Original article

Investigation of Formaldehyde Concentration in the Air of an Anatomy Hall and Its Relationship with Environmental Factors

Mahmud Mohammadyan[1]
Royan Shahpouri[2*]
Esmael Babanejad[3]
Jamshid Yazdani Charati[4]
Yahya Esfandyari[5]

1- PhD in Professional Health, Professor, Health Sciences Research Center, Addiction Research Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2- MSc Student of Occupational Health, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
3- PhD in Analytical Chemistry, Assistant Professor, Department of Environmental Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
4- Ph.D in Biostatistics, Associate Professor, Department of Statistics and Epidemiology, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
5- MSc in Environmental Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

***Corresponding author:** Royan Shahpouri, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: er.shahpouri@gmail.com

Received: 25 December 2019
Accepted: 19 February 2020

ABSTRACT

Introduction and purpose: Formaldehyde is used as a disinfectant and preservative for preserving the mummy's body. The compound is classified by the International Agency for Research on Cancer in the Human Cancer Group. This study aimed to investigate the rate of exposure to formaldehyde vapors in an anatomy hall and its relationship with environmental factors.

Methods: This descriptive study was conducted in the spring and summer of 2019 in the anatomy hall of Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) Method 3500 was used for sampling and analysis of samples. In total, 36 air samples were collected by an Impinger at a height of 1.5 meter from the surface and analyzed by a spectrophotometer at 580 nm. During sampling, environmental factors affecting air pollutants were recorded.

Results: The results showed that the minimum, mean, and maximum formaldehyde concentrations were 0.0039, 0.229±0.233, and 1.0918, respectively, per million parts of air. The mean concentration of formaldehyde was more than the Recommended Exposure Limit (P=0.001); however, it was less than the Occupational Exposure Limit. There was also a significant difference between the mean concentration at stations near and far from the body (P=0.001). There was no significant relationship between environmental factors (i.e., temperature, humidity, and airflow rate) in the environment and the number of input currents with formaldehyde concentration.

Conclusion: The concentration of formaldehyde vapors in the air of the anatomy hall may exceed certain limits. Moreover, employees, students, and teachers are constantly in contact with high concentrations of formaldehyde. Accordingly, it is more likely to develop complications. Therefore, it is recommended to perform technical, engineering, and management control measures to reduce the concentration of formaldehyde vapors in the air of the anatomy hall.

Keywords: Anatomy hall, Formaldehyde, NIOSH 3500, Occupational exposure limits

▶ **Citation:** Mohammadyan M, Shahpouri R, Babanejad E, Yazdani Charati J, Esfandyari Y. Investigation of Formaldehyde Concentration in the Air of an Anatomy Hall and Its Relationship with Environmental Factors. Journal of Health Research in Community. Spring 2020;6(1): 25-35.

مقاله پژوهشی

بررسی غلظت فرمالدئید در هوای یک اتاق تشریح و ارتباط آن با عوامل محیطی

محمود محمدیان [۱]
رویان شاهپوری [۲*]
اسماعیل بابانژاد [۳]
جمشید یزدانی چراتی [۴]
یحیی اسفندیاری [۵]

۱. دکترای بهداشت حرفه‌ای، استاد، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکده اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۳. دکترای شیمی تجزیه، استادیار، عضو هیئت‌علمی گروه بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۴. دکترای آمار حیاتی، دانشیار، عضو هیئت‌علمی گروه آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۵. کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: رویان شاهپوری، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: er.shahpouri@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۳۰

چکیده

مقدمه و هدف: فرمالدئید ماده‌ای ضدعفونی‌کننده و نگهدارنده است که برای حفظ و مومیایی کردن جسد استفاده می‌شود. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC: International Agency for Research on Cancer) این ترکیب را در گروه سرطان‌زای انسانی (A1) طبقه‌بندی کرده است؛ بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی میزان مواجهه با بخارات فرمالدئید در یک سالن تشریح و ارتباط آن با عوامل محیطی است.

روش کار: این پژوهش توصیفی در بهار و تابستان ۱۳۹۸ در سالن تشریح دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام شد. به‌منظور نمونه‌برداری و تجزیه نمونه‌ها با استفاده از روش نایوش ۳۵۰۰ تعداد ۳۶ نمونه هوا در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین با ایمپینجر برداشت و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۸۰ نانومتر تحلیل شد. در طول نمونه‌برداری عوامل محیطی مؤثر بر آلاینده‌های هوا ثبت شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد حداقل، میانگین و حداکثر غلظت فرمالدئید به‌ترتیب ۰/۰۰۳۹، ۰/۲۳۳±۰/۲۲۹ و ۱/۰۹۱۸ قسمت در میلیون (PPM: Part Per Million) قسمت هوا بود. میانگین غلظت فرمالدئید از حدود مجاز توصیه‌شده (Recommended Exposure Limit (REL)) مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا بیشتر ولی از حدود مجاز شغلی کشور کمتر است. همچنین بین میانگین غلظت در ایستگاه‌های نزدیک به جسد و دور از آن اختلاف معناداری وجود داشت (P=۰.۰۰۱). بین عوامل محیطی مانند دما، رطوبت، سرعت جریان هوا در محیط و میزان جریان‌های ورودی با غلظت فرمالدئید رابطه معنی‌داری وجود ندارد.

نتیجه‌گیری: غلظت بخارات فرمالدئید در هوای محیط سالن تشریح می‌تواند از حدود مجاز فراتر رود؛ بدین معنا که کارکنان، دانشجویان و مدرسان سالن تشریح به‌طور مداوم در تماس با غلظت‌های بالای بخارات فرمالدئید و درنتیجه احتمال ابتلا به عوارض آن هستند؛ بنابراین، انجام اقدامات کنترل فنی و مهندسی و مدیریتی برای کاهش غلظت بخارات فرمالدئید در هوای اتاق تشریح پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: حدود مواجهه شغلی، سالن تشریح، فرمالدئید، نایوش ۳۵۰۰

◄ **استناد:** محمدیان، محمود؛ شاهپوری، رویان؛ بابانژاد، اسماعیل؛ یزدانی چراتی، جمشید؛ اسفندیاری، یحیی. بررسی غلظت فرمالدئید در هوای یک اتاق تشریح و ارتباط آن با عوامل محیطی. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، بهار ۱۳۹۹؛۶(۱): ۳۵-۲۵.

مقدمه

فرمالدئید یک ماده شیمیایی صنعتی تجاری بی‌رنگ، با بوی تند در دمای اتاق و با قابلیت اشتعال‌پذیری بالاست که حاصل

اکسیداسیون متانول است. این ترکیب ساده‌ترین عضو گروه آلدئیدهاست و به‌طور طبیعی در مقادیر کمی در بدن ما تولید می‌شود [۳-۱]. فرمالدئید یک ماده شیمیایی مهم برای اقتصاد جهانی است که به‌طور گسترده‌ای در پردازش چوب، مبلمان، پارچه، موکت و تولید انواع محصولات شیمیایی مانند رزین، کود، مواد منفجره، لاستیک، پنبه و سنتز بسیاری از ترکیبات آلی استفاده می‌شود. برای ساخت مصالح ساختمانی مانند تخته خرده چوب، تخته سه‌لا و عایق اوره، فرمالدئید جزء اصلی است. این گاز به‌طور مستقیم در محلول‌های آبی (معروف به فرمالین) به‌عنوان یک ماده ضدعفونی‌کننده و نگهدارنده در بیمارستان‌ها، آزمایشگاه‌ها و دانشگاه‌ها برای حفظ و مومیایی کردن جسد استفاده می‌شود [۶-۴].

اتحادیه اروپا دومین تولیدکننده فرمالدئید پس از آسیاست که در سال بیش از ۳/۶ میلیون تن فرمالدئید را تولید می‌کند که حدود ۳۰ درصد تولید جهانی را تشکیل می‌دهد. فروش سالیانه مواد شیمیایی فرمالدئید در اتحادیه اروپا تقریباً ۹/۵ میلیارد یورو در سال است. بزرگ‌ترین تولیدکننده فرمالدئید در اتحادیه اروپا بعد از آلمان، ایتالیا، اسپانیا، هلند و انگلیس است [۶،۷]. سازمان بهداشت جهانی (WHO: World Health Organization) بالاترین حد مواجهه با فرمالدئید را حداکثر ۰/۰۸ قسمت در میلیون در طول ۳۰ دقیقه به‌طور متوسط تعیین کرده است [۸]. سطوح گزارش‌شده توسط مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health) در محدوده مجاز توصیه‌شده (REL: Recommended Exposure Limit) ۰/۰۱۶ قسمت در میلیون برای مدت‌زمان معین ۸ ساعته (TWA-8) و ۰/۱ قسمت در میلیون برای محدوده زمانی کوتاه‌مدت (STEL) است [۹]. به‌طورکلی، حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد از فرمالدئید در دستگاه تنفسی فوقانی جذب می‌شود و مقدار کمی از آن به آلوئول‌ها می‌رسد. همچنین فرمالدئید به‌سرعت به‌صورت اسیدفرمیک، اکسید و وارد سیستم‌های بیولوژیک می‌شود یا به‌صورت آب و دی‌اکسیدکربن از طریق بازدم دفع می‌شود [۱۰].

مطالعات اپیدمیولوژیک مربوط به اثرات فرمالدئید نشان می‌دهد قرارگرفتن در معرض فرمالدئید خطر ابتلا به سرطان نازوفارنکس (NPC: Nasopharyngeal Carcinoma) را افزایش می‌دهد [۱۱]. سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (U.S.EPA) فرمالدئید را به‌عنوان ماده سرطان‌زای محتمل انسان در گروه سرطان‌زایی A1 (سرطان‌زای قطعی) قرار می‌دهد و به‌عنوان یک سرطان‌زای حیوانی مطابق با گزارش مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا و مؤسسه سلامت و ایمنی شغلی (OSHA: Occupational Safety and Health Administration) طبقه‌بندی شده است [۱۲].

نتایج مطالعات اندازه‌گیری فرمالدئید در مراکز درمانی و سالن‌های تشریح حاکی از زیادبودن غلظت این آلاینده در بخش‌های مختلف است. در پژوهشی که کرمی و همکاران در بخش‌های پاتولوژی بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام دادند، میانگین غلظت محیطی فرمالدئید معادل ۱/۸۱±۱/۶۷ قسمت در میلیون گزارش شد که از سطوح حدتراکم مجاز میانگین زمان مواجهه (TWA: Time Weighted Average) حدود مجاز توصیه‌شده مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا و سطوح سقفی (Ceiling) از حدود مجاز مواجهه شغلی (OEL: Occupational Exposure Limits) ملی کشور بیشتر بود [۱۱]. در پژوهشی که علیزاده و همکاران در شهرستان ساری در بیمارستان‌های دولتی و خصوصی انجام دادند، نتایج نشان‌دهنده آن بود که میانگین تراکم در بخش پاتولوژی (۰/۴۴±۰/۶۲ قسمت در میلیون) و اتاق عمل (۰/۵±۰/۴ قسمت در میلیون) بیمارستان‌های دولتی بیشتر از بیمارستان‌های خصوصی (۰/۱۲±۰/۲۹ و ۰/۲۶±۰/۴۴) بود و بیشترین آلودگی مربوط به قسمت پاتولوژی بیمارستان‌های دولتی و کمترین آن مربوط به بخش اطفال بیمارستان‌های خصوصی و CCU و ICU بیمارستان‌های دولتی بوده است [۱۳].

قاسم‌خانی و همکاران مطالعه‌ای با عنوان «اندازه‌گیری سطوح فرمالدئید در سه بخش آزمایشگاه پاتولوژی، اتاق عمل و بخش نهم آندوسکوپی بیمارستانی در تهران» انجام دادند. نتایج این مطالعه

نشان داد غلظت فرمالدئید در آزمایشگاه‌های پاتولوژی با میانگین ۰/۹۶ قسمت در میلیون از حدتراکم مجاز برای یک لحظه سقفی (TLV-C: T Threshold Limit Value -Ceiling) توصیه‌شده انجمن متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists) بیشتر است [۱۴].

تعدادی از مطالعات ارتباط مستقیم بین کیفیت هوا در محیط داخلی و پیامدهای ناشی از آن را بر سلامتی انسان گزارش کردند. ترکیبات آلی فرّار (VOCs: Volatile organic compound) یکی از شناخته‌شده‌ترین عوامل مؤثر در کیفیت هوای محیط داخل است. ترکیبات آلی فرّار معمولی شامل آلدئیدها و هیدروکربن‌های آروماتیک و هالوژنی هستند. آلدئیدهای معمولی موجود در هوای داخل ساختمان شامل فرمالدئید، استالدئید و گلوتارالدئید هستند [۱۵]. فرمالدئید به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده در بیمارستان‌ها و سالن‌های تشریح و آزمایشگاه‌های آسیب‌شناسی و بافت‌شناسی استفاده می‌شود. استفاده مداوم از آن در بلندمدت باعث بروز علائمی در دستگاه تنفسی می‌شود. در طول فرایند تجزیه، بخارات فرمالدئید از سطح و درون جسد خارج می‌شود و افراد شاغل در آزمایشگاه در معرض آن قرار می‌گیرد. مطالعات پیشین نشان داده‌اند دانشجویان پزشکی و مربیان آن‌ها در معرض بخارات فرمالدئید قرار دارند. با توجه به اینکه مطالعات درزمینه اندازه‌گیری فرمالدئید بیشتر در مراکز بهداشتی و درمانی معطوف بوده و مطالعات اندکی درزمینه اندازه‌گیری بخارات این ماده در سالن تشریح انجام شده است، بررسی‌های اولیه در سالن تشریح جسد دانشگاه علوم پزشکی مازندران نشان می‌دهد احتمالاً دانشجویان، اساتید و کارکنان حاضر در سالن تشریح با اجساد آغشته به فرمالین در تماس هستند و به دلیل نزدیکی با جسد، در معرض بخارات فرمالدئید قرار دارند. با توجه به نبود مطالعه‌ای در این زمینه، پژوهش حاضر با هدف بررسی غلظت فرمالدئید در ارتفاع تنفسی دانشجویان، کارکنان و اساتید در هوای محیط یک اتاق تشریح و رابطه آن با میزان تهویه محیط اتاق تشریح در دانشگاه علوم پزشکی مازندران در بهار و تابستان ۱۳۹۸ انجام شد.

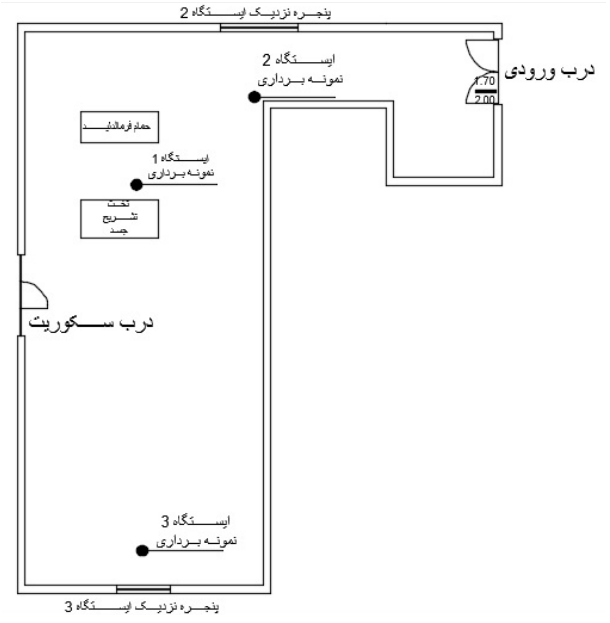
روش کار

این مطالعه توصیفی‌تحلیلی مقطعی در فصول بهار و تابستان سال ۱۳۹۸ با هدف بررسی غلظت فرمالدئید در هوای یک اتاق تشریح انجام شد. پژوهش حاضر در سالن تشریح دانشگاه علوم پزشکی مازندران انجام پذیرفت که محل تشریح جسد و درس دانشجویان پزشکی و کارشناسی ارشد علوم تشریح است. نقشه آن در شکل ۱ نشان داده شده است. متناسب با دروس ارائه‌شده دانشجویان از ترم یک تا چهار بر روی جسد، اساتید بافت‌ها و اندام‌های مختلف جسد را برای آن‌ها تدریس و تشریح می‌کنند. استادان و متخصصان قبل از شروع کلاس‌ها جسد را از حمام فرمالدئید واقع در اتاق تشریح روی برانکارد قرار می‌دهند و نواحی شکم، سر، گردن و موارد دیگر را باز می‌کنند. بیشترین میزان مواجهه استادان و متخصصان با بخارات فرمالدئید ساطع‌شده از جسد در این مرحله است. پس از اتمام کلاس جسد مجدداً داخل کاور قرار میگیرد. در طول فعالیت دانشجویان و مدرسان نمونه‌گیری انجام شد. با توجه به مقاله مرجع، استاد آمار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۳۶ نمونه را تعیین کرد [۱۰].

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha}+Z_{1-\beta})^2\sigma}{d^2} = ۳۶$$

σ=۰.۳, α=۰.۰۵, β=۰.۲, d=۰.۰۷

درمجموع ۳۶ نمونه در ایستگاه‌های مختلف اتاق تشریح (نزدیک جسد و مناطق دور از آن در ایستگاه‌های متفاوت) در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح اتاق نمونه‌برداری شد که حدود منطقه تنفسی افراد بود. به‌طورکلی ۱۲ نمونه‌برداری و در هر بار نمونه‌برداری ۳ نمونه در حدود منطقه تنفسی افراد نمونه‌برداری



شکل ۱: نقشه سالن تشریح و محل قرارگرفتن دستگاه‌های نمونه‌برداری

شد. برای تعیین مقدار فرمالدئید در نمونه‌های محیطی از روش نایوش ۳۵۰۰ استفاده شد که حساسیت زیادی (۰/۵ میکروگرم به‌ازای هر نمونه) دارد. بدین منظور برای جمع‌آوری نمونه از دو ایمپنجر کوچک متصل‌شده استفاده شد که حاوی ۲۰ میلی‌لیتر بی‌سولفیت‌سدیم ۱ درصد به فیلتر هولدر بود که برای جلوگیری از ورود ذرات به داخل بطری حاوی یک فیلتر پلی‌تترا فلوئورواتیلن (PTFE: Polytetrafluoroethylene) است. همچنین از پمپ نمونه‌بردار فردی SIBATA ساخت شرکت SKC انگلستان استفاده شد. از آنجاکه فلوی گزارش‌شده در روش نایوش ۳۵۰۰ بین ۰/۲-۱ لیتر بر دقیقه پیشنهاد شده بود، فلوی پمپ با سه بار کالیبره روی ۰/۴ لیتر بر دقیقه تنظیم شد [۹،۱۶]. برای جمع‌آوری نمونه از دو ایمپنجر کوچک متصل شده به فیلتر هولدر استفاده شد که حاوی یک فیلتر PTFE برای جلوگیری از ورود ذرات به داخل بطری است. خروجی ایمپینجر فرعی را با استفاده از رابط پلاستیکی به پمپ وصل و با فلومتر حباب صابون دبی نمونه برداری استاندار سازی شد. در هر نمونه‌برداری سه دستگاه نمونه‌برداری در سه ایستگاه در فاصله‌های مختلف نزدیک جسد، ۲/۵ متری از جسد و ۵ متری از جسد قرار داده شد. همچنین مدت‌زمان نمونه‌برداری با توجه به‌مدت‌زمانی که دانشجویان در سالن تشریح حضور داشتند، به‌طور متوسط بین ۲ تا ۳ ساعت تعیین شد. برای اندازه‌گیری دما و رطوبت از دستگاه رطوبت‌سنج مدل TES-1366 ساخت تایوان و برای سنجش سرعت جریان هوا در محیط از دماسنج کاتا استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری میزان تهویه در روزهای نمونه‌برداری، سرعت جریان حجمی مکانیکی هوا به داخل اتاق در سطح باز در، پنجره و درز درها از دستگاه آنمومتر مارک AMI 300 شرکت KIMO ساخت آمریکا استفاده شد. طی هر نمونه‌برداری سرعت ورود هوا به داخل اتاق در محل تمام ورودی‌های هوا با استفاده از انمومتر اندازه‌گیری و میانگین سرعت ورود هوا ثبت شد. برای محاسبه میزان جریان حجمی هوای ورودی، میانگین سرعت هوا در سطح ورود هوا ضرب شد تا میزان تهویه ورودی تعیین شود (به دلیل نبود تهویه مناسب، جریان مکنده در اتاق غیرمحسوس بود و از اندازه‌گیری آن صرف‌نظر شد).

هم‌زمان با نمونه‌برداری، پارامترهای محیطی دما، فشار، رطوبت، سرعت جریان هوا در محیط و سرعت جریان هوا در سطح باز در، پنجره، ورودی و خروجی هوا در اتاق ثبت شد. دما و رطوبت در سه نقطه مختلف سالن اندازه‌گیری و متوسط آن در چک‌لیست ثبت شد. همچنین سرعت جریان هوا در محیط در سه ارتفاع مختلف اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس روابط مربوط به آن سرعت جریان به‌دست آمد. تهویه ورودی در محل‌های در، پنجره و درز درها سنجیده شد؛ بدین‌صورت که دستگاه در ورودی‌ها قرار می‌گرفت و مقادیر نشان داده‌شده در چک‌لیست ثبت می‌شد.

پس از پایان نمونه‌برداری، نمونه‌های هر ایمپینجر در فالکون مخصوص ریخته و برای تحلیل به آزمایشگاه انتقال داده شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، به‌منظور آماده‌سازی ابتدا به هریک از نمونه‌ها ۱ میلی‌لیتر اسیدکروموتروپیک ۱ درصد و ۶ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد. سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه و

در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. برای تحلیل نمونه‌های گرفته‌شده از دستگاه اسپکتروفتومتر DR-2800 شرکت HACH آمریکا استفاده شد. برای رسم منحنی کالیبراسیون ابتدا محلول استاندارد مادر فرمالدئید از محلول فرمالدئید ۳۷ درصد با غلظت ۱/۲۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر تهیه شد. سپس با رقیق‌کردن محلول استاندارد مادر با بی‌سولفیت‌سدیم ۱ درصد، محلول‌های استاندارد کاربردی در غلظت‌های ۰/۰۶۲۵-۰/۰۶۲۲ قسمت در میلیون ساخته شد. مقادیر جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مطابق توصیه شرکت سازنده در طول موج ۵۸۰ نانومتر خوانده شد. در انتها پس از رسم منحنی کالیبراسیون، غلظت فرمالدئید در نمونه‌های محیطی محاسبه شد [۹،۱۶].

برای تجزیه‌وتحلیل آماری ابتدایی با استفاده از روش‌های مبتنی بر آمار توصیفی شامل میانگین و انحراف معیار، داده‌ها خلاصه‌سازی و با استفاده از فرمول‌های مربوطه غلظت فرمالدئید در ارتفاع تنفسی افراد محاسبه شد. برای مقایسه غلظت بخارات فرمالدئید در قسمت‌های مختلف و شرایط محیطی مختلف از آزمون t یک نمونه استفاده شد. برای بررسی رابطه هریک از متغیرهای زمینه با غلظت فرمالدئید از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد. برای ارزیابی میزان مواجهه و عوامل تأثیرگذار از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته استفاده شد. در این تحلیل از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد [۱۰].

یافته‌ها

نتایج اندازه‌گیری‌شده پارامترهای مطالعه‌شده در اتاق تشریح در جدول ۱ نشان داده شده است. میانگین غلظت فرمالدئید در هوای اتاق تشریح در ایستگاه‌های مختلف ۰/۲۲۳±۰/۲۲۹ قسمت در میلیون قسمت هوا به‌دست آمد. کمترین و بیشترین غلظت فرمالدئید اندازه‌گیری‌شده در ارتفاع تنفسی به‌ترتیب ۰/۰۰۳ و ۱/۰۹۱ قسمت در میلیون قسمت هوا است.

برای به‌دست‌آوردن رابطه بین عوامل محیطی موجود در محیط کار و غلظت فرمالدئید از آزمون آماری رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد بین عوامل محیطی درجه حرارت، رطوبت، سرعت جریان هوای محیط و میزان جریان هوای ورودی به اتاق با غلظت

جدول ۱: نتایج آمار توصیفی عوامل محیطی اندازه‌گیری‌شده در اتاق تشریح

عوامل محیطی	تعداد	حداقل	انحراف‌معیار±میانگین	حداکثر
غلظت فرمالدئید (قسمت در میلیون قسمت هوا)	۳۶	۰/۰۰۳	۰/۲۲۹±۰/۲۲۳	۱/۰۹۱
درجه حرارت (درجه کلوین)	۳۶	۲۹۱	۲۹۸/۳۳±۲/۷۸	۳۰۲
درصد رطوبت	۳۶	۰/۵	۰/۶۶۵±۰/۰۹۸	۰/۷۸
سرعت جریان هوا (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۰/۱	۰/۱۵±۰/۰۵۰	۰/۲۵
جریان هوا در پنجره دور از جسد (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۱/۰۴	۲/۴۴۴±۱/۱۰۰	۴/۶۸۰
میزان جریان هوا در پنجره دور از جسد (نزدیک ورودی) (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۱/۵۰۸	۴/۰۸۴±۱/۶۴۱	۷/۵۴۰
میزان جریان هوا در درز درب سکوریت نزدیک جسد (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۰	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱	۰/۰۰۶
میزان جریان هوا در درب ورودی (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۱/۲۲۴	۲/۴۰۳±۰/۸۴۳	۴/۰۸۰
جمع کل هوای عبوری (مترمکعب بر ثانیه)	۳۶	۵/۳۴۳	۸/۹۳۲±۳/۱۸۳	۱۵/۰۹۷

فرمالدئید رابطه معنی‌داری وجود ندارد. آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد بین میانگین غلظت فرمالدئید در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و حدود مجاز توصیه‌شده مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P=۰.۰۰۱)، ولی میانگین به‌دست‌آمده با حدود مجاز مواجهه شغلی توصیه‌شده توسط مرکز سلامت محیط و کار ایران اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱).

در هر ایستگاه ۱۲ نمونه‌برداری انجام گرفت که آزمون تی تک‌نمونه‌ای هر ایستگاه با استاندارد ایران نشان می‌دهد بین نتایج به‌دست‌آمده با حدود مجاز مواجهه شغلی استاندارد ایران اختلاف معناداری وجود دارد. درمجموع ۹ نمونه (۲۵ درصد) غلظت بیشتر از حد مجاز توصیه‌شده حدود مجاز مواجهه شغلی بوده است (جدول ۲). با استفاده از آزمون تی تک‌نمونه‌ای نتیجه‌گیری شد که بین میانگین غلظت فرمالدئید برحسب استاندارد مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در فاصله‌های نزدیک، ۲/۵ متری و ۵ متری از جسد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

اختلاف میانگین بین ایستگاه ۱ با ۳ در اتاق تشریح ۰/۲۸۲ میلی‌گرم در لیتر و بین ایستگاه ۱ با ۲، ۰/۲۲۰ قسمت در میلیون قسمت هوا بوده است. با توجه به ایستگاه‌بندی و مقایسه میانگین غلظت فرمالدئید ایستگاه‌ها با هم، به این نتیجه رسیدیم که بین ایستگاه ۱ با ۳ و همچنین ۱ با ۲ اختلاف معناداری وجود دارد (P=۰.۰۰۳ (P=۰,۰۲)) (جدول ۳). میزان مواجهه در ایستگاه نزدیک جسد (ایستگاه ۱) برای دانشجویان بیشتر بود. درمجموع ۹ نمونه (۲۵ درصد) غلظتی بیش از حدود مجاز مواجهه شغلی پیشنهادشده ملی داشتند. برای به‌دست‌آوردن رابطه بین عوامل محیطی موجود در محیط کار و غلظت فرمالدئید از آزمون آماری

جدول ۲: نتایج آزمون تی مقادیر غلظت فرمالدئید (قسمت در میلیون قسمت هوا) در ایستگاه‌های مختلف در مقایسه با استاندارد حدود مجاز مواجهه شغلی

ایستگاه	فاصله ایستگاه	تعداد	حداقل	انحراف‌معیار±میانگین	حداکثر
۱	در محل جسد	۱۲	۰/۲۱۴	۰/۳۹۷±۰/۲۸۸	۰/۵۸۰
۲	۲/۵ متری از جسد	۱۲	۰/۰۸۸	۰/۱۷۷±۰/۱۳۹	۰/۲۶۵
۳	۵متری از جسد	۱۲	۰/۰۵۸	۰/۱۱۵±۰/۰۸۹	۰/۱۷۱
کل		۳۶	۰/۱۵۴	۰/۲۲۹±۰/۲۲۳	۰/۳۰۵

جدول ۳: ارتباط غلظت فرمالدئید (قسمت در میلیون قسمت هوا) بین ایستگاه‌های ۲،۱ و ۳،۱ و ۳،۲

ایستگاه (I)	فاصله ایستگاه	ایستگاه (J)	اختلاف میانگین (I-J)	P
۱	در محل جسد	۲	۰/۲۲۰	۰/۰۲۲
		۳	۰/۲۸۲	۰/۰۰۳
۲	۲/۵ متری از جسد	۱	-۰/۲۲۰	۰/۰۲۲
		۳	۰/۰۶۱	۰/۷۱۱
۳	۵ متری از جسد	۱	-۰/۲۸۲	۰/۰۰۳
		۲	-۰/۰۶۱	۰/۷۱۱

جدول ۴: نتایج آمار توصیفی مربوط به غلظت فرمالدئید (قسمت در میلیون قسمت هوا) در ماه‌های مختلف در سالن تشریح

ماه	تعداد	حداقل	انحراف‌معیار±میانگین	حداکثر
فروردین	۹	۰/۰۲	۰/۱۴۸±۰/۱۱۹	۰/۳۶
اردیبهشت	۹	۰/۰۷	۰/۳۶۷±۰/۳۲۵	۱/۰۹
خرداد	۱۵	۰	۰/۲۱۷±۰/۱۸۶	۰/۶۱
تیر	۳	۰/۰۴	۰/۱۲۰±۰/۱۱۶	۰/۲۵
کل	۳۶	۰	۰/۲۲۹±۰/۲۲۳	۱/۰۹

رگرسیون استفاده شد. نتایج نشان داد درجه حرارت محیط، رطوبت، سرعت جریان هوای محیط و میزان جریان هوای ورودی به سالن تشریح رابطه معنی‌داری با غلظت بخارات فرمالدئید ندارد. نتایج آمار توصیفی مربوط به میانگین غلظت فرمالدئید در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد بین ماه‌های مختلف و غلظت فرمالدئید اختلاف معناداری مشاهده نشده است (جدول ۴).

نتایج آمار توصیفی مربوط به غلظت فرمالدئید در ماه‌های مختلف نشان می‌دهدکمترین و بیشترین غلظت فرمالدئید به‌ترتیب در ماه تیر و اردیبهشت بوده است و بین غلظت فرمالدئید در ماه‌های مختلف اختلاف معناداری وجود ندارد (جدول ۴).

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه میزان مواجهه محیطی دانشجویان و مدرسان با بخارات فرمالدئید در سالن تشریح با استفاده از روش نایوش ۳۵۰۰ بررسی شد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد میانگین غلظت فرمالدئید در ارتفاع تنفسی در ایستگاه‌های مختلف سالن تشریح (۰/۲۲۳ ±۰/۲۲۸ قسمت در میلیون قسمت هوا) از حدود مجاز توصیه‌شده مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا بیشتر است و بین میانگین با این استاندارد در تمام نمونه‌ها اختلاف معناداری وجود دارد (P=۰,۰۰۱). بیشترین غلظت‌های فرمالدئید اندازه‌گیری‌شده مربوط به ایستگاه نزدیک جسد و معادل ۶۸ برابر حدود مجاز توصیه‌شده بود.

در راستای نتایج مطالعه حاضر، در مطالعه‌ای که قاسم‌خانی و همکاران برای اندازه‌گیری غلظت فرمالدئید در سه بخش آزمایشگاه پاتولوژی، اتاق عمل و آندوسکوپی بیمارستانی در تهران انجام دادند، محققین به این نتیجه رسیدند که غلظت فرمالدئید فقط در آزمایشگاه‌های پاتولوژی از TLV-C توصیه‌شده انجمن متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا و حدود مجاز مواجهه شغلی بیشتر و در بقیه بخش‌ها کمتر است [۱۱،۱۴]. نتایج پژوهش علیزاده و همکاران در ساری در بیمارستان‌های دولتی و خصوصی نشان می‌دهد میانگین تراکم غلظت برحسب قسمت در میلیون در بخش پاتولوژی (۰/۴۴±۰/۶۲) و اتاق عمل (۰/۵±۰/۴) بیمارستان‌های دولتی بیشتر از بیمارستان‌های خصوصی (۰/۱۲±۰/۲۹ و ۰/۲۶±۰/۴۴) بوده و بیشترین آلودگی مربوط به قسمت پاتولوژی بیمارستان‌های دولتی و کمترین آن مربوط به بخش اطفال بیمارستان‌های خصوصی و CCU و ICU بیمارستان‌های دولتی بوده است [۱۳].

در راستای پژوهش حاضر، پژوهشی که Solange Costa و همکاران در آزمایشگاه آناتومی آسیب‌شناسی روی کارشناسان مواجه‌شده با فرمالدئید انجام دادند، نتایج نشان می‌دهد در طول انجام کار، مواجهه شاغلان با فرمالدئید از TLV-C کمتر ولی

غلظت فرمالدئید محیط از حدود مجاز توصیه‌شده بیشتر بود [۱۷]. نتایج پژوهش حافظ عامر احمد در سال ۲۰۱۱ در ارتباط با اندازه‌گیری فرمالدئید در آزمایشگاه‌های یک دانشگاه نشان داد میانگین غلظت فرمالدئید ۰/۰۹۵ قسمت در میلیون به‌دست آمده است. بیشترین غلظت مربوط به آزمایشگاه میکروبیولوژی با ۰/۰۲۴ قسمت در میلیون و کمترین غلظت مربوط به آزمایشگاه سلامت محیط با ۰/۰۰۱ قسمت در میلیون به‌دست آمد. بیشترین غلظت به‌دست‌آمده از این مطالعه در آزمایشگاه آناتومی است که از حد مجاز مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا که ۰/۱ قسمت در میلیون بیشتر و کمتر از حد مجاز انجمن متخصصان بهداشت صنعتی آمریکاست.نتایج پژوهش حافظ عامر همچنین نشان داد تراکم غلظت فرمالدئید در استاندارد مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در حدود مواجهه شغلی TWA اختلاف معناداری دارد و از حدود مواجهه کوتاه‌مدت (Ceiling) کمتر است که با نتایج حاضر همسو است [۱۸].

علاوه‌براین، در پژوهش حاضر بین میانگین غلظت فرمالدئید در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معناداری مشاهده شد. در این مطالعه بین عوامل محیطی دما، رطوبت، سرعت جریان هوا در محیط و میزان جریان هوای عبوری از درز، پنجره‌ها و در ورودی با میانگین غلظت فرمالدئید اختلاف معناداری وجود ندارد که این موضوع شاید به دلیل تعداد کم نمونه در هر ایستگاه به‌خاطر محدودیت‌های زمانی و لجستیک مطالعه باشد. همچنین اختلاف معناداری بین میانگین غلظت فرمالدئید در ماه‌های مطالعه‌شده وجود ندارد. علاوه‌براین، اندازه‌گیری میزان سرعت جریان ورودی هوا در پنجره‌ها، درز درب سکوریت، درب ورودی با دستگاه آنمومتر و درنتیجه محاسبه میزان دبی ورودی این پژوهش را از دیگر پژوهش‌ها متمایز می‌کند. این کار با هدف تعیین تأثیر میزان هوای ورودی به اتاق تشریح بر غلظت بخار فرمالدئید انجام شد، ولی ارتباط معناداری بین میزان جریان ورودی هوا و میانگین غلظت فرمالدئید مشاهده نشد.

در همین راستا، چالز و همکاران برای تعیین میزان انتشار فرمالدئید در یک آزمایشگاه تشریح جسد و تأثیر میزان تهویه پژوهشی انجام دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که میانگین غلظت روزانه در آزمایشگاه بین ۰/۵۱۶-۱/۴۷ قسمت در میلیون است. اندازه‌گیری میزان تهویه هوا با استفاده از بالومتر نشان داد میانگین میزان انتشار فرمالدئید در آزمایشگاه ۱۴۸ میلی‌گرم بر دقیقه بوده است و بین میزان جریان هوا با غلظت فرمالدئید رابطه معناداری وجود دارد. نتایج پژوهش چالز و همکاران نشان می‌دهد میزان تهویه ورودی و خروجی و اندازه‌گیری آن برای کنترل اثرات ناشی از بخارات در آزمایشگاه‌های آناتومی و مراکز درمانی مهم است. در راستای مطالعه حاضر آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که بین غلظت و میزان جریان هوا در ورودی‌ها اختلاف معناداری وجود ندارد و چنین نتیجه‌گیری کردند که تبخیر فرمالدئید در آزمایشگاه‌های آناتومی باعث ایجاد غلظت‌هایی می‌شود که ممکن است در دانشجویان و مدرسان اثرات بهداشتی ایجاد کند [۱۰].

در پژوهشی که کرمی و همکاران در بخش‌های پاتولوژی بیمارستان‌های آموزشی دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام دادند، میانگین غلظت محیطی فرمالدئید معادل ۱/۸۱±۱/۶۷ قسمت در میلیون به‌دست آمد که از حدود مجاز توصیه‌شده مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا و حدود مجاز مواجهه شغلی بیشتر بود [۱۱]. نتایج مطالعه کرمی و همکاران نشان می‌دهد مقدار بخارات اندازه‌گیری‌شده بیشتر از حدود مجاز مواجهه شغلی بوده است که با نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد. نتایج پژوهش حاضر کمتر از حد مجاز ملی کشور یعنی ۰/۳ قسمت در میلیون است. نتایج پژوهش کرمی بیش از حدود مجاز توصیه‌شده مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا یعنی ۰,۰۱۶ قسمت در میلیون است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

نتایج مطالعه علیزاده و همکاران نشان داد تراکم غلظت بخارات فرمالدئید در بخش‌های اندازه‌گیری‌شده بیش‌از حدود مجاز توصیه‌شده شغلی مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا

بود که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. نتایج هر دو پژوهش بیش از حدود مجاز توصیه‌شده بلندمدت مؤسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا یعنی ۰/۰۱۶ قسمت در میلیون به‌دست آمد. تماس مزمن با مقادیر کم و مداوم با بخارات فرمالدئید و اثرات ناخوشایند آن بر سلامتی، این موضوع را به مسئله نگران‌کننده‌ای تبدیل کرده است. اقداماتی همچون طراحی و نصب سیستم پاک‌سازی و تهویه مناسب، استفاده از ماسک مخصوص جاذب فرمالدئید، پایش مداوم غلظت بخارات فرمالدئید با جدیدترین و حساس‌ترین روش‌های موجود و آموزش کارکنان، دانشجویان و مدرسان می‌تواند تا حد زیادی تماس با این بخارات را کاهش دهد.

قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران که از این پایان‌نامه با کد اخلاق IR.MAZUMS. 5272 .REC.1398 حمایت مالی نمودند و همچنین از خانم مهندس یوسفی‌نژاد، کارشناس بهداشت حرفه‌ای دانشگاه علوم پزشکی مازندران بابت همکاری در راستای انجام این طرح تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Rangkooy HA, Marghzari L, Dehaghi BF, Angali KA. Survey effect of exposure to formaldehyde on pulmonary function test in hospital staffs. Asian J Pharm 2018; 12(2):S580.
2. US Department of Health and Human Services. Public health service, agency for toxic substances and disease registry (ATSDR). Atlanta: Toxicological Profile for Lead; 2007. P. 1-41.
3. Mo W, He R. The role of formaldehyde in cell proliferation and death. Formaldehyde Cogn 2017; 5:79-97.
4. Goebel R, Krug A, Kellner R. Spectrophotometric flow injection analysis of formaldehyde in aqueous solutions using 3-methyl-2-benzthiazolinone hydrazone. Fresenius' J Anal Chem 1993; 347(12):491-4.
5. Tang X, Bai Y, Duong A, Smith MT, Li L, Zhang L. Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects. Environ Int 2009; 35(8):1210-24.
6. Bolt HM, Johnson G, Nielsen GD, Papameletiou D, Klein CL. SCOEL/REC/125 Formaldehyde recommendation from the scientific committee on occupational exposure limits. Brussels: Scientific Committee on Occupational Exposure Limits; 2016. P. 2-75.
7. Dugheri S, Bonari A, Pompilio I, Colpo M, Mucci N, Arcangeli G. An integrated air monitoring approach for assessment of formaldehyde in the workplace. Saf Health Work 2018; 9(4):479-85.
8. Bunkoed O, Davis F, Kanatharana P, Thavarungkul P, Higson SP. Sol–gel based sensor for selective formaldehyde determination. Anal Chim Acta 2010; 659(1-2):251-7.
9. National Institute for Occupational Safety and Health. Formaldehyde. U.S. Department of Health & Human Services. Available at: URL: https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0293.html; 2019.
10. Keil CB, Akbar-Khanzadeh F, Konecny KA. Characterizing formaldehyde emission rates in a gross anatomy laboratory. Appl Occup Environ Hyg 2001; 16(10):967-72.
11. Mosafer AK, Assari MJ, Bahrami A, Zolhavarie M. Relationship of ambient concentrations with personal exposure level of formaldehyde in the pathology departments of teaching hospitals affiliated to Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. J Occup Hyg Eng Volume 2017; 4(3):33-40 (Persian).
12. Vaughan TL, Stewart PA, Teschke K, Lynch CF, Swanson GM, Lyon JL, et al. Occupational exposure to formaldehyde and wood dust and nasopharyngeal carcinoma. Occup Environ Med 2000; 57(6):376-84.
13. Âlizadeh A, Zarghari M, Golbabaee F. Study on concentration of formaldehyde evaporations in the space of different wards in private and governmental

hospitals of sari township 2001-2002. J Mazandaran Univ Med Sci 2003; 13(38):20-6 (Persian).
14. Ghasemkhani M, Jahanpeyma F, Azam K. Formaldehyde exposure in some educational hospitals of Tehran. Industrial Health 2005; 43(4):703-7.
15. Koziel JA, Noah J, Pawliszyn J. Field sampling and determination of formaldehyde in indoor air with solid-phase microextraction and on-fiber derivatization. Environ Sci Technol 2001; 35(7):1481-6.
16. Bahrami A. Methods of sampling and decomposing airborne contaminants. Tehran: Fanavaran Publishing; 2015. P. 99-102 (Persian).
17. Costa S, Coelho P, Costa C, Silva S, Mayan O, Santos LS, et al. Genotoxic damage in pathology anatomy laboratory workers exposed to formaldehyde. Toxicology 2008; 252(1-3):40-8.
18. Ahmed HO. Preliminary study: Formaldehyde exposure in laboratories of Sharjah university in UAE. Indian J Occup Environ Med 2011; 15(1):33-8.