

Review article

Impact of Rising Temperatures on Hospital Admissions, Hospitalization, and Mortality Related to Dementia: A Narrative Review

Masoumeh Rahmatinia¹Zahra Namvar^{2*}

- 1- Air Quality and Climate Change Research Center, Research Institute for Health Sciences and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
- 2- Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.

***Corresponding author:** Zahra Namvar, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: z.namvar@mazums.ac.ir

Received: 24 November 2024

Accepted: 06 January 2024

ABSTRACT

Introduction and purpose: Climate change is a major public health challenge, particularly for vulnerable populations, such as the elderly and people with dementia. With global warming, understanding the relationship between high temperatures and health outcomes, such as mortality, hospital admissions, and hospitalizations due to dementia, becomes increasingly important. This narrative review aims to collect and analyze existing evidence on the impact of rising temperatures on dementia.

Methods: This narrative review study was conducted using the SANRA checklist. Key terms, including "dementia," "temperature," and their equivalents, were searched in databases, such as PubMed, ProQuest, Web of Science, and Google Scholar, without time restrictions. Screening was also performed based on inclusion and exclusion criteria and study objectives.

Results: Evidence suggests that rising temperatures are associated with increased mortality, hospital admissions, and emergency department visits, especially among the elderly. In addition, exposure to heat during both day and night significantly increases the risk of dementia-related mortality. In fact, both extreme heat events and continuous exposure to high temperatures adversely affect the health of people with dementia.

Conclusion: Given the direct relationship between rising temperatures and dementia, it is imperative that policymakers take necessary steps to protect the elderly from the dangers posed by rising temperatures. These measures can not only reduce healthcare costs but also improve the quality of life for older adults.

Keywords: Climate change, Dementia, Hospital visits, Mortality, Rising temperatures

► **Citation:** Rahmatinia M, Namvar Z. Impact of Rising Temperatures on Hospital Admissions, Hospitalization, and Mortality Related to Dementia: A Narrative Review. Journal of Health Research in Community. Winter 2025;10(4): 80-91

مقاله مروری

تأثیر افزایش دما بر مراجعات بیمارستانی، بستری شدن و مرگ و میر مرتبط با زوال عقل: یک مروری روایتی

چکیده

معصومه رحمتی نیا^۱
زهرناامور^{۲*}

مقدمه و هدف: تغییرات اقلیمی به عنوان یک چالش عمده در سلامت عمومی، به ویژه برای جمعیت های آسیب پذیر مانند سالمندان و افراد مبتلا به زوال عقل مطرح است. با افزایش دمای جهانی، درک ارتباط بین دماهای بالا و پیامدهای سلامتی نظیر مرگ و میر، پذیرش و بستری شدن در بیمارستان به دلیل زوال عقل، اهمیت بیشتری پیدا می کند. این مرور روایتی به جمع آوری و تحلیل شواهد موجود در زمینه تأثیر افزایش دما بر زوال عقل می پردازد.

روش کار: این مطالعه مروری روایتی با استفاده از چک لیست SANRA انجام شد. کلیدواژه های اصلی شامل "Dementia"، "Temperature" و معادل های آن ها در پایگاه های اطلاعاتی PubMed، ProQuest، Web of Science و Google Scholar بدون محدودیت زمانی جست و جو شده اند. همچنین، غربالگری براساس معیارهای ورود، خروج و اهداف مطالعه انجام شده است.

یافته ها: شواهد نشان می دهند که افزایش دما با افزایش مرگ و میر، افزایش پذیرش در بیمارستان و مراجعات مکرر به بخش اورژانس، به ویژه در میان سالمندان، مرتبط است. همچنین، قرار گرفتن در معرض گرما در طول روز و شب به طور قابل توجهی خطر مرگ و میر ناشی از زوال عقل را افزایش می دهد. درواقع، هم رویدادهای گرمای شدید و هم قرار گرفتن مداوم در معرض دماهای بالا بر سلامت افراد مبتلا به زوال عقل تأثیر منفی می گذارد.

نتیجه گیری: با توجه به ارتباط مستقیم میان افزایش دما و زوال عقل، ضروری است که سیاست گذاران اقدامات لازم را برای محافظت از سالمندان در برابر خطرات ناشی از افزایش دما انجام دهند. این اقدامات نه تنها می توانند هزینه های مراقبت های بهداشتی را کاهش دهد، بلکه کیفیت زندگی سالمندان را نیز بهبود می بخشد.

کلمات کلیدی: افزایش دما، زوال عقل، مراجعات بیمارستان، مرگ و میر، تغییرات اقلیمی

۱. مرکز تحقیقات کیفیت هوا و تغییر اقلیم، پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: زهرناامور، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: z.namvar@mazums.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۷

◀ **استناد:** رحمتی نیا، معصومه؛ زهرناامور. تأثیر افزایش دما بر مراجعات بیمارستانی، بستری شدن و مرگ و میر مرتبط با زوال عقل: یک مروری روایتی. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، زمستان ۱۴۰۳؛ ۱۰(۴): ۸۰-۹۱

مقدمه

تغییرات اقلیمی به عنوان یکی از مهم ترین چالش های قرن بیست و یکم مطرح است که به طور قابل توجهی بر سلامت انسان

مجله تحقیقات سلامت در جامعه، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، زمستان ۱۴۰۳، دوره ۱۰، شماره ۴، ۸۰-۹۱

تأثیر می‌گذارد [۱]. این تغییرات به شکل‌هایی مانند افزایش دما، تغییر در الگوهای بارش، افزایش سطح دریاها و شدت گرفتن پدیده‌های جوّی مانند توفان‌ها و خشک‌سالی‌ها خود را نشان می‌دهد. در حال حاضر، چالش اصلی زیست‌محیطی گرمایش جهانی است [۳، ۲]. گرمایش جهانی به عنوان اصطلاحی برای توصیف افزایش سریع دمای متوسط سطح زمین در چند دهه اخیر به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی به کار می‌رود. در تاریخ زمین، این سیّاره بارها گرم و سرد شده است. این تغییرات اقلیمی زمانی رخ داده‌اند که زمین مقدار بیشتری یا کمتری از نور خورشید دریافت کرده است که به دلیل تغییرات جزئی در مدار آن یا نوسانات انرژی خورشید بوده است. این تغییرات بدون مداخله انسانی برای قرن‌ها ادامه داشته است. اما در چند دهه اخیر، گرمایش کنونی به مراتب سریع‌تر از رویدادهای گرمایشی گذشته به دلیل فعالیت‌های انسانی در حال وقوع است. طبق گزارش وضعیت اقلیم جهانی ۲۰۲۲ که توسط سازمان جهانی هواشناسی ملل متحد تهیه شده، دمای جهانی در سال ۲۰۲۲ حدود ۱/۱۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از میانگین دوره پیش از صنعتی شدن بوده است [۴]. همچنین، براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO)، انتظار می‌رود بین سال‌های ۲۰۳۰ تا ۲۰۵۰، تغییرات اقلیم به مرگ اضافی حدود ۲۵۰۰۰۰ نفر در سال منجر شود [۵]. ارتباط بین درجه حرارت بالا، امواج گرما و پیامدهای منفی سلامت در بین بیماری‌های متعدد بررسی شده است [۹-۶]. تحقیقات نشان می‌دهد که نوسانات شدید دما در بازه‌های زمانی چندروزه (مواجهه کوتاه مدت) با افزایش میزان مرگ و میر، افزایش پذیرش در بیمارستان و مراجعات مکرر به بخش اورژانس، به ویژه در میان سالمندان، مرتبط است [۱۴-۱۰]. مجموعه جدید از شواهد ارتباط بین مواجهه با دما و خطر ابتلا به اختلالات عصبی را نشان می‌دهد. در حالی که شیوع فزاینده اختلالات عصبی بار زیادی بر خدمات بهداشتی و درمانی تحمیل می‌کند، تأثیرات بلندمدت تغییرات اقلیمی بر بیماری‌های عصبی به خوبی مشخص نشده است

[۱۵]. با این حال، یافته‌ها حاکی از آن است که افزایش مداوم دمای محیط تأحدّ زیادی بر تنظیمات دمای بدن تأثیر می‌گذارد و باعث افزایش دمای بدن می‌شود؛ به گونه‌ای که گزارش شده است دمای بدن در بیماران مبتلا به آلزایمر [Alzheimer's disease (AD)] به طور قابل توجهی بالاتر از افراد مسن سالم بوده و دمای بالاتر بدن ممکن است تأثیر نامطلوبی بر بیماری داشته باشد [۱۶]. اگرچه پیامدهای دمای بالای بدن بر AD به وضوح مشخص نشده است، با این حال، شواهد نشان می‌دهند که AD بر عملکرد هیپوتالاموس تأثیر می‌گذارد و به نوبه خود به اختلال در تنظیم دمای بدن منجر می‌شود [۱۹-۱۷]. نتایج در مطالعات حیوانی نیز نشان می‌دهد که آسیب‌های عصبی قابل توجه، دژنراسیون، آپوپتوز و رسوب پلاک آمیلوئید در هیپوکمپ بر اثر دمای بالا افزایش می‌یابد که این موضوع نشان‌دهنده ارتباط بالقوه‌ای بین افزایش دما و اختلالات عصبی است [۲۲-۲۰]. علاوه بر این، عوامل رفتاری و محیطی دیگر مانند فعالیت‌های ورزشی، انزوای اجتماعی و استرس‌های روانی مرتبط و همچنین افزایش غلظت ذرات معلق ریز نیز ممکن است نقش‌های مستقیم و یا غیرمستقیم در مکانیسم‌های احتمالی بین دما و اختلالات عصبی ایفا کنند [۲۶-۲۳].

زوال عقل یا دمانس یکی از مشخصه‌های شایع بسیاری از بیماری‌های عصبی و یکی از علل اصلی اختلالات شناختی در سالمندان است [۱۵]. افراد مبتلا به زوال عقل به دلیل کاهش توانایی‌های شناختی مانند حافظه، تفکر و استدلال در تکلم و ارتباطات، قضاوت، خلق و خو و رفتار و توانایی انجام کارهای اساسی روزمره دچار مشکل می‌شوند [۲۷]. در حال حاضر، بیش از ۵۵ میلیون نفر در سراسر جهان با زوال عقل زندگی می‌کنند که بیش از ۶۰ درصد آن‌ها در کشورهای کم‌درآمد و متوسط می‌باشند. هر سال نزدیک به ۱۰ میلیون مورد جدید تشخیص داده می‌شود. دمانس هفتمین علت مرگ و میر است و به طور قابل توجهی به ناتوانی و وابستگی در میان سالمندان در سراسر جهان کمک می‌کند. تنها در سال ۲۰۱۹، بار اقتصادی جهانی زوال عقل به

۱/۳ تریلیون دلار رسید که حدود نیمی از این هزینه‌ها مربوط به مراقبت‌های غیررسمی توسط اعضای خانواده و دوستان است [۲۸]. تغییرات اقلیمی ناشی از فعالیت‌های انسانی در دهه‌های اخیر به‌طور قابل توجهی تسریع شده است که مشخصه آن افزایش دما در کوتاه‌مدت و تغییرات بلندمدت است که به پیامدهای نامطلوب سلامتی منجر می‌شود. رابطه بین افزایش کوتاه‌مدت دمای محیط همانند امواج گرما و اثرات مختلف سلامتی به‌خوبی مستند شده است [۱۵]. افزایش دمای محیط خطرات قابل توجهی برای سلامت عمومی به همراه دارد که با عوارض و مرگ‌ومیر قابل توجهی مرتبط است [۲۹].

به‌طور کلی، افزایش فراوانی و شدت رویدادهای آب‌وهوایی هزینه‌های انسانی و مالی قابل توجهی را تحمیل می‌کند [۳۰]. با توجه به شیوع بالای زوال عقل و پیامدهای آن بر سلامت عمومی، بررسی رابطه بین نوسانات شدید دما و هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی مرتبط با زوال عقل، به‌ویژه بستری شدن در بیمارستان، بسیار مهم است. در سال‌های اخیر، مجموعه قابل توجهی از تحقیقات تأثیر افزایش دما بر پیامدهای سلامتی، به‌ویژه در میان جمعیت‌های آسیب‌پذیر مانند سالمندان و افراد مبتلا به بیماری‌های عصبی، از جمله زوال عقل را بررسی کرده‌اند. این مرور روایتی شواهد منتشرشده در مورد اثرات دمای بالا بر پذیرش بیمارستان، بستری شدن و مرگ‌ومیر ناشی از زوال عقل را ترکیب می‌کند و عوامل کلیدی آسیب‌پذیری از جمله تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط با سن و شرایط سلامتی از قبل موجود که اثرات نامطلوب دماهای بالا را تشدید می‌کنند را شناسایی می‌نماید و مورد بحث قرار می‌دهد.

روش کار

این مطالعه مروری روایتی به بررسی ارتباط بین مواجهه کوتاه‌مدت با دما و تعداد پذیرش بیمارستان و اورژانس، تعداد بستری و مرگ‌ومیر ناشی از زوال عقل می‌پردازد. برای این منظور، مراحل

تدوین این مقاله روایتی براساس چک‌لیست سانرا انجام شد [۳۱]. در این مطالعه مروری واژگان کلیدی مرتبط با عنوان “Dementia”, “alzheimer’s dementia”, “vascular dementia”, “lewy body dementias”, “frontotemporal dementia”, “mixed dementia”, “mortality” “hospital visit”, “hospital admission”, “hospitalization”, “emergency department visit”, “emergency room visit”, “Climate change” “heat waves”, “temperature”, “high temperature”, “hot weather”, “warm air”, “hot air”, “warm extremes” بدون محدودیت زمانی در پایگاه‌های اطلاعاتی ProQuest, PubMed, Scholar Google و Science of Web گرفتند. از معادل کلیدواژه‌های اصلی در MeSH نیز در تدوین استراتژی جست‌وجو استفاده شده است. تاریخ آخرین جست‌وجو ۳۰ مهر سال ۱۴۰۳ بوده است. معیارهای ورود مطالعات شامل مقالات اصیل متناسب با اهداف این مطالعه مروری بوده است. مقالات ارائه‌شده در کنفرانس‌های علمی و مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود، از مطالعه خارج شدند. برای اطمینان از جامعیت جست‌وجو، فهرست منابع استفاده‌شده در مقالات بررسی شد. انتشارات سالانه سازمان جهانی بهداشت (WHO) و آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA) بر روی افزایش دما و زوال عقل نیز مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

در مجموع، پس از انجام غربالگری‌های لازم براساس چک‌لیست استفاده‌شده، ۸ مقاله استخراج و بررسی شدند. جدول ۱ بیانگر اطلاعات حاصل از این مقالات، شامل سال و محل انجام مطالعه، بازه زمانی مورد مطالعه، متغیر مورد بررسی، جمعیت مورد مطالعه و یافته‌های حاصل از مطالعه است.

جدول ۱. مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر افزایش دما بر مراجعات بیمارستانی، بستری شدن و مرگ و میر مرتبط با زوال عقل

ردیف	سال چاپ مقاله	محل انجام مطالعه	بازه زمانی مورد مطالعه	متغیر مورد بررسی	جمعیت مورد مطالعه	نتایج	منبع
۱	۲۰۲۴	چین	۲۰۱۳-۲۰۱۹	مرگ و میر	۱۳۲۵۷۳ نفر	- ارتباط شب‌های گرم با خطر مرگ‌های مرتبط با زوال عقل تا ۶ روز - ارتباط روزهای گرم تا بیش از ۱۰ روز	[۱۱]
۲	۲۰۲۴	چین	۲۰۱۵-۲۰۲۰	مرگ و میر	۷۹۱۵۷ نفر	- افزایش ۷۵٪ در احتمال مرگ و میر ناشی از زوال عقل در مواجهه با گرما به مدت زمان ۵ روز - ۶/۱۴٪ مرگ و میر ناشی از زوال عقل در مواجهه با موج گرما در مدت زمان ۲ روز	[۳۶]
۳	۲۰۲۲	انگلستان	۱۹۹۸-۲۰۰۹	بستری شدن	---	- برای هر افزایش ۱ درجه سانتی‌گراد در دما بالای ۱۷ درجه سانتی‌گراد، افزایش ۴/۵٪ ریسک بستری شدن به دلیل زوال عقل	[۱۳]
۴	۲۰۲۱	نیویورک	۲۰۰۹-۲۰۱۶	مراجعات به اورژانس	۲/۸ میلیون نفر	- ارتباط مثبت معنادار بین مواجهه با دمای به شدت گرم با تأخیر ۷ روزه و افزایش مراجعه به اورژانس به دلیل اختلالات روانی، از جمله زوال عقل	[۱۴]
۵	۲۰۱۹	نیوانگلند	۲۰۰۱-۲۰۱۱	بستری شدن	---	- افزایش نرخ بستری شدن افراد مبتلا به زوال عقل در زمان وقوع گرمای شدید	[۱۵]
۶	۲۰۱۳	۱۳۵ شهر ایالات متحده آمریکا	۱۹۸۵-۲۰۰۶	مرگ و میر	۱۱ میلیون نفر	- افزایش ۶٪ خطر مرگ و میر در افراد مبتلا به زوال عقل	[۳۲]
۷	۲۰۱۹	استرالیا	۲۰۰۵-۲۰۱۳	بستری شدن	۹۰۷ نفر	- افزایش خطر مرگ و میر با بیماری‌های تخریب‌کننده عصبی، از جمله زوال عقل در مواجهه با دماهای بالا	[۳۴]
۸	۲۰۲۲	فنلاند	۱۹۹۸-۲۰۱۷	مراجعات بیمارستانی و مرگ و میر	---	- برای هر روز اضافی در ماه با دمای بالای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش میزان مرگ و میر و مراجعه به بیمارستان‌ها به ترتیب ۱/۵ و ۱/۱ درصد	[۳۵]

بحث و نتیجه‌گیری

اثرات دمای بالا بر مرگ و میر ناشی از زوال عقل

تحقیقات به‌طور مداوم نشان می‌دهد که دمای بالا با افزایش نرخ مرگ و میر، به‌ویژه در میان افراد مسن، مرتبط است. نتایج مطالعه‌ای در چین نشان داد که قرار گرفتن در معرض گرما در طول روز و شب به‌طور قابل‌توجهی خطر مرگ و میر ناشی از زوال عقل را افزایش می‌دهد. به‌ویژه، شب‌های گرم با بار بیشتری از مرگ و میر در مقایسه با روزهای گرم همراه بوده است و اثرات آن تا چند روز پس از مواجهه ادامه داشت. به‌طوری‌که ارتباط شب‌های گرم با خطر مرگ‌های مرتبط با زوال عقل تا ۶ روز ادامه داشته است، درحالی‌که ارتباط روزهای گرم با خطر مرگ‌های مرتبط با زوال

عقل بیش از ۱۰ روز ادامه داشته است. شدت گرمای روز نیز خطر نسبی بالاتری برای مرگ‌های مرتبط با زوال عقل داشته است. نسبت شانس برای مرگ‌های مرتبط با زوال عقل (۱/۲۲-۱/۵۵)، ۱/۳۸ (CL۹۵٪) در مواجهه با شب‌های گرم و نسبت شانس در مواجهه با روزهای گرم برابر با (۱/۶۸-۱/۲۷)، ۱/۴۶ (CL۹۵٪) بوده است. این مطالعه نیاز فوری به مداخلات بهداشت عمومی، به‌ویژه زمان را با هدف کاهش خطرات مرتبط با گرما برای سالمندان نشان می‌دهد [۱۱]. متعاقباً، در مطالعه دیگری یافته‌ها نشان می‌دهد که در یک روز گرم (۳٪-۹٪) ۶٪ مرگ اضافی در افراد مبتلا به زوال عقل رخ می‌دهد [۳۲].

در تأیید این نتایج، یک مطالعه مورد متقاطع نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض موج گرما به مدت زمان ۵ روز با افزایش (۹۰٪-)

۶۱٪:۹۵٪) CL۷۵٪ در احتمال مرگ و میر ناشی از زوال عقل همراه بوده است. همچنین، ۶/۱۴ درصد از مرگ و میرهای زوال عقل در مواجهه با موج گرما در مدت زمان ۲ روز نسبت داده می شود [۱۲]. در یک تجزیه و تحلیل جامع دیگر که بر بیماری های تخریب کننده عصبی، از جمله زوال عقل تمرکز دارد، مشخص شد که هم دماهای بالا و هم دمای پایین با افزایش خطر مرگ و میر مرتبط هستند. این مطالعه پیش بینی کرد که تغییرات آب و هوایی می توانند مرگ و میر ناشی از گرما را به دلیل بیماری های عصبی تشدید نمایند و بر ضرورت اجرای سیاست های مؤثر در زمینه تغییرات آب و هوا تأکید کنند. ارتباط بین دمای شدید و مرگ و میر، به ویژه در گروه های آسیب پذیر، از جمله زنان و افراد با سطح تحصیلات پایین تر، به وضوح مشاهده می شود [۳۳].

اثرات افزایش دما بر پذیرش و بستری شدن

افزایش دما به طور قابل توجهی بر میزان بستری شدن در بیمارستان تأثیر می گذارد. مطالعات نشان داده است که افراد مبتلا به زوال عقل در زمان وقوع گرمای شدید، نرخ بالاتری از بستری شدن در بیمارستان را تجربه می کنند [۱۵]. به عنوان مثال، یک مطالعه گذشته نگر نشان داد که پذیرش بیمارستان مبتلا به زوال عقل در بیمارستان در طول دوره هایی با دمای بالا به طور قابل توجهی افزایش یافته است. استرس فیزیولوژیکی ناشی از گرما می تواند شرایط سلامت زمینه ای را تشدید کند و به بروز وضعیت های پزشکی حاد منجر شود که بستری شدن در بیمارستان را ضروری می کند [۳۴].

علاوه بر این، یک مطالعه در انگلستان نشان داد بین دماهای بالاتر و افزایش بستری شدن های مرتبط با زوال عقل ارتباط وجود دارد. به طور خاص، برای هر ۱ درجه سانتی گراد افزایش در دمای بالای ۱۷ درجه سانتی گراد، ریسک بستری شدن به دلیل زوال عقل در تمام مناطق انگلستان ۴/۵٪ افزایش یافت. همچنین، این مطالعه پیش بینی کرد که بار پذیرش های بیمارستانی مرتبط با گرما به دلیل زوال عقل در آینده افزایش خواهد یافت و تأکید کرد که تغییرات

آب و هوایی احتمالاً به افزایش تقاضای مراقبت های بهداشتی منجر خواهد شد. این پیش بینی ها ضرورت آماده سازی سیستم های مراقبت های بهداشتی برای مواجهه با افزایش بستری های مرتبط با گرما در میان بیماران مبتلا به زوال عقل را برجسته می کند [۱۳]. در مطالعه دیگر، مشاهده شده است که برای هر روز اضافی در ماه با دمای بالای ۲۵ درجه سانتی گراد، مراجعه به بیمارستان ها ۱/۱٪ افزایش می یابد. این تأثیرات، به ویژه در گروه های آسیب پذیر، مانند سالمندان کم درآمد و افراد مبتلا به زوال عقل بیشتر محسوس است. همچنین، افزایش مراجعه به بیمارستان ها در گروه های سنی جوان تر نیز گزارش شده است [۳۵].

این ارتباط مثبت ممکن است با تأخیر در روز مواجهه نیز نشان داده شود، به طوری که در یک مطالعه ارتباط مثبت معناداری بین مواجهه با دمای به شدت گرم با تأخیر ۷ روزه و افزایش مراجعه به اورژانس به دلیل اختلالات روانی از جمله زوال عقل وجود دارد. این مطالعه نشان داد که بیماران مبتلا به زوال عقل، به ویژه تحت تأثیر دمای بالا، کاهش عملکرد شناختی و افزایش اختلالات رفتاری را تجربه می کنند. دمای بالا علائم را در بیماران مبتلا به زوال عقل تشدید می کند و به افزایش مراجعه به اورژانس منجر می شود. این یافته ها با شواهد گسترده تری همخوانی دارند که نشان می دهد گرمای شدید می تواند خطر بحران های سلامت روان را افزایش دهد و اهمیت درک پیامدهای تغییرات آب و هوایی بر جمعیت آسیب پذیر، از جمله افراد مبتلا به زوال عقل را برجسته می کند [۱۴].

عوامل آسیب پذیری

گروه های جمعیتی خاصی آسیب پذیری بیشتری در برابر نوسانات دما نشان می دهند. عواملی مانند سن، جنس، نژاد، وضعیت اجتماعی اقتصادی و شرایط محیطی می توانند تأثیرات دما را بر پیامدهای سلامتی تغییر دهند [۱۵]. بسیاری از این عوامل در آسیب پذیری بیماران زوال عقل در طول رویدادهای دمایی شدید نقش دارند. افراد مسن، به ویژه افراد بالای ۷۵ سال، به دلیل تغییرات

فیزیولوژیکی مرتبط با سن و بیماری‌های همراه در معرض خطر بیشتری قرار دارند [۳۶]. با بالا رفتن سن، مکانیسم‌های تنظیم‌کننده حرارت بدن به‌طور مؤثرتری عمل نمی‌کنند و این موضوع مقابله با دماهای بالا را برای افراد مسن سخت‌تر می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهد که افراد مسن‌تر تغییرات بیشتری را در دمای بدن تجربه می‌کنند که می‌تواند زوال شناختی را تشدید کند و خطر بستری شدن در بیمارستان مرتبط با زوال عقل را افزایش دهد [۱۵]. دمای طبیعی بدن انسان به‌طور متوسط حدود ۳۷ درجه سانتی‌گراد است [۳۷]. با افزایش دمای محیط، دمای بدن نیز ممکن است افزایش یابد. دمای بدن زمانی افزایش می‌یابد که سرعت تولید گرما از سرعت دفع گرما بیشتر شود. اگر دما به بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد برسد، احتمال بروز هایپرترمی وجود دارد که می‌تواند به آسیب سلول‌های مغزی و اختلالات شناختی و رفتاری منجر شود، به‌ویژه در افراد مسن. این وضعیت می‌تواند ناشی از عدم توانایی بدن در تنظیم دما باشد و در شرایط شدید ممکن است به عوارض جدی منجر شود [۳۸، ۳۹].

تفاوت‌های جنسیتی نیز در آسیب‌پذیری در برابر خطرات زوال عقل ناشی از گرما نقش دارند. شواهد نشان می‌دهند که زنان مبتلا به زوال عقل در مقایسه با مردان ممکن است خطر بیشتری برای بستری شدن در بیمارستان به‌دلیل گرمای شدید داشته باشند. این را می‌توان به تفاوت‌های فیزیولوژیکی، عوامل هورمونی یا عوامل اجتماعی تعیین‌کننده، مانند نقش‌های مراقبتی، نسبت داد که ممکن است توانایی آن‌ها را برای کمک گرفتن یا مدیریت سلامت در طول موج‌های گرما محدود کند [۳۶]. عوامل اجتماعی و اقتصادی می‌توانند خطرات مرتبط با دماهای بالا را تشدید کنند. افراد با وضعیت اجتماعی اقتصادی پایین ممکن است دسترسی محدودی به تهویه مطبوع یا مراقبت‌های بهداشتی داشته باشند و آسیب‌پذیری آن‌ها در طول موج گرما افزایش یابد. انزوای اجتماعی یکی دیگر از عوامل مهم است؛ کسانی که تنها زندگی می‌کنند، ممکن است برای مدیریت نیازهای هیدراتاسیون و سلامتی خود در طول رویدادهای گرمای شدید دچار مشکل شوند [۱۳، ۳۳].

شرایط محیطی در مناطق شهری به‌طور قابل توجهی بر سلامت شناختی تأثیر می‌گذارد، به‌ویژه در طول موج گرما. عواملی مانند جزایر گرمایی شهری (UHIs) [Urban Heat Islands] آلودگی هوا و سطوح رطوبت می‌توانند اثرات منفی دمای بالا بر سلامت روان را تشدید کنند و همچنین به افزایش پذیرش در بیمارستان برای زوال عقل در طول موج گرما منجر شوند [۱۵]. UHIs زمانی اتفاق می‌افتد که مناطق شهری به‌دلیل فعالیت‌های انسانی و زیرساخت‌ها، دمای بسیار بالاتری را نسبت به محیط روستایی خود تجربه می‌کنند. سطوحی مانند بتن و آسفالت، گرما را جذب و حفظ می‌کنند که این امر به افزایش دمای روز و کاهش سرمایش در شب منجر می‌شود. به‌عبارت دیگر، کاهش دما در طول شب به‌دلیل پدیده جزایر حرارتی شهری نسبت به حالت معمول کمتر است [۴۰، ۴۱]. اثر UHI به‌ویژه در شهرهای پرجمعیت که در آن پوشش گیاهی محدود و افزایش سطوح غیرقابل نفوذ مانع از فرایندهای خنک‌کنندگی طبیعی می‌شود، مشهود است [۴۲، ۴۳]. با افزایش دما در مناطق شهری، مصرف انرژی به‌ویژه از طریق سیستم‌های تهویه مطبوع افزایش می‌یابد. این افزایش تقاضا برای سرمایش نه تنها منابع انرژی را تحت فشار قرار می‌دهد، بلکه به انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن نیز کمک می‌کند [۴۴-۴۶]. گازهای گلخانه‌ای مانند دی‌اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و اکسید نیتروژن (NO_x) گرما را در جو زمین به دام می‌اندازند و اثر گلخانه‌ای ایجاد می‌کنند. اُزن تروپوسفر (O_3) نیز به‌عنوان گاز گلخانه‌ای مهم ناشی از فعالیت‌های انسانی شناخته می‌شود که تابش مادون‌قرمز را جذب می‌کند و باعث کاهش تابش به فضا می‌شود. [۴۷-۴۹]. علاوه بر این، ذرات معلق (PM) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) نیز در افزایش دمای محیط‌های شهری نقش دارند. ذرات معلق با جذب گرما باعث افزایش دما می‌شوند و NO_x به تشکیل اُزن در سطح زمین کمک و این گاز گلخانه‌ای قوی، تابش مادون‌قرمز را جذب می‌کند و بدین ترتیب به گرم شدن جو منجر می‌شود [۵۰، ۵۱]. تحقیقات نشان می‌دهند که افزایش دما

و آلودگی هوا می تواند عملکردهای شناختی را مختل کند، به ویژه در میان جمعیت های آسیب پذیر مانند افراد مسن تر که ممکن است کاهش شناختی را تجربه کرده باشند [۵۳، ۵۲، ۱۶].

رطوبت نیز نقش مهمی در تأثیر دما بر سلامت شناختی دارد [۵۴]. رطوبت بالا می تواند احساس گرما را تشدید کند و به ناراحتی و استرس بیشتری در بدن منجر شود. هنگامی که رطوبت زیاد است، بدن تلاش می کند تا از طریق تعریق خود را خنک کند. اما از آنجاکه هوا به طور طبیعی با رطوبت اشباع شده است، اثربخشی خنک کنندگی تبخیری کاهش می یابد. این استرس فیزیولوژیکی می تواند عملکردهای شناختی مانند حافظه، تمرکز و توانایی های تصمیم گیری را مختل کند. در واقع، دما و رطوبت بالا به طور هم زمان می توانند عملکرد شناختی را در افراد مسن بیشتر تحت تأثیر قرار دهند [۵۷-۵۵].

مکانیسم های مرتبط در مواجهه با گرما و زوال عقل

مکانیسم هایی که دمای بالا بر میزان مرگ و میر و بستری شدن در بیمارستان در میان افراد مبتلا به زوال عقل تأثیر می گذارد، چندوجهی است. قرار گرفتن در معرض گرما می تواند به کم آبی بدن، تشدید زوال شناختی و افزایش خطر بحران های حاد سلامتی منجر شود. علاوه بر این، گرمای شدید می تواند تنظیم حرارت را مختل و حفظ دمای ایمن بدن را برای افراد آسیب پذیر دشوار کند. این امر به ویژه برای کسانی که دچار زوال عقل هستند، نگران کننده است؛ زیرا ممکن است قضاوت یا آگاهی آن ها از شرایط محیطی خود تحت تأثیر قرار گیرد [۳۳].

هیپوتالاموس نقش مهمی در تنظیم عملکردهای مختلف بدن، از جمله هموستاز دما، دارد. این بخش به محرک های داخلی و خارجی پاسخ می دهد تا دمای بدن را در محدوده طبیعی حفظ کند [۵۸، ۱۶]. آسیب به هیپوتالاموس که می تواند در زوال عقل، به ویژه بیماری آلزایمر رخ دهد، این عملکرد تنظیمی را مختل می کند و به مشکلاتی در حفظ دمای ثابت بدن منجر می شود [۵۹، ۵۸].

تحقیقات نشان می دهد که افراد مبتلا به زوال عقل اغلب تنظیم حرارت تغییر یافته را نشان می دهند. به عنوان مثال، مطالعات نشان داده اند که بیماران مبتلا به بیماری آلزایمر ممکن است دمای بدن بالاتری نسبت به افراد مسن سالم داشته باشند که نشان دهنده اختلال در مکانیسم های کنترل هیپوتالاموس است [۱۶]. علاوه بر این، تخریب عصبی در هیپوتالاموس با تغییر در الگوهای خواب و فرایندهای متابولیک همراه است که می تواند تنظیم دما را پیچیده تر کند [۵۸]. ناتوانی در تنظیم دمای بدن به طور مؤثر می تواند به مسائل مختلف سلامتی، از جمله افزایش خطر بیماری های مرتبط با گرما منجر شود. این اختلال در تنظیم دما همچنین ممکن است زوال شناختی و سایر علائم مرتبط با زوال عقل را تشدید کند [۶۰]. علاوه بر این، مکانیسم های بالقوه مختلف دیگری از قبیل استرس اکسیداتیو، اثرات اکسیتوتوکسیک، التهاب عصبی، آپوپتوز و تغییرات در جریان خون و متابولیسم مغز پیشنهاد شده اند. دمای بالا می تواند با القای استرس اکسیداتیو و التهاب عصبی که هر دو از عوامل مهمی هستند که در زوال شناختی و بیماری های تخریب کننده عصبی مانند بیماری زوال عقل نقش دارند، به طور قابل توجهی بر سلامت مغز تأثیر بگذارد [۶۲، ۶۱، ۱۱].

استرس اکسیداتیو زمانی اتفاق می افتد که بین تولید گونه های فعال اکسیژن (Reactive Oxygen Species (ROS)) و توانایی بدن برای از بین بردن آن ها از طریق آنتی اکسیدان ها، عدم تعادل وجود داشته باشد. دماهای بالا می توانند سطوح ROS را افزایش دهند و به آسیب سلولی و اختلال در عملکرد منجر شوند. این آسیب اکسیداتیو می تواند مسیرهای سیگنالینگ سلولی طبیعی را به ویژه در نورون ها که به استرس اکسیداتیو بسیار حساس هستند، مختل کند. ناتوانی دفاع آنتی اکسیدانی برای مقابله با افزایش ROS می تواند به استرس اکسیداتیو مزمن منجر شود که در طول زمان باعث تخریب عصبی و اختلالات شناختی می شود [۶۴، ۶۳]. التهاب عصبی نیز به پاسخ التهابی در سیستم عصبی مرکزی اشاره دارد که عمدتاً توسط میکروگلیا و آستروسیت ها به عنوان

واسطه عمل می کنند. تحت شرایط استرس گرمایی، این سلول های گلیال فعال می شوند و سیتوکین های پیش التهابی را آزاد می کنند که التهاب را تشدید می کند. التهاب عصبی مزمن با بیماری های تخریب کننده عصبی مختلف مرتبط است؛ زیرا می تواند به مرگ نورون ها، اختلال عملکرد سیناپسی و اختلال در نورونز منجر شود [۶۳، ۶۵، ۶۶]. به طور کلی، رابطه بین دمای بالا، استرس اکسیداتیو و التهاب عصبی پیچیده است، اما برای درک زوال شناختی و بیماری های عصبی بسیار مهم است.

یافته های ارائه شده در این مطالعه مروری روایتی، تلاقی مهمی بین تغییرات اقلیم و سلامت عمومی، به ویژه در مورد جمعیت های آسیب پذیر در معرض خطر در طول رویدادهای گرمای شدید را روشن می کند. با افزایش دمای جهانی، پیامدهای آن برای افراد مبتلا به زوال عقل، با توجه به حساسیت شدید آن ها به مسائل بهداشتی مرتبط با گرما، بسیار نگران کننده است. شواهد به وضوح نشان می دهند که قرار گرفتن در معرض دمای بالا هم کوتاه مدت و هم طولانی مدت می تواند به افزایش نرخ مرگ و میر و پذیرش در بیمارستان در این جمعیت منجر شود.

برای کاهش این خطرات، ضروری است که استراتژی های بهداشت عمومی با تمرکز بر محافظت از افرادی که بیشتر تحت تأثیر قرار می گیرند، از جمله افراد مسن و افراد با شرایط از قبل موجود، توسعه یابد و اجرا شوند. این امر شامل حمایت از سیاست های جامعی است که به تغییرات اقلیمی توجه می کنند و هم زمان طرح های برنامه ریزی شهری را برای ایجاد محیط های زندگی سالم تر افزایش می دهند. این اقدامات شامل بهبود دسترسی به امکانات خنک کننده، افزایش آگاهی عمومی درباره خطرات ناشی از گرما و تقویت زیرساخت های بهداشتی برای مدیریت مشکلات بهداشتی مرتبط با گرما هستند. سیستم های بهداشتی باید برای مواجهه با افزایش تقاضا در زمان های دمای شدید آماده باشند، به ویژه در مورد بیماران مبتلا به زوال عقل.

علاوه بر این، تحقیقات بیشتر برای شناسایی استراتژی های محافظتی

مؤثر در برابر آسیب های عصبی مرتبط با گرما و درک تأثیر متقابل پیچیده عوامل محیطی که کاهش توانایی شناختی در جمعیت های آسیب پذیر را تشدید می کنند، ضروری است. با اولویت بندی این تلاش ها، می توانیم از سلامت جمعیت سالمندان خود محافظت کنیم و هزینه های طولانی مدت مراقبت های بهداشتی مرتبط با مراقبت از زوال عقل را در شرایط آب و هوایی در حال تغییر کاهش دهیم.

قدردانی

ندارد.

تضاد در منافع

نویسندگان اعلام می کنند که تضاد منافی در این مطالعه وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

زهرا نامور: ایده پردازی، تنظیم داده ها، نگارش - بازنویسی و ویرایش. معصومه رحمتی نیا: تنظیم داده ها، نگارش - بازنویسی و ویرایش

حمایت مالی

برای انجام این تحقیق و/یا تهیه مقاله هیچگونه حمایت مالی از طریق سازمانی انجام نشده است.

دسترسی داده ها

برای دسترسی به داده ها میتوان با نویسنده مسئول مکاتبه کرد.

References

1. Liu, J., et al., Is there an association between hot weather and poor mental health outcomes? A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 2021;153:106533.
2. Ayoko, V.O. and D.O. Ayoko, Global Warming: A Threat to Sustainable Administration of Schools and the Roles of Open, Distance and E-Learning (ODEL) in Mitigating and Adapting to the Impacts. *World Scientific News.* 2024.
3. Bilgili, M., et al., Comprehensive Overview on the Present State and Evolution of Global Warming, Climate Change, Greenhouse Gasses and Renewable Energy. *Arab J Sci Eng.* 2024;49(11):14503-14531.
4. Rizvi, S, Rashid G, S. Tasleem Raza, The Far Reaching Effects of Global Warming on Human Health: Understanding the Impact. *Environ Sci Climate Res.* 2023;1(1):53-59.
5. World Health Organization, Climate change. WHO. 2025.
6. Mullins, J.T, White C, Temperature and mental health: Evidence from the spectrum of mental health outcomes. *J Health Econ.* 2019;68:102240.
7. Rekha S, Nalini SJ, Bhuvana S, Kanmani S, Vidhya V. A comprehensive review on hot ambient temperature and its impacts on adverse pregnancy outcomes. *J Mother Child.* 2023;27(1):10-20.
8. Lam HCY, Chan EYY. Effects of high temperature on existing allergic symptoms and the effect modification of allergic history on health outcomes during hot days among adults: An exploratory cross-sectional telephone survey study. *Environ Res.* 2019;175:142-147.
9. Zheng S, Zhu W, Shi Q, Wang M, Nie Y, Zhang D, Cheng Z, et al. Effects of cold and hot temperature on metabolic indicators in adults from a prospective cohort study. *Sci Total Environ.* 2021;772:145046.
10. Conte Keivabu, R., Zagheni, E., Fink, A. J. T. J. O. G. Dementia and risks of temperature-related mortality and hospitalizations in Germany. 2024: p. glae292.
11. Gao Y, Lin L, Yin P, Kan H, Chen R, Zhou M.. Heat Exposure and Dementia-Related Mortality in China. *JAMA Netw Open.* 2024;7(6):e2419250.
12. Linares C, Culqui D, Carmona R, Ortiz C, Díaz JJE. Short-term association between environmental factors and hospital admissions due to dementia in Madrid. 2017. 152: p. 214-220
13. Gong J, Part C, Hajat S. Current and future burdens of heat-related dementia hospital admissions in England. *Environ Int.* 2022;159:107027.
14. Yoo EH, Eum Y, Roberts JE, Gao Q, Chen K. Association between extreme temperatures and emergency room visits related to mental disorders: A multi-region time-series study in New York, USA. *Sci Total Environ.* 2021;792:148246.
15. Wei Y, Wang Y, Lin CK, Yin K, Yang J, et al, Associations between seasonal temperature and dementia-associated hospitalizations in New England. *Environ Int.* 2019;126:228-233
16. Jung CG, Kato R, Zhou C, Abdelhamid M, et al. Sustained high body temperature exacerbates cognitive function and Alzheimer's disease-related pathologies. *Sci Rep.* 2022;12(1):12273.
17. Okawa M, Mishima K, Hishikawa Y, et al. Circadian rhythm disorders in sleep-waking and body temperature in elderly patients with dementia and their treatment. *Sleep.* 1991;14(6):478-485.
18. Satlin A, Volicer L, Stopa EG, Harper D. Circadian locomotor activity and core-body temperature rhythms in Alzheimer's disease. *Neurobiol Aging.* 1995;16(5):765-771.
19. Touitou Y, Reinberg A, Bogdan A, Auzéby A, et al. Age-related changes in both circadian and seasonal rhythms of rectal temperature with special reference to senile dementia of Alzheimer type. *Gerontology.* 1986;32(2):110-118.
20. Vandal M, White PJ, Tournissac M, Tremblay C, et al. Impaired thermoregulation and beneficial effects of thermoneutrality in the 3× Tg-AD model of Alzheimer's disease. *Neurobiol Aging.* 2016;43:47-57.
21. Mrozek S, Vardon F, Geeraerts T. Brain temperature: physiology and pathophysiology after brain injury. *Anesthesiol Res Pract.* 2012; 2012(1):989487.
22. Azhir M, Gazmeh S, Elyasi L, et al. The effect of apelin-13 on memory of scopolamine-treated rats and accumulation of amyloid-beta plaques in the hippocampus. *J Clin Basic Res.* 2023;7(4):15-19.
23. Shen C, Rolls ET, Cheng W, Kang J, et al. Associations of social isolation and loneliness with later dementia. *Neurology.* 2022;99(2): e164-e175.
24. Turgut B.A, Naz İ. Physical Activity in Neurological Disorders: A Narrative Review. *Eur J Therap.* 2023;29(1):97-102.
25. Louis S, Carlson AK, Suresh A, Rim J, et al., Impacts of climate change and air pollution on neurologic

- health, disease, and practice: a scoping review. *Neurology*. 2023;100(10):474-483.
26. Song J, Zheng L, Lu M, Gui L, Xu D, Wu W, Liu Y. Acute effects of ambient particulate matter pollution on hospital admissions for mental and behavioral disorders: a time-series study in Shijiazhuang, China. *Sci Total Environ*. 2018;636:205-211.
27. Arvanitakis Z, Bennett DA. What is dementia?. *JAMA*. 2019;322(17):1728-1728.
28. World Health Organization, Dementia. WHO. 2023.
29. Bunker A, Wildenhain J, Vandenbergh A, et al. Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly; a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *EBioMedicine*. 2016;6:258-268.
30. Khan AM, Finlay JM, Clarke P, et al. Association between temperature exposure and cognition: a cross-sectional analysis of 20,687 aging adults in the United States. *BMC Public Health*. 2021; 21:1-12.
31. Baethge C, Goldbeck-Wood S, Mertens S. SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Res Integr Peer Rev*. 2019;4:5.
32. Zanobetti A, O'Neill MS, Gronlund CJ, Schwartz JD. Susceptibility to mortality in weather extremes: effect modification by personal and small-area characteristics. *Epidemiology*. 2013;24(6):809-819.
33. Yin P, Gao Y, Chen R, Liu W, et al. Temperature-related death burden of various neurodegenerative diseases under climate warming: a nationwide modelling study. *Nat Commun*. 2023;14(1): 8236.
34. Xu Z, Tong S, Cheng J, Zhang Y, et al. Heatwaves, hospitalizations for Alzheimer's disease, and postdischarge deaths: a population-based cohort study. *Environ Res*. 2019;178:108714.
35. Astone R, Vaalavuo M. Climate change and health: Consequences of high temperatures among vulnerable groups in Finland. *Int J Soci Determinants Health & Health Serv*. 2023;53(1):94-111.
36. Liu T, Shi C, Wei J, Xu R, Li Y, Wang R, Lu W, et al. Extreme temperature events and dementia mortality in Chinese adults: a population-based, case-cross-over study. *Int J Epidemiol*. 2024. 53(1): p. dyad119.
37. Oka T. Stress-induced hyperthermia and hypothermia. *Handb Clin Neurol*. 2018;157:599-621.
38. Bouchama A, Knochel JP. Heat stroke. *N Engl J Med*. 2002;346(25):1978-1988.
39. Alagiakrishnan K, Dharmi P, Senthilselvan A. Predictors of conversion to dementia in patients with mild cognitive impairment: the role of low body temperature. *J Clin Med Res*. 2023;15(4):216-224.
40. EPA, Heat Island Impacts. EPA. 2024.
41. Piracha A, Chaudhary MT. Urban air pollution, urban heat island and human health: a review of the literature. *Sustainability*. 2022;14(15):9234.
42. Kasniza Jumari NAS, Ahmed AN, Huang YF, et al. Analysis of urban heat islands with landsat satellite images and GIS in Kuala Lumpur Metropolitan City. *Heliyon*. 2023;9(8):e18424.
43. Santamouris, M., Heat-island effect, in *Energy and climate in the urban built environment*. Routledge. 2013: 48-68.
44. Li, X., Zhou Y, Yu S, et al. Urban heat island impacts on building energy consumption: A review of approaches and findings. *Energy*. 2019;174:407-419.
45. Ürge-Vorsatz D, Serrano S, Barrenche C, et al., Heating and cooling energy trends and drivers in buildings. *Renewable & Sustainable Energy Rev*. 2015;41:85-98.
46. Varbanov PS, Klemeš JJ, Wang X. Methods optimisation, Process Integration and modelling for energy saving and pollution reduction. *Energy*. 2018;146:1-3.
47. Wang M.-HS, Wang LK, Shammass NK. Glossary of climate change, Global Warming and ozone layer protection, in *Handbook of Environment and Waste Management: Acid Rain and Greenhouse Gas Pollution Control*. World Sci. 2020:689-718.
48. De Kok R. The Influence of Greenhouse Gases on Climate. 2024.
49. Kern DJ. Atmospheric Chemistry: An Overview—Ozone, Acid Rain, and Greenhouse Gases. In book: *Building STEM Skills Through Environmental Education*. 2021:172-218.
50. Yang G, Ren G, Zhang P, et al. PM_{2.5} influence on urban heat island (UHI) effect in Beijing and the possible mechanisms. *J Geophys Res: Atmospheres*. 2021;126(17):e2021JD035227.
51. Wang Y, Guo, Han J. The relationship between urban heat island and air pollutants and them with influencing factors in the Yangtze River Delta, China. *Ecologic Indicators*. 2021;129:107976.
52. Kilian J, Kitazawa M. The emerging risk of exposure to air pollution on cognitive decline and Alzheimer's disease—evidence from epidemiological and animal studies. *Biomed J*. 2018;41(3):141-162.
53. Costa LG, Cole TB, Dao K, Chang YC, et al. Effects of air pollution on the nervous system and its possible role in neurodevelopmental and neurodegenerative disorders. *Pharmacol Ther*. 2020;210:107523.
54. Baldwin JW, Benmarhnia T, Ebi KL, et al. Humidity's

- role in heat-related health outcomes: a heated debate. *Environ Health Perspect.* 2023;131(5): 55001.
55. Hidalgo-García D, Arco-Díaz J. Spatiotemporal analysis of the surface urban heat island (SUHI), air pollution and disease pattern: an applied study on the city of Granada (Spain). *Environ Sci Pollut Res Int.* 2023.;30(20): 57617-57637.
 56. Mirzaei M, Verrelst J, Arbabi M, et al. Urban heat island monitoring and impacts on citizen's general health status in Isfahan metropolis: A remote sensing and field survey approach. *Remote Sens (Basel).* 2020;12(8):1350.
 57. Ding N, Berry HL, Bennett CM. The importance of humidity in the relationship between heat and population mental health: Evidence from Australia. *PLoS One.* 2016;11(10):e0164190.
 58. Laurell AS, Shah SN, Rahmati M, et al. Hypothalamic structure and function in Alzheimer's disease and Lewy-body dementia: a systematic review and meta-analysis. *MedRxiv.* 2024.
 59. Ahmed RM, Halliday G, Hodges JR. Hypothalamic symptoms of frontotemporal dementia disorders. *Handb Clin Neurol.* 2021;182:269-280.
 60. Osilla EV, Marsidi JL, Shumway KR, Sharma S. Physiology, temperature regulation. 2018.
 61. Zammit C, Torzhenskaya N, Ozarkar PD, et al. Neurological disorders vis-à-vis climate change. *Early Hum Dev.* 2021;155:105217.
 62. Xu Z, Hu W, Su H, Turner LR, Ye X, Wang J, Tong S. Extreme temperatures and paediatric emergency department admissions. *J Epidemiol Community Health.* 2014;68(4):304-311.
 63. Wang S, Hou K, Gui S, Ma Y, et al. Insulin-like growth factor 1 in heat stress-induced neuroinflammation: novel perspective about the neuroprotective role of chromium. *Stress Biol.* 2023;3(1): 23.
 64. Solleiro-Villavicencio H, Rivas-Arancibia S. Effect of chronic oxidative stress on neuroinflammatory response mediated by CD4+ T cells in neurodegenerative diseases. *Front Cell Neurosci.* 2018;12:114.
 65. Chen HL, Yamada K, Sakai K, et al. Alteration of brain temperature and systemic inflammation in Parkinson's disease. *Neurol Sci.* 2020;41(5):1267-1276.
 66. Chen X, Yan X, Gingerich L, et al. Induction of Neuroinflammation and Brain Oxidative Stress by Brain-Derived Extracellular Vesicles from Hypertensive Rats. *Antioxidants (Basel).* 2024;13(3): 328.