر گردد، احتمال سرطان‌زایی وجود دارد. علاوه بر این اگر در جمعیت ده هزار نفری وقوع مرگ و میر بیش از حالت نرمال جامعه مورد مطالعه باشد، ماده مورد نظر سرطان‌زای قطعی خواهد بود.

متوسط ریسک سرطان‌زایی فرمالدئید در این پژوهش با مطالعه LU و همکاران ($1/1 \times 10^{-4}$ میکروگرم بر متر مکعب) همخوانی داشت [۲۳]. ریسک سرطان‌زایی فرمالدئید در مطالعه Sousa و همکاران در دامنه‌ای از $8/76 \times 10^{-6}$ تا $3/58 \times 10^{-5}$ قرار داشت که پایین‌تر از مقادیر به دست آمده در این پژوهش بود. یکی از دلایل این تفاوت، استفاده آن‌ها از مقادیر توصیه شده از سوی سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (به جای مدت، فرکانس و سال‌های مواجهه) به منظور ساده‌سازی محاسبات بود؛ اما در این مطالعه از مقادیر واقعی جهت برآورد ریسک سرطان‌زایی فرمالدئید استفاده گردید.

مقادیر میانگین متوسط وزنی- زمانی هشت ساعته در بخش‌های مختلف بیمارستان‌های مورد بررسی با سایر مطالعات در زمینه ارزیابی ریسک ذکر شده همخوانی دارد؛ اما پژوهش حاضر نسبت به مطالعه قاسم‌خانی و همکاران که در سال ۲۰۰۱ در بخش‌های مختلف (آزمایشگاه پاتولوژی، جراحی و آندوسکوپی) بیمارستان‌های شهر تهران انجام شد، دارای مقادیر غلظت کمتری است. این تفاوت می‌تواند ناشی از دلایل مختلفی مانند متفاوت بودن بخش‌های تحت بررسی باشد. علاوه بر این، در مطالعه آن‌ها میانگین متوسط وزنی- زمانی هشت ساعته محاسبه نگردیده و غلظت‌ها بر اساس میانگین مقادیر مواجهه بلند مدت (۶۰ دقیقه) بیان شده‌اند [۱].

دوز بالقوه نشان‌دهنده سطوح مواجهه گروه‌های متفاوت با ترکیبات شیمیایی بوده و با افزایش آن ریسک اثرات زیان‌آور بر

حمایت مالی

مطالعه حاضر بخشی از یک پروژه تحقیقاتی با شماره طرح ۹۵۰۶۰۰۰۸۰۴ می‌باشد که از سوی دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج)، پشتیبانی شده است.

داده‌ها، نگارش مقاله

ایمان شبان: جمع‌آوری داده، سهیم در نوشتن بخشی از مقاله
 الناز طاهری: نگارش مقاله و تحلیل آماری آن
 زهرا پیرمحمدی: نگارش مقاله

REFERENCES

- Ghasemkhani M, Jahanpeyma F, Azam KJ. Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran. *Ind Health*. 2005;43(4):703-7. PMID: 16294927 DOI: 10.2486/indhealth.43.703
- Kim CW, Song JS, Ahn YS, Park SH, Park JW, Noh JH, et al. Occupational asthma due to formaldehyde. *Yonsei Med J*. 2001;42(4):440-5. PMID: 11519088 DOI: 10.3349/ymj.2001.42.4.440
- Alexandersson R, Hedenstierna G. Pulmonary function in wood workers exposed to formaldehyde: a prospective study. *Arch Environ Health*. 1989;44(1):5-11. PMID: 2916856 DOI: 10.1080/00039896.1989.9935865
- Coggon D, Harris EC, Poole J, Palmer KT. Extended follow-up of a cohort of British chemical workers exposed to formaldehyde. *J Natl Cancer Inst*. 2003;95(21):1608-15. PMID: 14600093 DOI: 10.1093/jnci/djg046
- Rahimifard H, Heidari H, Abbasinia M, Noruzi M, Mahdinia M, Arast YJ. Respiratory effects induced by occupational exposure to formaldehyde among health care staff. *Int J Occup Hyg*. 2015;5(1):26-30.
- Orsiere T, Sari-Minodier I, Iarmarcovai G, Botta AJ. Genotoxic risk assessment of pathology and anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde by use of personal air sampling and analysis of DNA damage in peripheral lymphocytes. *Mutat Res*. 2006;605(1):30-41. PMID: 16584911 DOI: 10.1016/j.mrgentox.2006.01.006
- Blair A, Saracci R, Stewart PA, Hayes RB, Shy C. Epidemiologic evidence on the relationship between formaldehyde exposure and cancer. *Scand J Work Environ Health*. 1990;16(6):381-93.
- Luce D, Leclerc A, Bégin D, Demers PA, Gérin M, Orlowski E, et al. Sinonasal cancer and occupational exposures: a pooled analysis of 12 case-control studies. *Cancer Causes Control*. 2002;13(2):147-57. PMID: 11936821 DOI: 10.1023/a:1014350004255
- Blair A, Stewart P, O'Berg M, Gaffey W, Walrath J, Ward J, et al. Mortality among industrial workers exposed to formaldehyde. *J Natl Cancer Inst*. 1986;76(6):1071-84. PMID: 3458945
- Partanen T. environment, health. Formaldehyde exposure and respiratory cancer-a meta-analysis of the epidemiologic evidence. *Scand J Work Environ Health*. 1993;19(1):8-15.
- Hildesheim A, Dosemeci M, Chan CC, Chen CJ, Cheng YJ, Hsu MM, et al. Occupational exposure to wood, formaldehyde, and solvents and risk of nasopharyngeal carcinoma. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2001;10(11):1145-53. PMID: 11700262
- Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair AJ. Mortality from solid cancers among workers in formaldehyde industries. *Am J Epidemiol*. 2004;159(12):1117-30. PMID: 15191929 DOI: 10.1093/aje/kwh174
- Bertazzi PA, Pesatori AC, Radice L, Zocchetti C, Vai TJ. Exposure to formaldehyde and cancer mortality in a cohort of workers producing resins. *Scand J Work Environ Health*. 1986;12(5):461-8. PMID: 3787218 DOI: 10.5271/sjweh.2111
- Gardner M, Pannett B, Winter PD, Cruddas AM. A cohort study of workers exposed to formaldehyde in the British chemical industry: an update. *Occup Environ Med*. 1993;50(9):827-34. PMID: 8398877 DOI: 10.1136/oem.50.9.827
- Marsh GM, Youk AO, Stone RA, Buchanich JM, Gula MJ, Smith TJ, et al. Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: I. 1992 fiberglass cohort follow-up: initial findings. *J Occup Environ Med*. 2001;43(9):741-56. PMID: 11561358 DOI: 10.1097/00043764-200109000-00004
- Walrath J, Fraumeni JF Jr. Cancer and other causes of death among embalmers. *Cancer Res*. 1984;44(10):4638-41. PMID: 6467219
- Hayes RB, Blair A, Stewart PA, Herrick RF, Mahar H. Mortality of US embalmers and funeral directors. *Am J Ind Med*. 1990;18(6):641-52. PMID: 2264563 DOI: 10.1002/ajim.4700180603
- Collins JJ, Esmen NA, Hall TA. A review and meta-analysis of formaldehyde exposure and pancreatic cancer. *Am J Ind Med*. 2001;39(3):336-45. PMID: 11241567 DOI: 10.1002/1097-0274(200103)39:3<336::aid-ajim1022>3.0.co;2-k
- Hauptmann M, Lubin JH, Stewart PA, Hayes RB, Blair A. Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries. *J Natl Cancer Inst*. 2003;95(21):1615-23. PMID: 14600094 DOI: 10.1093/jnci/djg083
- Pinkerton LE, Hein MJ, Stayner LT. Mortality among a cohort of garment workers exposed to formaldehyde: an update. *Occup Environ Med*. 2004;61(3):193-200. PMID: 14985513 DOI: 10.1136/oem.2003.007476
- Delikhoon M, Fazlzadeh M, Sorooshian A, Baghani AN, Golaki M, Ashournejad Q, et al. Characteristics and health effects of formaldehyde and acetaldehyde in an urban area in Iran. *Environ Pollut*. 2018;242(Pt A):938-51. PMID: 30373039 DOI: 10.1016/j.envpol.2018.07.037
- Jerusalem JG, Galarpe VR. Determination of formaldehyde in air in selected hospital-histopathology laboratories in Cagayan de Oro, Philippines. *J Chem Health Saf*. 2015;22(1):10-4. DOI: 10.1021/acs.chas.8b22106
- Lü H, Wen S, Feng Y, Wang X, Bi X, Sheng G, et al. Indoor and outdoor carbonyl compounds and BTEX in the hospitals of Guangzhou, China. *Sci Total Environ*. 2006;368(2-3):574-84. PMID: 16740294 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.03.044
- Sousa FW, Caracas IB, Nascimento RF, Cavalcante RM. Exposure and cancer risk assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the hospitals, Fortaleza-Brazil. *Build Environ*. 2011;46(11):2115-20. DOI: 10.1016/j.buildenv.2011.04.006
- Cavalcante RM, Seyffert BH, D'Oca MG, Nascimento RF, Campelo CS, Pinto IS, et al. Exposure assessment for formaldehyde and acetaldehyde in the workplace. *Indoor Built Environ*. 2005;14(2):165-72. DOI: 10.1177/1420326X05052564
- US Environmental Protection Agency (USEPA). Exposure factors handbook. Washington, DC: US Government Printing Office; 1997.
- Rahimnejad S, Bahrami A, Ghorbani Shanh F, Rahimpour R. Comparison of health risk assessment carcinogenic hydrocarbons in Workplace air in an oil-dependent industry by the Environmental Protection Agency (EPA) and the Department of Human Resources Malaysia. *Iran Occup Health*. 2017;14(5):107-17. [Persian]
- Shanh FG, Rahimnejad S, Bahrami A, Farhadian M. Risk assessment of workers' exposure to volatile organic compounds in the air of a petrochemical complex in Iran. *Indian J Occup Environ Med*. 2017;21(3):121-7. PMID: 29618911 DOI: 10.4103/ijoom.IJOEM_86_17
- US Environmental Protection Agency (USEPA). Risk assessment guidance for superfund, volume I, human health evaluation manual (part A). Washington, DC: EPA Press; 1989.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). Integrated risk information system. Washington, DC: US Government Printing Office; 2004.
- US Environmental Protection Agency (USEPA). Risk assessment guidance for superfund (RAGS) Part A. Washington, DC: US Government Printing Office; 1996.

32. US Environmental Protection Agency (USEPA). Air risk assessment work plan. Air and Radiation Division, Tristate, Risk Assessment Project. Washington, DC: US Government Printing Office; 1997.
33. US Environmental Protection Agency (USEPA). Exposure factors handbook. Washington, DC: US Government Printing Office; 1993.
34. US Environmental Protection Agency (USEPA). Guidelines for exposure assessment. Washington, DC: US Government Printing Office; 1992.
35. Ramírez N, Cuadras A, Rovira E, Borrull F, Marcé RM. Chronic risk assessment of exposure to volatile organic compounds in the atmosphere near the largest Mediterranean industrial site. *Environ Int.* 2012;**39**(1):200-9. [PMID: 22208760](#) [DOI: 10.1016/j.envint.2011.11.002](#)
36. Wu PC, Li YY, Lee CC, Chiang CM, Su HJ. Risk assessment of formaldehyde in typical office buildings in Taiwan. *Indoor Air.* 2003;**13**(4):359-63. [PMID: 14636230](#) [DOI: 10.1111/j.1600-0668.2003.00205.x](#)