REVIEW ARTICLE

An Overview of the Potential Impact of Nano and Microplastics on the Health of Sensitive Groups, Especially Children: A Narrative Review

Kosar Kouhi[1]
Akram Abbasi Tajadod[1]
Yalda Hashempour[2]

[1] Master's Student in Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received August 20, 2023 ; Accepted November 25, 2023)

Abstract

Microplastics (MPs) and nanoplastics (NPs) have attracted significant attention due to their ubiquitous environmental presence and unique physical and chemical properties. MPs refer to plastic particles with sizes smaller than 5 micrometers, while NPs are particles with sizes smaller than 100 nanometers. Both types exist in the environment, can sediment, traverse biological barriers, and transport chemicals. Confirming their presence in human feces, meconium, and placenta underscores their potential impact on human health. These particles can enter the human body through inhalation, food and water consumption, mucus, skin, and ingestion of microplastic products. They can negatively affect the health of children, infants, and pregnant women. This can be particularly concerning and damaging to this group of individuals due to their immature immune systems and developing organs, and can lead to further harm. Pregnancy, infancy, and childhood are sensitive periods for environmental exposure. Therefore, further research on the effects of microplastics on children, infants, and pregnant women is necessary, and appropriate policies should be developed to reduce plastic use and protect the health of these groups.

Keywords: microplastic, nanoplastic, Children, ways of exposure

J Mazandaran Univ Med Sci 2023; 33 (227): 187-201 (Persian).

Corresponding Author: Yalda Hashempour - Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran. (E-mail: y.hashempour@mazums.ac.ir)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

مجـلـــه دانـشـــگاه عـلـــوم پـزشـکـــی مـازنـــدران
دوره سی و سوم شماره ۲۲۷ آذر سال ۱۴۰۲ (۲۰۱-۱۸۷)

مروری بر تاثیر بالقوه نانو و میکروپلاستیک‌ها بر سلامت گروه های حساس به ویژه کودکان:یک مرور روایتی

کوثر کوهی[1]
اکرم عباسی تجدد[1]
یلدا هاشم پور[2]

چکیده

میکروپلاستیک‌ها (MPs) به دلیل حضور همه جانبه خود در محیط زیست و نانوپلاستیک‌ها (NPs) با اندازه‌های کوچک‌تر به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر بفردشان توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. میکروپلاستیک‌ها، ذرات پلاستیکی با اندازه کم‌تر از ۵ میکرومتر و نانوپلاستیک‌ها ذراتی با اندازه کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر هستند که در محیط زیست وجود دارند و توانایی رسوب گذاری، عبور از موانع بیولوژیکی و حمل مواد شیمیایی را دارند. هم‌چنین حضور آن‌ها در مدفوع، مکونیوم و جفت انسان تایید شده است. این ذرات می توانند از طریق تنفس، مصرف غذا و آب، مخاط، پوست و هم‌چنین بلع محصولات حاوی میکروپلاستیک به بدن انسان وارد شوند و اثرات منفی بر سلامت کودکان، نوزادان و زنان باردار بگذارد، که به دلیل سیستم ایمنی ناقص و ارگان‌های در حال تشکیل در این گروه از افراد می‌تواند جدی و نگران‌کننده باشد و آسیب‌های بیش‌تری به آن‌ها وارد شود. دوران بارداری، نوزادی و کودکی دورانی حساس جهت مواجهه با محیط هستند. با توجه به این مسئله لازم است تحقیقات بیش‌تری در مورد اثرات میکروپلاستیک بر کودکان، نوزادان و زنان باردار انجام شود و سیاست‌های مناسبی برای کاهش استفاده از پلاستیک‌ها و محافظت از سلامت این گروه‌ها تدوین شود. لذا مطالعه حاضر با هدف مروری بر تاثیر بالقوه نانو و میکروپلاستیک‌ها بر سلامت گروه‌های حساس به ویژه کودکان انجام شد.

واژه های کلیدی: میکروپلاستیک، نانوپلاستیک، کودکان، راه‌های مواجهه

مقدمه

در سال‌های اخیر، میکروپلاستیک به‌عنوان آلاینده نوظهور شناخته شده است. سالانه ۳۳۵ میلیون تن پلاستیک در سراسر جهان تولید می‌شود که بسیاری از زباله‌های آن به محیط وارد می‌شود(۱). پلاستیک‌ها و محصولات تخریب شده آن‌ها به ویژه نانو و میکروپلاستیک‌ها به دلیل خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پیچیده‌ای که دارند، مانند نوع پلیمر، اندازه، شکل و بار آن‌ها به‌طور مکرر با انسان در تماس هستند و می‌توانند بر سلامت انسان‌ها تأثیر منفی بگذارند(۲).

نانوپلاستیک‌ها به موادی با اندازه کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر یا ۱۰۰۰ نانومتر اطلاق می‌شوند و میکروپلاستیک‌ها پلیمرهای مصنوعی و غیرقابل تجزیه زیستی با قطر کم‌تر از ۵ میلی متر هستند(۴،۳). تحقیقات نشان می‌دهد که محصولات پلاستیکی شامل بیش از

مولف مسئول: یلدا هاشم پور- ساری: کیلومتر ۱۷ جاده فرح آباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم، دانشکده بهداشت E-mail: y.hashempour@mazums.ac.ir
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۶/۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۲/۷/۱۲ تاریخ تصویب : ۱۴۰۲/۹/۴

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

۴۰۰۰۰ ماده شیمیایی مختلف هستند، علاوه بر این برخی از این محصولات پلاستیکی بیش از ۸۰ درصد از مواد شیمیایی خود را به آب منتقل می‌کنند، در نتیجه احتمال مواجهه انسان با این مواد بیش‌تر می‌شود(۵). بنابراین، پلاستیک‌ها به‌عنوان منبعی برای مواجهه با ذرات و مواد شیمیایی در نظر گرفته می‌شوند و تأثیرات سلامتی آن‌ها احتمالاً بر اثر سمیت فیزیکی و شیمیایی آن‌ها خواهد بود. مکانیسم‌های احتمالی تاثیر میکرو-نانوپلاستیک‌ها بر سلامت عبارتند از: الف: توانایی رسوب‌گذاری و ایجاد واکنش‌های التهابی در صورت وجود تعداد زیاد آن‌ها در نواحی حساس مانند ناحیه آلوئولی(۶)، ب: قابلیت جابه‌جایی این ذرات به دلیل اندازه کوچک و عبور از موانع بیولوژیکی(۹-۷)، ج: عملکرد آن‌ها به‌عنوان حامل موادشیمیایی و مواجهه با این مواد(۱۲-۱۰). میکروپلاستیک‌ها ممکن است از طریق تنفس، مصرف غذا و آب، مخاط، پوست و هم‌چنین بلع محصولات حاوی میکروپلاستیک به بدن انسان وارد شوند. این ذرات می‌توانند در اعضا و بافت‌های مختلف بدن مانند ریه‌ها، کبد، کلیه‌ها و حتی مغز تجمع یابند و تأثیرات منفی مختلفی را ایجاد کنند(۱۳). با توجه به مطالعات گذشته، ثابت شده است که میکرو و نانو پلاستیک‌ها باعث التهاب و مشکلات تنفسی می‌شوند و به‌دلیل سطح ایمنی کم‌تر در سالمندان، آن‌ها بیش‌تر در معرض خطر آسم قرار می‌گیرند(۱۵،۱۴). بارداری و کودکی دورانی حساس هستند که افراد در معرض خطرات محیطی و سموم بیش‌تری قرار می‌گیرند(۱۶). حتی مواجهه اولیه با مواد شیمیایی خطرناک در میزان کم، قادر است تاثیراتی را بر سلامت انسان در طول عمر بگذارد(۱۷).

در یک مطالعه با استفاده از یک مدل مبتنی بر فیزیولوژی بدن، تجمع میکروپلاستیک‌ها در طول عمر مدل‌سازی شده و نرخ دریافت روزانه ۵۵۳ ذره برای کودکان تخمین زده شده است(۱۸). علاوه بر این، کودکان به ازای وزن بدن بیش‌تر نسبت به بزرگسالان، مواد مصرفی بیش‌تری می‌خورند، مایعات بیش‌تری مصرف می‌کنند و هم‌چنین تنفس بیش‌تری دارند. به همین دلیل، آلاینده‌ها در محیط به طرز نامناسبی توسط جوان‌ترین اعضای جامعه جذب می‌شوند و این مسئله برای نانو-میکروپلاستیک‌ها (NMPs) نیز صادق است. این مواجهه همزمان با رشد حیاتی سیستم های عصبی، ایمنی، متابولیک، قلبی عروقی و سایر سیستم های مهم بدن رخ می‌دهد. هدف این مطالعه، خلاصه کردن شواهد موجود در مورد مواجهه کودکان و خانم‌های باردار با NMPs و سمیت آن‌ها در بلندمدت از طریق استنشاق، انتقال جفت، مصرف شیر مادر و جذب پوستی می‌باشد. با توجه به این‌که مواجهه و پیامدهای سلامتی NMPsتا حد زیادی بررسی نشده و به‌طور کامل مشخص نیست، در این مطالعه به مروری بر آسیب‌پذیری افراد به ویژه کودکان و زنان باردار در برابر این مواجهات می‌پردازیم و دلیل اهمیت این موضوع در طراحی سؤالات پژوهشی و تحقیقات مرتبط با پلاستیک و هم‌چنین در فرآیند توسعه سیاست‌های مربوط به پلاستیک را مورد توجه قرار می‌دهیم.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت مروری روایتی می‌باشد. جهت شناسایی مطالعاتی که اثرات سلامتی ذرات میکرو-نانوپلاستیک‌ها را در زمینه بارداری یا سلامت کودک بررسی می‌کنند به جستجوی مطالعات انگلیسی در ScienceDirect ،Scholar ،Scopus ،Web of Knowledge و PubMed با کلید واژه‌های nanoplastic، microplastic، child، baby و way of exposure در بازه زمانی ۲۰۲۳-۲۰۰۰ پرداختیم و مقالات به شرح زیر تقسیم شده است: ۱- راه های مواجهه (استنشاق، بلع، شیردهی و جذب پوستی)، ۲- میکروپلاستیک بر بدن، ۳- سم شناسی میکرو نانوپلاستیک‌ها.

یافته‌ها

پس از جستجو با کلید واژه‌های ذکر شده مقالات

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

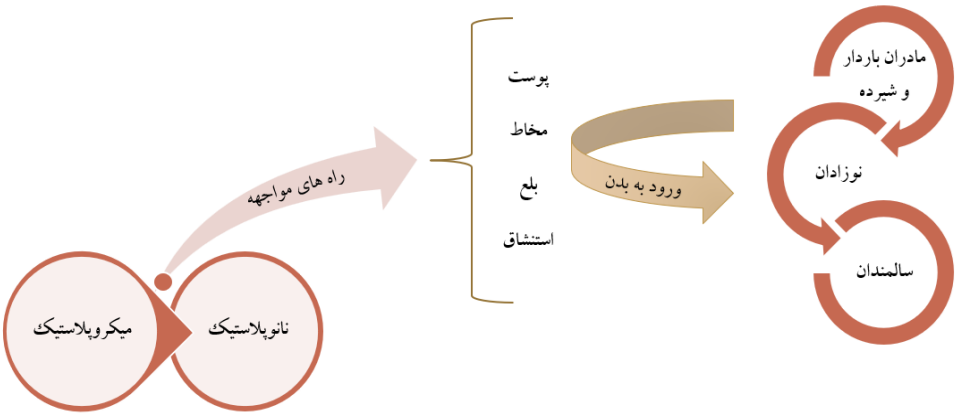
زیادی در زمینه اثر میکرو-نانوپلاستیک‌ها بر افراد و کودکان یافت شد که بعد از حذف موارد تکراری و مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود، مقالات را براساس مطالعات اپیدمیولوژی (۱ مقاله)، مطالعات مواجه‌ای (۱۲ مقاله) و مطالعات تجربی (۱۱ مقاله) به سه بخش تقسیم کردیم که خلاصه آن در جدول شماره ۱ آورده شده است و نشان می‌دهد که افراد می‌توانند از طرق مختلف مانند هوای داخلی و خارجی، غذاهای دریایی، آب بطری شده، سبزیجات و میوه و بطری‌های تغذیه نوزاد در معرض میکروپلاستیک‌ها قرار گیرند و این امر می‌تواند اثراتی بر رشد جنین، تولید مثل و ایجاد آسم و آلرژی داشته باشد.

بحث

مواجهه با پلاستیک برای کودکان، نوزادان و زنان باردار در سراسر جهان اجتناب ناپذیر است. حضور میکروپلاستیک‌ها عمدتاً در هوا، مواد غذایی و نوشیدنی‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است(۴۴،۴۳). اگرچه مواجهه اولیه زندگی می‌تواند از طریق جفت و شیر مادر نیز رخ دهد. میکروپلاستیک‌ها در جفت انسان(۳۵) مکونیوم و مدفوع نوزاد(۴۶،۴۵) کشف شده‌اند، اما ردیابی منابع این پلاستیک‌ها دشوار است. تصویر شماره ۱ راه‌های مواجهه با میکروپلاستیک و نانو پلاستیک را نشان می‌دهد. تنوع در اندازه و سایر خصوصیات NMPs بر رفتار و ارتباط آن‌ها برای مسیرهای مواجهه تأثیر می‌گذارد.

استنشاق

محصولات حاصل از تخریب پلاستیک، بسته به اندازه آن‌ها (<۱۰۰ میکرومتر)، ممکن است در هوا وجود داشته باشند و برای استنشاق در دسترس باشند(۴۷،۷). میکروپلاستیک‌ها در هوای محیط و در محیط‌های شهری(۴۹،۴۸،۲۱،۷) تا مناطق کوهستانی دور افتاده شناسایی شده‌اند(۵۰). وجود میکروپلاستیک‌ها در هوای داخل ساختمان(۵۱،۲۳) و گرد و غبار ته‌نشین شده(۲۴) نیز گزارش شده است. در مقایسه با فضای باز، غلظت‌های بسیار بالاتری از الیاف مصنوعی از جمله میکروپلاستیک‌ها در داخل ساختمان گزارش شده است که عمدتاً از پلی پروپیلن(PP) و پلی اتیلن تترافتالات (PET) تشکیل شده است. بنابراین پس از نشستن این ذرات بر روی سطوح، می‌توانند توسط نوزادان در طی رفتارهای دهانی معمولی بلعیده شوند(۵۲)، یا به دلیل حضور و تمایل طولانی مدت سالمندان در فضای بسته و خانه به راحتی می‌توانند با این ذرات در تماس طولانی مدت قرار گیرند و این افراد را تحت تاثیر قرار دهند(۵۳). با توجه به این‌که مردم کشورهای پردرآمد حدود ۹۰ درصد از زمان خود را در داخل خانه می‌گذرانند(۵۴)، ارزیابی مواجهه در داخل خانه از طریق استنشاق برای درک اثرات بالقوه سلامتی بسیار مهم



تصویر شماره ۱: راه‌های مواجهه انسان با میکروپلاستیک و نانو پلاستیک ها

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

جدول شماره ۱: مطالعات شناسایی شده برای بررسی اثرات سلامتی نانو و میکروپلاستیک‌های مرتبط با بارداری و دوران کودکی

نوع مطالعه	تمرکز مطالعه	نام نویسندگان/ سال/ رفرنس	هدف از مطالعه	نتایج
مطالعات اپیدمیولوژیک	مواجهه و تحریک در مدارس	Malmberg و همکاران/ (۱۹)/۲۰۰۰	بررسی اثر بالقوه پودر جلای کف بر روی غشاهای مخاطی چشم و دستگاه تنفسی	پودر جلای کف ممکن است باعث ایجاد علائم تحریکی از چشم و مجاری تنفسی با نسبت شیوع ۰/۳۷ در کودکان مدرسه ای شود.
مطالعات مواجهه ای	میکروپلاستیک در هوای داخلی یا خارجی یا در گرد و غبار	عباسی و همکاران/ (۲۰)/۲۰۱۷	بررسی ریزلاستیک ها و شناسایی میکروپلاستیک ها و تعیین منابع احتمالی فلزات سنگین موثر بر سلامت کودکان و بزرگسالان در گرد و غبار خیابان	دو منع احتمالی شامل انتشارات ترافیک جاده ای و ذرات معلق خاک می باشد. اغلب میکروپلاستیک ها فیبر و قطعات بودند و در همه نمونه ها، میکروپلاستیک ها از ۲۱۰ تا ۱۶۵۸ و ریزلاستیک ها از ۴۴ تا ۷۸۲ مورد در هر ۱۰ گرم غبار شناسایی شد. شاخص خطر اکولوژیک برای جیوه متوسط و برای آرسنیک بالا بوده است.
		عباسی و همکاران/ (۲۱)/۲۰۱۹	تعیین میکروپلاستیک‌ها و نانولاستیک‌ها در گرد و غبار محیط‌های شهری و صنعتی قابل بلع یا استنشاق توسط انسان	اکثر نمونه‌ها حاوی ذرات کروی، فیلم و قطعه بودند.بر اساس غلظت متوسط در گرد و غبار خیابان، برآورد مواجهه حاد از طریق بلع حدود۵ و ۱۵ میکروپلاستیک در روز و ۲ و ۷ میکروپلاستیک در روز به ترتیب برای کارگران ساختمانی، کودکان و جوانان است. همچنین در غبار شهری به طور متوسط ۹۰۰ میکروپلاستیک و ۲۵۰ میکرولاستیک به ازای هر ۱۵ گرم نمونه وجود داشت.
		دهقانی و همکاران/ (۲۲)/۲۰۱۷	حضور، ویژگی‌ها و خطرات بالقوه سلامتی ناشی از بلعیدن گرد و غبار حاوی میکروپلاستیک‌ها	به طور میانگین ۳۲۲۳ و ۱۰۶۳ ذره میکروپلاستیک در هر سال طی مواجهه به ترتیب توسط کودکان و بزرگسالان بلعیده می‌شود.
		Dris و همکاران/ (۲۳)/۲۰۱۶	بررسی فیبرها در هوای داخلی و خارجی	به طور میانگین غلظت فیبر در فضای داخلی و خارجی به ترتیب ، ۱ تا ۶۰ و ۰/۳ تا ۱/۵ذره در هر متر مکعب بود و الیاف مشاهده شده بیش از حد بزرگ بودند. که قابلیت استنشاق نداشتند، اما مواجهه در معرض آن ممکن است از طریق بلعیدن گرد و غبار، به ویژه برای کودکان خردسال، رخ دهد.
		Liu و همکاران/ (۲۴)/۲۰۱۹	نامشخص بودن غلظت MPs در گرد و غبار و خطرمواجهه در معرض آن برای انسان	شکل اصلی MPs مشکوک فیبر بود و پلی استر از جمله PET به عنوان یک جزء مهم در MP گرد و غبار شناسایی شد. گرد و غبار داخل خانه منبع غیر قابل اغماض مواجهه انسان در معرض MPs است که مصرف روزانه ۱۷۳۰۰ نانوگرم بر کیلوگرم وزن بدن از PET MPs در کودکان را به خود اختصاص می‌دهد.PET در همه نمونه‌ها در غلظت بالای ۱۵۵۰ تا ۱۲۰۰۰۰ در محیط داخل و ۲۱۲ تا ۹۰۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم در محیط خارج وجود داشته است.
		Zhang و همکاران/ (۲۵)/۲۰۲۰	تعیین کمی MPs مبتنی بر پلی اتیلن ترفتالات (PET و پلی کربنات (PC) در ۲۸۶ نمونه گرد و غبار داخلی جمع آوری شده از ۱۲ کشور	PET در تمام نمونه های گرد و غبار در غلظت های ۳۸ تا ۱۲۰۰۰۰ میکروگرم بر گرم شناسایی شد در حالی که PC در کمتر از ۰/۱۱ تا ۱۷۰۰ میکروگرم بر گرم اندازه گیری شد.
میکروپلاستیک در ماهی و غذاهای دریایی برای مصرف انسان		Barboza و همکاران/ (۲۶)/۲۰۲۰	بررسی یسفئول A در کبد و ماهیچه ماهی وخطر مصرف آن توسط انسان	غلظت یسفئول A در کبد ۵ تا ۳۰۲ نانوگرم در هر گرم وزن خشک بوده است و در عضله بالاترین غلظت را یسفئول E با ۲۷۲ نانوگرم بر گرم وزن خشک داشته است.
		زرولی و همکاران/ (۲۷)/۲۰۲۲	وقوع میکروپلاستیک در دستگاه گوارش ماهیان	وقوع MPs در دستگاه گوارش ماهیان در منابع آبی بسه ۵/۸۶ ذره و بیش‌تر از منابع آب آزاد با ۲/۴۶ ذره بود.
		اخباری زاده و همکاران/ (۲۸)/۲۰۱۷	بررسی غلظت میکروپلاستیک ها (MPs و فلزات در ماهیچه‌های ماهیان اعماق دریا و ماهیان دریایی شمال شرق خلیج فارس و ارزیابی خطر/فایده مصرف آن‌ها)	با توجه به سمیت شیمیایی MPs ، فلزات و روابط خطی آن ها در برخی گونه ها، مصرف دوزهای بالای ماهی ممکن است سلامتی مصرف کنندگان را تهدید کند و میانگین دریافت میکروپلاستیک‌ها برای گونه‌های خاص را از ۱۶۹ تا ۵۵۵ ذره به ازای هر ۳۰۰ گرم در نظر گرفته‌اند.
میکروپلاستیک در بطری آب		Cox و همکاران/ (۲۹)/۲۰۱۹	مصرف میکروپلاستیک توسط انسان	تخمین زده شد میزان مصرف میکروپلاستیک سالانه از ۳۹۰۰۰ تا ۵۲۰۰۰ ذره بسته به سن و جنس متغیر است و گزارش شد این تخمین به ۷۴۰۰۰ و ۱۲۱۰۰۰ با در نظر گرفتن استنشاق افزایش می یابد.
		مخدومی و همکاران/ (۳۰)/۲۰۱۹	بررسی آلودگی در بطری های آب معدنی	پیش‌ترین MPهای شناسایی شده به شکل قطعه (۹۳درصد) و فیبر (۷درصد) با میانگین غلظت تقریباً ۸/۵ ذره در لیتر بودند. علاوه بر این، در ۲۰ درصد نمونه‌های جمع‌آوری‌شده MPs وجود نداشت .
		Zuccarello و همکاران/ (۳۱)/۲۰۱۹	الف) ارزیابی تعداد MPs با قطر بین ۰/۵-۱۰ میکرومتر در آب‌های معدنی موجود در بطری‌های پلاستیکی، ب) ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی آب‌های معدنی و کیفیت بطری بر انتشار MPs ج) برآورد مواجهه روزانه انسان با MPs ناشی از مصرف آب معدنی.	پیش‌ترین غلظت میکروپلاستیک ها ۶۵۶ میکروگرم بر لیتر و قطر شناسایی شده ۲/۴۴ میکرومتر بوده است و میزان میکروپلاستیک ورودی به بدن بزرگسالان و کودکان را به ترتیب ۱۵۳۱۵۲۴ و ۳۳۵۰۲۰۸ ذره به ازای هر کیلوگرم وزن بدن در روز تخمین زدند.
مطالعات تجربی	تاکسیکوکینتیک - انتقال جفتی / جنینی	Grafmueller و همکاران/ (۳۲)/۲۰۱۵	بررسی اینکه کدام مکانیسم‌های انتقال زیرتنای انتقال جفتی نانوذرات است.	مکانیسم اصلی زیرتنای این جابجایی مبتنی بر انتشار غیرفعال نیست، اما احتمالاً شامل یک مسیر انتقال فعال و وابسته به انرژی است. این یافته ها برای سم شناسی تولید مثل و همچنین برای مهندسی دارویی حامل های دارویی جدید مهم خواهد بود.
		Gruber و همکارن/ (۳۳)/۲۰۲۰	تمرکز بر روی تأثیر تاج پروتئینی پلاسمای انسانی تشکیل شده در محل بر انتقال نانوذرات پلی استایرن ۸۰نانومتری (ذرات PS در جفت انسان)	تغییرات کمی و کیفی پروتئین های پلاسما تغییرات در انتقال PS را تعین کرد.پروتئین تاج تشکیل شده توسط آلبومین انسانی به طور قابل توجهی باعث انتقال ذرات PS در سراسر بافت تشکیل شده است.
		Huang و همکارن/ (۳۴)/۲۰۱۵	اثر نانوذرات با اندازه خاص جهت عبور از جفت و تاثیر آن بر عملکرد تروفوبلاست*	نانوذرات می‌توانند از جفت عبور کرده و توسط اندام های جنین جذب شوند. غلظت های خاصی از نانوذرات پلی استایرن اصلاح شده با کربوکسیلات (۲۰۰ میکروگرم بر لیتر و ۵۰۰ میکروگرم بر لیتر) ممکن است برای تروفوبلاست ها سمی باشد که می تواند عملکرد جفت را تغیر دهد.
		Ragusa و همکاران/ (۳۵)/۲۰۲۱	ارزیابی وجود میکروپلاستیک در زنان دارای حاملگی فیزیولوژیکی	همه ذرات میکروپلاستیک از نظر مورفولوژی و ترکیب شیمیایی مشخص شدند و در مجموع ۱۲ قطعه میکروپلاستیک در اندازه ۵ تا ۱۵ میکرومتر یافت شد.
		Wick و همکاران/ (۳۶)/۲۰۱۰	بررسی عبور ذرات از سد جفت و تاثیر آن بر روی جنین	بیان کردند نانومواد پتانسیل انتقال از طریق جفت را دارند و نیاز به بررسی بیشتر سمیت نانوذرات بر روی اندام‌های مهم را تاکید کردند.
		Fournier و همکاران/ (۳۷)/۲۰۲۰	بررسی عبور ذرات نانوپلی استایرن از سد جفت و رسوب آن پس از مواجهه در معرض ریه مادر در بافت های جنین	مواجهه ریوی مادر با نانوپلی استایرن منجر به انتقال ذرات پلاستیک به بافت‌های جفت و جنین می‌شود و جفت را در برابر اثرات نامطلوب آسیب‌پذیر می‌کند.
سموم - آلرژی، آسم، التهاب		Alberg و همکاران/ (۳۸)/۲۰۱۴	تأیید تأثیر اندازه ذرات بر ظرفیت ارتقاء ایمونوگلوبولین E (IgE) ذرات در مدل آلرژی راه هوایی.	آلودگی ذرات هوای محیط ممکن است بر ایجاد آلرژی در زن و مرد تأثیر بگذارد.
		Inocencio و همکاران/ (۳۹)/۲۰۱۷	تایید اثرات ضد التهابی نانوذرات پلی استایرن ۵۰نانومتری در گوسفند و بررسی اثرات تجویز پیشگیرانه این ذرات بر آسیب ریه ناشی از تهویه در بره‌های نارس	تجویز پیشگیرانه نانوذرات پلی استایرن ۵۰ نانومتری باعث تشدید آسیب ریه و التهاب ریه ناشی از تهویه در بره‌های نارس شد.
سموم - تولید مثل		Han و همکاران/ (۴۰)/۲۰۲۰	آیا MPs از طریق مسیر استنشاق می‌توانند به جنین موش ها منتقل شوند و سمیت سیستمیک را نشان دهند.	نتایج نشان می‌دهد حتی اگر اثرات نامطلوب مواجهه در معرض PE-MPs در دوران بارداری و شیردهی هم در مادر و هم در نوزاد کمتر برجسته است، پتانسیل سمیت نسل دوم را می توان برای بررسی بیش‌تر در نظر گرفت.
سموم - متابولیسم		Luo و همکاران/ (۴۱)/۲۰۱۹	ارزیابی مواجهه در معرض پلی استایرن MP مادر در دوران بارداری و شیردهی و بررسی اثرات بالقوه بر روی سدها و نسل‌های F1 (هر دو PND۴۲ و ۲۸۰) و (F2 PND۴۲).	قرار گرفتن مادر در معرض MPs در دوران بارداری و شیردهی خطر اختلال متابولیک را افزایش می‌دهد و این نتایج بینش جدیدی در مورد خطرات بالقوه بلندمدت MPs ارائه می‌دهد.
		Luo و همکاران/ (۴۲)/۲۰۱۹	موش‌های باردار را در ۰/۵ و ۵ میکرومتر با MPs پلی استایرن ۱۰۰ و ۱۰۰۰ ug/L قرار دادند، سپس قرار گرفتن در معرض MPs مادر را در طول بارداری بررسی و اثرات بالقوه را بر روی فرزندان موش‌ها (PND۴۲) ارزیابی کردند.	داده‌ها از رابطه بالقوه بین MPs و خطر اختلال متابولیک را حتی در نسل بعدی خبر می‌دهند، که ممکن است بینش جدیدی را در مورد ارزیابی خطر سلامتی نمایندگان ارائه دهد.

* : لایه ای از سلول ها که در تشکیل جفت بافت های خارج جنینی و بافت آندومتر مادری، همچنین تغذیه جنین نقش دارد

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

است. همان‌طورکه نوزادان و کودکان رشد می‌کنند، تغییراتی در بافت ریه و سرعت و الگوهای تنفسی ایجاد می‌کنند. در جوندگان، انتقال نانوذرات استنشاقی از فضای هوای کیسه هوایی به اندام‌های ثانویه در دوران نوزادی آن‌ها بیش از یک مرتبه بزرگ‌تر از بزرگسالان است(۵۵) و تا حدی این امر در مورد استنشاق NMPs توسط انسان صدق می‌کند. مطالعات در مورد استنشاق NMPs عمدتاً از بزرگسالان و از محیط‌های شغلی مانند سایت‌های تولید منسوجات مصنوعی انجام می شود(۵۶). هر دو میکروالیاف سلولزی و پلاستیک گرفته شده از بیماران مبتلا به انواع مختلف سرطان ریه مشاهده شده است(۵۷) که در آن الیاف در ۸۷ درصد از ۱۱۴ نمونه بافت ریه انسان مورد بررسی قرار گرفته که نشان دهنده پایداری زیستی آن هاست.

مشاهدات در مطالعه Pauly و همکاران(۵۷) تایید کرد که برخی از الیاف قادر به رسیدن به عمق ریه و اجتناب از مکانیسم‌های پاکسازی هستند. از آن‌جایی‌که این اجسام خارجی باقی می‌مانند، ممکن است باعث التهاب حاد یا مزمن شوند. انتقال جفت از طریق مواجهه مادر می‌تواند تعیین‌کننده سلامت کودک باشد. سمومی که مادر در دوران بارداری در معرض آن‌ها قرار می‌گیرد یا آن‌هایی‌که از سال‌ها قبل در بدن او ذخیره شده‌اند، می‌توانند در دوران بارداری و شیردهی به فرزندش منتقل شوند. اخیراً، Ragusa و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از میکرواسپکتروسکوپی رامان، میکروپلاستیک‌هایی را در جفت انسان در محدوده اندازه ۱۰-۵ میکرومتر کشف کردند(۳۵)، در حالی‌که محققان نیاز به ارزیابی دقیق پتانسیل آلودگی نمونه‌ها از ریزش هوا یی را تأکید کردند. تحقیقات نشان می‌دهد که درجه انتقال ذرات در جفت در طول سه ماهه با افزایش سن حاملگی تغییر می‌کند(۵۸).

شیردهی و بلع

آلاینده‌های شیمیایی را می‌توان از طریق شیردهی از مادر به کودک منتقل کرد(۵۹). بسته به مدت شیردهی، بار بدن کودک منعکس‌کننده مواجهه مادر است. میزان انتقال NMPs ها در دوران شیردهی مشخص نیست. کودک می‌تواند گرد و غبار حاوی NMPs را در محیط خانه خود استنشاق و هضم کند. چشیدن، لیسیدن و جویدن اسباب بازی‌ها و منسوجات پلاستیکی مسیرهای بالقوه مواجهه NMPsها و آلاینده‌های مرتبط هستند. در مطالعه‌ای مشخص شد که مدفوع نوزاد در مقایسه با مدفوع بزرگسالان دارای غلظت قابل توجه بالاتری از میکروپلاستیک‌های PET می‌باشد، یافته‌ای که نویسندگان آن را عمدتاً به خوردن نسبت می‌دهند(۴۵). علاوه بر این، بسته‌بندی پلاستیکی اقلام غذایی کودک و بطری‌های کودک باید منابع بالقوه NMPs و مواد شیمیایی پلاستیکی در نظر گرفته شود(۶۰). مطالعات نشان دادند که وقتی بطری‌های پلاستیکی کودک با آب گرم تکان داده می‌شوند تا ۱۶ میلیون میکروپلاستیک در لیتر آزاد می‌شوند و استریل‌سازی و آب با دمای بالا به طور قابل‌توجهی رهاسازی میکروپلاستیک را افزایش می‌دهد.آن‌ها به این نتیجه رسیدند کودکانی که از بطری‌های پلاستیکی کودک تغذیه می‌شوند، در معرض ۱۴۶۰۰ تا ۴۵۵۰۰۰۰ ذره در روز قرارمی‌گیرند(۶۱). تحقیقات آینده باید به دنبال بررسی اثر استفاده از پلاستیک در دوران بارداری و در اوایل دوران کودکی باشیم.

جذب پوستی

اگرچه تحقیقات با توجه به ویژگی‌های سطحی ذرات پلاستیک و ویژگی‌های بازدارنده عالی پوست بزرگسالان، احتمال مواجهه کم پوست با NMPs را بیان کرده‌اند(۴۴)، به‌طور کامل مشخص نیست که پوست کودکان چقدر آسیب‌پذیر است. سد پوستی بزرگسالان متفاوت از سد پوستی نوزادان و کودکان می‌باشد. خصوصاً نوزادان نارس که دارای لایه شاخی نازک‌تر و کم کارآمدتری هستند(۶۲). گزارش شده است که بلوغ مانع پوستی تا سال چهارم زندگی کودک ادامه دارد(۶۳). شواهد کمی برای انتقال نانوپلاستیک‌های بیش از ۱۰۰

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

نانومتر وجود دارد(۶۴)؛ برای NMPs های کوچک تر، راه های ورودی می‌تواند فولیکول‌های مو، غدد عرق(۶۵) یا پوست آسیب دیده واگزما باشد، که یک بیماری شایع دوران کودکی است(۶۶). استفاده مکرر از بسته‌بندی‌های پلاستیکی، نرم‌کننده‌ها و سایر محصولات مراقبت شخصی کودک نیز می‌تواند مواجهه NMPs باشد، اما تحقیقات در مورد منابع مرتبط وجود ندارد.

میکروپلاستیک‌ها در بدن

مطالعات نشان داده میکروپلاستیک‌ها می‌توانند در بدن یافت شوند که در جدول شماره ۲ به بعضی از آن‌ها اشاره شده است.

سم شناسی میکرو- نانوپلاستیک ها

اثرات سلامتی ذرات پلاستیک هنوز به خوبی شناخته نشده است و ارزیابی‌های اخیر به شکاف‌های دانش در رابطه با سموم سینتیک و پویایی NMPs اشاره می‌کند(۷۱). ذرات پلاستیکی کوچک‌تر احتمال بیش‌تری برای عبور از موانع بیولوژیکی و در نتیجه ورود به بافت‌ها یا توزیع سیستماتیک دارند. شواهد نشان می‌دهد که NMPs کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر می‌تواند به‌طور فعال در سراسر بافت پوششی (به عنوان مثال، توسط سلول‌های M در روده کوچک) منتقل شود، در حالی که میکروپلاستیک‌های بزرگ‌تر تا ۱۳۰ میکرومتر می‌توانند به‌صورت غیرفعال از طریق جذب منتقل شوند(۷۲).

اثرات NMPs بر سلامت کودک مشکل ساز است زیرا مکانیسم‌های دفاعی بدن (ریه‌ها و سیستم ایمنی) در بدو تولد به‌طور کامل توسعه نیافته‌اند و به‌عنوان مثال منجر به نرخ بسیار بالاتر عفونت‌های تنفسی و آسم در بین کودکان نسبت به بزرگسالان می‌شود(۱۶). این بدان معناست که مواجهه با محیط‌های مضر بزرگسالان ممکن است اثرات نامطلوبی بر سلامتی در اوایل زندگی داشته باشد. در بدو تولد سیستم ایمنی انسان‌ها ضعیف است و این موجب کاهش تعداد سلول‌های نوتروفیل و مونوسیت، کاهش عملکرد سلول‌های کشنده طبیعی می‌شود. به جای آن از ایمونوگلوبین‌های سلول های T مشتق شده از مادر و سایر عوامل ایمنی برای مبارزه با عفونت‌ها استفاده می‌شود(۷۴،۷۳).

اطلاعات کمی در مورد تأثیر مواجهه NMPs بر سیستم ایمنی در دوران رشد انسان وجود دارد. به نظر می‌رسد مطالعات اخیر تأیید می‌کند که ذرات PS، می‌توانند در محدوده اندازه نانو، اثرات سمی داشته باشند. گزارش شده است که نانوذرات PS (۲۵ و ۷۰ نانومتر) اثرات سمی روی سلول‌های بافت پوششی کیسه هوایی انسان دارند، در نتیجه بر زنده مانی سلولی تاثیر میگذارند و باعث توقف فاز S چرخه سلولی، استرس اکسیداتیو، رونویسی ژن التهابی و تغییر بیان پروتئین‌های مرتبط با چرخه سلولی و مرگ سلولی می‌شود(۷۶،۷۵). ذرات نامحلول کمتر از ۱۰ میکرومتر که می‌توانند به تعداد زیادی در ناحیه کیسه هوایی رسوب کنند، ممکن است باعث التهاب و تغییرات سیستمیک شوند(۷۷). این اتفاق به دلیل رسوب در محل کیسه هوایی و محدود بودن مکانیسم‌های پاکسازی است که فقط توسط

جدول شماره ۲: میکروپلاستیک در بدن

نویسندگان/سال /رفرنس	اندام هدف	نتایج
Guanو همکاران / ۲۰۲۳/ (۶۷)	توزیع زیستی ریز ذرات را در ۱۳ نوع مایعات مختلف بدن انسان که ۸ سیستم بدن را پوشش می دهد.	۷۰۲ میکروذره با اندازه های ۲/۱۵ تا ۱۰۳/۲۷ میکرومتر و ۹ نوع میکروپلاستیک با اندازه ۱۹/۶۶ تا ۱۰۳/۲۷ میکرومتر در مایعات بدن انسان گزارش شده است .
Barceloو همکاران/ ۲۰۲۳/ (۶۸)	شیر مادر، مدفوع و خون	رایج ترین میکروپلاستیک ها در شیرمادر با اندازه ۲ تا ۱۲ میکرومتر شامل PE، PVC و PP) شناسایی شدند که حضور آن ها به شدت بر رشد بعدی نوزاد تأثیر می گذارد و همچنین حداکثر مقدارPS, PE,PET در خون،۲/۴ ، ۷/۱ و ۴/۸ میکروگرم بر میلی لیتر بوده است. PP نیز در مدفوع با غلظت ۱۰/۱۹میکروگرم بر گرم فراوان ترین بود.
شهـواری پور و همکاران/ ۲۰۲۳/ (۶۹)	مو، پوست، بزاق و دست	۴۸۰۲ ذره با اندازه ۱۰۰ تا ۵۰۰۰ میکرومتر به صورت رشته ای، کروی و قطعه شناسایی شدند. فیبر با اندازه بیش از ۱۰۰۰ میکرومتر جزو فراوان ترین ذرات بوده است و دهان، پوست و مو به عنوان مسیر قطعی مواجهه میکروپلاستیک در نظر گرفته شد و بیان شد که وجود ذرات میکروپلاستیک در صنایعی تولید محصولات پلاستیکی می تواند خطری جدی برای کارگران باشد.
Yangو همکاران/ ۲۰۲۲/ (۷۰)	فولیکول های مو، غدد عرق یا پوست آسیب‌دیده	ذرات زیر ۱۰۰ نانومتر ممکن است از سد پوستی عبور کرده و از طریق پوست انسان نفوذ کنند.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

ماکروفاژها درگیر می‌شود وفرآیند پاکسازی ذرات نامحلول ممکن است ماه‌ها یا حتی سال‌ها طول بکشد(۷۹،۷۸). ذرات پلاستیک ممکن است به‌عنوان حامل مخلوطی از مواد شیمیایی و مواد جذب شده روی آن‌ها عمل کنند. این مواد شیمیایی ممکن است همراه با ذرات به قسمت‌های حساس تحتانی ریه‌ها منتقل شوند و پس از رسوب، ممکن است ذرات حل شده و وارد جریان خون شوند. شواهد نشان می‌دهد که ذرات نامحلول با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر(که در مطالعات آلودگی هوا به آن‌ها ذرات بسیار ریز می‌گویند) می‌توانند از طریق کیسه‌های ریوی وارد جریان خون شوند(۸۰) و هم‌چنین تعداد کمی از مطالعات حیوانی نشان دادند که مواجهه اولیه با NMPs می‌تواند اثر بر متابولیسم، تعادل ایمنی مادر و جنین، میکروبیوم، استرس اکسیداتیو و التهاب داشته باشد(۴۱-۸۱،۳۸).

در مطالعه بر روی موش‌های باردار، آن‌ها را در دوران بارداری و شیردهی در معرض میکروپلاستیک‌های پلی‌استایرن از طریق آب آشامیدنی قرار دادند و اثرات متابولیکی این ذرات را گزارش کردند(۴۱). با این حال باتوجه به مراحل اولیه تحقیق، این مطالعات محدودیت‌های خاصی دارند، مانند استفاده از دوزهای بسیار بالای NMPs کروی که عمدتاً از پلی استایرن تشکیل شده‌اند(۷۱) و اثرات طولانی مدت مواجهه سمیت بالقوه NMPs بر روی سیستم‌های دیگر و مغز در حال رشد نیز به شدت ناشناخته است. در یک مطالعه، جلا دهنده کف کوپلیمر آکریلات-استایرن در محیط مدرسه مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد نوجوانان سوزش چشم و مجاری هوایی تحتانی را تجربه کردند. تجزیه و تحلیل شیمیایی نشان داد مونومرهای آکریلات می‌توانند از طریق گرد و غبار قابل تنفس منتقل شوند. برخلاف کمبود داده‌های تجربی و اپیدمیولوژیک در مورد NMPs، داده‌های بهداشت حرفه‌ای از کارگران در صنایع پلاستیک و تحقیقات ارتوپدی روی ایمپلنت‌های پلاستیکی فراوان‌تر است. مواجهه شغلی در معرض الیاف پلاستیکی و گرد و غبار باعث علائم تنفسی و اختلال در عملکرد ریوی شد(۲). در دهه ۱۹۸۰، محققان به بررسی سقط جنین در زنان شاغل در صنعت پلاستیک پرداختند(۸۳،۸۲). بررسی این موضوع از نظر اثر بر سلامت کودک بسیار مهم است زیرا می دانیم که کودکان به طور گسترده تحت تأثیر آلودگی هوای محیط(۸۵،۸۴)، که شامل NMPs نیز می‌شود هستند. بررسی اثرات سلامتی در اثر مواجهه با پلاستیک به تنهایی غیر ممکن است چرا که ذرات پلاستیک می‌توانند به عنوان حامل برای گروه متنوعی از مواد شیمیایی عمل کنند(۸۷،۸۶،۱۲). این شامل مواد شیمیایی مورد استفاده در تولید پلاستیک مانند فتالات‌ها(۸۸)، بیسفنول‌ها(۸۹) و بازدارنده‌های شعله برم دار(۹۱،۹۰) و هم‌چنین مواد شیمیایی مانند هیدروکربن‌های اروماتیک چند حلقه‌ای، آفت‌کش‌های آلی کلردار و بی‌فنیل‌هایی که از محیط به پلاستیک‌ها جذب می‌شوند(۹۲). ذرات پلاستیک هم‌چنین می‌توانند حاوی فلزاتی مانند کادمیوم، روی، نیکل و سرب باشند که به عنوان رنگ دهنده یا تثبیت‌کننده آن‌ها اضافه می‌شوند(۱۰). تعدادی از مواد شیمیایی مورد استفاده در پلاستیک و سایر موادی که NMPs حمل می‌کنند به عنوان مواد شیمیایی مختل‌کننده غدد درون‌ریز طبقه‌بندی می‌شوند(۹۳). اسباب بازی‌های پلاستیکی قدیمی‌تر با سطوح ناایمن سرب، کادمیومئو برم هنوز به‌طور گسترده در مغازه‌های دست دوم و در میان وسایل دست دوم و اهدایی موجود هستند(۹۴). در مجموع، منجر به مواجهه ترکیبی از مواد شیمیایی و ذرات می‌شود که تا حد زیادی مشخص نشده باقی می‌ماند(۵). بر این اساس، ممکن است به دو صورت سمیت NMPs بروز کند که شامل وجود خود ذرات و یا از طریق انتشار آلاینده‌های جذب شده آن‌ها می‌باشد(۹۶،۹۵).

تلاش برای جدا کردن سمیت فیزیکی از اثرات شیمیایی NMPs به صورت تجربی، دشوار و بسیار پیچیده است. کودکان به علت ویژگی‌های خود مانند

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

حساسیت و آسیب‌پذیری بیش‌تر نسبت به مواد شیمیایی NMPs، در معرض خطرات بیش‌تری قرار دارند.

بررسی‌ها بر اساس شواهد موجود در مورد تماس اولیه با NMPs، نگرانی هایی را مطرح می کند، هم‌چنین نقصان دانش باعث کاهش تدابیر بهداشت عمومی درباره پلاستیک و به ویژه NMPs می‌شود. برطرف کردن نقصان دانش درمورد اثرات NMPs بر سلامت انسان و محیط زیست، هم‌چنین حمایت از توسعه جایگزین‌های ایمن تر مانند مواد با NMPs کم و شستشوی کمتر با مواد شیمیایی پلاستیکی، ضروری است. برخی از اقدامات پیشگیرانه که می‌توان جهت کاهش مواجهه کودکان با میکروپلاستیک‌ها انجام داد می‌تواند شامل استفاده از ظروف غیر پلاستیکی مثل شیشه، فلز یا سرامیک، جلوگیری از تماس مستقیم با مواد پلاستیکی و منع تماس مستقیم با اسباب بازی‌ها و لوازم پلاستیکی که ممکن است حاوی میکروپلاستیک باشند، آموزش به کودکان جهت حفاظت از محیط زیست و کاهش استفاده از مواد پلاستیکی و هم‌چنین استفاده از محصولات طبیعی برای مراقبت از پوست کودکان باشد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی با کد ۱۸۳۱۲ و کد اخلاق IR.MAZUMS.REC.1402.373 می باشد. بدینوسیله نویسندگان مقاله از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران جهت حمایت از این طرح تقدیر و تشکر می‌نمایند.

References

1. Hashempour H, Zozouli MA. Microplastics in aquatic resources: distribution, effects and fate. Waste Management 1400; 20(0): 12-20.
2. Koelmans B, Pahl S, Backhaus T, Bessa F, van Calster G, Contzen N, et al. A scientific perspective on microplastics in nature and society. Berlin: SAPEA; 2019.
3. Dronjak L, Exposito N, Rovira J, Florencio K, Emiliano P, Corzo B, et al. Microplastics Presence in Water and Sludge Lines of a Drinking Water Treatment Plant in Catalonia, Spain.
4. Shi Q, Tang J, Liu R, Wang L. Toxicity in vitro reveals potential impacts of microplastics and nanoplastics on human health: A review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 2022; 52(21): 3863-3895.
5. Zimmermann L, Dierkes G, Ternes TA, Völker C, Wagner M. Benchmarking the in vitro toxicity and chemical composition of plastic consumer products. Environ Sci Technol 2019; 53(19): 11467-11477.
6. Hinds WC, Zhu Y. Aerosol technology: properties, behavior, and measurement of airborne particles. 3rd ed: John Wiley & Sons; 2022.
7. Amato-Lourenço LF, dos Santos Galvão L, de Weger LA, Hiemstra PS, Vijver MG, Mauad T. An emerging class of air pollutants: potential effects of microplastics to respiratory human health? Sci Total Environ 2020; 749: 141676.
8. Riediker M, Zink D, Kreyling W, Oberdörster G, Elder A, Graham U, et al. Particle toxicology and health-where are we? Particle and Fibre Toxicology 2019; 16(1): 19.
9. Stone V, Miller MR, Clift MJ, Elder A, Mills NL, Møller P, et al. Nanomaterials versus ambient ultrafine particles: an opportunity to exchange toxicology knowledge. Environ Health Perspect 2017; 125(10): 106002.
10. Campanale C, Massarelli C, Savino I, Locaputo V, Uricchio VF. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

Int J Environ Res Public Health 2020; 17(4): 1212.

11. Eriksson AC, Andersen C, Krais AM, Nøjgaard JK, Clausen P-A, Gudmundsson A, et al. Influence of airborne particles' chemical composition on SVOC uptake from PVC flooring—Time-resolved analysis with aerosol mass spectrometry. Environmental Science & Technology 2019; 54(1): 85-91.
12. Rochman CM, Brookson C, Bikker J, Djuric N, Earn A, Bucci K, et al. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. Environmental toxicology and chemistry 2019; 38(4): 703-711.
13. Senathirajah K, Attwood S, Bhagwat G, Carbery M, Wilson S, Palanisami T. Estimation of the mass of microplastics ingested–A pivotal first step towards human health risk assessment. J Hazard Mater 2021; 404(pt B): 124004.
14. Shivhare S, Sharma A. Plastic Pollution from River to Ocean: A Comprehensive Review in Indian Scenario. Preprints 2023.
15. Soma T, Nagata M. Immunosenescence, inflammaging, and lung senescence in asthma in the elderly. Biomolecules 2022; 12(10): 1456.
16. Landrigan PJ, Etzel RA. Textbook of children's environmental health: Oxford University Press, USA; 2013.
17. Vizcaino E, Grimalt JO, Glomstad B, Fernández-Somoano A, Tardón A. Gestational weight gain and exposure of newborns to persistent organic pollutants. Environ Health Perspect 2014; 122(8): 873-879.
18. Mohamed Nor NH, Kooi M, Diepens NJ, Koelmans AA. Lifetime accumulation of microplastic in children and adults. Environ Sci Technol 2021; 55(8): 5084-5096.
19. Malmberg B, Leanderson P, Nilsson A, Flodin U. Powdering floor polish and mucous membrane irritation in secondary school pupils. International archives of occupational and Environmental Health 2000; 73: 498-502.
20. Abbasi S, Keshavarzi B, Moore F, Delshab H, Soltani N, Sorooshian A. Investigation of microrubbers, microplastics and heavy metals in street dust: a study in Bushehr city, Iran. Environmental Earth Sciences 2017; 76: 798.
21. Abbasi S, Keshavarzi B, Moore F, Turner A, Kelly FJ, Dominguez AO, et al. Distribution and potential health impacts of microplastics and microrubbers in air and street dusts from Asaluyeh County, Iran. Environ Pollut 2019; 244: 153-164.
22. Dehghani S, Moore F, Akhbarizadeh R. Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. Environ Sci Pollut Res Int 2017; 24(25): 20360-20371.
23. Dris R, Gasperi J, Mirande C, Mandin C, Guerrouache M, Langlois V, et al. A first overview of textile fibers, including microplastics, in indoor and outdoor environments. Environ Pollut 2017; 221: 453-458.
24. Liu C, Li J, Zhang Y, Wang L, Deng J, Gao Y, et al. Widespread distribution of PET and PC microplastics in dust in urban China and their estimated human exposure. Environment international 2019; 128: 116-124.
25. Zhang J, Wang L, Kannan K. Microplastics in house dust from 12 countries and associated human exposure. Environment International 2020; 134: 105314.
26. Barboza LGA, Cunha SC, Monteiro C, Fernandes JO, Guilhermino L. Bisphenol A and its analogs in muscle and liver of fish from the North East Atlantic Ocean in relation to microplastic contamination. Exposure and risk

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

to human consumers. Journal of hazardous materials 2020; 393: 122419.

27. Zazouli M, Nejati H, Hashempour Y, Dehbandi R, Fakhri Y. Occurrence of microplastics (MPs) in the gastrointestinal tract of fishes: A global systematic review and meta-analysis and meta-regression. Sci Total Environ 2022; 815: 152743.
28. Akhbarizadeh R, Moore F, Keshavarzi B. Investigating a probable relationship between microplastics and potentially toxic elements in fish muscles from northeast of Persian Gulf. Environ Pollut 2018; 232: 154-163.
29. Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE. Human consumption of microplastics. Environ Sci Technol 2019; 53(12): 7068-7074.
30. Makhdoumi P, Amin AA, Karimi H, Pirsaheb M, Kim H, Hossini H. Occurrence of microplastic particles in the most popular Iranian bottled mineral water brands and an assessment of human exposure. Journal of Water Process Engineering 2021; 39: 101708.
31. Zuccarello P, Ferrante M, Cristaldi A, Copat C, Grasso A, Sangregorio D, et al. Exposure to microplastics (<10 μm) associated to plastic bottles mineral water consumption: The first quantitative study. Water Res 2019; 157: 365-371.
32. Grafmueller S, Manser P, Diener L, Diener PA, Maeder-Althaus X, Maurizi L, et al. Bidirectional transfer study of polystyrene nanoparticles across the placental barrier in an ex vivo human placental perfusion model. Environ Health Perspect 2015; 123(12): 1280-1286.
33. Gruber MM, Hirschmugl B, Berger N, Holter M, Radulović S, Leitinger G, et al. Plasma proteins facilitates placental transfer of polystyrene particles. J Nanobiotechnol 2020; 18(1): 128.
34. Huang JP, Hsieh PC, Chen CY, Wang TY, Chen PC, Liu CC, et al. Nanoparticles can cross mouse placenta and induce trophoblast apoptosis. Placenta 2015; 36(12): 1433-1441.
35. Ragusa A, Svelato A, Santacroce C, Catalano P, Notarstefano V, Carnevali O, et al. Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. Environ Int 2021; 146: 106274.
36. Wick P, Malek A, Manser P, Meili D, Maeder-Althaus X, Diener L, et al. Barrier capacity of human placenta for nanosized materials. Environ Health Perspect 2010; 118(3): 432-436.
37. Fournier SB, D'Errico JN, Adler DS, Kollontzi S, Goedken MJ, Fabris L, et al. Nanopolystyrene translocation and fetal deposition after acute lung exposure during late-stage pregnancy. Particle and Fibre Toxicology 2020; 17: 55.
38. Alberg T, Hansen JS, Lovik M, Nygaard UC. Particles influence allergic responses in mice—role of gender and particle size. J Toxicol Environ Health A 2014; 77(5): 281-292.
39. Inocencio IM, Bischof RJ, Xiang SD, Zahra VA, Nguyen V, Lim T, et al. Exacerbation of ventilation-induced lung injury and inflammation in preterm lambs by high-dose nanoparticles. Sci Rep 2017; 7(1): 14704.
40. Han Y, Song Y, Kim GW, Ha C, Lee J, Kim M, et al. No prominent toxicity of polyethylene microplastics observed in neonatal mice following intratracheal instillation to dams during gestational and neonatal period. Toxicol Res 2021; 37(4): 443-450.
41. Luo T, Wang C, Pan Z, Jin C, Fu Z, Jin Y. Maternal polystyrene microplastic exposure during gestation and lactation altered

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

metabolic homeostasis in the dams and their F1 and F2 offspring. Environ Sci Technol 2019; 53(18): 10978-10992.

42. Luo T, Zhang Y, Wang C, Wang X, Zhou J, Shen M, etal. Maternal exposure to different sizes of polystyrene microplastics during gestation causes metabolic disorders in their offspring. Environ Pollut 2019; 255: 113122.
43. Kannan K, Vimalkumar K. A review of human exposure to microplastics and insights into microplastics as obesogens. Front Endocrinol 2021; 12: 724989.
44. Lehner R, Weder C, Petri-Fink A, Rothen-Rutishauser B. Emergence of nanoplastic in the environment and possible impact on human health. Environ Sci Technol 2019; 53(4): 1748-1765.
45. Zhang J, Wang L, Trasande L, Kannan K. Occurrence of polyethylene terephthalate and polycarbonate microplastics in infant and adult feces. Environmental Science & Technology Letters 2021; 8(11): 989-994.
46. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, Bucsics T, Trauner M, Reiberger T, et al. Detection of various microplastics in human stool: a prospective case series. Ann Intern Med 2019; 171(7): 453-457.
47. Prata JC. Airborne microplastics: consequences to human health? Environmental pollution 2018; 234: 115-126.
48. Akhbarizadeh R, Dobaradaran S, Torkmahalleh MA, Saeedi R, Aibaghi R, Ghasemi FF. Suspended fine particulate matter (PM2. 5), microplastics (MPs), and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in air: their possible relationships and health implications. Environ Res 2021; 192: 110339.
49. Cai L, Wang J, Peng J, Tan Z, Zhan Z, Tan X, et al. Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: preliminary research and first evidence. Environ Sci Pollut Res 2017; 24(32): 24928-24935.
50. Allen S, Allen D, Phoenix V, Le Roux G. Durántez Jimé nez P, Simonneau A, et al. Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. Nature Geoscience 2019; 12(5): 339-344.
51. Soltani NS, Taylor MP, Wilson SP. Quantification and exposure assessment of microplastics in Australian indoor house dust. Environ Pollut 2021; 283: 117064.
52. Xue J, Zartarian V, Moya J, Freeman N, Beamer P, Black K, etal. A meta- analysis of children's hand- to- mouth frequency data for estimating nondietary ingestion exposure. Risk Anal 2007; 27(2): 411-420.
53. Mata TM, Felgueiras F, Martins AA, Monteiro H, Ferraz MP, Oliveira GM, et al. Indoor air quality in elderly centers: Pollutants emission and health effects. Environments 2022; 9(7): 86.
54. Brasche S, Bischof W. Daily time spent indoors in German homes–baseline data for the assessment of indoor exposure of German occupants. Int J Hyg Environ Health 2005; 208(4): 247-253.
55. Semmler-Behnke M, Kreyling WG, Schulz H, Takenaka S, Butler JP, Henry FS, et al. Nanoparticle delivery in infant lungs. Proc Natl Acad Sci U S A 2012; 109(13): 5092-5097.
56. Kremer A, Pal T, Boleij J, Schouten J, Rijcken B. Airway hyperresponsiveness, prevalence of chronic respiratory symptoms, and lung function in workers exposed to irritants. Occup Environ Med 1994; 51(1): 3-13.
57. Pauly JL, Stegmeier SJ, Allaart HA, Cheney RT, Zhang PJ, Mayer AG, et al. Inhaled cellulosic and plastic fibers found in human

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

lung tissue. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev 1998; 7(5): 419-428.

58. Vähäkangas K, Myllynen P. Drug transporters in the human blood- placental barrier. Br J Pharmacol 2009; 158(3): 665-678.
59. Mogensen UB, Grandjean P, Nielsen F, Weihe P, Budtz-Jørgensen E. Breastfeeding as an exposure pathway for perfluorinated alkylates. Environ Sci Technol 2015; 49(17): 10466-10473.
60. Li D, Shi Y, Yang L, Xiao L, Kehoe DK, Gun'ko YK, et al. Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation. Nat Food 2020; 1(11): 746-754.
61. Li D, Shi Y, Yang L, Xiao L, Kehoe DK, Gun, ko YK, et al. Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation. Nat Food 2020; 1(11): 746-754.
62. Mancini AJ. Skin. Pediatrics 2004; 113 (Supplement_3): 1114-1119.
63. Mack MC, Chu MR, Tierney NK, Ruvolo Jr E, Stamatas GN, Kollias N, et al. Water-holding and transport properties of skin stratum corneum of infants and toddlers are different from those of adults: studies in three geographical regions and four ethnic groups. Pediat Dermatol 2016; 33(3): 275-282.
64. Bouwstra J, Pilgram G, Gooris G, Koerten H, Ponec M. New aspects of the skin barrier organization. Skin Pharmacol Appl Skin Physiol 2001; 14(Suppl 1): 52-62.
65. Alvarez-Román R, Naik A, Kalia Y, Guy RH, Fessi H. Skin penetration and distribution of polymeric nanoparticles. J Controlled Release 2004; 99(1): 53-62.
66. Myers JMB, Hershey GKK. Eczema in early life: genetics, the skin barrier, and lessons learned from birth cohort studies. J Pediatr 2010; 157(5): 704-714.
67. Guan Q, Jiang J, Huang Y, Wang Q, Liu Z, Ma X, et al. The landscape of micron-scale particles including microplastics in human enclosed body fluids. Journal of Hazardous Materials 2023; 442: 130138.
68. Barceló D, Picó Y, Alfarhan AH. Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts. Environ Toxicol Pharmacol 2023; 101: 104204.
69. Shahsavaripour M, Abbasi S, Mirzaee M, Amiri H. Human occupational exposure to microplastics: A cross-sectional study in a plastic products manufacturing plant. Sci Total Environ 2023; 882: 163576.
70. Yang X, Man YB, Wong MH, Owen RB, Chow KL. Environmental health impacts of microplastics exposure on structural organization levels in the human body. Science of the Total Environment 2022; 825(8): 154025.
71. Marsden P, Koelmans A, Bourdon-Lacombe J, Gouin T, D'Anglada L, Cunliffe D, etal. Microplastics in drinking water. World Health Organization 2019: 124.
72. Wright SL, Kelly FJ. Plastic and human health: a micro issue? Environ Sci Technol 2017; 51(12): 6634-6647.
73. Pollard AJ, Bijker EM. A guide to vaccinology: from basic principles to new developments. Nature Reviews Immunology 2021; 21(2): 83-100.
74. Simon AK, Hollander GA, McMichael A. Evolution of the immune system in humans from infancy to old age. Proc Biol Sci 2015; 282(1821): 20143085.
75. Dong CD, Chen CW, Chen YC, Chen HH, Lee JS, Lin CH. Polystyrene microplastic particles: In vitro pulmonary toxicity assessment. J

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

Hazard Mater 2020; 385: 121575.

76. Xu M, Halimu G, Zhang Q, Song Y, Fu X, Li Y, et al. Internalization and toxicity: A preliminary study of effects of nanoplastic particles on human lung epithelial cell. Sci Total Environ 2019; 694: 133794.
77. Garcés M, Cáceres L, Chiappetta D, Magnani N, Evelson P. Current understanding of nanoparticle toxicity mechanisms and interactions with biological systems. New J Chem 2021; 45(32): 14328-14344.
78. Hinds W. Aerosol technology: properties, behavior,and measurement of airborne particles 2nd ed. ed Wiley. New York. 1999.
79. Nagre N, Cong X, Pearson AC, Zhao X. Alveolar macrophage phagocytosis and bacteria clearance in mice. J Vis Exp 2019(145): 10.3791/59088.
80. Saenen ND, Bové H, Steuwe C, Roeffaers MB, Provost EB, Lefebvre W, et al. Children's urinary environmental carbon load. A novel marker reflecting residential ambient air pollution exposure? Am J Respir Crit Care Med 2017; 196(7): 873-881.
81. Bosman S, Nieto S, Patton W, Jacobson J, Corselli J, Chan P. Development of mammalian embryos exposed to mixed-size nanoparticles. Clin Exp Obstet Gynecol 2005; 32(4): 222-224.
82. Lindbohm ML, Hemminki K, Kyyrönen P. Spontaneous abortions among women employed in the plastics industry. Am J Ind Med 1985; 8(6): 579-586.
83. McDonald AD, Lavoie J, Côté R, McDonald JC. Spontaneous abortion in women employed in plastics manufacture. Am J Ind Med 1988; 14(1): 9-14.
84. Pollution WA. Child Health: Prescribing Clean Air. World Health Organization: Geneva, Switzerland. 2018. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/275545/WHO-CED-PHE-18.01-eng.pdf.
85. Organization WH. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2. 5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: World Health Organization; 2021.
86. Hartmann N, Rist S, Bodin J, Jensen L, Schmidt S, Mayer P, et al. Microplastics as vectors for environmental contaminants: exploring sorption, desorption, and transfer to biota.Integr Environ Assess Manag 2017; 13(3): 488-493.
87. Wiesinger H, Wang Z, Hellweg S. Deep dive into plastic monomers,additives, and processing aids. Environ Sci Technol 2021; 55(13): 9339-9351.
88. Bølling AK, Sripada K, Becher R, Bekö G. Phthalate exposure and allergic diseases: Review of epidemiological and experimental evidence. Environ Int 2020; 139: 105706.
89. Asimakopoulos AG, Elangovan M, Kannan K. Migration of parabens, bisphenols, benzophenone-type UV filters, triclosan, and triclocarban from teethers and its implications for infant exposure. Environ Sci Technol 2016; 50(24): 13539-13547.
90. Sindiku O, Babayemi J, Osibanjo O, Schlummer M, Schluep M, Watson A, et al. Polybrominated diphenyl ethers listed as Stockholm Convention POPs, other brominated flame retardants and heavy metals in e-waste polymers in Nigeria. Environ Sci Pollut Res Int 2015; 22: 14489-14501.
91. Tsydenova O, Bengtsson M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. Waste Management 2011; 31(1): 45-58.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]

92. Gasperi J, Wright SL, Dris R, Collard F, Mandin C, Guerrouache M, et al. Microplastics in air: are we breathing it in? Current Opinion in Environmental Science & Health 2018; 1: 1-5.
93. Wu X. Applications of titanium dioxide materials. Titanium Dioxide—Advances and Applications. 2021 Aug 9. Available from: https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=urBjEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA175&dq=Application+of+Titanium+Dioxide+in+the+Plastic+Industry&ots=roZPZ9TPLO&sig=Kb17O3nVr6OcYTjkN92EEcVYcW0#v=onepage&q=Application%20of%20Titanium%20Dioxide%20in%20the%20Plastic%20Industry&f=false.
94. Turner A. Concentrations and migratabilities of hazardous elements in second-hand children's plastic toys. Environ Sci Technol 2018; 52(5): 3110-3116.
95. Bouwmeester H, Hollman PC, Peters RJ. Potential health impact of environmentally released micro-and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. Environ Sci Technol 2015; 49(15): 8932-8947.
96. Vethaak AD,Legler J.Microplastics and human health. Science 2021; 371(6530): 672-674.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-13]