REVIEW ARTICLE

# *Relationship between Air and Soil Pollution and Cognitive Skills Related to the Brain of Children in the Age Range of 4 to 12 Years: A Systematic Review*

Firoozeh Alavian[1]
Saeideh Afzali[2]

[1] Associate Professor, Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran
[2] PhD in Educational Sciences, Farhangian University, Tehran, Iran

(Received November 25, 2023 ; Accepted April 21, 2024)

## *Abstract*

**Background and purpose:** Environmental pollution, is one of the main causes of increasing cognitive-neurological disorders. All pollutants, whether biodegradable or non-biodegradable, contribute to various neurological issues, including cognitive disorders, and affect human life, particularly in the early stages of development. Given the growing concern about the impact that air pollutants may have on children's learning and neural development, the current research aims to determine the relationship between exposure to pollution and neural development skills in children, in the early stages of education and schooling.

**Materials and methods:** The present systematic review was conducted following international standards and according to the PRISMA checklist. English-language articles were searched from PubMed, Scopus, and Web of Science, Science Direct, and Google Scholar databases until September 2023. Eligible articles were screened by reading titles and abstracts by the researcher. Then, the full text of relevant articles was evaluated, and discrepancies were resolved before making the final decision. The studies reviewed in this research included air and soil pollution, one of the cognitive and learning disorders such as attention, memory, intelligence, thinking, neural development, etc., preschool, and elementary school. In the present study, articles were fully reviewed, and research that did not fall within the age range of preschool and elementary school was excluded from the review; such as articles related to air pollution during the fetal period or children over the age of 12 years. Articles that simultaneously included children within and outside the age range of the study were only reviewed for the relevant age groups, and review articles were also used to find studies related to the research topic.

**Results:** The search strategy resulted in the identification of 528 studies related to the article's topic. Based on the screening of inclusion and exclusion criteria, eventually 37 articles were selected that matched the objectives of this research. The results indicated a wide heterogeneity in neuropsychological assessment tools, geographical regions, and sample sizes recorded. Also, many findings reported significant detrimental effects of air pollutants on cognitive functions and sensory-motor abilities (reported a significant difference in terms of brain white matter volume and motor abilities among children exposed to pollution, indicating that living in a polluted area is a risk factor for disruption in sensory-motor functions), increased risk of ADHD, reduced intelligence and cognitive performance, reduced memory, reduced attention; and reduced learning power and perception, most of which examined the effects of several pollutants on cognitive changes in children in preschool and elementary stages. In two of the articles reviewed in this research, the relationship was analyzed based on gender. In these studies, boys were at greater risk in terms of active memory. Also, in the quality assessment of articles, most articles scored 15 or higher, indicating the desirable status of most of the selected articles.

**Conclusion:** The exposure to pollution with problems in cognitive skills; it is particularly associated with intellectual functions, attention, learning, comprehension, and memory skills. However, the association of pollution with specific neurodevelopmental skills in preschool and elementary school children is less clear and requires more research.

***Keywords:*** Air pollution, soil pollution, cognitive skills, learning, children

**J Mazandaran Univ Med Sci 2024; 34 (233): 261-275 (Persian).**

**Corresponding Author: Firoozeh Alavian** - Farhangian University, Tehran, Iran. (E-mail: F.alavian@cfu.ac.ir)

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

مجلـــه دانشـــگاه عـــلـــوم پـزشـکـــی مـازنـــدران
دوره سی و چهارم شماره ۲۳۳ خرداد سال ۱۴۰۳ (۲۷۵-۲۶۱)

# رابطه بین آلودگی هوا و خاک و مهارت های شناختی مرتبط با مغز کودکان در محدوده سنی ۴ تا ۱۲ سال: مروری سیستماتیک

**فیروزه علویان**[۱]
**سعیده افضلی**[۲]

## چکیده

**سابقه و هدف:** آلودگی محیط زیست یکی از علل اصلی افزایش اختلالات شناختی- عصبی است. تمامی آلاینده‌ها، اعم از زیست تخریب پذیر و زیست تخریب ناپذیر، به مسائل مختلف عصبی، از جمله اختلالات شناختی کمک می‌کنند و زندگی انسان، خصوصاً در مراحل اول رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به نگرانی فزاینده در مورد تأثیری که آلاینده‌های هوا ممکن است بر یادگیری و رشد عصبی کودکان داشته باشند، این مطالعه با هدف، تعیین رابطه بین قرار گرفتن در معرض آلودگی و مهارت‌های رشد عصبی در کودکان، در مراحل اولیه آموزش و تحصیل، انجام پذیرفت.

**مواد و روش‌ها:** مطالعه مروری سامانمند حاضر، مطابق با استانداردهای بین المللی و طبق چک لیست PRISMA انجام شد. مقالات انگلیسی زبان، از پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed، Scopus، Web of Science، Science Direct و Google Scholar تا سپتامبر ۲۰۲۳ جستجو شدند. مقالات واجد شرایط با خواندن عناوین و چکیده‌ها توسط محقیق غربالگری شده‌اند. سپس، متن کامل مقالات مرتبط، ارزیابی و مغایرت‌ها، قبل از اتخاذ تصمیم نهایی، بر طرف گردید. مطالعات بررسی شده در این پژوهش شامل آلودگی هوا و خاک، یکی از اختلالات شناختی و یادگیری مانند توجه، حافظه، هوش، تفکر، رشد عصبی و ...، پیش دبستان و دبستان بود. در پژوهش حاضر، مقالات به طور کامل مورد بررسی قرار گرفت و پژوهش‌هایی که دامنه مطالعاتی آن در محدوده سنی پیش دبستان و دبستان نبوده است، مانند مقالات مربوط به آلودگی هوا در دوران جنینی بوده و یا کودکان محدوده سنی بالای ۱۲ سال، از حیطه بررسی و مطالعه خارج گردید. مقالاتی که هم زمان شامل کودکان در محدوده سنی مطالعه و خارج از آن بود، فقط گروه‌های سنی مورد نظر بررسی شدند و از مقالات مروری نیز برای پیدا کردن مطالعات مرتبط با موضوع پژوهش استفاده شد.

**یافته‌ها:** استراتژی جستجو در مجموع منجر به شناسایی ۵۲۸ مطالعه مرتبط با موضوع مقاله شد که براساس غربالگری معیارهای ورود و خروج، در نهایت ۳۷ مقاله متناسب با اهداف این پژوهش انتخاب شد. نتایج بیانگر ناهمگونی گسترده‌ای در ابزارهای بررسی عصب روان‌شناختی، مناطق جغرافیایی و حجم نمونه‌ها ثبت شده بود. همچنین، بسیاری از یافته‌ها اثرات مخرب قابل توجهی از آلاینده‌های هوا بر روی عملکردهای شناختی و توانایی‌های حسی- حرکتی (تفاوت قابل توجهی را از نظر حجم ماده سفید مغز و توانایی‌های حرکتی کودکان در معرض آلودگی گزارش شد، که نشان می‌دهد زندگی در یک منطقه آلوده عامل خطری برای اختلال در عملکردهای حسی- حرکتی است)، افزایش خطر ADHD، کاهش هوش و عملکرد فکری، کاهش حافظه، کاهش توجه، و کاهش قدرت یادگیری و ادراک را گزارش کردند که اغلب آن‌ها اثرات چندین آلاینده را در تغییرات شناختی کودکان در مرحله پیش دبستانی و دبستان بررسی کردند. در دو مورد از مقالات بررسی شده در این پژوهش، ارتباط بر اساس جنسیت تحلیل شده است. در این مطالعات، پسران از نظر حافظه فعال، در معرض خطرات شناختی بیش‌تری بودند. هم‌چنین، در ارزیابی کیفیت مقالات، امتیاز بیش تر مقالات ۱۵ به بالا بود که نشان‌دهنده وضعیت مطلوب اکثر مقالات انتخاب شده است.

**استنتاج:** قرار گرفتن در معرض آلودگی با مشکلاتی در مهارت‌های شناختی، به ویژه در مورد عملکردهای عقلانی، توجه، یادگیری، درک و مهارت‌های حافظه همراه است. با این وجود، ارتباط آلودگی با مهارت‌های رشد عصبی خاص در کودکان پیش دبستان و دبستان به طور واضح مشخص نیست و به تحقیقات بیش تری نیاز دارد.

**واژه های کلیدی:** آلودگی هوا، آلودگی خاک، مهارت‌های شناختی، یادگیری، کودکان

**مولف مسئول: فیروزه علویان**- تهران: دانشگاه فرهنگیان E-mail: F.alavian@cfu.ac.ir
۱. دانشیار، گروه علوم پایه، زیست‌شناسی، دانشگاه، فرهنگیان تهران، ایران
۲. دکترای علوم تربیتی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران
تاریخ دریافت : ۱۴۰۲/۹/۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۴۰۲/۱۱/۸ تاریخ تصویب : ۱۴۰۳/۲/۲

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

## مقدمه

آلودگی محیط زیست به‌عنوان یکی از عوامل اصلی افزایش اختلالات شناختی و عصبی، مورد توجه است. تمامی آلاینده‌ها، به اختلالات مختلف عصبی، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد کمک می‌کنند(۱). گسترش جهانی آلودگی هوا و خاک، تأثیر احتمالی بر مهارت‌های یادگیری کودکان در حال رشد را نسبت به افراد با سنین بالاتر، بیش‌تر جلوه می‌دهد(۲). آلودگی را می‌توان با وجود مواد شیمیایی یا ترکیبات سمی موجود در هوا، یا سطوحی مانند خاک که تماس دائمی با آن‌ها زیاد است، تعریف کرد(۲). وسایل نقلیه موتوری و کارخانه‌ها از منابع آلوده‌کننده محیط زیست هستند. این منابع ترکیباتی همچون NO2، ذرات معلق با اندازه متغیر (Particulate Matter:PM)، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای(PAHs) و ترکیب‌های آلی فرار را از احتراق سوخت‌های فسیلی تولید می‌کنند. کربن عنصری و کربن سیاه هر دو، بخش کربنیPM با ریز ساختار مشابه گرافیت هستند(۴،۳). آلودگی خاک مشکلی جهانی است وکودکان به‌دلیل تماس مداوم با خاک، به‌طور منحصر به فردی نسبت به سموم موجود در خاک حساس هستند(۵). قرار گرفتن در معرض آلودگی‌های خاک مانند فلزات سنگین و آلاینده‌های آلی پایدار، تهدیدی برای سلامتی، به ویژه فرآیندهای رشدی و شناختی، در مراحل اولیه زندگی است(۱). رشد مغز انسان فرآیندی طولانی مدت است که تا اواخر نوجوانی ادامه می‌یابد(۶). با این حال، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد قرار گرفتن زود هنگام در معرض آلاینده‌ها بر روی بلوغ مغز و نوروپلاستیسیتی عصبی یا توانایی مغز در برقراری ارتباط بین سلول‌های عصبی اثر بحرانی دارد(۷). نقش آلاینده‌ها در اختلالات یادگیری و سمیت رشد عصبی در مطالعات متعددی در نظر گرفته شده است. Cory-Slechta و همکاران (۲۰۲۰) آلودگی هوا را به‌عنوان یک عامل خطری بالقوه برای اختلالات رشد عصبی و بیماری‌های عصبی مانند اختلالات طیف اوتیسم (ASD)، Costa وهمکاران (۲۰۱۷،۲۰۲۰) استرس اکسیداتیو و التهاب عصبی ناشی از آلودگی هوا را عامل مسمومیت عصبی رشدی بیماری‌هایی همچون ASD و اختلالات بیش فعالی نقص توجه(ADHD)، Loftus و همکاران(۲۰۱۹) فولات را به‌عنوان اصلاح کننده سمیت رشد عصبی ناشی از آلاینده های هوا و بهبود عملکرد تفکر و یادگیری، Guxens (۲۰۱۸) سطوح بالاتر ذرات معلق را عامل نازک شدن قشر مغز و کمبود توجه در کودکانی که در دوران جنینی در معرض آلودگی قرار گرفته بودند، معرفی کردند(۱۲-۸). در پرتو این مطالعات، بررسی سامانمند فعلی در مورد اثرات آلودگی هوا و خاک بر روی مهارت‌های شناختی مانند حافظه، هوش، توجه، یادگیری، توانایی انجام محاسبات عددی و غیره در کودکان در حال رشد مورد توجه قرارگرفت. این تحقیق بر روی سنین ۴ تا ۶ سال (پیش دبستانی) و ۷ تا ۱۲ سال (دبستان) متمرکز شده است. هدف از پژوهش حاضر، تعیین رابطه بین قرارگرفتن درمعرض‌آلودگی و مهارت‌های شناختی کودکان، در مراحل اولیه آموزش و تحصیل است. آلودگی هوا و خاک بر روی مهارت‌های شناختی کودکان در دوران دبستان و پیش‌دبستان چه تاثیراتی می‌توانند داشته باشند؟ سوالی است که ذهن را به آن درگیر کرده و به‌دنبال پاسخ به آن هستیم.

*استراتژی جستجو*

بررسی سامانمند حاضر، مطابق با استانداردهای بین‌المللی، با در نظر گرفتن ۴ رکن PICO که P مخفف Population (کودکان مقطع پیش دبستانی و دبستانی)، I: Interventions (قرار گرفتن در معرض آلودگی)، C: Comparison (مقایسه بین دانش‌آموزانی که در معرض آلودگی هوا قرار دارند و دانش‌آموزانی که در معرض آلودگی هوا نیستند)، و O: Outcomes (عملکردهای شناختی و رشد عصبی)، طبق چک لیست PRISMA انجام شد(۱۳). مقالات انگلیسی زبان، از پایگاه‌های اطلاعاتی Pubmed، Scopus، Web of Science، Science Direct و Google Scholar تا سپتامبر ۲۰۲۳ جستجو شدند.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

*استخراج داده‌ها*

ابتدا، مقالات واجد شرایط با مطالعه عناوین و چکیده‌ها توسط محقق غربالگری شدند. سپس، متن کامل مقالات مرتبط، ارزیابی شدند و مغایرت‌ها، قبل از اتخاذ تصمیم نهایی، برطرف گردیدند.

*معیارهای ورود*

مطالعات بررسی شده شامل آلودگی هوا و خاک، یکی از اختلالات شناختی و یادگیری مانند توجه، حافظه، هوش، تفکر، رشد عصبی و ...، پیش دبستان و دبستان بودند. علت انتخاب سنین ۴ تا ۶ سال به عنوان دوره پیش دبستان به این دلیل بود که در کشورهای مختلف، شروع سن پیش دبستانی بین ۴ تا ۶ سال متغیر است.

*معیارهای خروج*

در پژوهش حاضر، مطالعاتی که دامنه مطالعاتی آن در محدوده سنی پیش‌دبستان و دبستان نبودند، مانند آلودگی هوا در دوران جنینی، و یا کودکانی که محدوده سنی بالای ۱۲ سال داشتند، از ادامه بررسی حذف شدند. از مقالات مروری نیز برای پیدا کردن مقالات پژوهشی مرتبط با موضوع تحقیق استفاده شد.

*ارزیابی کیفی*

در ارزیابی کیفی این پژوهش، کیفیت هر مقاله به‌طور مستقل توسط دو نویسنده مقاله و به کمک ابزار ارزیابی کیفیت اصلاح شده با QualSyst (حداکثر امتیاز: ۲۰) انجام شد(۱۴). نویسندگان تنها در یک مقاله اختلاف نظر داشتند که برای رفع مشکل، از نظرات محقق دیگری استفاده شد.

*مطالعات آماری*

یکی از محدودیت‌های این مطالعه، عدم امکان انجام مطالعات آماری به دلیل ناهمگونی روش‌های ارزیابی و نتایج مقالات بود.

## یافته ها

فرآیند انتخاب مقالات، مطابق فلوچارت شماره۱ انجام شده است. استراتژی جستجو در مجموع ۵۲۸ مطالعه را به همراه داشت که براساس غربالگری معیارهای ورود و خروج، در نهایت ۳۷ مقاله متناسب با اهداف این پژوهش انتخاب شد.

*جمعیت شناسی*

طبق نتایج جدول شماره ۱، بیش‌ترین مطالعات انجام شده مربوط به موضوع تحقیق در کشور اسپانیا (۱۱ مورد) و سپس آمریکا (۱۰ مطالعه) بوده است که بیانگر اهمیت توجه به موضوع آلودگی و اختلالات شناختی در این جوامع است. بقیه مطالعات شامل، ایران و هلند هر کدام ۲ مقاله، فنلاند و نیجریه یک مقاله مشترک با آمریکا، و هر یک از کشورهای هند، چین، مکزیک، بنگلادش، اندونزی و رومانی یک مقاله داشتند. هم‌چنین، از ۳۷ مطالعه انجام شده، فقط یک مطالعه بر روی آلودگی خاک انجام شده است و مابقی مربوط به آلودگی هوا بودند که از این میان، ۲ مطالعه از آلودگی هوا مربوط به دوران پیش دبستان، ۲۹ مطالعه در مقطع دبستان و ۶ مطالعه، هر دو مقطع پیش دبستان و دبستان را بررسی شده بود. مقطع تحصیلی مرتبط با آلودگی خاک نیز همان‌گونه که در جدول شماره ۱ مشخص شده است، مربوط به دوران دبستان است.

*نوع آلودگی*

*آلودگی هوا*

نوع آلودگی هوا در مطالعات انجام‌شده شامل NO2 (۱۰ مورد)، ذرات معلق در اندازه‌های مختلف (۸ مطالعه)، سرب و سایر فلزات سنگین (۶ مطالعه)، غلظت CO2 (۵ مورد)، کربن عنصری (۴ مورد)، دود سیگار (۳ مطالعه)، کربن سیاه (۲ مطالعه)، هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (۲ مطالعه)، O3، SO2، CO، NH3 و منگنز، هر کدام یک مورد بود. از این میان، ۲۲

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

مقاله یک نوع آلاینده واحد، ۸ مطالعه شامل دو آلاینده، ۲ مطالعـه مربـوط بـه ۳ آلاینـده، یـک مطالعـه ۴ نـوع آلودگی، یک مطالعه با ۶ نـوع آلاینـده و دو مطالعـه بـه طور کلی آلودگی را مطرح کرده بودند.

*خلاصه دستاوردهای مطالعات*

خلاصه ویژگی‌هـای مقـالاتی کـه داده‌هـا از آن‌هـا استخراج‌شده‌اند در جدول شماره ۱ نمایش داده شده‌اند.

*آلودگی خاک*

در مطالعه انجام شده مرتبط با موضوع پژوهش حاضر، آلودگی خاک مرتبط بـا عناصـر سـرب (Pb)، روی (Zn)، کـادمیوم (Cd)، نیکـل (Ni)، منگنـز (Mn)، مـس (Cu)، کروم (Cr)، کبالت (Co) و وانادیم (V) بررسی شد(۱۵).

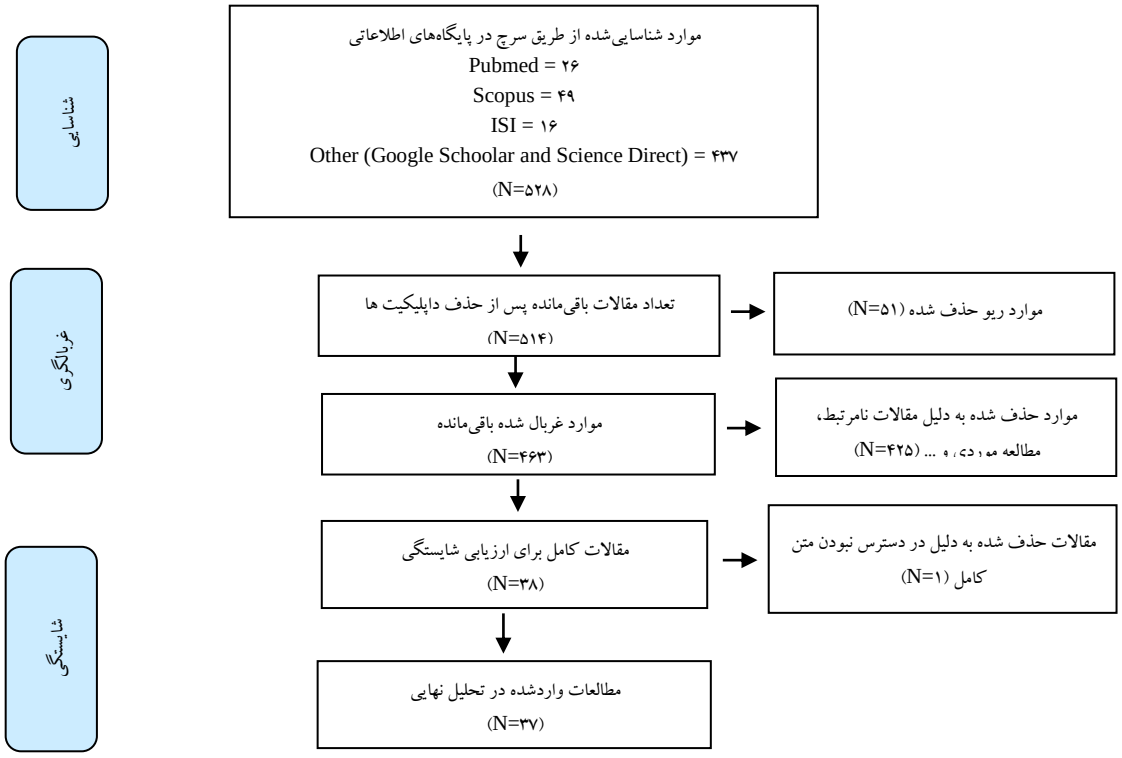
*مهارت‌های شناختی*

*قدرت یادگیری و درک*

در ایـن مطالعـه، ۸ اثـر مشـکلات یـادگیری و درک دانش آموزان را بررسی کرده بودند که فقـط یـک مـورد به آلودگی خاک، و بقیه به آلودگی هوا پرداختـه بودنـد. Pb، Zn، Cd، Ni، Mg، Cu، Co، Cr، V موجود درخـاک، و سرب، CO2، کربن سیاه و دود سیگار موجـود در هـوا، از جمله عوامل کاهش دهنده هوش کلامی و غیر کلامی، ضعف حافظه و نقص‌های عصبی–رفتـاری ماننـد ADHD بودند، که نتیجه همه آن‌هـا، کـاهش پتانسـیل یـادگیری و عملکرد تحصیلی پایین در دوران تحصیل بود(۲۲-۱۵).

*حافظه*

تعداد ۱۲ مطالعه با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلـف حافظه مانند حافظه کاری و حافظه کوتاه مدت به بررسـی آن پرداختند. در بیش‌تر این تحقیقات کربن سیاه، کربن عنصـری، هیـدروکربن‌های آروماتیـک چنـد حلقـه‌ای، ذرات معلـق هـوا، O3، NO2 و SO2 سـبب کـاهش عملکردهـای مربـوط بـه حافظـه و اخـتلال در بـه خـاطر سپردن مطالب درسی می‌شدند(۲۳-۳۱،۲۱،۱۸،۱۷).




**فلوچارت شماره ۱:** فلوچارت مراحل جستجو و انتخاب مقالات

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

**جدول شماره ۱:** جزئیات اطلاعات استخراج شده از مقالات

| نویسنده/سال/رفرنس | نتیجه | روش ارزیابی | بررسی | نوع آلودگی | تعداد نمونه | مقطع تحصیلی | سن | نوع مطالعه | جنسیت | محل مطالعه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mielke / ۲۰۰۵ / (۱۵) | ارتباط معکوس بین پیشرفت یادگیری با غلظت فلزات آلوده‌کننده خاک. | برنامه LEAP | پیشرفت یادگیری زبان انگلیسی | آلودگی های خاک | 32741 | دبستان | ND | comprehensive | ND | آمریکا |
| Baghurst / ۱۹۹۲ / (۳۲) | رابطه معکوس بین ضریب هوشی و عملکرد شناختی با غلظت سرب خون. | اندازه‌گیری ضریب هوشی هر کودک با استفاده از مقیاس هوش WISC-R. | IQ | آلودگی هوا (سرب) | 494 | دبستان | ۷ سال | Port pirie cohort | ND | استرالیا |
| Shaughnessy / ۲۰۰۶ / (۱۶) | کاهش حضور و کاهش پتانسیل یادگیری | آزمون‌های مربوط به مهارت‌های ریاضی و خواندن | قدرت یادگیری و توجه | غلظت CO2 | ۵۴ مدرسه | دبستان | ۱۱ سال | preliminary | پسر و دختر | آمریکا |
| Suglia / ۲۰۰۸ / (۱۷) | کاهش عملکردهای شناختی در ارزیابی‌های هوش کلامی و غیرکلامی و حافظه. | آزمون K-BIT و WRAML۱ | عملکردهای شناختی | کربن سیاه و دود سیگار هوا | ۲۰۲ | دبستان | ۸-۱۱ سال | prospective birth cohort | ND | آمریکا |
| Roy / ۲۰۰۹ / (۳۳) | نقص‌های عصبی -رفتاری و ADHD؛ و آسیب‌پذیری عملکرد اجرایی و توجه. | بررسی سرب خون با استفاده از ابزار LeadCare، اضطراب، مشکلات اجتماعی، ADHD و عملکرد اجرایی نیز ازطریق پرسشنامه مقیاس درجه‌بندی رفتار جامع کانرز ارزیابی شدند. | اختلال ADHD | آلودگی هوا (سرب) | 135 | پیش‌دبستانی و دبستان | بین ۶-۷ سال | cross-sectional | پسر و دختر | هند |
| Wang / ۲۰۰۹ / (۳۴) | عملکرد ضعیف در تمام آزمایش‌ها. | پرسشنامه خود گزارش دهی و تست‌های عصبی رفتاری. | عملکردهای عصبی رفتاری | NO2 و ذرات معلق هوا | ۸۶۱ | دبستان | ۸-۱۰ سال | cross-sectional, epidemiologic study | پسر و دختر | چین |
| Freire / ۲۰۱۰ / (۲۸) | عدم مشاهده ارتباط معنی‌دار بین حافظه فعال و قرار گرفتن در معرض NO2. | مقیاس MSCA | رشد شناختی | NO2 هوا | ۲۱۰ | پیش‌دبستان | ۴ سال | birth cohort | پسر و دختر | اسپانیا |
| Garcidueñas/ ۲۰۱۱ / (۱۸) | اختلال در IQ، توجه، حافظه کوتاه‌مدت؛ افزایش گلبول‌های سفید، فاکتورهای التهابی و حجم ماده سفید. | مقیاس هوش وکسلر، بررسی واسطه‌های التهابی سرمی و اندازه‌گیری حجم بخش سفید مغز | پیامدهای شناختی، حجم مغز و التهاب سیستمیک | O3 و ذرات معلق هوا | ۳۰ | دبستان | ۷-۸ سال | prospective protocol | پسر و دختر | مکزیک |
| De Giuli/ ۲۰۱۲ / (۳۵) | واکنش‌های رفتاری نامناسب و بی‌قراری. | پرسشنامه | درک تغییرات محیطی و رفتارهای دانش‌آموزان | غلظت CO2 هوا | ۶۱۴ | دبستان | ۹ تا ۱۱ سال | Case study | پسر و دختر | ایتالیا |
| Van Kempen/ ۲۰۱۲ / (۲۹) | اثرات نامطلوب بر عملکردهای شناختی. | پرسشنامه؛ آزمون NES، تست زمان واکنش، تست انعطاف‌پذیری شناختی، آزمون هماهنگی چشم و دست؛ و آزمون DMST. | بررسی حافظه کوتاه‌مدت | NO2 و ذرات ریز معلق هوا | 485 | دبستان | ۹-۱۱ سال | Cross- sectional | پسر و دختر | هلند |
| Amato/ ۲۰۱۲ / (۳۶) | کسب نمره کمتر در آزمون مهارت‌ها. | آزمون WKCE | مهارت آموزشی در امتحانات پایان کلاس. | ذرات سرب موجود در هوا | ۳۷۵۷ | دبستان | ۱۰ ساله | ND | پسر و دختر | آمریکا |
| Betancourt/ ۲۰۱۵ / (۳۷) | عملکرد ضعیف کودکان با سطوح بالای منگنز. | استفاده از پرسشنامه، neurobehavioral test battery و آزمون هوش عمومی ریون (RAVEN). برای تعیین غلظت منگنز از نمونه موی کودکان استفاده شد. | هوش عمومی و اختلالات عصبی رفتاری | ذرات منگنز هوا | ۹۳ | دبستان | ۱۱ سال | ND | پسر و دختر | اکوادور |
| Harris/ ۲۰۱۵ / (۲۴) | کاهش غیرمعنی‌دار شناخت، هوش غیرکلامی، هوش کلامی و توانایی‌های حرکتی بینایی در دانش‌آموزانی که محل سکونت آن‌ها به جاده نزدیک‌تر بود. | تست هوش کوتاه کافمن (KBIT-۲) | هوش کلامی و غیرکلامی، توانایی‌های حرکتی بینایی و حافظه بصری | کربن سیاه و ذرات ریز معلق | ۱۱۰۹ جفت مادر و کودک | پیش‌دبستان و دبستان | ۶-۱۰ سال (میانگین سنی ۸ سال) | prospective birth cohort | پسر و دختر | آمریکا |
| Basagaña/ ۲۰۱۶ / (۲۵) | کاهش رشد شناختی با افزایش ذرات ریز معلق هوا. | به کمک آزمون کامپیوتری N-Back | حافظه فعال، حافظه کاری برتر ( Superior working memory) و توجه | ذرات ریز معلق هوا | ۲۶۱۸ | دبستان | میانگین سنی ۸/۵ | Longitudinal Observational | پسر و دختر | اسپانیا |
| Jorge/ ۲۰۱۶ / (۱۹) | ارتباط مثبت بین قرار گرفتن غیرفعال در معرض دود تنباکو و مشکلات یادگیری. | پرسشنامه و آزمون تست‌زنی cloze | توانایی یادگیری | دود سیگار | 785 | دبستان | ۸-۱۱ سال | Cross-sectional study | پسر و دختر | برزیل |
| Mendell/ ۲۰۱۶ / (۲۰) | ارتباط مثبت بالقوه بین میزان تهویه کلاس و یادگیری. | آزمون‌های استاندارد ریاضی و انگلیسی | توانایی یادگیری | CO2 هوا | ۱۰۵۰۱ | دبستان | ۹ - ۱۱ سال | prospective study | ND | آمریکا |
| Pujol/ ۲۰۱۶ / (۲۱) | بلوغ کندتر مغز، بدون ارتباط معنی‌داری بین حافظه فعال و قرار گرفتن در معرض NO2. | سنجش عملکرد شناختی N-Back، MRI، بررسی حجم ناحیه‌ای مغز، بررسی مقدار میلیناسیون و متابولیت‌های غشایی. | بلوغ مغز و عملکردهای شناختی مانند حافظه | NO2 و کربن عنصری هوا | ۲۶۳ | دبستان | ۸-۱۲سال | Longitudinal study | پسر و دختر | اسپانیا |
| Saenen/ ۲۰۱۶ / (۲۷) | قرارگیری در معرض آلودگی هوای حاد، حافظه کوتاه‌مدت را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. بااین‌وجود، تغییرات عصبی رفتاری افراقی، ارتباط قوی با آلودگی هوای محل سکونت دارد. | تست توجه انتخابی استروپ(Stroop Tes)، تست توجه پایدار، آزمون‌های حافظه کوتاه‌مدت و تست‌های سرعت پردازش اطلاعات بصری. | حافظه کوتاه‌مدت و توانایی‌های عصبی روان‌شناختی، عصبی، رفتاری | ذرات معلق هوا | ۳۱۰ | دبستان | ۹-۱۱ سال | Longitudinal study (Panel study) | پسر و دختر | بلژیک |
| Sentís/ ۲۰۱۷ / (۳۸) | افزایش بی‌توجهی و افزایش مدت‌زمان واکنش ضربه [HRT(SE)] که با افزایش سن کاهش می‌یافت. | آزمون عملکرد مداوم K-CPT | توجه یا عدم توجه، تکانش گری و هوشیاری | NO2 هوا | ۱۲۹۸ | پیش‌دبستان | ۴-۵ سال | a population-based birth cohort | پسر و دختر | اسپانیا |

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

| نویسنده/سال/رفرنس | نتیجه | روش ارزیابی | بررسی | نوع آلودگی | تعداد نمونه | مقطع تحصیلی | سن | نوع مطالعه | جنسیت | محل مطالعه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Forns/ ۲۰۱۷/ (۳۱) | رشد کندتر حافظه کاری. این ارتباط در مورد آلودگی با NO2 قوی‌تر بود. | استفاده از آزمون‌های TRAPsو ۳-back d' | حافظه کاری | کربن عنصری، NO2 و ذرات معلق معلق. | ۱۴۳۹ | دبستان | ۷-۹ سال | Longitudinal study | پسر و دختر | اسپانیا |
| Alemany/ ۲۰۱۷/ (۳۹) | افزایش غیرمعنی‌دار بی‌توجهی در ژنوتیپ‌های خاص. | ارزیابی بی‌توجهی از طریق آزمون شبکه توجهی. | توجه | ذرات مس هوا | 1645 | دبستان | ۷-۱۱سال | Cohort of primary school children | پسر و دختر | اسپانیا |
| Mortamais/ ۲۰۱۷/ (۴۰) | قرار گرفتن در معرض آلودگی، با کاهش حجم هسته دمی همراه بود. افزایش غیرمعنی‌دار علائم ADHD و بی‌توجهی. | تعیین حجم کل مغز و حجم عقده‌های قاعده‌ای به کمک اسکن MRI. علائم ADHD توسط معلمان گزارش شد، و بی‌توجهی با خطای استاندارد زمان واکنش ضربه در آزمون شبکه توجه ارزیابی شد. | حجم عقده‌های قاعده‌ای مغز و ADHD | هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای (PAHs) هوا | ۲۴۲ | دبستان | ۸-۱۲سال | Cohort of primary school children | پسر و دختر | اسپانیا |
| Wang / ۲۰۱۷/ (۴۱) | کاهش نمرات IQ با افزایش سطح ذرات معلق محیط که در پسران ۱۵۰ برابر قوی‌تر از دختران بود. همچنین، در خانواده‌های با سطح اجتماعی پایین‌تر، شدیدتر بود. | مقیاس هوش WASI | IQ | ذرات معلق هوا | ۱۳۶۰ | دبستان | ۹ – ۱۱ سال | prospective longitudinal study | دختر و پسر | آمریکالاتینی |
| Sunyer/ ۲۰۱۷/ (۴۲) | سطوح روزانه NO2 و کربن عنصری با تمام فرآیندهای توجه ارتباط منفی دارند. | آزمون شبکه توجه کودک مبتنی بر کامپیوتر. | اثرات عصبی روان‌شناختی | کربن عنصری و NO2 هوا | ۲۶۸۷ | دبستان | ۷-۱۰سال | ND | پسر و دختر | اسپانیا |
| Alemany/ ۲۰۱۷/ (۳۰) | مشکلات رفتاری قابل توجه در کودکان حامل آلل APOEepsilon 4e4 در مقایسه با افراد غیر حامل، و کوچک‌تر بودن حجم هسته دمی آن‌ها | پرسشنامه و آزمون‌های رایانه‌ای بی‌توجهی و حافظه کاری. اندازه‌گیری حجم عقده‌های قاعده‌ای با MRI | رشد عصبی و آلزایمر | PAHs، کربن عنصری و NO2 هوا | ۱۶۶۷ | دبستان | ۷-۱۱ سال | Population based cohort | پسر و دختر | اسپانیا |
| Talaeizadeh/ ۲۰۱۸/ (۴۳) | عملکردهای شناختی ضعیف‌تر در مناطق آلوده‌تر. | اختلالات شناختی و افسردگی به ترتیب بر اساس آزمون وکسلر و N-Back نمره‌گذاری شدند. | هوش کلامی، هوش عملکردی و ضریب هوش عمومی. | آلودگی شدید هوا | ۱۹۰ | دبستان | ۸-۱۰ سال | cross-sectiona | دختر | ایران |
| Toyinbo/ ۲۰۱۸/ (۴۴) | پیامدهای سلامت نامطلوب و کاهش عملکرد یادگیری. | پرسشنامه | عملکردهای یادگیری | غلظت CO2 هوا در فیلاند | ۴۲۴۸ | دبستان | ND | ND | ND | فیلاند، آمریکا و نیجریه |
| Rivas/ ۲۰۱۹/ (۲۶) | کاهش حافظه فعال و توجه که پسران آسیب‌پذیری بسیار بیش تر بود. | تست‌های کامپیوتری ارزیابی حافظه کاری و شبکه توجه. | حافظه کاری و توجه | ذرات معلق هوا | 2221 | دبستان | ۷-۱۰ سال | Study of for Air Cohorts Pollution Effects | پسر و دختر | اسپانیا |
| Siddiqi/ ۲۰۱۹/ (۲۲) | عملکرد تحصیلی پایین در کودکان در معرض دود مداوم سیگار. | پرسشنامه عملکرد تحصیلی | توانایی یادگیری | دود سیگار هوا | ۴۸۱ | دبستان | ۱۱ سال | A Pilot Cluster Randomized Controlled Trial | پسر و دختر | بنگلادش |
| Grineski/ ۲۰۲۰/ (۴۵) | عملکرد پایین کودکان در خواندن، ریاضیات و علوم. | نمره IQ و استفاده ازنظریه سؤال پاسخ (IRT) | پردازش شناختی و حافظه | آلاینده‌های خطرناک هوا | 16000 | دبستان | ۷-۹ | longitudinal | دختر و پسر | آمریکا |
| Gui/ ۲۰۲۰/ (۲۳) | عملکرد ضعیف‌تر حافظه کاری، کنترل مهاری، تنظیم رفتاری و فراشناخت. | آزمون‌های رایانه‌ای و کنترل بازدارنده. | عملکردهای شناختی | O3، SO2، NO2 و ذرات ریز معلق هوا | ۵۵۵۰ | پیش‌دبستان و دبستان | ۶-۱۲ سال | ND | پسر و دختر | چین |
| Temprano/ ۲۰۲۰/ (۴۶) | کاهش سلامت جسمی و روانی و عملکرد شناختی. | پرسشنامه و آزمون‌های شناختی استاندارد. | عملکردهای شناختی | CO2 و ذرات معلق هوا | ۱۰۰۰۰ | دبستان | تمام سنین دبستان | longitudinal study | ND | هلند |
| Capelo/ ۲۰۲۲/ (۴۷) | نقص در عملکرد عصبی رفتاری با اقامت در نزدیکی مناطق صنعتی. | استفاده از پرسشنامه. اندازه‌گیری فلزات ادرار . استفاده از آزمون‌های رفتاری. | عملکرد عصبی رفتاری | فلزات سنگین هوا | ۱۱۱ | دبستان | ۹-۱۱ سال | A cross-sectional epidemiological study | پسر و دختر | اسپانیا |
| Jalaludin/ ۲۰۲۲/ (۴۸) | تأثیر منفی بر روی نمرات شناختی فردی. | آزمون RCPM و مصاحبه. | عملکردهای شناختی | ذرات معلق هوا | ۵۹۱ ۱۶ | پیش‌دبستان، دبستان و متوسطه | ۶-۱۲ سال | ND | پسر و دختر | اندونزی |
| Seifi/ ۲۰۲۲/ (۴۹) | کاهش IQ . | پرسشنامه و تست هوش کل | ضریب هوشی | ذرات معلق هوا | ۳۶۹ | پیش‌دبستان و دبستان | ۶-۸سال | cross-sectional study | پسر و دختر | ایران |
| Nedelescu/ ۲۰۲۲/ (۵۰) | عدم معنی‌دار نتایج برای کودکان پیش‌دبستانی؛ و میانگین نمرات کمتر برای کودکان ۸-۱۱ سال در گروه‌های مناطق آلوده نسبت به گروه کنترل . | استفاده از آزمون‌های پیش‌دبستانی وکسلر و مقیاس هوش اولیه (WPPSI) برای ۴-۶ سال؛ و برای ۸-۱۱ سال آزمون خط زنی تولوز پیرون(Toulouse-Pieron test) و تست چراغ‌راهنما. | مقایسه عملکرد شناختی در مناطق آلوده با گروه کنترل منطقه غیرآلوده | فلزات سنگین هوا (کوپسا میکا و زلاتن Copşa Mică and Zlatna) | ۲۰ مدرسه پیش دبستانی و ۶۷ دبستان | پیش‌دبستان و دبستان | ۴-۶ سال و ۸-۱۱ سال | case-control study | پسر و دختر | رومانی |
| Rahai/ ۲۰۲۳/ (۵۱) | اثرات منفی گسترده‌ای بر پیشرفت تحصیلی کودکان. | استفاده از آزمون Righy PM Ultra Benchmark، برای تعیین نمره مشارکت خواندن. | توانایی و بهبود خواندن | هوای آلوده با نوروتوکسین | ۶۰۸۰ | دبستان | میانگین ۷/۹ | ND | ND | آمریکا |

LEAP : برنامه ارزیابی آموزشی لوئیزیانا
IQ : پرسشنامه هوش
WISC : مقیاس هوش وکسلر برای کودکان
WRAML : آزمون ارزیابی دامنه وسیع حافظه و یادگیری
KBIT : ستس هوش کوتاه کافمن
ADHD : اختلال کمبود توجه و بیش فعالی
WRAVMA : ارزیابی دامنه وسیعی از توانایی های حرکتی بینایی
WRAML2 : ارزیابی دامنه وسیعی از حافظه و یادگیری
IRT : نظریه سوال - پاسخ
RCPM : ماتریس های پیشرونده ریون
WPPSI : مقیاس هوش وکسلر پیش دبستانی و ابتدایی
WKCE : آزمون دانش و مفاهیم ویسکانسین
MSCA : مقیاس توانایی های کودکان مک کارتی
NES : سیستم ارزیابی عصبی رفتاری
DMST : تست بازه حافظه رقمی
PAHs : هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه
K-CPT : تست عملکرد مداوم Kiddie-Conners

سرب (Pb)، روی (Zn)، کادمیوم (Cd)، نیکل (Ni)، منگنز (Mn)، مس (Cu)، کروم (Cr)، کبالت (Co) و وانادیم (V).

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

در عـوض، Saenen و همکـاران (۲۰۱۶) گـزارش کردند که حافظه کوتاه مدت ارتباط معنی‌داری بـا قـرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا ندارد(۲۷). هـم‌چنـین، در چند مطالعه هیچ ارتباط معنی‌داری بین حافظه فعال و قـرار گـرفتن در معـرض NO2 بـا غلظـت بـالاتر هـم در کودکان پیش‌دبستانی و هـم در سـنین مدرسـه مشـاهده نشد(۲۸،۲۱).

*هوش (IQ) و عملکرد فکری*

تعداد ۱۰ مطالعه با در نظر گرفتن نمره کلی هـوش، بررسی هوش کلامی، مهارت‌های مربوط به دانش، درک مطلب و استدلال ریاضی که معیارهایی از فضـای ذهنـی را ارائـه می‌کننـد، بـه بررسـی ضـریب هوشـی(IQ) پرداختند(۱۷،۱۸،۲۴،۳۲،۳۷،۳۸،۴۱،۴۳،۴۹،۵۰). در ایـن مطالعات، غلظت بالای فلـزات سـنگینی همچـون سـرب ومنگنز،NO2، CO، NH3، کربن سیاه و ذرات معلـق هـوا با کاهش یـا نقایصـی در IQ جمعیت‌هـای مـورد مطالعـه همراه بود. فقط در مطالعـه Harris و همکـاران (۲۰۱۵)، شناخت، هوش غیر کلامی، و هوش کلامی تـا حـدودی پایین‌تر بود، اما این ارتباط معنی‌دار نبـود(۲۴). هـم‌چنـین، تفاوت اثرسطوح آلودگی بر روی هوش و جنسیت تنها در مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۷) معرفی شد، بـه‌طوری کـه، اثـر افـزایش سـطح ذرات معلـق محـیط بـا کـاهش نمرات IQ در پسران ۱۵۰ برابر قوی‌تر از دختران بود(۴۱).

*توجه*

تعداد ۱۱ مطالعه جنبه‌های مختلف توجه، مانند تغییر توجه (یعنی توانایی تغییر توجـه از محرکـی بـه محـرک دیگر) و بیش فعالی را بررسی کردند. در این مطالعـات، قرار گرفتن در معرض آلودگی‌هـای هـوا، ماننـد سـرب، مس، NO2، CO2، O3، ذرات معلق هوا، کربن عنصری و هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای سبب کاهش توجه، نقص‌های عصبی-رفتاری مانند ADHD و عملکرد ضعیف دانش آموزان بود(۱۶،۱۸،۲۵،۲۶،۳۰،۳۳،۴۰-۳۸،۴۲).

*بررسی عملکردهای حسی حرکتی*

تعداد ۲ مطالعه، ارتباط بین قرار گرفتن در معرض NO2 و رشـد عصـبی را در کودکـان ۴ سـاله بررسـی کردنـد. به‌طور خاص، در این تحقیقات بین سـطوح بـالای NO2 هوا و مهارت‌های حرکتی درشت، ارتباط منفی معنی‌دار ظاهر شد(۲۷،۲۸). هم‌چنین، Calderón همکاران (۲۰۱۱) تفـاوت قابـل‌توجهی را ازنظـر حجـم مـاده سـفید مغـز و توانایی‌هـای حرکتـی کودکـان در معـرض آلـودگی گزارش کردند، که نشان می‌دهد زندگی در یک منطقه آلوده عامل خطری برای اختلال در عملکردهای حسی-حرکتی است(۱۸). ارزیابی کیفی، هر مقاله بـا اسـتفاده از ابزار ارزیابی کیفیت اصـلاح شـده QualSyst (حـداکثر امتیاز: ۲۰) انجـام شـد. در ایـن ارزیـابی، نمـرات ۱۹-۲۰ عالی، نمرات ۱۷-۱۸ خوب، نمرات ۱۵-۱۶ قابـل قبـول، و نمرات کـم‌تـر، غیرقابـل قبـول در نظـر گرفتـه شـدند. هـم‌چنـین، امتیـاز بـیش‌تـر مقـالات ۱۵ بـه بـالا بـود کـه نشان دهنده وضعیت مطلوب اکثر مقالات انتخـاب شـده است (جدول شماره ۲).

## بحث

در پژوهش حاضـر، ۳۷ مقالـه بـه بررسـی سـامانمند ارتبـاط بـین قـرار گـرفتن در معـرض آلـودگی هـوا بـا عملکردهای شناختی کودکان در مراحل اولیـه تحصـیل پرداخت. شواهد قاطعی بـه‌دسـت آمـده اسـت کـه قـرار گـرفتن در معـرض آلـودگی می‌توانـد بـر عملکردهـای شـناختی کودکـان در گـروه سـنی ۴ تـا ۱۴ سـال تـأثیر بگذارد. با این که پژوهش‌های مورد بررسی در ایـن امـر از نـاهمگونی در ابزارهـای مقیاس‌بنـدی و متغیرهـای مطالعـاتی برخـوردار بودنـد، زمینـه مشـترک در بیش‌تـر آن‌ها این بود کـه قـرار گـرفتن در معـرض آلاینـده‌های خـاص نظیـر PAHs و NO2 بـه‌طـور معنـی‌داری بـا کاهش کارکردهای عصب شناختی در کودکان ارتبـاط دارد(۵۲،۵۳). برخی از این مطالعات همچنین تفاوت‌هـای مبتنی بر جنسیت را در برابر آلاینـده‌ها بررسـی کرده‌انـد

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

که نتایج آن‌ها نشان می‌دهد پسران، در معرض خطرات شناختی بیش‌تری نسبت به دختران قرار دارند. مکانیسم‌های مختلف فیزیولوژیکی ممکن است این تفاوت در دختران و پسران، از جمله هورمون‌های جنسی را توضیح دهند(۴۱،۲۶). هم‌چنین، پاسخ‌های التهابی و اکسیداتیو می‌توانند منجر به آسیب DNA، تغییر در تراکم سیناپسی و اختلال در عملکردهای نوروترنسمیتری شوند. به عنوان مثال، آلاینده‌ها می‌توانند از طریق القای استرس اکسیداتیو و اختلال در تعادل اکسیدان- آنتی‌اکسیدان، بر روی بیان ژن‌ها و فعالیت‌های سیتوکین‌های التهابی تأثیر بگذارند(۱۷).

بنابراین، ممکن است استروژن جنس مؤنث با تنظیم بیان سیتوکین‌ها، اثرات ضد التهابی داشته باشد(۵۴). ارتباط بین قرار گرفتن در معرض آلودگی هوا و حافظه فعال را با توجه به نقش تعدیل‌کننده ژنوتیپ آپولیپوپروتئین E (APOE) حامل آلل e4 می‌توان توضیح داد. APOE e4 عامل خطر شناخته شده‌ای است که آسیب‌پذیری در برابر آلودگی هوا را از طریق التهاب عصبی و واکنش‌های اکسیداتیو افزایش می‌دهد. به‌طوری که در مطالعات، ارتباط منفی بین سطوح PAHs/NO2 و حافظه‌کاری در حامل‌های آلل APOE e4 گزارش شده است(۴۲،۳۹).

**جدول شماره ۲:** ارزیابی کیفی مقالات

| ردیف | تعیین دقیق هدف | تعیین دقیق نوع آلودگی | تعیین جامعه مورد مطالعه (سن، جنسیت و ...) | استفاده از روش آماری معتبر | تعیین نوع مطالعه | استفاده از روش ارزیابی معتبر | تعیین محدوده زمانی مطالعه | تعیین معیارهای ورود و خروج | نتایج معتبر و قابل اعتماد | پشتیبانی نتیجه‌گیری توسط نتایج | نمره | کیفیت | منبع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | Y | Y | P | Y | Y | Y | Y | N | Y | Y | ۱۷ | خوب | (۱۴) |
| ۲ | P | Y | P | Y | Y | Y | Y | N | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۳۵) |
| ۳ | Y | Y | P | Y | Y | Y | N | N | Y | Y | ۱۵ | قابل‌قبول | (۱۵) |
| ۴ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۱۶) |
| ۵ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۳۲) |
| ۶ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۳۶) |
| ۷ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | ۱۹ | عالی | (۳۰) |
| ۸ | Y | Y | Y | P | Y | Y | Y | P | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۱۷) |
| ۹ | Y | Y | Y | Y | P | Y | N | P | Y | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۳۷) |
| ۱۰ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۳۸) |
| ۱۱ | Y | Y | Y | N | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۳۹) |
| ۱۲ | Y | Y | Y | N | Y | Y | N | P | Y | Y | ۱۵ | قابل‌قبول | (۴۰) |
| ۱۳ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۲۳) |
| ۱۴ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | ۱۹ | عالی | (۲۴) |
| ۱۵ | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | P | P | Y | ۱۷ | خوب | (۱۸) |
| ۱۶ | Y | Y | Y | Y | P | P | Y | Y | Y | Y | ۱۸ | خوب | (۱۹) |
| ۱۷ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۲۰) |
| ۱۸ | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | P | P | Y | ۱۷ | خوب | (۲۹) |
| ۱۹ | Y | Y | Y | Y | P | P | Y | P | P | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۳۳) |
| ۲۰ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۲۵) |
| ۲۱ | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | Y | P | Y | ۱۸ | خوب | (۴۱) |
| ۲۲ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | ۱۹ | عالی | (۳۴) |
| ۲۳ | Y | Y | Y | Y | P | P | Y | P | P | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۳۱) |
| ۲۴ | Y | Y | P | Y | Y | P | Y | P | P | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۲۵) |
| ۲۵ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | ۱۹ | عالی | (۲۶) |
| ۲۶ | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | P | P | Y | ۱۷ | خوب | (۴۲) |
| ۲۷ | Y | Y | P | N | Y | P | Y | P | P | Y | ۱۴ | غیرقابل‌قبول | (۴۳) |
| ۲۸ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۲۷) |
| ۲۹ | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | P | Y | ۱۸ | خوب | (۲۱) |
| ۳۰ | Y | N | Y | Y | Y | P | P | P | P | Y | ۱۴ | غیرقابل‌قبول | (۲۸) |
| ۳۱ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | P | Y | Y | ۱۹ | عالی | (۲۲) |
| ۳۲ | Y | Y | Y | Y | N | P | N | P | P | Y | ۱۳ | غیرقابل‌قبول | (۴۴) |
| ۳۳ | P | Y | Y | Y | P | Y | N | Y | Y | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۴۵) |
| ۳۴ | Y | Y | Y | N | Y | Y | N | Y | Y | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۴۶) |
| ۳۵ | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | Y | ۲۰ | عالی | (۴۷) |
| ۳۶ | Y | Y | P | Y | P | P | Y | P | P | Y | ۱۶ | قابل‌قبول | (۴۸) |
| ۳۷ | Y | P | P | N | Y | P | Y | Y | P | Y | ۱۴ | غیرقابل‌قبول | (۴۹) |

Y: Yes(نمره=۲)، P: PARTIAL(نمره=۱)، N: No(نمره=۰)

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

نتایج تحقیق حاضر با داده‌های قبلی در مورد اختلالات عصبی- روانپزشکی مطابقت دارد که نشان می‌دهند قرار گرفتن در معرض آلاینده‌های هوا در اوایل زندگی با افزایش خطر ADHD و علائم اصلی کمبود توجه همراه است(۵۵). هم‌چنان که از نظر ریواس و همکاران (۲۰۱۹)، اثرات نوروتوکسیک آلودگی هوا ممکن است به صورت اثرات جنسی و علائم ADHD باشد، همچنان که، مطالعات قبلی نشان می‌دهند کودکان مبتلا به ADHD در مقایسه با همسالان در حال رشد خود، با تأخیر ۲ تا ۳ ساله در رشد قشر مغز مواجه هستند(۲۶).

Van Kempen و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهش خود، رابطه قرارگیری در معرض NO2 و عملکردهای شناختی تا سن ۱۱ سالگی را بررسی کردند. هشت مورد از این مطالعات همبستگی منفی بین قرار گرفتن در معرض NO2 و عملکردهای شناختی، مانند حافظه کاری را نشان دادند(۲۹). در مقابل، محیط تمیز و سرسبز در یک شهر بزرگ می‌تواند تأثیر مثبتی بر سیستم عصبی مرکزی کودکان داشته باشد. دادوند و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که زندگی در یک فضای سبز تأثیر مثبت بر حجم ماده خاکستری قشر جلویی مغز، حجم ماده سفید لوب پیش پیشانی راست و حجم ناحیه پیش حرکتی چپ مغز دارد. این مناطق، نقاط کلیدی در حافظه فعال و توجه هستند(۵۶). هم‌چنین، در مطالعه‌ای بر روی موش‌ها، نشان داده شد که قرار گرفتن در معرض آلودگی، با از دست دادن نورون‌های قشر مغز مرتبط است(۵۷). De Prado و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که التهاب عصبی ناشی از قرار گرفتن درمعرض آلودگی هوا باعث مسمومیت سیناپسی و مرگ عصبی در حیوانات می‌شود(۵۸). علاوه بر کودکان، برخی از مطالعات اثرات آلودگی هوا بر عملکرد شناختی بزرگ‌سالان را بررسی کردند. Power و همکاران (۲۰۱۱) ارتباط بین قرار گرفتن طولانی مدت در معرض کربن سیاه و شناخت در بین ۶۸۰ مرد مسن سفیدپوست (۷۱ تا ۷۷ ساله) را بررسی کردند. پس از تعدیل عوامل مخدوش‌کننده مانند سن، تحصیلات، زبان اول و تجربه رایانه، قرار گرفتن در معرض کربن سیاه به‌طور قابل توجهی با خطر امتیاز پایین در آزمون کوتاه وضعیت ذهنی مرتبط بود(۶۰). مقالات مورد بررسی در این مطالعه، عمدتاً بر اثرات مضر آلودگی هوا روی مهارت‌های شناختی تأکید دارند. با این وجود، برخی محققان به نقش عوامل تعدیل‌گر مانند وضعیت اقتصادی-اجتماعی، سطح تحصیلات والدین، و عوامل رژیمی و عادات سلامت محور، که ممکن است در تعدیل اثرات آلاینده‌ها دخیل باشند، پرداخته‌اند(۶۲-۵۹). هم‌چنین، داده‌های این مقاله، محدود به مناطق خاص یا دوره‌های زمانی معین است که مانع از تعمیم‌دهی نتایج به جوامع یا دوره‌های دیگر می‌شود. بنابراین، رابطه بین آلودگی هوا و عملکردهای شناختی همچنان بحث‌برانگیز است و نیاز به تحقیقات بیش تری دارد.

*پیشنهادها*

ترکیب روش‌های کیفی و کمی در پژوهش‌های بعدی، به منظور درک دقیق‌تر اثرات آلودگی بر عملکردهای شناختی، روانشناسی و علوم پیشنهاد می‌شود.

قرارگرفتن درمعرض آلودگی هوا و خاک در دوران پیش دبستانی و دبستان می‌تواند با کاهش مهارت‌های شناختی، که نشانه‌هایی از عملکردهای عقلانی کلی، توجه، درک و حافظه هستند، مرتبط باشد. با توجه به افزایش جهانی آلودگی هوا، نیاز به تحقیقات بیش تر برای روشن کردن رابطه بین آلودگی هوا و رشد شناختی در کودکان و نوجوانان وجود دارد.

## سپاسگزاری

بدین‌وسیله، نویسندگان از همکاری دکتر زهره قطب‌الدین در ارزیابی کیفی مقالات تقدیر و تشکر می‌نمایند.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

## References

1. Aslam M, Ali MH, Erum W, Shehzadi S, Khalid Z. Effect of Environmental Pollutants on Neurological Disorders. Markhor (The Journal of Zoology) 2021; 2(2): 9-13.
2. Manisalidis I, Stavropoulou E, Stavropoulos A, Bezirtzoglou E. Environmental and health impacts of air pollution: a review. Front Public Health 2020; 8: 14.
3. Naydenova S, Veli A, Mustafa Z, Hudai S, Hristova E, Gonsalvesh-Musakova L. Atmospheric levels, distribution, sources, correlation with meteorological parameters and other pollutantsand health risk of PAHs bound in PM2.5 and PM10 in Burgas, Bulgaria–a case study. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng 2022; 57(4): 306-317.
4. Salonen H, Salthammer T, Morawska L. Human exposure to NO2 in school and office indoor environments. Environment International 2019; 130: 104887.
5. Egendorf SP, Gailey AD, Schachter AE, Mielke HW. Soil toxicants that potentially affect children's health. Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care 2020; 50(1): 100741.
6. Blakemore SJ. Adolescence and mental health. Lancet 2019; 393(10185): 1-2030.
7. Salvi A, Salim S. Neurobehavioral consequences of traffic-related air pollution. Front Neurosci 2019; 13: 1232.
8. Cory-Slechta DA, Sobolewski M, Oberdörster G. Air pollution-related brain metal dyshomeostasis as a potential risk factor for neurodevelopmental disorders and neurodegenerative diseases. Atmosphere 2020; 11(10): 1098.
9. Costa LG, Cole TB, Coburn J, Chang Y-C, Dao K, Roqué PJ. Neurotoxicity of traffic-related air pollution. Neurotoxicology 2017; 59: 133-139.
10. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang Y-C, Coburn J, Garrick JM. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. Pharmacol Ther 2020; 210: 107523.
11. Loftus CT, Hazlehurst MF, Szpiro AA, Ni Y, Tylavsky FA, Bush NR, et al. Prenatal air pollution and childhood IQ: preliminary evidence of effect modification by folate. Environ Res 2019; 176: 108505.
12. Guxens M, Lubczyńska MJ, Muetzel RL, Dalmau-Bueno A, Jaddoe VW, Hoek G, et al. Air pollution exposure during fetal life, brain morphology, and cognitive function in school-age children. Biol Psychiatry 2018; 84(4): 259-303.
13. Shamseer L, Moher D ,Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. BMJ 2015; 349: g7647.
14. Kmet LM, Cook LS, Lee RC. Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields.. 2004.
15. Mielke HW, Berry KJ, Mielke PW, Powell ET, Gonzales CR. Multiple metal accumulation as a factor in learning achievement within various New Orleans elementary school communitiesEnviron Res 2005; 97(1): 67-75.
16. Shaughnessy RJ, Haverinen-Shaughnessy U, Nevalainen A, Moschandreas D. A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. Indoor Air 2006; 16(6): 465-468.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

17. Suglia SF, Gryparis A, Wright RO, Schwartz J, Wright RJ. Association of black carbon with cognition among children in a prospective birth cohort study. Am Jepidemiol 2008; 167(3): 280-286.
18. Calderón-Garcidueñas L, Engle R, Mora-Tiscareño A, Styner M, Gómez-Garza G, Zhu H, et al. Exposure to severe urban air pollution influences cognitive outcomes, brain volume and systemic inflammation in clinically healthy children. BrainCogn 2011; 77(3): 345-355.
19. Jorge JG, Botelho C, SilvaAM, Moi GP. Influence of passive smoking on learning in elementary school. Jornal de Pediatria 2016; 92(3): 260-267.
20. Mendell MJ, Eliseeva EA, Davies MM, Lobscheid A. Do classroom ventilation rates in California elementary schools influence standardizedtest scores? Results from a prospective study. Indoor Air 2016; 26(4): 546-557.
21. Pujol J, Martínez-Vilavella G, Macià D, Fenoll R, Alvarez-Pedrerol M, Rivas I, et al. Traffic pollution exposure is associated with altered brain connectivity in school children. Neuroimage 2016; 129: 175-184.
22. Siddiqi K, Huque R, Kanaan M, Ahmed F, Ferdous T, Shah S, et al. Children Learning About Secondhand Smoke (CLASS II): A Pilot Cluster Randomized Controlled Trial. Nicotine Tob Res 2019; 21(5): 670-677.
23. Gui Z, Cai L, Zhang J, Zeng X, Lai L, Lv Y, et al. Exposure to ambient air pollution and executive function among Chinese primary schoolchildren. Int J Hyg Environ Health 2020; 229: 113583.
24. Harris MH, Gold DR, Rifas-Shiman SL, Melly SJ, Zanobetti A, Coull BA, et al. Prenatal and childhood traffic-related pollution exposure and childhood cognition in the project viva cohort (Massachusetts, USA). Environ Health Perspect 2015; 123(10): 1072-1078.
25. Basagaña X, Esnaola M, Rivas I, Amato F, Alvarez-Pedrerol M, Forns J, et al. Neurodevelopmental deceleration by urban fine particles from different emission sources: a longitudinal observational study. Environ Health Perspect 2016; 124(10): 1630-1636.
26. Rivas I, Basagaña X, Cirach M, López-Vicente M, Suades-González E, Garcia-Esteban R, et al. Association between early life exposure to air pollution and working memory and attention. Environ Health Perspect 2019; 127(5): 057002.
27. Saenen ND, Provost EB, Viaene MK, Vanpoucke C, Lefebvre W, Vrijens K, et al. Recent versus chronic exposure to particulate matter air pollution in association with neurobehavioral performance in a panel study of primary schoolchildren. Environ Int 2016; 95: 112-119.
28. Freire C, Ramos R, Puertas R, Lopez-Espinosa M-J, Julvez J, Aguilera I, et al. Association of traffic-related air pollution with cognitive development in children. J Epidemiol Community Health 2010; 64(3): 223-228.
29. Van Kempen E, Fischer P, Janssen N, Houthuijs D, van Kamp I, Stansfeld S, et al. Neurobehavioral effects of exposure to traffic-related air pollution and transportation noise in primary schoolchildren. Environ Res 2012; 115: 18-25.
30. Alemany S, Vilor-Tejedor N, Bustamante M, Alvarez-Pedrerol M, Rivas I, Forns J, et al. Interaction between airborne copper exposure and ATP$^{7}$B polymorphisms on inattentiveness in scholar children. International Journal of

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

Hygiene and Environmental Health 2017; 220(1): 51-56.

31. Forns J, Dadvand P, Esnaola M, Alvarez-Pedrerol M, López-Vicente M, Garcia-Esteban R, et al. Longitudinal association between air pollution exposure at school and cognitive development in school children over a period of 3.5 years. Environ Res 2017; 159: 416-421.
32. Baghurst PA, McMichael AJ, Wigg NR, Vimpani GV, Robertson EF, Roberts RJ, et al. Environmental exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years: the Port Pirie Cohort Study. N Engl J Med 1992; 327(18): 1279-1284.
33. Roy A, Bellinger D, Hu H, Schwartz J, Ettinger AS, Wright RO, et al. Lead exposure and behavior among young children in Chennai, India. Environ Health Perspect 2009; 117(10): 1607-1611.
34. Wang S, Zhang J, Zeng X, Zeng Y, Wang S, Chen S. Association oftraffic-related air pollution with children's neurobehavioral functions in Quanzhou, China. Environ Health Perspect 2009; 117(10): 1612-1618.
35. De Giuli V, Da Pos O, De Carli M. Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primaryschools. Building and Environment 2012; (RP-884): 335-345.
36. Amato MS, Moore CF, Magzamen S, Imm P, Havlena JA, Anderson HA, et al. Lead exposure and educational proficiency: moderate lead exposure and educational proficiency on end-of-grade examinations. Ann Epidemiol 2012; 22(10): 738-743.
37. Betancourt Ó, Tapia M, Méndez I. Decline of general intelligence in children exposed to manganese from mining contamination in Puyango River Basin, Southern Ecuador. Ecohealth 2015; 12(3): 453-460.
38. Sentís A, Sunyer J, Dalmau-Bueno A, Andiarena A, Ballester F, Cirach M, et al. Prenatal and postnatal exposure to NO2 and child attentional function at 4-5 years of age. Environ Int 2017; 106: 170-177.
39. Alemany S, Vilor-Tejedor N, García-Esteban R, Bustamante M, Dadvand P, Esnaola M, et al. Traffic-Related Air Pollution, APOE ε 4 Status, and neurodevelopmental outcomes among school children enrolled in the BREATHE project (Catalonia, Spain). Environ Health Perspect 2018; 126(8): 087001.
40. Mortamais M, Pujol J, Van Drooge BL, Macià D, Martínez-Vilavella G, Reynes C, et al. Effect ofexposure to polycyclic aromatic hydrocarbons on basal ganglia and attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in primary school children. Environment International 2017; 105: 12-19.
41. Wang P, Tuvblad C, Younan D, Franklin M, Lurmann F, Wu J, et al. Socioeconomic disparities and sexual dimorphism in neurotoxic effects of ambient fine particles on youth IQ: a longitudinal analysis. PLoS One 2017; 12(12): e.188731.
42. Sunyer J, Suades-González E, García-Esteban R, Rivas I, Pujol J, Alvarez-Pedrerol M, et al. Traffic-related air pollution and attention in primary school children: short-term association. Epidemiology (Cambridge, Mass) 2017; 28(2): 181-189.
43. Talaeizadeh Z, Zaeimdar M, Alasl MK, Marandi R, Jozi SA. Determining Critical Air Pollution Areas and their Ecological Impacts on the Cognitive Functions of 8-10 Years Old Girls, Using GIS. Ekoloji Dergisi 2018; 27(106).
44. Toyinbo O, Shaughnessy R, Haverinen-Shaughnessy U. Indoor environmental quality, Pupil's health and academic performance: A

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

summary of studies from Finland, USA and Nigeria. 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality and Climate, INDOOR AIR 2018; 2018.

45. Grineski SE, Collins TW, Adkins DE. Hazardous air pollutants are associated with worse performance in reading, math, and science among US primary schoolchildren. Environ Res 2020; 181: 108925.
46. Palacios Temprano J, Eichholtz P, Willeboordse M, Kok N. Indoor environmental quality and learning outcomes: protocol on large-scale sensor deployment in schools. BMJ Open 2020; 10(3): e.031233.
47. Capelo R, Rohlman DS, Jara R, García T, Viñas J, Lorca JA, et al. Residence in an Area with Environmental Exposure to Heavy Metals and Neurobehavioral Performance in Children 9-11 Years Old: An Explorative Study. Int J Environ Res Public Health 2022; 19(8): 4732.
48. Jalaludin B, Garden FL, Chrzanowska A, Haryanto B, Cowie CT, Lestari F, et al. Associations between ambient particulate air pollution and cognitive function in Indonesian children living in forest fire–prone provinces. Asia Pacific Journal of Public Health 2022; 34(1): 96-105.
49. Seifi M, Yunesian M, Naddafi K, Nabizadeh R, Dobaradaran S, Ziyarati MT, et al. Exposure to ambient air pollution and socio-economic status on intelligence quotient among schoolchildren in a developing country. Environ Sci Pollut Res Int 2022; 29(2): 2024-2034.
50. Nedelescu M, Stan M, Ciobanu A-M, Bălălău C, Filippini T, Baconi D. Attention deficit among preschool and school-aged children living near former metal-processing plants in Romania. Environ Res 2022; 208: 112689.
51. Rahai R, Evans GW. Cumulative Neurotoxicological Air Pollution Exposure Is Associated with Lower Reading Improvement and Diminished Benefits of Literacy Interventions for Urban Elementary Students of Color. J Urban Health 2023; 100(3): 493-503.
52. Riley KW, Guo J, Wang S, Factor-Litvak P, Miller RL, Andrews H, et al. Cohort Profile: The Mothers and Newborns (MN) Cohort of the Columbia Center for Children's Environmental Health. Int J Epidemiol 2024; 53(1): dyae011.
53. Gartland N, Aljofi HE, Dienes K, Munford LA, Theakston AL, Van Tongeren M. The effects of traffic air pollution in and around schools on executive function and academic performance in children: a rapidreview. Int J Environ Res Public Health 2022; 19(2): 749.
54. Shivers KY, Amador N, Abrams L, Hunter D, Jenab S, Quiñones-Jenab V. Estrogen alters baseline and inflammatory-induced cytokine levels independent from hypothalamic–pituitary–adrenal axis activity. Cytokine 2015; 72(2): 121-129.
55. Aghaei M, Janjani H, Yousefian F, Jamal A, Yunesian M. Association between ambient gaseous and particulate air pollutants and attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) in children; a systematic review. Environ Res 2019; 173: 135-156.
56. Dadvand P, Pujol J, Macià D, Martínez-Vilavella G, Blanco-Hinojo L, Mortamais M, et al. The association between lifelong greenspace exposure and 3-dimensional brain magnetic resonance imaging in Barcelona schoolchildren. Environ Health Perspect 2018; 126(2): 027012.
57. Kilian J, Kitazawa M. The emerging risk of exposure to air pollution on cognitive decline and Alzheimer's disease–evidence from

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]

epidemiological and animal studies. Biomed J 2018; 41(3): 141-162.

58. De Prado Bert P, Mercader EMH, Pujol J, Sunyer J, Mortamais M. The effects of air pollution on the brain: a review of studies interfacing environmental epidemiology and neuroimaging. Curr Environ Health Rep 2018; 5(3): 351-364.
59. Power MC, Weisskopf MG, Alexeeff SE, Coull BA, Spiro III A, Schwartz J. Traffic-related air pollution and cognitive function in a cohort of older men. Environ Health Perspect 2011; 119(5): 682-687.
60. Zhang W, Qin G, Zhao Z, Liu W, Zhang S, Kumar PM. The role of socioeconomic status gradients for the child's developmental health. Early Child Development and Care 2023; 193(7): 869-885.
61. Gupta N. Association of environmental exposures, lifestyle behavior and bmi among 6-12 year old children in three rural clusters of haryana: University of Delhi, New Delhi; 2016.
62. Hoque R. of Thesis: Exploring consumer intentions on buying organic food. training. 2024.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-09-16 ]