Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2020 (30 Dec);17: 72.

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Relationship between chemical composition and physical State of used nanomaterials in nanotechnology companies with type and prevalance of symptoms of employees of these companies in Tehran, Iran

Soqrat Omari Shekaftik, MSc, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of public health, Iran University of medical sciences, Tehran, Iran.

Azadeh Ashtarinezhad, Assistant professor, Air pollution Research Center, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Rasoul Yarahmadi, Professor, Air pollution Research Center, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Masoud Solaymani Dodaran, Associated professor, Department of Epidemiology, Faculty of public health, Iran University of medical sciences, Tehran, Iran.

Farshad H. Shirazi, (*Corresponding author), Professor, Department of Pharmacology/Toxicology, Faculty of Pharmacy, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran/ Pharmaceutical Sciences Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. f.shirazi@sbmu.ac.ir

Abstract

Background and aims: Decades after the introduction of nanotechnology as a new field of research and production, the speed of development of this field has been remarkable. These advances have enabled nanomaterials to be used in various fields and industries including electronics, optics, consumer goods, production and storage of energy, soil and water conservation, as well as in medicine for therapeutic and diagnostic purposes. Worldwide sales of nanomaterials were US $ 22.9 billion in 2013 and with annual growth of 19.8٪, it is expected to reach US $ 64.2 billion by the end of 2019. Therefore, many economists consider the production and use of nanomaterials as an integral part of future economic activities. These advances are due to the unique physico-chemical and biological properties of nanoscale materials. The large surface-to-volume ratio and small size and surface characteristics of nanomaterials are the most important physico-chemical properties of them. The specific physico-chemical properties of nanomaterials have led them to show specific behaviors in interaction with biological systems. The most important of these behaviors are moving towards secondary target organs, poor clearance by macrophages, the ability to transmit through the axons of sensory neurons, and to reach intracellular structures such as mitochondria and the nucleus. These properties, in addition to their many applications, have also raised concerns about the potential effects of these substances on human health and the environment. These concerns have generated a large wave of research in the fields of nanomaterials safety, health and toxicology. Forecasts show that the number of staff exposed to nanomaterials will reach about 6 million by the end of 2020. Concerns are increasing day by day as the number of workers exposed to nanomaterials increases. In Iran, more than 200 companies are active in the field of production and using nanomaterials. These companies have received 517 nanoscale certification for their products, until January 2019. Their products are exported to 49 countries and 5 continents worldwide. The

Keywords

Nanomaterials

Occupational Exposure

Nonspecific Symptoms

Chemical Composition

Physical State

Received: 2019-07-21

Accepted : 2020-03-04

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

increasing growth of these activities in the country necessitates attention to the safety, health and environmental aspects of nanotechnology. According to what was said, this study aimed to investigate the relationship between the symptoms of employees of nanomaterials producing and consuming companies with chemical composition (as a factor affecting the type and severity of effects) and physical state (as an influencing factor on exposure) of the nanomaterials.

Methods: The present study is a descriptive cross-sectional study carried out in 2018 among employees of nanotechnology companies in Tehran. Specifications of the companies were provided by correspondence with the Ministry of Industry, Mine & Trade. Of the companies invited, 52 companies agreed to participate in the study. Staff symptoms were assessed using a nonspecific symptoms questionnaire. The questionnaire was designed and validated in a period of two months by a team of 19 experts in the fields of occupational health, occupational medicine, toxicology, medical nanotechnology and health education. The required information about the occupational characteristics, chemical composition and physical state of the nanomaterials used in the companies was also collected using the NanoTool method form. The questionnaire and the form were then emailed to staff exposed to nanomaterials. Staff inclusion criteria were "to have direct exposure to nanomaterials, that is, to produce or consume nanomaterials during their daily working processes" and "to have at least one year of experience". Of the 52 companies that agreed to participate in the study, 198 completed questionnaires and completed forms were received. Finally, data were analyzed using SPSS.22 software. Frequency distribution tables and Chi-squared test, Fisher exact test and Kruskal-Wallis test were used for this purpose.

Results: The study of the characteristics of the participants showed that their mean age was 33.76 (SD = 6.108) years; Their average work experience was 6.76 (SD = 5.217) years. Study participants were well educated, with 61.2٪ having a master's or doctorate degree. 49٪ (96) of the subjects were men and 51٪ (100) of them were women. Manufactured/consumed nanomaterials in companies were investigated in similar groups in terms of chemical composition (metal, metal oxide, carbonous and the others) and physical state (dry powder, suspension/ emulsion, paste/gel and the others). The results of investigating the frequency of symptoms of nanotechnology companies' employees using nonspecific symptoms questionnaire showed that the frequency of some skin symptoms such as "redness", "itching" and "roughness" were 72.7٪, 67.2٪ and 62.6٪, respectively. The frequency of some respiratory symptoms were also high; "cough" (64.1٪), "sneezing" (60.6٪) and "sore throat" (60.1٪). High-frequency ocular symptoms included "eye irritation" (66.2٪), "itchy eyes" (28.3٪), and "red eyes" (25.3٪).

Investigation of the correlation between the skin symptoms of the employees with the chemical composition and physical state of the nanomaterials used in the companies showed that the symptoms "skin roughness", "skin itching", "skin rash" and "hair loss" have significant correlation with the physical state of nanomaterials and "skin redness", " Skin darkness "and" skin rash" have significant relationship with the chemical composition of nanomaterials. Investigation of the relationship between employees' gastrointestinal symptoms with the chemical composition and physical state of the nanomaterials used in the companies showed that the symptoms "appetite suppression", "thirst", "nausea/ vomiting" and "darkness of stool color" have significant relationship with the physical state of nanomaterials and "thirst", "Nausea/vomiting" and "inability to detect taste" have significant relationship with the chemical composition of

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

nanomaterials. Evaluation of the relationship between neurological symptoms of staff with the physical state and chemical composition of nanomaterials showed the significant relationship between "movement problems" and chemical composition of nanomaterials. Also, "dizziness" and "sleeplessness/ wakefulness" were significantly associated with both the chemical composition and the physical state of the nanomaterials. Investigating the relationship between the chemical composition and physical state of the nanomaterials with the respiratory symptoms of staff revealed "shortness of breath", "wheezing", "chest heaviness", "difficult breathing", "increased phlegm" and "voice change" significantly correlated with both the chemical composition and the physical state of the nanomaterials. "Cough" was also significantly associated with the chemical composition of the nanomaterials. Examination of the correlation between ophthalmic symptoms and chemical composition and physical state of nanomaterials indicated that the symptoms "blurred vision" and "visual impairment" were significantly correlated with the chemical composition of the nanomaterials. Also, "increased eye gum" and "red eyes" were significantly associated with both the chemical composition and the physical state of the nanomaterials.

Conclusion: Given the frequency of symptoms among staff exposed to nanomaterials, their statistical association with the chemical composition and physical state of nanomaterials, Staff's attitude toward nanomaterials that are generally considered safe, inadequate and generally inappropriate use of personal protective equipment appropriate to work with nanomaterials and lack of education and training about the effects of nanomaterials on health and the environment, existing these symptoms among the employees of these companies are reasonable and that is an important issue. Therefore, the following are suggested to reduce occupational exposure to nanomaterials: Provide adequate training for the staff of these companies in the areas of basic concepts of nanosafety, standard work procedures when working with nanomaterials, appropriate personal protective equipment for working with nanomaterials and using them properly and waste management of nanomaterials.

Conflicts of interest: None

Funding: None

How to cite this article:
Soqrat Omari Shekaftik, Azadeh Ashtarinezhad, Rasoul Yarahmadi, Masoud Solaymani Dodaran, Farshad H. Shirazi. Relationship between chemical composition and physical State of used nanomaterials in nanotechnology companies with type and prevalance of symptoms of employees of these companies in Tehran, Iran. Iran Occupational Health. 2020 (30 Dec);17:72.

***This work is published under CC BY-NC-SA 3.0 licence**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

سلامت کار ایران
دوره ۱۷ - ۷۲/۱۳۹۹
مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

ارتباط ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد مورد استفاده در شرکت های نانوفناوری با نوع و فراوانی علائم کارکنان این شرکت‌ها در تهران، ایران

سقراط عمری شکفتیک: کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
آزاده اشتری‌نژاد: استادیار، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
رسول یاراحمدی: استاد، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
مسعود سلیمانی دودران: دانشیار، گروه اپیدمیولوژی، دانشکدهٔ بهداشت ، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.
سید فرشاد حسینی شیرازی: (* نویسنده مسئول) استاد، گروه فارماکولوژی/ سم‌شناسی، دانشکدهٔ داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران / مرکز تحقیقات علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. f.shirazi@sbmu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: چند دهه از معرفی نانوفناوری، به‌عنوان حوزه‌ای نو در تحقیقات و تولید می‌گذرد. در طول این مدت، نانوفناوری با سرعت سرسام‌آوری پیشرفت کرده و در بیشتر بخش‌های علمی و شغلی نفوذ کرده است. پیشرفت سریع این حوزه موجب شده است هر روز به تعداد کارکنان در معرض مواجهه با نانومواد اضافه شود. این امر نگرانی‌هایی را در مورد اثرات شغلی این مواد به وجود آورده که محرک موج عظیم تحقیقات در زمینهٔ بهداشت، ایمنی و سم‌شناسی نانومواد بوده است. در این راستا، تحقیق حاضر به منظور بررسی ارتباط ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد با نوع و فراوانی علائم کارکنان شرکت‌های نانوفناوری انجام گرفته است.

روش بررسی: مطالعهٔ حاضر در میان کارکنان شرکت‌های نانوفناوری در شهر تهران صورت گرفته است. مشخصات ۱۰۰ شرکت فعال در زمینهٔ نانوفناوری در شهر تهران از طریق وزارت صنعت، معدن و تجارت تهیه و از آن‌ها برای شرکت در مطالعه دعوت به عمل آمد. در نهایت از ۵۲ شرکتی که همکاری با پژوهش را پذیرفتند، ۱۹۸ پرسش‌نامهٔ تکمیل‌شده دریافت شد. بررسی علائم با استفاده از یک پرسش‌نامهٔ علائم غیراختصاصی انجام شد. پرسش‌نامه را گروهی از متخصصان بهداشت حرفه‌ای، اپیدمیولوژی، طب‌کار، سم شناسی، نانوتکنولوژی پزشکی و آموزش بهداشت طراحی و اعتبارسنجی کردند. ویژگی‌های شغلی، ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد مورد استفاده در شرکت‌ها نیز با استفاده از فرم روش NanoTool بررسی شد. داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۲۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا از جداول توزیع فراوانی و آزمون کای دو، آزمون دقیق فیشر و آزمون کروسکال ـ والیس استفاده شد.

یافته ها: نتایج نشان داد فراوانی علائم پوستی (مانند زبری، خارش و قرمزی)، تنفسی (مانند سرفه، عطسه و سوزش گلو) و چشمی (مانند سوزش، خارش و قرمزی) در میان کارکنان شرکت‌های نانوفناوری نسبتاً زیاد است. همچنین بررسی ارتباط علائم کارکنان با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد حاکی از ارتباط معنادار آن‌ها بود.

نتیجه گیری: با توجه به فراوانی آماری علائم در میان کارکنان در معرض مواجهه با نانومواد، ارتباط آماری این علائم با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد، نگرش کارکنان به نانومواد که عموماً آن‌ها را موادی بی‌خطر می‌دانند، استفادهٔ ناکافی و اغلب نادرست از تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای کار با نانومواد و کمبود و گاه فقدان آموزش در مورد اثرات نانومواد بر سلامتی و محیط زیست می‌توان به احتمال وجود مشکلات جسمی در میان کارکنان این شرکت‌ها پی برد و آن را مسئله‌ای مهم تلقی کرد. لذا پیشنهاد می‌شود برای کاهش مواجههٔ شغلی با نانومواد، نسبت به ارائهٔ آموزش‌های کافی به کارکنان این شرکت‌ها در زمینه‌های مفاهیم اولیهٔ نانوایمنی، رویه‌های کاری استاندارد در هنگام کار با نانومواد، وسایل حفاظت فردی مناسب برای کار با نانومواد و نحوهٔ صحیح استفاده از آن‌ها و مدیریت پسماند نانومواد اقدام شود.

تعارض منافع: *گزارش نشده است.*

منبع حمایت کننده: *ندارد.*

کلیدواژه‌ها

نانومواد

مواجههٔ شغلی

علائم غیراختصاصی

ترکیب شیمیایی

حالت فیزیکی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴

شیوه استناد به این مقاله:

Soqrat Omari Shekaftik, Azadeh Ashtarinezhad, Rasoul Yarahmadi, Masoud Solaymani Dodaran, Farshad H. Shirazi. Relationship between chemical composition and physical State of used nanomaterials in nanotechnology companies with type and prevalance of symptoms of employees of these companies in Tehran, Iran. Iran Occupational Health. 2020 (30 Dec);17:72.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC-SA 3.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

مقدمه

چندین دهه از زمانی که نوریو تانیگوچی[1] اولین بار اصطلاح «نانوفناوری» را به‌کار برد، می‌گذرد. در طول این مدت، نانوفناوری با سرعت زیادی پیشرفت کرده و به بخش‌های مختلف علوم، تحقیقات و فناوری راه یافته است. (۱) این پیشرفت‌ها امکان استفاده از نانومواد در بخش‌ها و صنایع مختلف، از جمله الکترونیک، اپتیک، کالاهای مصرفی، تولید و ذخیرهٔ انرژی، حفظ خاک و آب، همچنین در پزشکی به منظور اهداف درمانی و تشخیصی را فراهم کرده است. (۲ـ۳) فروش محصولات مبتنی بر نانومواد در سراسر جهان در سال ۲۰۱۳ بالغ بر ۲۲/۹ میلیارد دلار آمریکا بوده است و پیش‌بینی می‌شود با رشد سالیانه ۱۹/۸٪، این مبلغ تا پایان سال ۲۰۱۹ به ۶۴/۲ میلیارد دلار آمریکا برسد؛ به‌گونه‌ای که بسیاری از اقتصاددانان تولید و استفاده از نانومواد را جزء جدایی‌ناپذیر فعالیت‌های اقتصادی در آینده می‌دانند. (۴ـ۵) این پیشرفت‌ها مرهون ویژگی‌های فیزیکی ـ شیمیایی و بیولوژیکی منحصربه‌فردی است که مواد در مقیاس نانو پیدا می‌کنند. نسبت سطح به حجم بسیار بالا، اندازه و ویژگی‌های سطح نانومواد از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی ـ شیمیایی نانومواد هستند. (۶ـ۷) ویژگی‌های خاص فیزیکی ـ شیمیایی نانومواد موجب شده است این مواد در تعامل با سیستم‌های بیولوژیک نیز رفتارهای خاصی از خود نشان دهند. جابه‌جایی به سمت ارگان‌های هدف ثانویه، پاک‌سازی ضعیف به وسیله ماکروفاژها، توانایی انتقال از طریق آکسون‌های نورون‌های حسی و رسیدن به ساختارهای درون‌سلولی مثل میتوکندری و هسته از مهم‌ترین این رفتارهاست. (۸) این ویژگی‌ها علاوه بر کاربردهای فراوانی که برای نانومواد ایجاد کرده‌اند، نگرانی‌هایی را نیز درخصوص اثرات احتمالی این مواد بر سلامت انسان و محیط زیست به وجود آورده‌اند. (۹) این نگرانی‌ها محرک موج عظیم تحقیقات در زمینهٔ ایمنی، بهداشت و سم‌شناسی نانومواد بوده است. (۱۰) براساس نتایج این تحقیقات، نانومواد می‌توانند اثرات نامطلوبی بر گیاهان، حیوانات و انسان داشته باشند. در مطالعات انجام شده در زمینهٔ تأثیر نانوذرات بر گیاهان (خوراکی)، مواردی همچون تأثیر بر ارزش تغذیه ای گیاه، تجمع نانوذرات در گیاه، تغییر در خصلت‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاه، تأثیر بر رشد و باروری گیاه و غیره گزارش شده است. (۱۱ـ۱۲) در مطالعاتی که دربارهٔ مواجههٔ حیوانات آزمایشگاهی با نانوذرات صورت گرفته است، اثراتی مانند تومورزایی، عفونت‌های ریوی، سقط یا نقص جنین، بدشکلی‌های ساختاری و غیره اظهار شده است. (۱۳ـ۱۴) در فاز انسانی، اثرات گزارش‌شده در مورد مواجهه با نانوذرات کلی بوده و شامل مواردی همچون تولید ROS[2] (۱۴)، تحریک پوستی، عفونت‌های ریوی، ایجاد سلول‌های سرطانی در بافت‌های مختلف و غیره می باشد. (۱۵ـ۲۰) با وجود افزایش سریع شمار افراد در معرض مواجهه با نانومواد، این نگرانی‌ها روزبه‌روز تشدید می‌شود. (۱۴) تعداد کارکنان در معرض مواجهه با نانومواد تا پایان سال ۲۰۲۰، حدود ۶ میلیون نفر تخمین زده شده است. (۲۱ـ۲۲) در کشور ما، بیش از ۲۰۰ شرکت در زمینهٔ تولید و استفاده از نانومواد در حال فعالیت هستند. این تعداد شرکت تا ژانویهٔ ۲۰۱۹، برای ۵۱۷ محصول گواهینامهٔ نانومقیاس دریافت کرده‌اند. محصولات این شرکت‌ها به ۴۹ کشور و ۵ قاره در سراسر جهان صادر می‌شود. (۲۳) رشد روزافزون این فعالیت‌ها در کشور، لزوم توجه به جنبه‌های ایمنی، بهداشت و محیط زیست نانوفناوری را می‌رساند. با توجه به آنچه گفته شد، این مطالعه با هدف بررسی ارتباط علائم کارکنان شرکت‌های تولیدکننده و مصرف‌کنندهٔ نانومواد با ترکیب شیمیایی (به‌عنوان عامل مؤثر در نوع و شدت اثرات) و حالت فیزیکی (به‌عنوان عامل مؤثر در میزان مواجهه) نانومواد تولیدی و مصرفی‌شان انجام گرفته است.

روش بررسی

تحقیق حاضر یک مطالعه توصیفی ـ مقطعی است که در سال ۱۳۹۷ و در میان کارکنان شرکت‌های نانوفناوری در شهر تهران انجام گرفت. مشخصات شرکت‌های مورد نظر از طریق مکاتبه با وزارت صنعت، معدن و تجارت[3] در اختیار ما قرار گرفت. از میان شرکت‌های دعوت‌شده، ۵۲ شرکت برای همکاری با مطالعه اعلام آمادگی کردند. بررسی علائم کارکنان با استفاده از پرسش‌نامهٔ علائم غیراختصاصی[4] انجام شد. طراحی و اعتبارسنجی پرسش‌نامهٔ مورد استفاده، در مدت ۲ ماه و به وسیله گروهی ۱۹ نفره از متخصصان رشته‌های بهداشت حرفه‌ای، طب‌کار، سم‌شناسی، نانوتکنولوژی پزشکی و آموزش بهداشت محقق شد. اطلاعات مورد نیاز دربارهٔ ویژگی‌های شغلی، ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد مورد استفاده در شرکت‌ها نیز با استفاده از فرم روش NanoTool (۲۴) جمع‌آوری شد. در مرحلهٔ

1 . Norio Taniguchi

2 . Reactive Oxigen Species

3 . Ministry of Industry, Mine & Trade

4 . Non-specific symptoms (NSS)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۱ـ فراوانی افراد دارای مواجهه با ترکیبات و حالات مختلف فیزیکی نانومواد موجود در شرکت‌های مورد مطالعه

		فراوانی (٪)
ترکیب شیمیایی نانوماده	فلزی	۲۲/۲
	اکسید فلزی	۳۴/۳
	کربنی	۲۵/۳
	سایر	۱۸/۲
	کل	۱۰۰
حالت فیزیکی نانوماده	پودر جامد	۴۰/۴
	سوسپانسیون/ امولوسیون	۴۱/۴
	خمیر/ ژل	۲/۰
	سایر	۱۶/۲
	کل	۱۰۰

بعد، پرسش‌نامه و فرم مذکور از طریق ایمیل در اختیار مسئولان فنی شرکت‌های نانوفناوری قرار گرفت تا به کارکنان دارای مواجهه با نانومواد داده شود. معیارهای ورود به مطالعهٔ کارکنان عبارت بود از: مواجههٔ مستقیم با نانومواد داشته باشند، یعنی نانومواد در طول فرایند کاری آن‌ها تولید یا مصرف شود و همچنین حداقل یکسال سابقهٔ کار داشته باشند. از ۵۲ شرکتی که همکاری با این مطالعه را قبول کرده بودند، ۱۹۸ پرسش‌نامه و فرم پرشده دریافت شد. در نهایت داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۲۲) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این راستا از جداول توزیع فراوانی و آزمون کای دو[1]، آزمون دقیق فیشر[2] و آزمون کروسکال ـ والیس[3] استفاده شد.

یافته‌ها

بررسی ویژگی‌های افراد مورد مطالعه نشان داد میانگین سنی آن‌ها ۳۳/۷۶ (SD= ۶/۱۰۸) سال و میانگین سابقهٔ کاری آن‌ها ۶/۷۶ (SD= ۵/۲۱۷) سال بود. شرکت‌کنندگان در مطالعه از نظر سطح تحصیلات شرایط خوبی داشتند؛ به‌گونه‌ای که ۶۱/۲٪ از آن‌ها مدرک کارشناسی ارشد و دکترا داشتند. همچنین ۴۹٪ (۹۶ نفر) از افراد مورد مطالعه را مردان و ۵۱٪ (۱۰۰ نفر) از آن‌ها را زنان تشکیل می‌دادند. نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها در گروه‌های مشابه مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، نانومواد از نظر ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی در گروه‌های مشابه قرار گرفت. جدول ۱ فراوانی افراد دارای مواجهه با هریک از انواع و اشکال نانومواد را نشان می‌دهد.

جدول ۲ نتایج بررسی علائم کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با استفاده از پرسش‌نامهٔ علائم غیراختصاصی را نشان می‌دهد. براساس این جدول، فراوانی برخی علائم پوستی مانند «قرمزی»، «خارش» و «زبری» به‌ترتیب ۷۲/۷٪، ۶۷/۲٪ و ۶۲/۶٪ است. فراوانی برخی علائم تنفسی نیز بالا بود؛ از میان این علائم می‌توان به «سرفه» (۶۴/۱٪)، «عطسه» (۶۰/۶٪) و «سوزش گلو» (۶۰/۱٪) اشاره کرد. علائم چشمی با فراوانی بالا شامل «سوزش چشم ها» (۶۶/۲٪)، «خارش چشم ها» (۲۸/۳٪) و «قرمزی چشم ها» (۲۵/۳٪) بود.

بررسی ارتباط علائم پوستی کارکنان با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد مورد استفاده در شرکت‌ها نشان داد که علائم «زبری پوست»، «خارش پوست»، «جوش پوستی» و «افزایش ریزش مو» با حالت فیزیکی نانومواد و علائم «قرمزی پوست»، «تیرگی پوست» و «جوش پوستی» با ترکیب شیمیایی نانومواد ارتباط معنادار دارند (جدول ۳).

بررسی ارتباط علائم گوارشی کارکنان با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد مورد استفاده در شرکت‌ها حاکی از آن بود که علائم «کاهش اشتها»، «عطش»، «تهوع/استفراغ» و «تیرگی رنگ مدفوع» با حالت فیزیکی نانومواد و علائم «عطش»، «تهوع/استفراغ» و «عدم توانایی در تشخیص طعم» با ترکیب شیمیایی نانومواد ارتباط معنادار دارد (جدول ۴).

بررسی ارتباط علائم عصبی کارکنان با حالت فیزیکی و ترکیب شیمیایی نانومواد نشان از معنادار بودن ارتباط «مشکلات حرکتی» با ترکیب شیمیایی نانومواد بود. همچنین «سرگیجه» و «بی‌خوابی/بدخوابی» هم با ترکیب شیمیایی و هم با حالت فیزیکی نانومواد ارتباط معنادار

1 . Chi-squared
2 . Fisher's exact test
3 . Kruskal–Wallis

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۲ـ فراوانی علائم مورد بررسی در افراد مورد مطالعه در شرکت‌های بررسی‌شده

عادات فردی	دارد (٪)	ندارد (٪)	کل (٪)	گم‌شده (٪)
مصرف سیگار	۸/۱	۹۱/۹	۱۰۰	–
مصرف دارو	۱۲/۱	۸۷/۹	۱۰۰	–
ابتلا به بیماری	۹/۱	۹۰/۹	۱۰۰	–
مصرف ویتامین	۳۴/۴	۵۶/۶	۱۰۰	–
علائم پوستی				
روشن‌تر شدن پوست	۰	۱۰۰	۱۰۰	–
تیره‌تر شدن پوست	۱۲/۱	۸۷/۹	۱۰۰	–
نرم‌تر شدن پوست	۱/۰	۹۹/۰	۱۰۰	–
زبرتر شدن پوست	۶۲/۶	۳۷/۴	۱۰۰	–
خارش پوست	۶۷/۲	۳۲/۸	۱۰۰	–
ایجاد زخم پوستی	۶/۱	۹۲/۹	۹۹	۱/۰
خال روی پوست	۱۱/۱	۸۸/۹	۱۰۰	–
قرمزی پوست	۷۲/۷	۲۷/۳	۱۰۰	–
جوش پوستی	۲۰/۲	۷۹/۸	۱۰۰	–
افزایش ریزش مو	۲۵/۳	۷۴/۷	۱۰۰	–
کاهش ریزش مو	۰	۱۰۰	۱۰۰	–
عرق بیشتر	۹/۱	۹۰/۹	۱۰۰	–
عرق کمتر	۳/۰	۹۷/۰	۱۰۰	–
علائم گوارشی				
افزایش اشتها	۱۲/۱	۸۷/۹	۱۰۰	–
کاهش اشتها	۵/۱	۹۴/۹	۱۰۰	–
افزایش وزن	۷/۱	۹۲/۹	۱۰۰	–
کاهش وزن	۴/۰	۹۶/۰	۱۰۰	–
عطش	۱۶/۲	۸۳/۸	۱۰۰	–
تهوع و استفراغ	۱۳/۱	۸۶/۹	۱۰۰	–
نفخ	۱۸/۲	۸۱/۸	۱۰۰	–
سوزش معده	۱۵/۲	۸۴/۸	۱۰۰	–
درد های شکمی	۹/۱	۹۰/۹	۱۰۰	–
بدتر شدن تشخیص طعم	۸/۱	۹۱/۹	۱۰۰	–
تیره شدن رنگ مدفوع	۷/۱	۹۲/۹	۱۰۰	–
روشن شدن رنگ مدفوع	۵/۱	۹۴/۹	۱۰۰	–
یبوست	۷/۱	۹۲/۹	۱۰۰	–
اسهال	۴/۰	۹۶/۰	۱۰۰	–
علائم عصبی				
سردرد	۳۸/۴	۶۱/۶	۱۰۰	–
سرگیجه	۱۶/۲	۸۳/۸	۱۰۰	–
بی‌خوابی/ بدخوابی	۳۲/۳	۶۷/۷	۱۰۰	–
حافظهٔ ضعیف‌تر	۲۱/۲	۷۸/۸	۱۰۰	–
لکنت زبان	۸/۱	۹۱/۹	۱۰۰	–
لرزش اندام‌ها	۸/۱	۹۱/۹	۱۰۰	–
مشکلات حرکتی	۵/۱	۹۴/۹	۱۰۰	–
درد مفاصل	۱۶/۲	۸۳/۸	۱۰۰	–
علائم تنفسی				
سرفه	۶۴/۱	۳۵/۹	۱۰۰	–
عطسه	۶۰/۶	۳۹/۴	۱۰۰	–
سوزش گلو	۶۰/۱	۳۹/۹	۱۰۰	–
تنگی نفس	۲۴/۲	۷۵/۸	۱۰۰	–
خس‌خس سینه	۱۱/۱	۸۸/۹	۱۰۰	–
سنگینی قفسهٔ سینه	۱۹/۲	۸۰/۸	۱۰۰	–
تنفس سخت	۱۶/۲	۸۳/۸	۱۰۰	–

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

ادامه جدول ۲ـ فراوانی علائم مورد بررسی در افراد مورد مطالعه در شرکت‌های بررسی‌شده

عادات فردی	دارد (٪)	ندارد (٪)	کل (٪)	گم‌شده (٪)
افزایش ترشحات گلو	۲۳/۲	۷۶/۸	۱۰۰	–
تغییر صدا	۱۳/۱	۸۶/۹	۱۰۰	–
علائم چشمی				
سوزش چشم‌ها	۶۶/۲	۳۳/۸	۱۰۰	–
قرمزی چشم‌ها	۲۵/۳	۷۴/۷	۱۰۰	–
تاری دید	۱۴/۱	۸۵/۹	۱۰۰	–
خارش چشم‌ها	۲۸/۳	۷۱/۷	۱۰۰	–
افزایش قی چشم‌ها	۱۹/۲	۸۰/۸	۱۰۰	–
بدتر شدن بینایی	۱۳/۱	۸۶/۹	۱۰۰	–

جدول ۳ـ بررسی ارتباط علائم پوستی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب شیمیایی نانومواد					حالت فیزیکی نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
زبری پوست	دارد (٪)	۱۳/۶	۲۲/۷	۱۶/۷	۹/۶	۶۲/۶	۲۹/۳	۳۴/۲	۰	۹/۱	۶۲/۶
	ندارد (٪)	۸/۶	۱۱/۶	۸/۶	۸/۶	۳۷/۴	۱۱/۱	۱۷/۲	۲/۰	۷/۱	۳۷/۴
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۵۴۸					**p=۰/۰۱۱**		
خارش پوست	دارد (٪)	۱۴/۱	۲۲/۷	۱۷/۷	۱۲/۶	۶۷/۲	۳۱/۸	۲۵/۸	۱/۰	۸/۶	۶۷/۲
	ندارد (٪)	۸/۱	۱۱/۶	۷/۶	۵/۶	۳۲/۸	۸/۶	۱۵/۷	۱/۰	۷/۶	۳۲/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۹۰۹					**p=۰/۰۲۸**		
قرمزی پوست	دارد (٪)	۱۳/۱	۲۷/۳	۲۰/۷	۱۱/۶	۷۲/۷	۲۸/۸	۳۱/۸	۱/۵	۱۰/۶	۷۲/۷
	ندارد (٪)	۹/۱	۷/۱	۴/۵	۶/۶	۲۷/۳	۱۱/۶	۹/۶	۰/۵	۵/۶	۲۷/۳
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۲۷**					p=۰/۶۵۹		
تیرگی پوست	دارد (٪)	۲/۰	۱/۰	۵/۱	۴/۰	۱۲/۱	۶/۱	۴/۰	۰	۲/۰	۱۲/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۳/۳	۲۰/۲	۱۴/۱	۸۷/۹	۳۴/۳	۳۷/۴	۲/۰	۱۴/۱	۸۷/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۷**					p=۰/۶۵۹		
نرمی پوست	دارد (٪)	۰	۱/۰	۰	۰	۱/۰	۰	۱/۰	۰	۰	۱/۰
	ندارد (٪)	۲۲/۲	۳۳/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۹۹/۰	۴۰/۴	۴۰/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۹/۰
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۲۷۹					p=۰/۴۱۶		
زخم پوستی	دارد (٪)	۲/۰	۱/۰	۳/۱	۰	۶/۱	۳/۱	۳/۱	۰	۰	۶/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۴	۳۳/۷	۲۲/۲	۱۷/۳	۹۳/۹	۳۶/۷	۳۸/۸	۲/۰	۱۶/۳	۹۳/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۰۷۰					p=۰/۴۱۲		
خال پوستی	دارد (٪)	۳/۰	۵/۱	۲/۰	۲/۰	۱۱/۱	۶/۱	۴/۰	۰	۱/۰	۱۱/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۲۹/۳	۲۳/۲	۱۷/۲	۸۸/۹	۳۴/۴	۳۷/۴	۲/۰	۱۵/۲	۸۸/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۴۲۸					p=۰/۴۵۲		
جوش پوستی	دارد (٪)	۲/۰	۷/۱	۸/۱	۳/۰	۲۰/۲	۱۲/۱	۸/۱	۰	۰	۲۰/۲
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۲۷/۳	۱۷/۲	۱۵/۲	۷۹/۸	۲۸/۳	۳۳/۳	۲/۰	۱۶/۲	۷۹/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۴۷**					**p=۰/۰۰۳**		
افزایش ریزش مو	دارد (٪)	۵/۱	۹/۱	۸/۱	۳/۰	۲۵/۳	۱۶/۲	۷/۱	۰	۲/۰	۲۵/۳
	ندارد (٪)	۱۷/۲	۲۵/۳	۱۷/۲	۱۵/۲	۷۴/۷	۲۴/۲	۳۴/۳	۲/۰	۱۴/۱	۷۴/۷
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۴۲۴					**p=۰/۰۰۱**		
افزایش تعریق	دارد (٪)	۲/۰	۴/۰	۳/۰	۰	۹/۱	۶/۱	۲/۰	۰	۲/۰	۹/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۰/۳	۲۲/۲	۱۸/۲	۹۰/۹	۳۴/۳	۳۹/۴	۲/۰	۱۵/۲	۹۰/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۹۷					p=۰/۱۲۰		

*: Kruskal-Wallis Test

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ٤ـ بررسی ارتباط علائم گوارشی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب شیمیایی نانومواد							حالت فیزیکی نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
افزایش اشتها	دارد (٪)	۱/۰	۵/۱	۴/۰	۲/۰	۱۲/۱	۷/۱	۴/۰	۰	۱/۰	۱۲/۱
	ندارد (٪)	۲۱/۲	۲۹/۳	۲۱/۲	۱۶/۲	۸۷/۹	۳۳/۳	۳۷/۴	۲/۰	۱۵/۲	۸۷/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۳۱۸				p=۰/۲۴۴			
کاهش اشتها	دارد (٪)	۲/۰	۱/۰	۲/۰	۰	۵/۱	۰	۵/۱	۰	۰	۵/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۳/۳	۲۳/۲	۱۸/۲	۹۴/۹	۴۰/۴	۳۶/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۴/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۷۷				**p=۰/۰۰۲**			
افزایش وزن	دارد (٪)	۳/۰	۲/۰	۰	۲/۰	۷/۱	۲/۰	۵/۱	۰	۰	۷/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۲/۳	۲۵/۳	۱۶/۲	۹۲/۹	۳۸/۴	۳۶/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۲/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۰۵۳				p=۰/۰۸۹			
عطش	دارد (٪)	۳/۰	۴/۰	۹/۱	۰	۱۶/۲	۱۰/۱	۶/۱	۰	۰	۱۶/۲
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۰/۳	۱۶/۲	۱۸/۲	۸۳/۸	۳۰/۳	۳۵/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۳/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p<۰/۰۰۱**				**p=۰/۰۰۹**			
نفخ	دارد (٪)	۴/۰	۹/۱	۳/۰	۲/۰	۱۸/۲	۹/۱	۸/۱	۰	۱/۰	۱۸/۲
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۲۵/۳	۲۲/۲	۱۶/۲	۸۱/۸	۳۱/۳	۳۳/۳	۲/۰	۱۵/۲	۸۱/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۳۲				p=۰/۱۷۰			
سوزش معده	دارد (٪)	۵/۱	۵/۱	۴/۰	۱/۰	۱۵/۲	۶/۱	۸/۱	۰	۱/۰	۱۵/۲
	ندارد (٪)	۱۷/۲	۲۹/۳	۲۱/۲	۲/۱۷	۸۴/۸	۳۴/۳	۳۳/۳	۲/۰	۱۵/۲	۸۴/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۲۰۷				p=۰/۲۷۵			
کاهش وزن	دارد (٪)	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۴/۰	۲/۰	۲/۰	۰	۰	۴/۰
	ندارد (٪)	۲۱/۲	۳۳/۳	۲۴/۲	۱۷/۲	۹۶/۰	۳۸/۴	۳۹/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۶/۰
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۹۲۹				p=۰/۶۰۵			
تهوع/ استفراغ	دارد (٪)	۴/۰	۱/۰	۶/۱	۲/۰	۱۳/۱	۹/۱	۴/۰	۰	۰	۱۳/۱
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۳۳/۳	۱۹/۲	۱۶/۲	۸۶/۹	۳۱/۳	۳۷/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۶/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۶**				**p=۰/۰۰۶**			
درد شکمی	دارد (٪)	۲/۰	۴/۰	۳/۰	۰	۹/۱	۶/۱	۳/۰	۰	۰	۹/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۰/۳	۲۲/۲	۱۸/۲	۹۰/۹	۳۴/۳	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۰/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۹۷				p=۰/۰۶۴			
بدتر شدن تشخیص طعم‌ها	دارد (٪)	۳/۰	۱/۰	۴/۰	۰	۸/۱	۵/۱	۳/۰	۰	۰	۸/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۳/۳	۲۱/۲	۱۸/۲	۹۱/۹	۳۵/۴	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۱/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۹**				p=۰/۱۵۱			
تیره شدن رنگ مدفوع	دارد (٪)	۱/۰	۲/۰	۳/۰	۱/۰	۷/۱	۷/۱	۰	۰	۰	۷/۱
	ندارد (٪)	۲۱/۲	۳۲/۲	۲۲/۲	۱۷/۲	۹۲/۹	۳۳/۳	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۲/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۴۶۹				**p<۰/۰۰۱**			

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

ادامه جدول ٤ـ بررسی ارتباط علائم گوارشی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب شیمیایی نانومواد							حالت فیزیکی نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
یبوست	دارد (٪)	۳/۰	۲/۰	۱/۰	۱/۰	۷/۱	۴/۰	۳/۰	۰	۰	۷/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۲/۲	۲۴/۲	۱۷/۲	۹۲/۹	۳۶/۴	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۲/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۲۷۷				p=۰/۲۸۷			
اسهال	دارد (٪)	۱/۰	۱/۰	۰	۲/۰	۴/۰	۲/۰	۲/۰	۰	۰	۴/۰
	ندارد (٪)	۲۱/۲	۳۳/۳	۲۵/۳	۱۶/۲	۹۶/۰	۳۸/۴	۳۹/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۶/۰
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۰۷۳				p=۰/۶۰۵			

*: Kruskal-Wallis Test

جدول ٥ـ بررسی ارتباط علائم عصبی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب شیمیایی نانومواد							حالت فیزیکی نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
سرگیجه	دارد (٪)	۴/۰	۶/۱	۶/۱	۰	۱۶/۲	۱۱/۱	۵/۱	۰	۰	۱۶/۲
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۲۸/۳	۱۹/۲	۱۸/۲	۸۳/۸	۲۹/۳	۳۶/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۳/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۲٤**				**p=۰/۰۰۲**			
لکنت زبان	دارد (٪)	۲/۰	۲/۰	۳/۰	۱/۰	۸/۱	۵/۱	۳/۰	۰	۰	۸/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۲/۳	۲۲/۲	۱۷/۲	۹۱/۹	۳۵/۴	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۱/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۶۰۷				p=۰/۱۵۱			
لرزش اندام ها	دارد (٪)	۳/۰	۴/۰	۰	۱/۰	۸/۱	۴/۰	۴/۰	۰	۰	۸/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۰/۳	۲۵/۳	۱۷/۲	۹۱/۹	۳۶/۴	۳۷/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۱/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۰۵۲				p=۰/۲۷۸			
مشکلات حرکتی	دارد (٪)	۲/۰	۳/۰	۰	۰	۵/۱	۲/۰	۳/۰	۰	۰	۵/۱
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۳۱/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۹۴/۹	۳۸/۴	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۹۴/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰٤٥**				p=۰/۴۲۷			
سردرد	دارد (٪)	۷/۱	۱۴/۱	۱۲/۱	۵/۱	۳۸/۴	۱۷/۲	۱۶/۲	۰	۵/۱	۳۸/۴
	ندارد (٪)	۱۵/۲	۲۰/۲	۱۳/۱	۱۳/۱	۶۱/۶	۲۳/۲	۲۵/۳	۲/۰	۱۱/۱	۶۱/۶
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۹۸				p=۰/۲۹۰			
بی‌خوابی/ بدخوابی	دارد (٪)	۹/۱	۱۲/۱	۹/۱	۲/۰	۳۲/۳	۱۶/۲	۱۵/۲	۰	۱/۰	۳۲/۳
	ندارد (٪)	۱۳/۱	۲۲/۲	۱۶/۲	۱۶/۲	۶۷/۷	۲۴/۲	۲۶/۳	۲/۰	۱۵/۲	۶۷/۷
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰٢٤**				**p=۰/۰۰۲**			
ضعیف شدن حافظه	دارد (٪)	۴/۰	۶/۱	۶/۱	۵/۱	۲۱/۲	۱۱/۱	۷/۱	۰	۳/۰	۲۱/۲
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۲۸/۳	۱۹/۲	۱۳/۱	۷۸/۸	۲۹/۳	۳۴/۳	۲/۰	۱۳/۱	۷۸/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۵۹۱				p=۰/۲۷۲			

*: Kruskal-Wallis Test

داشت (جدول ۵).

در بررسی ارتباط ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد با علائم تنفسی کارکنان معلوم شد که «تنگی نفس»، «خس‌خس سینه»، «احساس سنگینی در قفسهٔ سینه»، «سختی تنفس»، «افزایش ترشحات گلو» و «تغییر صدا» هم با ترکیب شیمیایی و هم با حالت فیزیکی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ٦ـ بررسی ارتباط علائم تنفسی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب شیمیایی نانومواد						حالت فیزیکی نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
تنگی نفس	دارد (٪)	۶/۱	۹/۱	۹/۱	۰	۲۴/۲	۱۶/۲	۸/۱	۰	۰	۲۴/۲
	ندارد (٪)	۱۶/۲	۲۵/۳	۱۶/۲	۱۸/۲	۷۵/۸	۲۴/۲	۳۳/۳	۲/۰	۱۶/۲	۷۵/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۱**				**p<۰/۰۰۱**			
خسخس سینه	دارد (٪)	۱/۰	۲/۰	۵/۱	۳/۰	۱۱/۱	۸/۱	۳/۰	۰	۰	۱۱/۱
	ندارد (٪)	۲۱/۲	۳۲/۳	۲۰/۲	۱۵/۲	۸۸/۹	۳۲/۳	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۸/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۳۱**				**p=۰/۰۰۷**			
احساس سنگینی در قفسهٔ سینه	دارد (٪)	۶/۱	۲/۰	۹/۱	۲/۰	۱۹/۲	۱۴/۱	۴/۰	۰	۱/۰	۱۹/۲
	ندارد (٪)	۱۶/۲	۳۲/۳	۱۶/۲	۱۶/۲	۸۰/۸	۲۶/۳	۳۷/۴	۲/۰	۱۵/۲	۸۰/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p<۰/۰۰۱**				**p<۰/۰۰۱**			
سختی تنفس	دارد (٪)	۵/۱	۳/۰	۸/۱	۰	۱۶/۲	۱۱/۱	۵/۱	۰	۰	۱۶/۲
	ندارد (٪)	۱۷/۲	۳۱/۳	۱۷/۲	۱۸/۲	۸۳/۸	۲۹/۳	۳۶/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۳/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p<۰/۰۰۱**				**p=۰/۰۰۲**			
افزایش ترشح گلو	دارد (٪)	۴/۰	۴/۰	۱۲/۱	۳/۰	۲۳/۲	۱۵/۲	۶/۱	۰	۲/۰	۲۳/۲
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۳۰/۳	۱۳/۱	۱۵/۲	۷۶/۸	۲۵/۳	۳۵/۴	۲/۰	۱۴/۲	۷۶/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p<۰/۰۰۱**				**p=۰/۰۰۱**			
تغییر صدا	دارد (٪)	۳/۰	۳/۰	۷/۱	۰	۱۳/۱	۱۰/۱	۳/۰	۰	۰	۱۳/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۳۱/۳	۱۸/۲	۱۸/۲	۸۶/۹	۳۰/۳	۳۸/۴	۲/۰	۱۶/۲	۸۶/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۱**				**p=۰/۰۰۱**			
سرفه	دارد (٪)	۱۰/۱	۲۱/۷	۲۰/۷	۱۱/۶	۶۴/۱	۲۵/۸	۲۵/۸	۰/۵	۱۲/۱	۶۴/۱
	ندارد (٪)	۱۲/۱	۱۲/۶	۴/۵	۶/۶	۳۵/۹	۱۴/۶	۱۵/۷	۱/۵	۴/۰	۳۵/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰٤**				p=۰/۲۱۹			
عطسه	دارد (٪)	۱۳/۱	۱۹/۲	۱۷/۲	۱۱/۱	۶۰/۶	۲۶/۳	۲۴/۷	۰/۵	۹/۱	۶۰/۶
	ندارد (٪)	۹/۱	۱۵/۲	۸/۱	۷/۱	۳۹/۴	۱۴/۱	۱۶/۷	۱/۵	۷/۱	۳۹/۴
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۶۱۱				p=۰/۳۸۶			
سوزش گلو	دارد (٪)	۱۴/۶	۱۸/۷	۱۷/۷	۹/۱	۶۰/۱	۲۵/۳	۲۴/۷	۰/۵	۹/۶	۶۰/۱
	ندارد (٪)	۷/۶	۱۵/۷	۷/۶	۹/۱	۳۹/۹	۱۵/۲	۱۶/۷	۱/۵	۶/۶	۳۹/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۶۶				p=۰/۵۲۳			

*: Kruskal-Wallis Test

نانومواد ارتباط معنادار دارند. همچنین «سرفه» با ترکیب شیمیایی نانومواد به‌صورت معناداری مرتبط بود (جدول ۶).

بررسی ارتباط علائم چشمی با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد حاکی از آن بود که علائم «تاری دید» و «بدتر شدن بینایی» با ترکیب شیمیایی نانومواد ارتباط معنادار داشت. همچنین «افزایش قی چشم‌ها» و «قرمزی چشم‌ها» هم با ترکیب شیمیایی نانومواد و هم با حالت فیزیکی نانومواد به‌صورت معنادار مرتبط بودند (جدول ۷).

بحث

تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که مواجهه با نانومواد باعث ایجاد اثرات بیولوژیک مختلفی مانند تولید ROS

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۷ـ بررسی ارتباط علائم چشمی کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد تولیدی/مصرفی در شرکت‌ها

علائم		ترکیب نانومواد							حالت نانومواد			
		فلزی	اکسید فلزی	کربنی	سایر	کل	پودر جامد	سوسپانسیون/ امولوسیون	ژل/ خمیر	سایر	کل
تاری دید	دارد (٪)	۳/۰	۹/۱	۱/۰	۱/۰	۱۴/۱	۷/۱	۶/۱	۰	۱/۰	۱۴/۱
	ندارد (٪)	۱۹/۲	۲۵/۳	۲۴/۲	۱۷/۲	۸۵/۹	۳۳/۳	۳۵/۴	۲/۰	۱۵/۲	۸۵/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۲**				p=۰/۳۸۵			
افزایش قی چشم‌ها	دارد (٪)	۱/۰	۷/۱	۹/۱	۲/۰	۱۹/۲	۱۱/۱	۷/۱	۰	۱/۰	۱۹/۲
	ندارد (٪)	۲۰/۲	۲۶/۳	۲۳/۲	۱۷/۲	۸۶/۹	۲۹/۳	۳۴/۳	۲/۰	۱۵/۲	۸۶/۹
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۰۱**				**p=۰/۰۴۳**			
بدتر شدن بینایی	دارد (٪)	۲/۰	۸/۱	۲/۰	۱/۰	۱۳/۱	۶/۱	۷/۱	۰	۰	۱۳/۱
	ندارد (٪)	۹/۱	۷/۱	۴/۵	۶/۶	۲۷/۳	۳۴/۳	۳۴/۳	۲/۰	۱۶/۲	۸۶/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۱۹**				p=۰/۰۸۰			
سوزش چشم‌ها	دارد (٪)	۱۵/۲	۲۱/۲	۱۶/۷	۱۳/۱	۶۶/۲	۲۶/۸	۲۸/۳	۱/۰	۱۰/۱	۶۶/۲
	ندارد (٪)	۷/۱	۱۳/۱	۸/۶	۵/۱	۳۳/۸	۱۳/۶	۱۳/۱	۱/۰	۶/۱	۳۳/۸
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۷۴۰				p=۰/۸۴۴			
قرمزی چشم‌ها	دارد (٪)	۷/۱	۱۰/۱	۷/۱	۱/۰	۲۵/۳	۱۲/۱	۱۲/۱	۰	۱/۰	۲۵/۳
	ندارد (٪)	۱۵/۲	۲۴/۲	۱۸/۲	۱۷/۲	۷۴/۷	۲۸/۳	۲۹/۳	۲/۰	۱۵/۲	۷۴/۷
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			**p=۰/۰۲۷**				**p=۰/۰۲۸**			
خارش چشم‌ها	دارد (٪)	۴/۰	۱۲/۱	۸/۱	۴/۰	۲۸/۳	۱۳/۱	۱۲/۱	۰	۳/۰	۲۸/۳
	ندارد (٪)	۱۸/۲	۲۲/۲	۱۷/۲	۱۴/۱	۷۱/۷	۲۷/۳	۲۹/۳	۲/۰	۱۳/۱	۷۱/۷
	کل (٪)	۲۲/۲	۳۴/۳	۲۵/۳	۱۸/۲	۱۰۰	۴۰/۴	۴۱/۴	۲/۰	۱۶/۲	۱۰۰
	Sig.*			p=۰/۱۸۵				p=۰/۲۹۲			

*: Kruskal-Wallis Test

(۱۴)، تحریک پوستی، عفونت‌های ریوی، ایجاد سلول‌های سرطانی در بافت‌های مختلف و غیره می‌شود. (۱۵ـ۱۹) برخی از مطالعات، این اثرات را صرفاً ناشی از مواجهه با مواد شیمیایی می‌دانند و ویژگی‌های منحصربه‌فرد نانومواد را در ایجاد این اثرات بی‌تأثیر می‌انگارند (۲۵)؛ در حالی که برخی پژوهش‌ها تصدیق کرده‌اند که تماس با نانومواد بیشتر از ذرات بزرگ‌تر با ترکیب شیمیایی مشابه، سمیت به بدن تحمیل می‌کند. (۲۶) از دیگر سو، احتمال مواجهه با نانومواد در محیط‌های کاری نانوفناوری، به‌دلیل برخی ویژگی‌های نانومواد مانند اندازه و پتانسیل بالای هوابرد شدن[1]، بسیار زیاد است. نمونه‌برداری هوای محیط کار در شرکت‌های نانوفناوری مؤید وجود نانومواد در هوای تنفسی کارکنان بوده است. (۹) لذا مطالعهٔ حاضر با هدف بررسی ارتباط علائم کارکنان شرکت‌های نانوفناوری با ترکیب شیمیایی (به‌عنوان عامل مؤثر بر اثرات احتمالی نانومواد) و حالت فیزیکی (به‌عنوان عامل مؤثر بر احتمال مواجهه با نانومواد) نانومواد انجام شده است.

بر اساس نتایج، میانگین سنی کارکنان ۳۳/۷۶ سال بود که نشان از جوان بودن متخصصان این حوزه است و لزوم کنترل مواجهه با این مواد را می‌رساند. همچنین میانگین سابقهٔ کاری آن‌ها ۶/۷۶ سال بود که گویای جوان بودن حوزهٔ نانو در ایران است. با توجه به جوان بودن این حوزه در کشور، اگر از هم اکنون و هم‌زمان با پیشرفت‌های علمی در این حوزه، در حوزهٔ نانوایمنی نیز فعالیت کافی انجام شود، قطعاً در آینده با نیروی کار سالم‌تر و آگاه‌تری در این حوزه سروکار خواهیم داشت. نانومواد موجود در شرکت‌های مورد بررسی به‌صورت گروه‌بندی‌شده بررسی شد (جدول ۱). این کار بر مبنای توصیهٔ سازمان جهانی بهداشت[2] صورت گرفت. این سازمان پیشنهاد می‌کند که به منظور بررسی مواجههٔ شغلی با نانومواد، در مرحلهٔ اول نانومواد تولیدی/مصرفی در محیط کار را در گروه‌های مشابه قرار دهیم. (۲۷) پس از گروه‌بندی نانومواد، معلوم

1 Dustiness

2 . World Health Organization (WHO)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

شد که بیشترین مواجههٔ کارکنان به‌ترتیب مربوط می‌شود به نانومواد اکسید فلزی، کربنی و فلزی و انواع دیگر نانومواد با اختلاف زیاد در رده‌های بعدی قرار دارند (جدول ۱). بررسی نانومواد از لحاظ حالت فیزیکی نشان داد ۸۱/۸٪ از کارکنان در معرض مواجهه با نانومواد در شکل‌های «پودری» و «موجود در یک محیط مایع (سوسپانسیون/ امولوسیون)» هستند (جدول ۱). NIOSH[1] این دو حالت را خطرناک‌ترین حالات فیزیکی نانومواد از لحاظ امکان رها شدن و مواجهه می‌داند و توصیه می‌کند که درصورت امکان، نانومواد به‌صورت «ژل/ خمیر/ باندشده با یک جامد» که کمتر امکان رها شدن و ایجاد مواجهه دارند، مورد استفاده قرار گیرند. (۲۸) بررسی علائم پوستی دارای ارتباط معنادار با حالت فیزیکی نانومواد نشان داد در همهٔ آن‌ها بیشترین فراوانی مواجهه با «حالت پودری» نانومواد صورت گرفته است (جدول ۳). حالت پودری نانومواد بیشترین پتانسیل مواجهه را ایجاد می‌کند و به‌علت ابعادشان، امکان عبور از دستکش‌های معمولی آزمایشگاهی را دارد؛ لذا توصیه می‌شود هنگام کار با این مواد، از دو جفت دستکش به‌طور هم‌زمان استفاده شود. (۲۹) بررسی علائم گوارشی نشان داد فراوانی این علائم در میان کارکنان چندان زیاد نیست و در بیشترین مقدار خود به ۱۸/۲٪ می‌رسد (جدول ۲). طبق یافته‌های پژوهش‌ها، در هنگام بررسی مواجههٔ شغلی با نانومواد، مسیر گوارشی اهمیت کمتری دارد و برای مصرف‌کنندگان کالاهای مربوط به نانوفناوری (به‌ویژه مواد غذایی) دارای اهمیت است. (۳۰ـ۳۱) با وجود این، مطابق نتایج جدول ۴، برخی از علائم گوارشی ـ گرچه فراوانی کمی دارند ـ دارای ارتباط معنادار با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد هستند. اما با توجه به نوع علائم، فراوانی کم علائم و پیشینهٔ مطالعات (۳۲)، به‌نظر نمی‌رسد بتوان این علائم را ناشی از مواجههٔ شغلی با نانومواد دانست. از طرف دیگر برخی رفتارهای پرخطر در محیط کاری نانو می‌تواند بستر مناسب برای مواجههٔ گوارشی با این مواد را فراهم کند؛ از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به خوردن و آشامیدن در محیط کار اشاره کرد. با توجه به نگرش اکثر کارکنان محیط‌های کاری نانو به این مواد و مشاهدات نگارندگان، به‌نظر می‌رسد چنین رفتارهایی در محیط‌های کاری نانو فراوان اتفاق بیفتد.

بررسی علائم عصبی دارای ارتباط معنادار با ترکیب شیمیایی نانومواد نشان داد در همهٔ آن‌ها بیشترین فراوانی مربوط به مواجهه با نانومواد «اکسید فلزی» بوده است (جدول ۵). مطالعات در زمینهٔ اثرات عصبی نانومواد بسیار اندک و شامل چند پژوهش مقطعی است. این مطالعات بیشتر به بررسی ارتباط برخی بیومارکرهای مربوط به اثرات عصبی مواد شیمیایی با نانومواد پرداخته‌اند؛ از این رو نمی‌توان به نتایج آن‌ها استناد کرد. (۳۳) از طرف دیگر در برخی تحقیقات اظهار شده است که درصورت ورود نانومواد به جریان خون، این مواد می‌توانند از سدهای سیستم عصبی نیز بگذرند و وارد سلول‌های عصبی شوند. (۳۴) با توجه به آنچه گفته شد، به‌نظر نمی‌رسد بتوان علائم عصبی گزارش‌شده در جدول ۲ را با قطعیت به مواجههٔ شغلی با نانومواد مرتبط دانست و نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه احساس می‌شود.

فراوانی مواجهه با نانومواد «اکسید فلزی» در میان جمعیت بروز دهندهٔ علائم چشمی بیشتر از دیگر ترکیبات بوده است (جدول ۷). از سوی دیگر در علائم چشمی دارای ارتباط معنادار با حالت فیزیکی نانومواد، بیشترین فراوانی مربوط به مواجهه با «حالت پودری» نانومواد بوده است. با توجه به ابعاد نانومواد، کوچک‌ترین حرکات و جریان هوا می‌تواند باعث انتشار این مواد (به ویژه در شکل پودری) در محیط کار شود. مشاهدات نگارندگان و نیز مطالعات حاکی از آن است که به دلایل استفاده نکردن از روش‌های کنترلی مناسب (مانند محصورسازی) در هنگام کار با نانومواد و نیز عدم کاربرد و یا کاربرد نادرست عینک‌ها و گاگل‌های ایمنی مناسب کار با نانومواد، تماس چشمی با نانومواد در محیط‌های کاری و آزمایشگاهی فراوان اتفاق می‌افتد. پژوهش‌ها اذعان دارند که مواجههٔ چشمی با نانومواد ممکن است به ظهور علائمی مانند قرمزی و سوزش در چشم‌ها بیانجامد. (۳۵ـ۳۷)

بیشتر تلاش‌های تحقیقاتی در زمینهٔ اثرات و سم شناسی نانومواد، دربارهٔ مواجههٔ تنفسی با این مواد بوده است. مواجههٔ تنفسی مهم‌ترین مسیر مواجهه با نانومواد است که بیشتر در مراکز شغلی و تحقیقاتی اتفاق می‌افتد. در نتیجهٔ چنین مواجهه‌ای، نانومواد وارد دستگاه تنفسی می‌شود، در بخش‌های انتهایی آن ته نشین و از آنجا وارد گردش خون و یا لنف می‌شود و در سراسر بدن پخش می‌گردد. (۳۸ـ۳۹) در مطالعهٔ حاضر، بیشتر علائم تنفسی مورد بررسی ارتباط معنادار با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد را نشان داده‌اند (جدول ۶). در بررسی ارتباط بین علائم معنادار مشاهده‌شده در افراد مورد بررسی با حالت فیزیکی نانومواد، بیشترین ارتباط با «حالت پودری» نانومواد است. NIOSH پیشنهاد می‌کند

1 . National Institute for Occupational Safety and Health

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

در هنگام کار با نانومواد، از ماسک‌های مناسب مانند FPP3[1] و N100[2] استفاده شود. (۲۸) در حالی که بررسی‌ها و مشاهدات نگارندگان حاکی از آن است که به علل مختلف، از جمله ناآگاهی از خطرات احتمالی نانومواد و کمبود آموزش در این حوزه، میزان استفاده از تجهیزات حفاظت فردی بسیار کم است و در مواردی نیز، به‌شکل درستی از این تجهیزات استفاده نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

با توجه به فراوانی آماری علائم در کارکنان در معرض مواجهه با نانومواد، ارتباط آماری این علائم با ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی نانومواد، نگرش کارکنان در مورد نانومواد که عموماً آن‌ها را موادی بی‌خطر می‌دانند، استفادهٔ ناکافی و اغلب نادرست از تجهیزات حفاظت فردی مناسب برای کار با نانومواد و کمبود و گاه فقدان آموزش در مورد اثرات نانومواد بر سلامتی و محیط زیست، می‌توان به احتمال وجود مشکلات جسمی در میان کارکنان این شرکت‌ها پی برده و آن را مسئله‌ای مهم تلقی کرد. لذا پیشنهاد می‌شود برای کاهش مواجههٔ شغلی با نانومواد نسبت به آموزش‌های کافی به کارکنان این شرکت‌ها در زمینه‌های مفاهیم اولیهٔ نانوایمنی، رویه‌های کاری استاندارد در هنگام کار با نانومواد، وسایل حفاظت فردی مناسب برای کار با نانومواد و نحوهٔ صحیح استفاده از آن‌ها و مدیریت پسماند نانومواد اقدام شود.

تشکر و قدردانی

مطالعهٔ حاضر با کد اخلاق IR.IUMS.REC 1396.9511139007 در معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایران به تصویب رسیده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه مدیریت و پرسنل شرکت‌های نانوفناوری در کلان شهر تهران تشکر نمایند.

References

1. Khan WS, Asmatulu R. Chapter 1-Nanotechnology Emerging Trends, Markets, and Concerns. In: Asmatulu R, editor. Nanotechnology Safety. Amsterdam: Elsevier; 2013: 1-16.
2. Savolainen K. Chapter 1-General Introduction. In: Vogel U, Savolainen K, Wu Q, van Tongeren M, Brouwer D, Berges M, editors. Handbook of Nanosafety. San Diego: Academic Press; 2014: 1-16.
3. Bakand S, Farshad AA. A review of nanotechnology and nanotoxicology (Editorial). Iran Occupational Health Journal. 2007; 4(1): 1-3. [Persian]
4. Ahmed W, Jackson MJ, Ul Hassan I. Chapter1-Nanotechnology to Nanomanufacturing. In: Ahmed W, Jackson MJ, editors. Emerging Nanotechnologies for Manufacturing (Second Edition). Boston: William Andrew Publishing; 2015: 1-13.
5. PCAST N. Report to the President and Congress on the Fifth Assessment of the National Nanotechnology Initiative; 2015.
6. Dolez PI. Chapter 1.1-Nanomaterials Definitions, Classifications, and Applications. In: Dolez PI, editor. Nanoengineering. Amsterdam: Elsevier; 2015: 3-40.
7. Omari Shekaftik SH, Shirazi F, Yarahmadi R, rasouli M, Solaymani Dodaran M, Ashtarinezhad A. Exploratory study of nanoworkers' symptoms & work-relatedness of these symptoms. Tehran, iran: Iran University of medical sciences; 2019.]Persian]
8. Pietroiusti A, Magrini A. Engineered nanoparticles at the workplace: current knowledge about workers' risk. Occupational Medicine. 2015; 65(2): 171-3.
9. Kim J, Yu IJ. National Survey of Workplaces Handling and Manufacturing Nanomaterials, Exposure to and Health Effects of Nanomaterials, and Evaluation of Nanomaterial Safety Data Sheets. BioMed Research International; 2016: 10.
10. Omari Shekaftik S, Ashtarinezhad A, Shirazi FH, Hosseini A, Yarahmadi R. Assessing the risk of main activities of nanotechnology companies by the NanoTool method. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics; 2019: 1-9.
11. Zuverza-Mena N, Martínez-Fernández D, Du W, Hernandez-Viezcas JA, Bonilla-Bird N, López-Moreno ML, et al. Exposure of engineered nanomaterials to plants: Insights into the physiological and biochemical responses-A review. Plant Physiology and Biochemistry. 2017; 110: 236-64.
12. Zhao L, Peralta-Videa JR, Rico CM, Hernandez-Viezcas JA, Sun Y, Niu G, et al. CeO2 and ZnO nanoparticles change the nutritional qualities of cucumber (Cucumis sativus). Journal of agricultural and food chemistry. 2014; 62(13): 2752-9.
13. Ema M, Gamo M, Honda K. Developmental toxicity of engineered nanomaterials in rodents. Toxicology and applied pharmacology. 2016; 299: 47-52.
14. Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA. Adverse effects of engineered nanomaterials: exposure, toxicology, and

۱ . معادل "filtering facepiece" است. طبق این روش، ماسک‌های حفاظتی در برابر ذرات، مطابق کارایی شان، به سه گروه FFP1، FFP2 و FFP3 تقسیم می شوند.

۲ . روش NIOSH برای کلاس بندی ماسک‌های حفاظتی در برابر ذرات است. عدد کنار حرف N، نشان‌دهندهٔ میزان کارایی ماسک در فیلتر کردن ذرات بزرگ‌تر و مساوی ۰/۳ میکرومتر است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]

impact on human health: Academic Press; 2017.
15. Botelho MC, Costa C, Silva S, Costa S, Dhawan A, Oliveira PA, et al. Effects of titanium dioxide nanoparticles in human gastric epithelial cells in vitro. Biomedicine & Pharmacotherapy. 2014; 68(1): 59-64.
16. Filon FL, Crosera M, Mauro M, Baracchini E, Bovenzi M, Montini T, et al. Palladium nanoparticles exposure: Evaluation of permeation through damaged and intact human skin. Environmental Pollution. 2016; 214: 497-503.
17. Lanone S, Rogerieux F, Geys J, Dupont A, Maillot-Marechal E, Boczkowski J, et al. Comparative toxicity of 24 manufactured nanoparticles in human alveolar epithelial and macrophage cell lines. Particle and fibre toxicology. 2009; 6(1): 1.
18. Liou S-H, Wu W-T, Liao H-Y, Chen C-Y, Tsai C-Y, Jung W-T, et al. Global DNA methylation and oxidative stress biomarkers in workers exposed to metal oxide nanoparticles. Journal of hazardous materials. 2017; 329: 331-35.
19. Wu W-T, Liao H-Y, Chung Y-T, Li W-F, Tsou T-C, Li L-A, et al. Effect of nanoparticles exposure on fractional exhaled nitric oxide (FENO) in workers exposed to nanomaterials. International journal of molecular sciences. 2014; 15(1): 878-94.
20. Omari Shekaftik S, Hosseini Shirazi F, Yarahmadi R. Preliminary Investigation of the Symptoms of Nanotechnology Companies Employees in Tehran, Iran, 2018. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2019; 6(2): 61-70. [Persian]
21. Roco MC. The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years. J Nanopart Res. 2011; 13: 427-45.
22. Omari Shekaftik S, Yarahmadi R, Moghadasi N, Sedghi Noushabadi Z, Hosseini AF, Ashtarinezhad A. Investigation of recommended good practices to reduce exposure to nanomaterials in nanotechnology laboratories in Tehran, Iran. Journal of Nanoparticle Research. 2020; 22(3): 59.
23. INIC. Iran Nanotechnology Products. Tehran, Iran: Iran Nanotechnology Innovation Council; 2019.
24. Zalk DM, Paik SY, Chase W. Nanomaterial Field Form 2009 [Available from: https://controlbanding.llnl.gov/sites/controlbanding/files/nanomaterial_information_form.doc.
25. Westmeier D, Knauer SK, Stauber RH, Docter D. Chapter 1 - Bio-Nano Interactions. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017: 1-12.
26. Akhavan O, Ghaderi E, Akhavan A. Size-dependent genotoxicity of graphene nanoplatelets in human stem cells. Biomaterials. 2012; 33(32): 8017-25.
27. WHO. WHO guidelines on protecting workers from potential risks of manufactured nanomaterials: World Health Organization; 2017.
28. Gibbs L, Lamba F, Stoxkmeier B, Kojola W. General safe practices for working with engineered nanomaterials in research laboratories. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); 2012.
29. CKMNT. Guidelines and Best Practices for Safe Handling of Nanomaterials in Research Laboratories and Industries. India; 2012.
30. Bouwmeester H, Dekkers S, Noordam MY, Hagens WI, Bulder AS, De Heer C, et al. Review of health safety aspects of nanotechnologies in food production. Regulatory toxicology and pharmacology. 2009; 53(1): 52-62.
31. Bergin IL, Witzmann FA. Nanoparticle toxicity by the gastrointestinal route: evidence and knowledge gaps. International journal of biomedical nanoscience and nanotechnology. 2013; 3(1-2).
32. Jepson MA, Bouwmeester H. Chapter 16-Gastrointestinal System. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017: 381-96.
33. Simkó M, Mattsson M-O, Yokel RA. Chapter 12 - Neurological System. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017: 275-312.
34. Kolter M, Ott M, Hauer C, Reimold I, Fricker G. Nanotoxicity of poly (n-butylcyano-acrylate) nanoparticles at the blood–brain barrier, in human whole blood and in vivo. Journal of controlled release. 2015; 197: 165-79.
35. Kishore AS, Surekha P, Murthy PB. Assessment of the dermal and ocular irritation potential of multi-walled carbon nanotubes by using in vitro and in vivo methods. Toxicology letters. 2009; 191(2-3): 268-74.
36. Ema M, Matsuda A, Kobayashi N, Naya M, Nakanishi J. Evaluation of dermal and eye irritation and skin sensitization due to carbon nanotubes. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2011; 61(3): 276-81.
37. Ema M, Matsuda A, Kobayashi N, Naya M, Nakanishi J. Dermal and ocular irritation and skin sensitization studies of fullerene C60 nanoparticles. Cutaneous and ocular toxicology. 2013; 32(2): 128-34.
38. Alenius H, Shurin MR, Shurin GV, Beezhold D, Shvedova AA. Chapter 10-Respiratory System, Part Two: Allergy and Asthma. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017: 243-53.
39. Poland CA, Donaldson K. Chapter 9 - Respiratory System, Part One: Basic Mechanisms. In: Fadeel B, Pietroiusti A, Shvedova AA, editors. Adverse Effects of Engineered Nanomaterials (Second Edition): Academic Press; 2017: 225-42.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-21]