Family Health and Population Rejuvenation Journal 2026, Volume 1, Issue 1

Effects of Toxicants and Emerging Pollutants from Cigarette Filters and Smoking on Female and Male Fertility Indicators: A Scoping Review with Identification of Research Gaps

Soraya Amiri Sabouri[1], Maryam Zali Baharvand[1], Forugh Aleebrahim[2]*

[1] Student Research Committee, Torbat-e Jam Faculty of Medical Sciences, Torbat-e Jam, Iran
[2] MSc in Epidemiology, Department of Public Health, Torbat-e Jam Faculty of Medical Sciences, Torbat-e Jam, Iran

Article Info:
Received: May 12, 2026
Revised: June 9, 2026
Accepted: September 26, 2026

Keywords:
Cigarette butt,
Cigarette filter,
Emerging pollutants,
Ovarian reserve,
Reproductive health,
Semen quality,
Scoping review

ABSTRACT

Background and Objectives: Cigarette filters and discarded cigarette butts contain thousands of chemicals, including heavy metals and cellulose acetate microplastics, which are increasingly recognized as emerging environmental pollutants. However, evidence linking these contaminants to reproductive outcomes remains fragmented and heterogeneous. This scoping review aimed to map the available evidence on the effects of cigarette-related toxicants and filter-derived pollutants on fertility indicators in women and men, and to identify key research gaps.

Materials and Methods: This scoping review was conducted in accordance with the five-stage framework of Arksey and O'Malley and reported following the PRISMA-ScR guideline. A comprehensive search of PubMed, Scopus, and Web of Science, as well as the Iranian databases SID and Magiran, was performed for studies published from January 1986 to March 2025 using a combination of MeSH terms and free-text keywords. Two reviewers independently screened records and extracted data. Eligible sources included primary studies and evidence syntheses examining cigarette toxicants, filter-related compounds, and fertility-related outcomes.

Results: Of 61,596 titles/abstracts screened, 10 studies met the inclusion criteria. Overall, the evidence suggested that toxic constituents and heavy metals (notably cadmium, lead, and nicotine), through oxidative stress, sperm DNA fragmentation, and endocrine disruption, are associated with reduced sperm concentration and motility in men, and diminished ovarian reserve (lower anti-Müllerian hormone [AMH]) and accelerated follicular apoptosis in women. While ecotoxicological studies have established the toxicity of cigarette-butt leachates and filter-related compounds, direct epidemiologic evidence on chronic environmental exposure to cigarette-butt pollutants in humans is scarce; existing human evidence largely reflects active smoking or secondhand smoke exposure rather than long-term, low-level environmental contact.

Conclusion: Cigarette-derived toxicants and filter-retained compounds represent important risk factors for reproductive health in both sexes. A major research gap is the limited human evidence on systemic exposure to microplastics and pollutants released from cigarette butts into the environment and their potential reproductive effects. Future work should prioritize well-designed prospective cohort studies and biomarker-based exposure assessments.

Citation Amiri Sabouri S, Zali Baharvand M, Aleebrahim F. Effects of Toxicants and Emerging Pollutants from Cigarette Filters and Smoking on Female and Male Fertility Indicators: A Scoping Review with Identification of Research Gaps. FHPRJ. 2026;1(1):1-10. DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1

Corresponding Author(s):
Forugh Aleebrahim
Address: *Torbat-e Jam Faculty of Medical Sciences, Mir-Ghavam Street, Torbat-e Jam, Iran*
Tel*: +98 9171741189*
E-mail: forugha07@gmail.com

© 2026 The Author(s); Published by Esfarayen University of Medical Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

مجله سلامت خانواده و جوانی جمعیت
سال ۱۴۰۵، دوره ۱، شماره ۱

مقالهٔ پژوهشی

اثرات سموم و آلاینده‌های نوپدید ناشی از فیلتر و مصرف سیگار بر شاخص‌های باروری زنان و مردان: یک مرور حیطه‌ای به‌همراه شناسایی شکاف‌های پژوهشی

ثریا امیری صبوری[۱]، مریم ذالی بهاروند[۱]، فروغ آل ابراهیم[۲*]

[۱] کمیتهٔ تحقیقات دانشجویی، دانشکدهٔ علوم پزشکی تربت جام، تربت جام، ایران
[۲] کارشناس‌ارشد اپیدمیولوژی، گروه بهداشت عمومی، دانشکدهٔ علوم پزشکی تربت جام، تربت جام، ایران

چکیده

زمینه و هدف: بقایای فیلتر و ته‌سیگار حاوی هزاران ترکیب شیمیایی، فلزات سنگین و میکروپلاستیک‌های استات سلولز هستند که امروزه به‌عنوان آلاینده‌های نوپدید محیطی شناخته می‌شوند. بااین‌حال، شواهد پراکنده‌ای در خصوص پیوند میان این آلاینده‌ها و پیامدهای باروری وجود دارد. هدف از مطالعهٔ حاضر، مرور دامنه‌ای شواهد موجود پیرامون اثرات این آلاینده‌ها بر شاخص‌های باروری زنان و مردان و تعیین شکاف‌های پژوهشی موجود بود.

روش‌ها: این مطالعهٔ مرور دامنه‌ای براساس چهارچوب پنج‌مرحله‌ای آرکسی و اومالی (Arksey & O'Malley) و راهنمای پریزما برای مرورهای دامنه‌ای (PRISMA-ScR) انجام شد. جست‌وجوی جامع در پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی PubMed ، Scopus، و Web of Science و پایگاه‌های ملیِ SID و Magiran از ژانویه ۱۹۸۶ تا مارس ۲۰۲۵ با ترکیب کلیدواژه‌های MeSH و آزاد صورت گرفت. غربالگری و استخراج داده‌ها توسط دو پژوهشگر به‌صورت مستقل انجام شد. مطالعات اولیه و سنتزهای شواهد که به بررسی سموم سیگار، ترکیبات فیلتر و پیامدهای باروری پرداخته بودند، وارد مطالعه شدند.

نتایج: از میان ۶۱۵۹۶ عنوان/چکیده غربال‌شده، در نهایت، ۱۰ مطالعهٔ واجد شرایط وارد بررسی نهایی شدند. یافته‌ها نشان داد که ترکیبات سمی و فلزات سنگین (ازجمله کادمیوم، سرب و نیکوتین) ازطریق القای استرس اکسیداتیو، قطعه‌قطعه‌شدن DNA اسپرم و اختلالات هورمونی، با افت غلظت و تحرک اسپرم در مردان، و با کاهش ذخیره تخمدانی (افت AMH) و تسریع آپوپتوز فولیکولی در زنان همراه هستند. شواهد نشان داد که اگرچه سمیّت ترکیبات فیلتر و ته‌سیگار در مطالعات اکوتوکسیکولوژی به اثبات رسیده، اما شواهد اپیدمیولوژیک مستقیم دربارهٔ مواجههٔ مزمن محیطی انسان با ته‌سیگار وجود ندارد و شواهد انسانی کنونی عمدتاً حاصل مصرف مستقیم یا دود دست دوم است.

نتیجه‌گیری: سموم ناشی از سیگار و ترکیبات احتباس‌یافته در فیلتر، عوامل مخاطره‌آمیز جدی برای سلامت باروری هستند. شکاف پژوهشی بارزی درزمینهٔ سنجش مواجههٔ مستقیم زیست‌محیطی با میکروپلاستیک‌ها و روان‌های ناشی از ته‌سیگار بر دستگاه تناسلی انسان وجود دارد که نیازمند مطالعات هم‌گروهی و ارزیابی‌های بیومارکری در آینده است.

اطلاعات مقاله:
دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۲
ویرایش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۹
پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۴

کلیدواژه‌ها:
ته‌سیگار،
فیلتر سیگار،
آلاینده‌های نوپدید،
باروری،
اسپرم،
تخمک،
مرور دامنه‌ای

***نویسنده مسئول:** فروغ آل ابراهیم
نشانی: دانشکدهٔ علوم پزشکی تربت جام، خیابان میرقوام، تربت جام، ایران
تلفن: ۰۹۱۷۱۷۴۱۱۸۹
پست الکترونیک: forugha07@gmail.com

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

مقدمه

اصطلاح آلاینده‌های نوپدید به مواد و ترکیباتی اطلاق می‌شود که اخیراً به‌عنوان تهدیدی جدی برای اکوسیستم و سلامت عمومی شناخته شده‌اند و معمولاً در قوانین و پایش‌های استاندارد زیست‌محیطی گذشته لحاظ نمی‌شده‌اند (۱). ته‌سیگار و فیلترهای مصرف‌شده، که عمدتاً از الیاف استات سلولز (نوعی میکروپلاستیک دیرزیست) تشکیل شده‌اند، حاوی بیش از هفت‌هزار مادهٔ شیمیایی جذب‌شده شامل نیکوتین، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، نیتروزآمین‌های اختصاصی تنباکو (TSNAs) و فلزات سنگین سمیت‌زا مانند کادمیوم، سرب، آرسنیک و کروم هستند (۲). این ضایعات با رهاسازی در محیط زیست، ازطریق نشت شیرابه، ورود به منابع آب و خاک و نهایتاً ورود به زنجیره غذایی، به‌عنوان یکی از فراوان‌ترین آلاینده‌های نوپدید محیطی مطرح هستند که شواهد اولیه حاکی از پتانسیل مخرب آن‌ها بر غدد درون‌ریز و سیستم تولیدمثلی پستانداران است (۳).

ازسوی‌دیگر، ناباروری یکی از چالش‌های عمدهٔ سلامت عمومی در جهان به‌شمار می‌رود که حدود ۱۷/۵ درصد از جمعیت بزرگ‌سال (تقریباً یک نفر از هر شش‌نفر) را در سراسر جهان تحت‌تأثیر قرار داده است (۴). برآوردهای سازمان جهانی بهداشت حاکی از آن است که حدود یک‌سومِ مردان بالغ جهان و درصد قابل‌توجهی از زنان در سنین باروری مصرف‌کننده دخانیات هستند(۵). براساس گزارش‌های اپیدمیولوژیک در ایران نیز شیوع مصرف دخانیات در جمعیت عمومی ۱۴/۶ درصد برآورد شده و تمایل به مصرف سایر فرآورده‌ها نظیر قلیان در هر دو جنس روندی فزاینده دارد (۶). شواهد نشان می‌دهد مواجهه با سموم ناشی از دخانیات در بروزِ تا ۱۳ درصد از موارد ناباروری زوجین نقش دارد و می‌تواند شانس باروری طبیعی را ۱۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد (۷).

دود و بقایای تنباکو حاوی ترکیبات سمی متعددی ازجمله نیکوتین، کادمیوم، فرمالدئید، بنزن، تولوئن و ایزوتوپ‌های رادیواکتیو مانند پولونیوم-۲۱۰ است که اثرات سمی مستقیمی بر گامتوژنز دارند (۸). در مردان، نیکوتین و متابولیت‌های آن با القای استرس اکسیداتیو، تولید بیش از حد گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و ایجاد شکست در ساختار DNA اسپرم موجب کاهش تحرک، تغییرات مورفولوژیک، اختلال در عملکرد غدد ضمیمهٔ جنسی و نقص در اتصال و نفوذ اسپرم به تخمک می‌شوند(۹). علاوه‌براین، فلزات سنگین مانند کادمیوم و سرب با ایجاد اختلال در سنتز تستوسترون و تغییر در ترشح گلوبولین متصل‌شونده به هورمون جنسی (SHBG)، اسپرماتوژنز را سرکوب می‌کنند (۱۰).

در زنان نیز مواجهه با این آلاینده‌ها با عوارض جدی بر سلامت باروری همراه است. سموم موجود در فیلتر و دود سیگار ازطریق القای آپوپتوز در سلول‌های گرانولوزا و تسریع روند آترزی فولیکولی، باعث افت ذخیرهٔ تخمدانی (کاهش سطح هورمون آنتی‌مولرین (AMH)، افت کیفیت اووسیت و یائسگی زودرس (یک تا چهار سال زودتر از موعد) می‌شوند (۱۱). همچنین اثرات انقباض عروقی و هیپوکسی ناشی از نیکوتین و مونوکسید کربن، عملکرد مژک‌های لوله فالوپ را مختل کرده و خطر بارداری خارج رحمی، سقط خودبه‌خودی، محدودیت رشد داخل رحمی جنین (IUGR) و زایمان زودرس را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۱۲). این سموم همچنین بر نتایج روش‌های کمک‌باروری (ART) اثر سوء داشته و نرخ موفقیت چرخه‌های لقاح خارج از رحمی (IVF) را به‌میزان چشمگیری کاهش می‌دهند (۷).

باوجود حجم قابل‌توجهی از پژوهش‌ها پیرامون مصرف مستقیم دخانیات، نتایج مطالعات بالینی در خصوص شدت تأثیر این سموم بر شاخص‌های مایع منی و باروری به‌دلیل تفاوت‌های فردی، شدت مواجهه، عوامل ژنتیکی و مخدوش‌کننده‌های محیطی در جوامع گوناگون با ناهمگونی‌هایی همراه بوده است (۱۳). ازسوی‌دیگر، در حالی که اثرات اکوتوکسیکولوژیک فیلتر و ته‌سیگار بر آبزیان و ارگانیسم‌های مدل اثبات شده، ابعاد دقیق اثرات این آلاینده‌های نوپدید و میکروپلاستیک‌های ناشی از آن بر سلامت باروری انسان به‌صورت یکپارچه سنتز نشده و شواهد بالینی آن دچار پراکندگی است (۱۴). ازاین‌رو، مطالعهٔ حاضر با هدف مرور دامنه‌ای شواهد موجود پیرامون تأثیر سموم و آلاینده‌های نوپدید ناشی از فیلتر و ته‌سیگار بر شاخص‌های باروری زنان و مردان و شناسایی شکاف‌های پژوهشی در این حیطه طراحی و اجرا شد.

روش‌ها

این مطالعه از نوع مرور دامنه‌ای است که با پیروی از چهارچوب ارائه‌شده توسط ارکیسی و اومالی و دستورالعمل اجرایی PRISMA-ScR طراحی و اجرا گردید. هدف از این مطالعه نقشه‌برداری، تجمیع و تحلیل شواهد علمی موجود پیرامون تأثیر آلاینده‌های نوپدید ناشی از فیلتر سیگار و ته‌سیگار بر سلامت باروری مردان و زنان است.

به‌منظور شناسایی تمامی مطالعات مرتبط، جست‌وجوی جامع و نظام‌مند بدون اِعمال محدودیت زبانی در پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی شامل PubMed، Scopus، Web of Science، Embase و موتور جست‌وجوی Google Scholar و همچنین پایگاه‌های داخلی شامل SID، Magiran و Civilica انجام شد. بازهٔ زمانی جست‌وجو از ژانویهٔ ۱۹۸۶ تا مارس ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد. علاوه‌براین، به‌منظور دستیابی به حداکثر اشباع ادبیات پژوهش، فهرست منابع (Reference lists) مقالات منتخب و مرورهای مرتبط نیز به‌صورت دستی (Manual Scoping) بررسی شدند.

استراتژی جست‌وجو با استفاده از کلیدواژه‌های تخصصی و مش (MeSH Terms) ازجمله:

(Cigarette Butt OR *Cigarette Filter* OR *Smoking* OR *Tobacco*) AND (*Emerging Contaminants* OR

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

Heavy Metals OR *Microplastics*) AND (*Fertility* OR *Infertility* OR *Reproductive Health* OR *Male Fertility* OR *Female Fertility* OR *Sperm* OR *Oocyte*)*

استراتژی جست‌وجو در پاب‌مد

("Cigarette filter"[Mesh] OR "cigarette butt*"[tw] OR "tobacco smoke pollution"[Mesh] OR "cellulose acetate microplastic*"[tw] OR "emerging pollutants"[tw]) AND ("Infertility"[Mesh] OR "Sperm Count"[Mesh] OR "Semen Analysis"[Mesh] OR "Ovarian Reserve"[Mesh] OR "Sperm Motility"[tw] OR "Reproduction"[Mesh])

و معادل‌های فارسی آن‌ها در پایگاه‌های داخلی، با استفاده از عملگرهای بولی (AND و OR) تدوین و اجرا گردید.

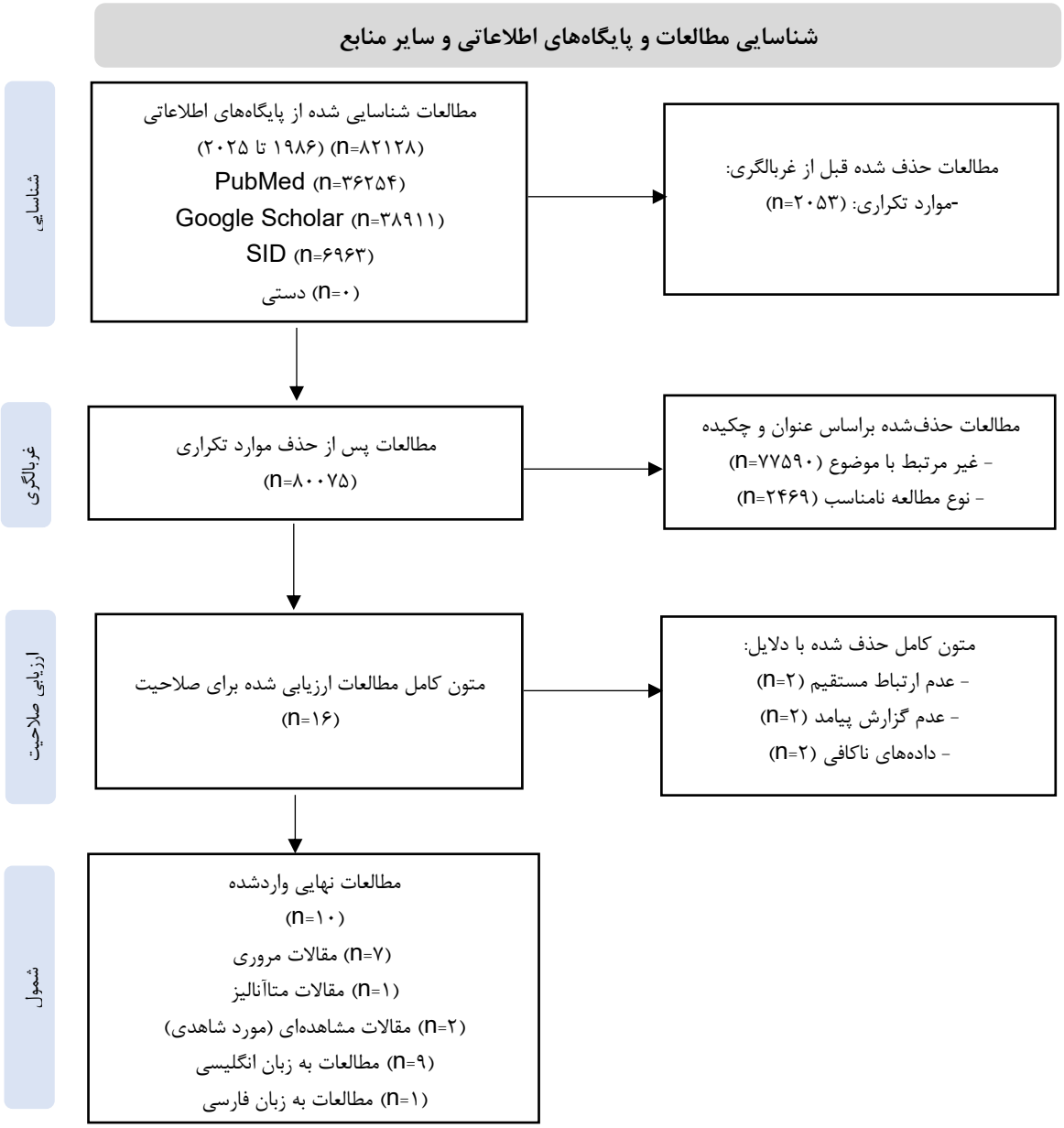
تمامی رکوردهای به‌دست‌آمده وارد نرم‌افزار مدیریت منابع EndNote نسخهٔ X9 شدند و پس از شناسایی، مطالعات تکراری حذف گردیدند. فرایند غربالگری در دو مرحله انجام شد: در مرحلهٔ اول، دو نفر از پژوهشگران به‌طور مستقل عناوین و چکیدهٔ مقالات را براساس معیارهای ورود و خروج ارزیابی کرده و موارد نامرتبط را حذف نمودند. در مرحله دوم، متن کامل مقالات باقی‌مانده مورد ارزیابی دقیق قرار گرفت. در صورت بروز اختلاف‌نظر میان پژوهشگران، توافق نهایی ازطریق بحث و تبادل نظر یا با نظر پژوهشگر سوم حاصل شد. روند انتخاب و ورود مقالات مطابق با نمودار جریان PRISMA-ScR گزارش شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل مطالعاتی بود که به بررسی اثر مواجهه با فیلتر سیگار، ته‌سیگار، شیرابه‌ها و آلاینده‌های نوپدید منتشرشده از آن‌ها و همچنین اثرات سموم دخانی بر شاخص‌های باروری (مردان و زنان) پرداخته بودند (شامل مطالعات اکوتوکسیکولوژیک، آزمایشگاهی، حیوانی، سلولی و مشاهده‌ای). معیارهای خروج نیز شاملِ مقالات تکراری، مقالات فاقد دسترسی به متن کامل، چکیدهٔ همایش‌ها بدون داده‌های کامل، نامه‌ها به سردبیر، مطالعات کیفی، و پژوهش‌هایی که تمرکز آن‌ها صرفاً بر مصرف مستقیم دود دخانیات بدون ارتباط با آلاینده‌های محیطی/فیلتر بود یا داده‌ای در خصوص پیامدهای باروری ارائه نکرده بودند.

مطابق با متدولوژی استاندارد مطالعات مرور دامنه‌ای، ارزیابی رسمی کیفیت متدولوژیک و خطر سوگیری الزامی نیست؛ چرا که هدف اصلی این مطالعات، نقشه‌برداری طیف وسیعی از شواهد با طرح‌های گوناگون پژوهشی است و نه تجمیع کمی اندازه اثر. با این وجود، داده‌های کلیدی مطالعات نهایی با استفاده از فرم استخراج دادهٔ استاندارد شامل نام نویسنده اول، سال انتشار، کشور، نوع مطالعه (طراحی)، مدل یا جمعیت بررسی‌شده، نوع آلاینده/مواجهه، و مهم‌ترین پیامدهای گزارش‌شده در ارتباط با باروری، استخراج و سنتز گردیدند.

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

شکل ۱. اثرات سموم و آلاینده‌های نوپدید ناشی از فیلتر و مصرف سیگار بر شاخص‌های باروری زنان و مردان: یک مرور حیطه‌ای به‌همراه شناسایی شکاف‌های پژوهشی



نمودار جریان PRISMA-Sc R (2020) : فرایند شناسایی، غربالگری عنوان و چکیده، ارزیابی متن کامل براساس معیارهای ورود و خروج، و شمول نهایی مقالات بررسی‌کننده تأثیر آلاینده‌های نوپدید فیلتر سیگار بر باروری انسان را در یک مرور دامنه‌ای به‌تصویر می‌کشد.

یافته‌ها

به‌طور کلی، در جست‌وجوی اولیه مجموعاً ۸۲,۱۲۸ رکورد شناسایی شد. پس از حذف ۲,۰۵۳ رکورد تکراری، ۸۰,۰۷۵ مطالعه وارد فرایند غربالگری عنوان و چکیده گردیدند. در مرحلهٔ ارزیابی متن کامل، مطالعات نامرتبط حذف شدند و در نهایت، ۱۰ مطالعهٔ واجد شرایطِ کامل شناخته شده و وارد سنتز و تحلیل نهایی در این مرور دامنه‌ای گردیدند (شکل ۱).

براساس فرایند جست‌وجوی ساختاریافته در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر بین‌المللی و ملی، در مجموع، ۸۲,۱۲۸ رکورد شناسایی شد (PubMed:۳۶,۲۵۴، Google Scholar:۳۸,۹۱۱، و SID: ۶,۹۶۳). پس از حذف ۲,۰۵۳ مطالعهٔ تکراری، ۸۰,۰۷۵ عنوان و چکیده به‌صورت مستقل توسط دو پژوهشگر غربالگری شدند. از این میان، ۸۰,۰۵۹ مورد

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

به‌دلیل عدم انطباق با معیارهای ورود یا نوع مطالعه نامناسب کنار گذاشته شدند. در مرحلهٔ ارزیابی متن کامل، ۱۶ مقاله مورد بررسی تفصیلی قرار گرفتند که ۶ مطالعه به دلایل مشخص (عدم ارتباط مستقیم با فیلتر/ته‌سیگار، عدم گزارش پیامدهای اختصاصی باروری یا نقص در داده‌ها) حذف گردیدند. در نهایت، ۱۰ مطالعهٔ واجد شرایط وارد سنتز نهایی این مرور دامنه‌ای شدند (شکل ۱).

از میان ۱۰ مطالعهٔ نهایی، ۷ مطالعه از نوع مقالات مروری نقلی/روایتی، ۱ مطالعه مرور سیستماتیک و متاآنالیز، و ۲ مطالعه مشاهده‌ای (مورد-شاهدی) بودند. از نظر زبانی، ۹ مطالعه به زبان انگلیسی و ۱ مطالعه به زبان فارسی منتشر شده بودند. بازهٔ زمانی انتشار مقالات از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۲۴ را در بر می‌گرفت و مطالعات در کشورهای مختلفی ازجمله ایالات متحده، انگلستان، ایتالیا، هند و ایران انجام شده بودند (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات و خلاصه پیامدهای مطالعات واردشده در مرور دامنه‌ای

نویسنده و سال	کشور	نوع مطالعه	جامعه/نمونه	نوع آلاینده/مواجهه	پیامدهای اصلی بر باروری
Kovac et al. (۲۰۱۵) (۱۳)	آمریکا	مروری	انسان (مردان)	مشتقات دود و فیلتر سیگار	کاهش تعداد، تحرک و مورفولوژی طبیعی اسپرم
Dai et al. (۲۰۱۵) (۱۴)	چین/آمریکا	مروری	انسان (مردان و زنان)	فلزات سنگین و سموم دخانیات	آسیب DNA، اختلال در اووژنز و اسپرماتوژنز
Dhage et al. (۲۰۲۴) (۱۵)	هند	مروری	انسان	ترکیبات سمی و ذرات فیلتر	اختلال در پارامترهای منی و کاهش ذخیرهٔ تخمدانی
Nadeem et al. (۲۰۱۲) (۱۶)	انگلستان	مروری	انسان (مردان)	فلزات سنگین (Pb، Cd و فیلتر)	افزایش لوکوسیتواسپرمی و شکست DNA اسپرم
Zavos et al. (۱۹۹۹) (۱۷)	آمریکا	مروری	انسان(مردان)	سموم فیلتر و دود سیگار	کاهش ظرفیت بارورسازی و تحرک پیش‌رونده اسپرم
Caserta et al. (۲۰۱۳) (۱۰)	ایتالیا	مروری	انسان (زنان)	آلاینده‌های شیمیایی و فلزات	نارسایی زودرس تخمدان و اختلال در پذیرش آندومتر
Augood, et al. (۱۹۹۸) (۱۲)	انگلستان	مرور سیستماتیک و متاآنالیز	انسان (زنان)	دود و اجزای سیگار	افزایش معنی‌دار شانس ناباروری اولیه و ثانویه در زنان
Harlev, et al. (۲۰۱۵) (۹)	اسرائیل	مروری	انسان (مردان)	آلاینده‌های نوپدید و استرس اکسیداتیو	افزایش ROS مایع منی و کاهش یکپارچگی کروماتین اسپرم
Vine. (۱۹۹۶) (۱۸)	آمریکا	مورد شاهدی	انسان(مردان)	مواجهه با قطران و نیکوتین فیلتر	رابطهٔ دوز-پاسخ بین شدت مواجهه و افت کیفیت مایع منی
یوسفی و مدملی (۱۴۰۰) (۱۹)	ایران	مورد شاهدی	زنان مراجعه‌کننده به مراکز ناباروری	مواجههٔ مستقیم و غیرمستقیم با دخانیات	تأخیر در بارداری و افزایش خطر سقط خودبه‌خودی

سنتز داده‌ها نشان داد که آلاینده‌های ناشی از فیلتر سیگار و ته‌سیگار ازطریق دو مسیر مواجههٔ مستقیم (دود فیلترشده) و مواجههٔ غیرمستقیم/محیطی (لیچیت‌ها و میکروپلاستیک‌ها)، شاخص‌های باروری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند: شاخص‌های باروری در مردان: افزایش استرس اکسیداتیو، پراکسیداسیون لیپیدی غشای اسپرم، شکست DNA، و کاهش غلظت، تحرک و مورفولوژی نرمال اسپرم. شاخص‌های باروری در زنان: تخریب ساختار فولیکولار، آپوپتوز سلول‌های گرانولوزا، کاهش سطح هورمون ضد مولرین (AMH)، پیری زودرس تخمدان و کاهش نرخ موفقیت در فناوری‌های کمک‌باروری (ART).

بحث

مطالعهٔ حاضر با رویکرد مرور دامنه‌ای و با هدفِ ترسیم دامنه شواهد موجود پیرامون تأثیر آلاینده‌های نوپدید ناشی از فیلتر سیگار و ته‌سیگار بر شاخص‌های باروری در مردان و زنان انجام شد. یکی از یافته‌های بنیادین

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

این پژوهش، آشکارسازی یک شکاف دانشی و مفهومی عمده در ادبیات پژوهشی موجود است؛ به این معنا که اگرچه آسیب‌های ناشی از دود فیلترشده توتون بر دستگاه تولیدمثل به‌طور گسترده مستند شده است، اما شواهد اپیدمیولوژیک و سم‌شناسی اختصاصی در خصوص پیامدهای زیستی مستقیم ناشی از شیرابه‌ها و میکروپلاستیک‌های رهاشده از ته‌سیگار در انسان بسیار نوپدید و در مراحل آغازین خود قرار دارد(۱۵, ۱۶).

سنتز مطالعات واردشده نشان داد که بخش عمده‌ای از اثرات نامطلوب منتسب به ترکیبات عبوری از فیلتر سیگار، ازطریق تشدید استرس اکسیداتیو و القای سمیت ژنتیکی اعمال می‌گردد. کواک و همکاران (۲۰۱۵) و ندیم و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی‌های خود نشان دادند که مواجهه با فرآورده‌های سمی فیلترشده توتون، با کاهش معنی‌دار تعداد، تحرک پیش‌رونده و مورفولوژی طبیعی اسپرماتوزوآ و نیز افزایش شاخص شکست DNA اسپرم همراه است (۹, ۲۰). از دیدگاه مکانیسمی، اسپرماتوزوآ به‌دلیل غلظت بالای اسیدهای چرب غیراشباع در غشای سیتوپلاسمی و ظرفیت ناچیز سیتوپلاسم برای حفظ آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، نسبت به گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) فوق‌العاده آسیب‌پذیر است (۲۱). مواجهه با آلاینده‌های عبورکرده از فیلتر موجب تسریع پراکسیداسیون لیپیدی و افت پتانسیل غشای میتوکندریایی شده و در نتیجه، ظرفیت اتصال و لقاح اسپرم را مختل می‌سازد (۲۲).

علاوه‌بر ترکیبات آلی فرار، تجمع و آزادسازی فلزات سنگین از ماتریس فیلتر سیگار (به‌ویژه کادمیوم و سرب) بعد دیگری از سم‌زایی تناسلی را شکل می‌دهد. شواهد حاکی از آن است که فیلترهای استات سلولز بخش مهمی از فلزات سنگین دود را به دام می‌اندازند که این عناصر پس از ورود به بدن، به سلول‌های سوماتیک و زایای بیضه آسیب می‌زنند (۲۳). کادمیوم ازطریق تخریب اتصالات بین‌سلولی سرتولی و تداخل در محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-گناد، عملکرد سلول‌های لیدیگ و سنتز تستوسترون را مهار می‌کند (۲۴). افزون‌براین، پژوهش‌های اپی‌ژنتیکی اخیر نشان می‌دهند که تغییر الگوی متیلاسیون DNA و دگرگونی بیان ژن‌های کلیدی اسپرماتوژنز، می‌تواند اثرات تراتوژنیک پایداری را حتی به نسل‌های بعد منتقل سازد (۲۵).

در حوزهٔ باروری زنان، سنتز شواهد نشان داد که آلاینده‌های دخانی اثرات سوء چندوجهی بر سیستم تولیدمثل بر جای می‌گذارند. براساس مرورهای سیستماتیک و شواهد موجود، مواجهه با آلاینده‌ها با کاهش ذخیرهٔ تخمدانی (افت سطح سرمی AMH و تعداد فولیکول‌های آنترال)، افت کیفیت اووسیت‌ها و پیری زودرس تخمدان هم‌بستگی دارد(۱۲, ۲۶). این آلاینده‌ها با تحریک آپوپتوز در سلول‌های گرانولوزا و تخریب ریزمحیط فولیکولی، کارآیی روش‌های کمک‌باروری را نیز کاهش داده و نرخ سقط خودبه‌خودی و حاملگی خارج‌رحمی (EP) را ازطریق مهار حرکات مژک‌های لوله فالوپ افزایش می‌دهند (۲۷, ۲۸).

ابعاد اکوتوکسیکولوژی و آلاینده‌های نوپدید ته‌سیگار

نقطهٔ تمایز و تمرکز مطالعهٔ حاضر، بازتعریف ته‌سیگار نه صرفاً به‌عنوان یک زباله جامد شهری، بلکه به منزله یک ماتریس فشرده از آلاینده‌های نوپدید است. فیلترهای سیگار که عمدتاً از الیاف استات سلولز (میکروپلاستیک‌ها و نانوپلاستیک‌ها) ساخته شده‌اند، در طول فرایند تدخین به‌عنوان تله عمل کرده و هزاران ترکیب شیمیایی شامل نیکوتین، فلزات سنگین، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای و فتالات‌ها را در خود متراکم می‌سازند (۲۹). مطالعات سم‌شناسی زیست‌محیطی نشان داده‌اند که رهاسازی این پسماندها در محیط و شست‌وشوی آن‌ها توسط باران، منجر به تشکیل شیرابه‌های به‌شدت سمی می‌گردد که بقا و باروری آبزیان و ارگانیسم‌های مدل را تخریب می‌کند (۱۷). در مدل‌های تجربی، ریزپلاستیک‌های ناشی از تجزیهٔ فیلتر قادر به عبور از سدهای بیولوژیک و ورود به بافت گنادها هستند. با این وجود، یافتهٔ اساسی این مرور دامنه‌ای آن است که در حال حاضر هیچ مطالعه اولیه انسانی مستقیمی وجود ندارد که اثرات مواجهه محیطی با شیرابه‌ها یا میکروپلاستیک‌های ته‌سیگار را بر باروری افراد جامعه به‌عنوان یک متغیر مستقل سنجیده باشد. بنابراین، برون‌یابی مستقیم داده‌های سم‌شناسی محیطی به ناباروری بالینی در انسان باید با احتیاط صورت گیرد.

از منظر سلامت عمومی، با توجه به شیوع بالای ناباروری که براساس آخرین گزارش سازمان جهانی بهداشت حدود ۱۷.۵ درصد (یک نفر از هر شش نفر) از جمعیت جهان را تحت‌تأثیر قرار داده است (۳۰)، مهار مواجهه با آلاینده‌های دخانی چه در بُعد مصرف فعال و چه در بعد پسماندهای محیطی، یک اولویت مداخله‌ای پیشگیرانه محسوب می‌شود.

نقاط قوت و محدودیت‌ها

مطالعهٔ حاضر از نخستین پژوهش‌هایی است که با دیدگاهی جامع و میان‌رشته‌ای، پیوند میان آلودگی‌های پسماندی فیلتر سیگار (آلاینده‌های نوپدید) و باروری مردان و زنان را مورد بررسی دامنه‌ای قرار داده است. بااین‌حال، محدودیت‌های متدولوژیک این مطالعه باید مد نظر قرار گیرد: نخست، تعداد اندک مطالعات اولیه تجربی و هم‌گروهی که به‌طور اختصاصی اثر فیلتر یا ته‌سیگار را از دود کلی سیگار مجزا کرده باشند؛ دوم، غلبهٔ مقالات مروری در میان مطالعات نهایی واجد شرایط که اگرچه در چهارچوب یک مرور دامنه‌ای جهت نقشه‌برداری شواهد قابل‌قبول است، اما به‌دلیل ماهیت ثانویه داده‌ها، امکان فراتحلیل کمّی (متاآنالیز) و بررسی دقیق رابطهٔ دوز-پاسخ را سلب می‌کند؛ سوم، عدم کنترل یکنواخت متغیرهای مخدوش‌کننده نظیر سن، مواجهات شغلی هم‌زمان، شاخص تودهٔ بدنی و رفتارهای تغذیه‌ای در مطالعات مورد بررسی مشهود است.

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

نتیجه‌گیری

یافته‌های این مرور دامنه‌ای نشان داد که ترکیبات سمی و فلزات سنگین عبورکرده از فیلتر سیگار، ازطریق القای استرس اکسیداتیو و آسیب‌های ژنوتوکسیک، به‌طور معنی‌داری موجب تضعیف شاخص‌های باروری در هر دو جنس می‌شوند؛ این پیامدها در مردان عمدتاً به‌صورت کاهش تعداد، تحرک و مورفولوژی طبیعی اسپرم و افزایش آسیب‌هایDNA و در زنان به‌شکل افت ذخیرهٔ تخمدانی، کاهش کیفیت اووسیت‌ها و افزایش خطر ناباروری تظاهر می‌یابد. افزون‌براین، این مطالعه آشکار ساخت که اگرچه اثرات بیولوژیک دود فیلترشده توتون به خوبی شناخته شده است، اما شواهد اپیدمیولوژیک مستقیم دربارهٔ پیامدهای باروری ناشی از آلاینده‌های نوپدید ته‌سیگار (به‌ویژه میکروپلاستیک‌های استات سلولز و شیرابه‌های شیمیایی رهاشده در محیط) در انسان بسیار محدود بوده و یک شکاف دانشی عمده در این حوزه وجود دارد. بنابراین، علاوه‌بر سیاست‌گذاری‌های کلان درزمینهٔ کنترل مصرف دخانیات و آموزش‌های بهداشت باروری، انجام مطالعات سم‌شناسی و کوهورت اختصاصی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پسماندهای ته‌سیگار بر باروری انسان ضروری است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تمامی اساتید و همکارانی که در پیشبرد و تدوین این مطالعه مروری، ما را یاری نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. همچنین مراتب قدردانی خود را از «دانشکده علوم پزشکی تربت جام» بابت حمایت‌های معنوی در مسیر انجام این پژوهش ابراز می‌داریم. لازم به ذکر است که این مطالعه به صورت مستقل و بدون دریافت حمایت مالی از سازمان یا نهاد خاصی صورت گرفته است.

تضاد منافع

نویسندگان هیچگونه تصاد منافعی گزارش نکردند.

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

References

1. Gavrilescu M, Demnerová K, Aamand J, Agathos S, Fava F. Emerging pollutants in the environment: present and future challenges in biomonitoring ecological risks and bioremediation. New Biotechnol. 2015;32(1):147-56. [DOI: 10.1016/j.nbt.2014.01.001]
2. Belzagui F, Buscio V, Gutiérrez-Bouzán C, Vilaseca M. Cigarette butts as a microfiber source with a microplastic core: leachate characterization and toxicity. Sci Total Environ. 2021;762:144128. [DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144165]
3. Green DS, Tongue ADW, Boots B. The ecological impacts of discarded cigarette butts. Trends Ecol Evol. 2022;37(2):183-92. [DOI: 10.1016/j.tree.2021.10.001]
4. World Health Organization. Infertility prevalence estimates 1990–2021. Geneva: World Health Organization. 2023. [Link]
5. GBD 2019 Tobacco Collaborators. Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and attributable disease burden for 204 countries and territories 1990–2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019. Lancet. 2021;397(10292):2337-60. [DOI: 10.1016/S0140-6736(21)01282-4]
6. Meysamie A, Ghaletaki R, Zhand N, Abbasi M. Cigarette smoking in Iran: an overview of the national studies. Front Public Health. 2021;9:740177. [Link]
7. Practice Committee of the American Society for Reproductive Medicine. Smoking and infertility: a committee opinion. Fertil Steril. 2018;110(4):611-8. [DOI: 10.1016/j.fertnstert.2018.06.016]
8. Talhout R, Schulz T, Florek E, van Benthem J, Wester P, Opperhuizen A. Hazardous compounds in tobacco smoke. Int J Environ Res Public Health. 2011;8(2):613-28. [DOI: 10.3390/ijerph8020613]
9. Harlev A, Agarwal A, Gunes SO, Shetty A, du Plessis SS. Smoking and male infertility: an evidence-based review. World J Mens Health. 2015;33(3):143-60. [DOI: 10.5534/wjmh.2015.33.3.143]
10. Caserta D, Mantovani A, Marci R, Fazi A, Ciardo F, La Rocca C, Maranghi F, Moscarini M. Environment and women's reproductive health. Hum Reprod Update. 2011;17(3):418-33. [DOI: 10.1093/humupd/dmq061]
11. Dhage VD, Nagtode N, Kumar D, Bhagat AK. A Narrative Review on the Impact of Smoking on Female Fertility. Cureus. 2024 Apr 16;16(4):e58389. [DOI: 10.7759/cureus.58389]
12. Augood C, Duckitt K, Templeton AA. Smoking and female fertility: a systematic review and meta-analysis. Hum Reprod. 1998;13(6):1532-9. [DOI: 10.1093/humrep/13.6.1532]
13. Kovac JR, Khanna A, Lipshultz LI. The effects of cigarette smoking on male fertility. Postgrad Med. 2015; 127(3):338-41. [DOI: 10.1080/00325481.2015.1015928]
14. Dai JB, Wang ZX, Qiao ZD. The hazardous effects of tobacco smoking on male fertility. Asian J Androl. 2015;17(6):954-60. [DOI: 10.4103/1008-682X.150847]
15. Dhage VD, Nagtode N, Kumar D, Bhagat AK, Bhagat A. A narrative review on the impact of smoking on female fertility. Cureus. 2024;16(4):e58912. [DOI: 10.7759/cureus.58389]
16. Nadeem F, Fahim A, Bugti S. Effects of cigarette smoking on male fertility. Turk J Med Sci. 2012;42(8):1400-5. [DOI: 10.3906/sag-1107-25]
17. Zavos PM, Zarmakoupis-Zavos PN. Impact of cigarette smoking on human reproduction: its effects on male and female fecundity. Technol. 1999;6(1-2):9-16. [Link]
18. Vine MF, Tse C-KJ, Hu P-C, Young Truong K. Cigarette smoking and semen quality. Fertil Steril. 1996;65(4):835-42. [DOI: 10.1016/s0015-0282(16)58223-5]
19. Yousefi M, Modameli Y. The relationship between cigarette smoking and secondary infertility: a review of available evidence. In: Proceedings of the 14th National Student Conference on Advances in Health Sciences. 2021. [Link]
20. Saleh RA, Agarwal A. Oxidative stress and male infertility: from research bench to clinical practice. J Androl. 2002;23(6):737-52. [Link]
21. Aitken RJ, Baker MA. Oxidative stress and male reproductive biology. Reprod Fertil Dev. 2004;16(5):581-8. [DOI: 10.10371/RD03089]
22. Sharma R, Harlev A, Agarwal A, Esteves SC. Cigarette smoking and semen quality: a new meta-analysis examining the effect of the 2010 World Health Organization laboratory methods for the examination of human semen. Eur Urol. 2016;70(4):635-45. [DOI: 10.1016/j.eururo.2016.04.010]
23. Novotny TE, Slaughter E. Tobacco product waste: an environmental approach to reduce tobacco consumption. Curr Environ Health Rep. 2014;1(3):208-16. [DOI: 10.1007/s40572-014-0016-x]
24. Benoff S, Jacob A, Hurley IR. Male infertility and environmental exposure to lead and cadmium. Hum Reprod Update. 2000;6(2):107-21. [DOI: 10.1093/humupd/6.2.107]
25. Craig JR, Jenkins TG, Carrell DT, Hotaling JM. Obesity, male infertility, and the sperm epigenome. Fertil Steril. 2017;107(4):848-59. [DOI: 10.1016/j.fertnstert.2017.02.115]
26. Beal MA, Yauk CL, Marchetti F. From sperm to offspring: assessing the heritable genetic consequences of

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]

paternal smoking and potential public health impacts. Mutat Res Rev Mutat Res. 2017;773:26-50. [DOI: 10.1016/j.mrrev.2017.04.001]
27. Jenkins TG, Carrell DT. The sperm epigenome and potential implications for the developing embryo. Reprod Fertil Dev. 2012;24(1):727-34. [DOI: 10.1530/REP-11-0450]
28. Freour T, Masson D, Mirallie S, Jean M, Bach K, Dejoie T, et al. Active smoking compromises IVF outcome and affects ovarian reserve. Reprod Biomed Online. 2008;16(1):96-102. [DOI: 0.1016/s1472-6483(10)60561-5]
29. Sobinoff AP, Beckett EL, Jarnicki AG, Sutherland JM, McCluskey A ,Hansbro PM, et al. Scrambled and fried: cigarette smoke exposure causes antral follicle destruction and oocyte dysfunction through oxidative stress. Toxicol Appl Pharmacol. 2013;271(2):156-167. [DOI: 10.1016/j.taap.2013.05.009]
30. Roth LK, Taylor HS. Risks of smoking to reproductive health: assessment of women's knowledge. Am J Obstet Gynecol. 2001;184(5):934-9. [DOI: 10.1067/mob.2001]

[Downloaded from fhprj.esfrums.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.22034/fhprj.1.1.1]