

A cura di Giacomo Toffol e Vincenza Briscioli
 Gruppo ACP Pediatri per Un Mondo Possibile

Il rapporto "United in Science 2024", redatto dalla World Meteorological Organization (WMO) sotto la direzione del Segretario Generale delle Nazioni Unite con il contributo di diverse organizzazioni evidenzia l'urgenza di un'azione climatica. Le emissioni globali di gas serra (GHG) sono aumentate del 1.2% tra il 2021 e il 2022, e il 2023 è stato l'anno più caldo registrato, con eventi meteorologici estremi e devastanti impatti socioeconomici. Le temperature globali potrebbero superare temporaneamente i 1.5°C rispetto ai livelli preindustriali nei prossimi cinque anni. È cruciale l'integrazione di conoscenze naturali, sociali e tecnologiche, con il coinvolgimento delle comunità locali, per affrontare il cambiamento climatico e ridurre i rischi di disastri. L'iniziativa EW4All (Early Warnings for All, sistema di allerta per tutti) mira a proteggere l'intera popolazione mondiale entro il 2027 attraverso tecnologie avanzate e collaborazione internazionale. Il rapporto sottolinea la necessità di colmare le disuguaglianze nell'accesso ai dati e alle tecnologie, aumentare gli investimenti in scienza e formazione, e rafforzare l'adattamento e la mitigazione per rispettare gli obiettivi dell'Accordo di Parigi. Anche in questo numero sono numerosi gli articoli che evidenziano quanto il cambiamento climatico incida sulle vite delle persone e in particolar modo nelle fasce di popolazione più vulnerabili, e che quindi confermano i dati e le azioni che vengono proposte in questo rapporto. In questa rivista continuiamo a riassumere sinteticamente i principali articoli pubblicati nelle riviste monitorate, tutti gli articoli e gli editoriali ritenuti degni di attenzione vengono elencati divisi per argomento, con un sintetico commento. Questo numero si basa sul controllo sistematico delle pubblicazioni di settembre ed ottobre 2024.

The report "United in Science 2024," compiled by the World Meteorological Organization (WMO) under the direction of the United Nations Secretary and with contributions from several global partner organizations, emphasizes the urgency of climate action. Global greenhouse gas (GHG) emissions increased by 1.2% between 2021 and 2022, while 2023 marked the warmest year on record, with extreme weather events causing widespread societal and environmental impacts. Projections indicate that global temperatures will temporarily exceed 1.5 °C above pre-industrial levels within the next five years. Addressing climate change requires the integration of natural, social, and technological knowledge, combined with active involvement from local communities. The EW4All initiative aims to ensure that, by the end of 2027, everyone on Earth is protected from hazardous weather, water, or climate events through life-saving early warning systems and enhanced international collaboration. The report underscores the critical need to bridge technological inequalities, increase investments in science and education, and reinforce adaptation and mitigation strategies in alignment with the Paris Agreement. Additionally, articles in this issue demonstrate how climate change disproportionately impacts vulnerable populations, confirming the report's data and proposed actions. We continue to summarize the main articles published in the monitored journals, all articles and editorials deemed worthy of attention are listed divided by topic, with a brief commentary. This issue is based on the systematic monitoring of publications in September and October 2024.



"Is this black thing food" - Concorso fotografico "Noi siamo la Natura", 2023

Ambiente e Salute News

Indice

:: Cambiamento climatico

1. Cambiamenti climatici, eventi meteorologici estremi e salute dei bambini: un appello all'azione
2. ► Stress da calore nei primi 1000 giorni di vita: effetti sulla crescita fetale e infantile
3. Competenze fondamentali del personale sanitario nella preparazione, risposta e recupero di fronte al cambiamento climatico e agli eventi meteorologici estremi: una revisione sistematica

:: Inquinamento atmosferico

1. Associazione tra componenti del particolato fine, le loro fonti, e le capacità cognitive nei bambini di 9-10 anni
2. L'esposizione infantile all'inquinamento atmosferico comporta conseguenze per tutta la vita
3. Analisi Geospaziale della Qualità dell'Aria in Aree Vulnerabili: uno studio a Valencia (Spagna)
4. Effetti a breve termine del particolato fine specifico degli incendi sugli esiti perinatali. Uno studio di coorte australiano
5. Esposizione prenatale all'inquinamento atmosferico e funzione tiroidea materna e fetale: una revisione sistematica
6. Inquinamento atmosferico, rumore del traffico, salute mentale e sviluppo cognitivo: uno studio longitudinale multi-esposizione sugli adolescenti londinesi

:: Inquinamento da sostanze chimiche non atmosferiche

1. Esposizione combinata a di-(2-etil)ftalato e bisfenolo A sullo spettro autistico. uno studio basato sull'Adverse Outcome Pathway
2. Esposizione agli insetticidi piretroidi e ADHD in Europa. Dati preliminari di uno studio di biomonitoraggio
3. Assunzione di pesce ed esposizione al mercurio nei bambini piccoli
4. Esposizione a sostanze per- e polifluoroalchiliche e alterazioni dei profili dei microRNA plasmatici nei bambini
5. Esposizione a sostanze polifluoroalchiliche, profilo eritrocitario e vitamine: uno studio prospettico
6. Esposizione materna a sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) e anomalie cromosomiche nella prole
7. Esposizione umana alle sostanze chimiche a contatto con gli alimenti
8. Esposizione e rischi potenziali di interferenti endocrini presenti nei prodotti farmaceutici e nei prodotti per la cura personale per i neonati allattati al seno in Cina
9. Riduzione dell'esposizione a interferenti endocrini in ambito domestico: uno studio controllato randomizzato

:: Campi elettromagnetici

1. Radiazioni elettromagnetiche da telefoni cellulari e tumore al cervello: una metanalisi
2. Esposizione ai campi a radiofrequenza sul rischio di cancro nella popolazione generale e lavorativa: una revisione sistematica

:: Ambienti naturali

1. Spazi verdi di quartiere, esposizione al calore estremo e qualità del sonno in un campione rappresentativo di bambini americani
2. ► Influenza dell'esposizione pre e postnatale all'inquinamento atmosferico e agli spazi verdi sul microbiota intestinale del neonato: uno studio di coorte
3. Vantaggi degli ambienti di gioco e apprendimento nella natura per bambini sotto i 3 anni: una revisione della letteratura

:: Psicologia ambientale

1. Enfatizzare la vita mentale interiore delle specie per affrontare la crisi della biodiversità: l'importanza della somiglianza mentale rispetto a quella fisica nella conservazione
2. ► Pensare al futuro: esaminare i fattori di esacerbazione e attenuazione del burnout climatico indotto dalla disperazione (vedi approfondimento)

:: Miscellanea

1. Tumore tiroideo infantile indotto da radiazioni dopo l'incidente della centrale nucleare di Fukushima Daiichi
2. Ambiente visivo nelle scuole e sintomi depressivi negli studenti: risultati di uno studio prospettico in più città della Cina orientale

:: Approfondimenti

- Cambiamento climatico e approccio One Health: dinamiche interconnesse
- Pensare al futuro: esaminare i fattori di esacerbazione e attenuazione del burnout climatico indotto dalla disperazione

► Articoli in evidenza

Riviste monitorate

- .. American Journal of Public Health
- .. American Journal of Respiratory and Critical Care medicine
- .. American Journal of Epidemiology
- .. Archives of Diseases in Childhood
- .. Brain & Development
- .. British Medical Journal
- .. Child: Care, Health and Development
- .. Environmental and Health
- .. Environmental Health Perspectives
- .. Environmental International
- .. Environmental Pollution
- .. Environmental Research
- .. Environmental Sciences Europe
- .. European Journal of Epidemiology
- .. International Journal of Environmental Research and Public Health
- .. International Journal of Epidemiology
- .. JAMA (Journal of American Medical Association)
- .. JAMA Pediatrics
- .. Journal of Environmental Psychology
- .. Journal of Epidemiology and Community Health
- .. Journal of Pediatrics
- .. NeuroToxicology
- .. Neurotoxicology and Teratology
- .. New England Journal of Medicine
- .. Pediatrics
- .. The Lancet

Revisione delle riviste e testi a cura di:

Vincenza Briscoli, Laura Brusadin, Sabrina Bulgarelli, Maria Francesca Manusia, Federico Marolla, Angela Pasinato, Laura Reali, Laura Rocca, Annamaria Sapuppo, Vittorio Scoppola, Rita Straquadaino, Laura Todesco, Mara Tommasi, Giacomo Toffol, Elena Uga.

Pediatri per Un Mondo Possibile

Gruppo di studio sulle patologie correlate all'inquinamento ambientale dell'Associazione Culturale Pediatri (ACP)
mail: pump@acp.it

Cosa aggiungono questi studi: indicazioni pratiche

- La nostra salute e quella delle future generazioni sono profondamente intrecciate con i cambiamenti ambientali e sociali che affrontiamo quotidianamente.
- Il cambiamento climatico è una crisi che aggrava disuguaglianze, malattie croniche e insicurezza alimentare, colpendo soprattutto i più vulnerabili: bambini, anziani e comunità socioeconomicamente svantaggiate. Promuovere pratiche sostenibili, investire in spazi verdi e incoraggiare politiche di mobilità sostenibile sono azioni che, oltre a mitigare gli impatti climatici, possono migliorare la salute fisica e mentale delle persone.
- Gli spazi verdi migliorano la qualità del sonno, proteggono dal calore estremo e favoriscono lo sviluppo motorio, cognitivo e socio-emotivo dei bambini. Allo stesso modo, ambienti scolastici ben progettati, con buona illuminazione e aria pulita, possono ridurre significativamente i sintomi depressivi e migliorare il benessere psicologico. È fondamentale supportare la creazione di ambienti naturali e scolastici di alta qualità per tutelare la salute dei più piccoli.
- L'esposizione a NO₂ e PM_{2.5} non solo colpisce i polmoni dei bambini, aumentando il rischio di patologie in età adulta, ma aggrava anche le disuguaglianze ambientali. Le zone più vulnerabili, spesso già svantaggiate socialmente, sono esposte ai livelli più alti di inquinamento. Come professionisti dobbiamo sostenere politiche urbane mirate a ridurre l'inquinamento e proteggere le popolazioni più sensibili.
- Le plastiche riciclate contenenti PBDE e le sostanze chimiche che migrano dai materiali a contatto con gli alimenti rappresentano rischi concreti per la salute pubblica, soprattutto nei bambini. Sono essenziali regolamentazioni più severe, monitoraggio sistematico e processi di riciclo sicuri per prevenire danni neurotossici e altre conseguenze a lungo termine.
- Il consumo di pesce, pur offrendo benefici nutrizionali, è una fonte significativa di esposizione al mercurio nei bambini, in particolare attraverso tonno e pesce non fritto. Educare i pazienti a bilanciare i benefici con i rischi e promuovere ulteriori ricerche è fondamentale per tutelare la salute dei più giovani.
- I PFAS continuano a emergere come una minaccia seria, associati ad alterazioni nei profili eritrocitari e a un aumento del rischio di anomalie cromosomiche nella prole. Ridurre l'esposizione a questi contaminanti è cruciale per proteggere la salute pubblica e riproduttiva.
- L'incidente di Fukushima ci ricorda i rischi delle radiazioni, mentre l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF-EMF) non sembra aumentare significativamente il rischio di tumori. Tuttavia, le lacune nelle evidenze richiedono ulteriori studi per chiarire i rischi, specialmente per esposizioni prolungate.

Cambiamento climatico

1. Cambiamenti climatici, eventi meteorologici estremi e salute dei bambini: Un appello all'azione

Questo editoriale pubblicato dall'American Academy of Pediatrics (AAP) rappresenta un appello accademico ed etico per affrontare i cambiamenti climatici come una priorità per la salute pediatrica e per il benessere globale. Gli autori, infatti, evidenziano l'urgente responsabilità di sostenere soluzioni basate sull'evidenza per affrontare la crisi climatica. Partendo

dal dato epidemiologico dell'asma, la più comune malattia cronica dell'infanzia, ricordano come sia inestricabilmente legata alla crisi climatica, e come la crisi climatica intensifichi i fattori che contribuiscono alla morbilità e alla mortalità dell'asma, tra cui l'inquinamento atmosferico, le muffe, gli allergeni e il caldo estremo. L'editoriale commenta un articolo in cui si riporta un aumentato uso di inalatori per asma nella popolazione pediatrica (Giappone) in seguito ad inondazioni e sottolinea come anche queste situazioni siano conseguenza dell'emergenza climatica e vadano ad accentuare, negli USA e in tutto il mondo, la difficoltà di accesso alle cure legate alla disparità sociale. Infatti, a livello globale, le inondazioni sono il tipo di evento meteorologico estremo più comune. Inoltre, gli eventi meteorologici estremi incidono profondamente anche sulla salute mentale dei bambini, con un aumento ben documentato dei tassi di depressione, ansia e disturbo da stress post-traumatico dopo i disastri. Una società scientifica importante come l'AAP prende quindi una posizione forte sottolineando come i pediatri abbiano l'obbligo imperativo di diffondere il concetto che il cambiamento climatico è già in atto e che le soluzioni climatiche sono soluzioni per la salute e gli sforzi di sensibilizzazione devono amplificare le voci di pazienti, delle famiglie e della comunità. Si auspicano quindi collaborazioni efficaci e reciproche con le organizzazioni locali e i leader politici al fine di promuovere l'equità nella salute e garantire risposte ai bisogni delle popolazioni.

° Samantha Ahdoet et al. *Climate Change and Children's Health: Building a Healthy Future for Every Child*. *Pediatrics* March 2024; 153 (3): e2023065504. 10.1542/peds.2023-065504

2. Stress da calore nei primi 1000 giorni di vita: effetti sulla crescita fetale e infantile

Lo studio evidenzia come il cambiamento climatico e l'aumento delle temperature globali possano influire direttamente sulla salute materno-infantile, compromettendo lo sviluppo fetale e infantile in periodi critici della crescita. Questi risultati sottolineano l'urgenza di politiche globali per mitigare gli effetti del cambiamento climatico e proteggere le popolazioni vulnerabili, integrando interventi sanitari, educativi e ambientali. Lo studio esamina l'impatto dello stress termico nei primi 1000 giorni di vita sullo sviluppo fetale e sulla crescita infantile, attraverso un'analisi secondaria dei dati raccolti nell'ambito del trial randomizzato controllato ENID (Early Nutrition and Immune Development). Il periodo critico dei primi 1000 giorni, che include la gestazione e i primi due anni di vita, è riconosciuto come fondamentale per lo sviluppo fisico e cognitivo, e lo stress termico potrebbe influire negativamente su tali processi. Sono stati utilizzati i dati longitudinali provenienti dalla coorte di gravidanza dello studio randomizzato Early Nutrition and Immunity Development (ENID) in Gambia (West Kiang), relativo all'integrazione nutrizionale nei primi 1000 giorni di vita (a partire dalla 20ª settimana di gestazione) da gennaio 2010 a febbraio 2015. Sono stati utilizzati modelli lineari multivariati per analizzare la relazione tra l'esposizione allo stress da calore ambientale e la crescita intrauterina e postnatale (fino a 24 mesi) e l'interazione con l'integrazione nutrizionale materna (4 gruppi, cure standard con integrazione di ferro e folati, integrazione di molteplici micronutrienti, integrazione di proteine, integrazione di proteine e micronutrienti) e l'integrazione infantile (6 – 18 mesi, due gruppi,

integrazione di lipidi e integrazione di lipidi e micronutrienti). Sono stati analizzati i dati antropometrici di 668 neonati (49% femmine, 51% maschi), e 645 bambini (49% femmine e 51% maschi) fino all'età di 2 anni. Per definire lo stress da calore è stato utilizzato l'Universal Thermal Climate Index massimo giornaliero medio per trimestre (UTCI, una misura composita di calore, umidità, velocità del vento e radiazione solare, in base alla geolocalizzazione del villaggio di residenza). Sono state studiate le variazioni di crescita sulla base del punteggio Z per la lunghezza per l'età gestazionale (LGAZ), per il peso per l'età gestazionale (WGAZ) e per la circonferenza cranica per l'età gestazionale (HCGAZ) in relazione all'aumento di 1°C dell'esposizione massima giornaliera media all'UTCI. I modelli statistici sono stati aggiustati per fattori confondenti, tra cui stato socioeconomico, alimentazione e condizioni di salute materna. Il modello in utero ha mostrato, per ogni aumento di 1°C dell'esposizione massima giornaliera media all'UTCI, una diminuzione del WGAZ (-0.04 IC95% da -0.09 a 0.00) nel primo trimestre e un aumento dell'HCGAZ (0.06 IC95% da 0.00 a 0.12) nel terzo trimestre. L'integrazione proteica nel terzo trimestre ha avuto un effetto negativo sulla relazione tra stress da calore e WGAZ, pertanto gli autori hanno ipotizzato che l'assunzione di integratori proteici possano aumentare il carico termico interno e quindi l'esposizione complessiva allo stress termico. Dopo la nascita fino ai 24 mesi persisteva un'associazione negativa tra i valori WHZ (peso per altezza Z score) e WAZ (peso per età Z score) e l'esposizione all'aumento dell'UTCI; in particolare i lattanti di età compresa tra 6 e 18 mesi erano quelli che mostravano le maggiori diminuzioni di WHZ e WAZ. Con il cambiamento climatico antropogenico, che ha già riscaldato il pianeta di una media di 1.2°C rispetto alle temperature preindustriali, deve crescere l'interesse per l'effetto delle temperature ambientali sulla salute sia del feto che del bambino.

° Bonell A et al: Effect of heat stress in the first 1000 days of life on fetal and infant growth: a secondary analysis of the ENID randomised controlled trial. *Lancet Planet Health*. 2024 Oct;8(10):e734-e743

3. Competenze fondamentali del personale sanitario nella preparazione, risposta e recupero di fronte al cambiamento climatico e agli eventi meteorologici estremi: una revisione sistematica

Lo studio analizza le competenze fondamentali richieste al personale sanitario pubblico per affrontare le sfide poste dal cambiamento climatico e dagli eventi meteorologici estremi, riconosciuti come una delle principali minacce alla salute pubblica del XXI secolo. L'impatto di tali fenomeni, sempre più frequenti e intensi, si riflette non solo sulla sicurezza delle persone, ma anche sulla resilienza dei sistemi sanitari. Attraverso una revisione sistematica della letteratura, l'articolo individua tre aree principali: 1) le competenze essenziali che comprendono la capacità di comunicare in modo efficace, la conoscenza dei rischi ambientali e l'adattabilità a situazioni critiche; 2) le strategie pedagogiche ed i programmi formativi che spaziano dall'apprendimento online a sessioni in presenza, con l'obiettivo di preparare i professionisti sanitari a rispondere in modo tempestivo ed efficace agli effetti del cambiamento climatico; 3) i metodi di valutazione che mirano a misurare l'efficacia dei programmi formativi, assicurando che le competenze apprese vengano applicate nella pratica.

La revisione mette in luce l'importanza di una comprensione approfondita dei fenomeni climatici, dei loro impatti sulla salute pubblica e della necessità di una comunicazione interdisciplinare per gestire situazioni di emergenza. Tuttavia, emerge una lacuna significativa, manca una definizione chiara e condivisa delle competenze specifiche richieste al personale sanitario pubblico per rispondere a tali sfide. Questo evidenzia l'urgenza di sviluppare un quadro di riferimento globale che migliori la formazione e aumenti l'efficacia operativa. Lo studio sottolinea inoltre la necessità di integrare il tema del cambiamento climatico nei curricula di formazione sanitaria, proponendo approcci innovativi come la realtà virtuale e il lavoro interdisciplinare. Tali strategie consentirebbero di coinvolgere i professionisti in esperienze immersive, rafforzando la loro capacità di affrontare situazioni complesse legate al cambiamento climatico. In conclusione, lo studio rappresenta un contributo significativo alla comprensione delle competenze necessarie per gestire le sfide climatiche in ambito sanitario. Tuttavia, la mancanza di standardizzazione nei metodi formativi, di ricerche specifiche sul personale sanitario pubblico e di una base di dati più ampia limita l'efficacia e l'applicabilità delle conclusioni. Questi limiti evidenziano la necessità di ulteriori ricerche e di un maggiore allineamento globale per sviluppare strumenti formativi più efficaci, contribuendo così a rafforzare la resilienza del personale sanitario nella preparazione, risposta e recupero dagli impatti climatici estremi.

° Perreault-Carranza T et al: Core Competencies of the Public Health Workforce in Climate Change and Extreme Weather Events Preparedness, Response, and Recovery: A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024; 21(9):1233

Inquinamento atmosferico

1. Associazione tra componenti del particolato fine, le loro fonti, e le capacità cognitive nei bambini di 9-10 anni

Il PM_{2.5} è una miscela complessa di aerosol comprendenti carbonio, metalli e oligoelementi con una composizione molto variabile. Questo studio identifica componenti e fonti specifiche, che potrebbero diventare obiettivi cruciali per interventi di salute pubblica. L'obiettivo dello studio è analizzare l'associazione tra i componenti del particolato fine (PM_{2.5}) e i risultati cognitivi nei bambini di 9-10 anni negli Stati Uniti. I dati provengono dallo studio ABCD, il più grande progetto longitudinale su cervello e comportamento infantile. Gli autori hanno utilizzato modelli di miscela per valutare l'esposizione ai componenti del PM_{2.5} e tecniche di fattorizzazione per identificare sei principali fonti di emissioni: particelle minerali, solfati di ammonio, biomasse, traffico, nitrati di ammonio e industrie. Dallo studio emerge la presenza di associazioni negative tra esposizione al PM_{2.5} e funzioni cognitive generali, memoria/apprendimento ed esecutive. In particolar modo alcune componenti specifici (come ammonio, silicio, calcio) contribuiscono maggiormente al declino cognitivo. Alcune fonti specifiche, come il traffico e i nitrati di ammonio, hanno effetti negativi più marcati su determinati domini cognitivi. I punti di forza dello studio sono diversi: un campione ampio e geograficamente diversificato (oltre 8.500 partecipanti da 21 siti), l'uso di metodologie avanzate di analisi come modelli

di miscela e tecniche di fattorizzazione per studiare gli effetti delle fonti di $PM_{2.5}$ e analizzare gli effetti delle diverse componenti sui vari domini cognitivi. Infine, l'aver identificato l'effetto di specifiche fonti di inquinamento sulle funzioni esecutive dei bambini può avere un potenziale impatto sulle politiche permettendo lo sviluppo di regolamentazioni ambientali più efficaci. Dall'altra parte lo studio presenta alcuni punti di debolezza. Essendo uno studio cross-sectional, non è possibile stabilire relazioni causali tra esposizione e declino cognitivo e nonostante l'uso di modelli per controllare i confondenti, variabili non considerate potrebbero influenzare i risultati. Inoltre, alcune associazioni positive inaspettate, come quelle tra traffico e abilità generali, non sono state approfondite. In conclusione, lo studio sottolinea il ruolo dannoso del $PM_{2.5}$ sullo sviluppo cognitivo infantile, identificando componenti e fonti specifiche, che potrebbero diventare obiettivi cruciali per interventi di salute pubblica. Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche longitudinali per confermare le relazioni causali, in modo da poter aver maggior impatto sulle implicazioni politiche.

° SUKUMARAN, Kirthana, et al. Associations between Fine Particulate Matter Components, Their Sources, and Cognitive Outcomes in Children Ages 9–10 Years Old from the United States. *Environmental Health Perspectives*, 2024, 132.10: 107009

2. L'esposizione infantile all'inquinamento atmosferico comporta conseguenze per tutta la vita

L'articolo rappresenta un contributo significativo all'epidemiologia respiratoria del corso di vita, un paradigma di ricerca che, abbinato a metodi statistici all'avanguardia, potrebbe cambiare il modo in cui le cause delle malattie respiratorie croniche vengono comprese e affrontate. Tuttavia, è fondamentale riconoscere che l'urgenza di combattere l'inquinamento atmosferico su scala globale non richiede ulteriori prove. Il momento di agire è adesso. L'associazione tra l'esposizione all'inquinamento atmosferico infantile e il rischio di manifestare sintomi bronchitici in età adulta è stata studiata in un campione di 1.308 persone di età media 32 anni, che fecero parte dei 2.267 partecipanti al Southern California Children's Health Study, reclutati quando avevano tra i 5 e i 10 anni e seguiti fino all'età di 17 anni. Il campione originario proveniva da 16 comunità del Sud California, gli studi effettuati in passato rilevarono l'associazione fra esposizione a inquinamento atmosferico e sviluppo del polmone, compresi anche i benefici di un miglior sviluppo dopo esposizione ad aria più pulita. I sintomi bronchiali in età adulta (bronchite, tosse o catarro negli ultimi 12 mesi), sono stati rilevati tramite questionario. Le associazioni tra l'esposizione media all'inquinamento atmosferico durante l'infanzia e i sintomi bronchiali in età adulta sono state stimate utilizzando la regressione logistica. I sintomi bronchitici dell'adulto, riferiti dal 25%, erano associati a esposizioni infantili a NO_2 e PM_{10} . I rapporti di probabilità per aumento di 1 DS (11.1 ppb) di NO_2 erano 1.69 (IC al 95%, 1.14-2.49) e per PM_{10} (DS 14.2g/m³) 1.51 (IC al 95% 1.00-2.27). L'esposizione infantile all'inquinamento atmosferico e i sintomi bronchitici in età adulta sono stati associati tramite percorsi che non coinvolgevano direttamente un aumento dell'asma infantile o della bronchite infantile, il che indica che devono essere ricercati altri percorsi, meno ovvi, per le conseguenze per tutta la vita delle esposizioni nella prima infanzia. Tuttavia, sono state stimate associazioni

più forti tra i partecipanti con asma infantile, un sottogruppo della popolazione che trae maggiori benefici dalla riduzione dell'esposizione. Un futuro follow-up della popolazione dello studio, come possibile sviluppo di questa ricerca, fornirebbe dati preziosi sul rischio che i sintomi bronchitici possano progredire in un declino accelerato della funzionalità polmonare e nella BPCO. Gli autori riconoscono alcune limitazioni, tra cui l'uso di dati auto-riferiti per i sintomi bronchitici, che potrebbero introdurre bias di memoria. Inoltre, l'inferenza causale è limitata dalla natura osservazionale dello studio. Tuttavia, la robustezza dei dati e le analisi statistiche rafforzano la validità dei risultati.

° Garcia, E. Et al: (2024). Childhood Air Pollution Exposure Associated with Self-reported Bronchitic Symptoms in Adulthood. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 210(8), 1025-1034

° Cited by Marcon A. et al. Air Pollution and Bronchitis: Childhood Exposure, Lifelong Consequences. *Am J Respir Crit Care Med*. 2024. PMID:39133483

3. Analisi Geospaziale della Qualità dell'Aria in Aree Vulnerabili: uno studio a Valencia (Spagna)

Lo studio evidenzia l'urgenza di politiche urbane volte a ridurre l'inquinamento atmosferico, promuovendo la mobilità sostenibile e una pianificazione urbana orientata alla protezione delle popolazioni vulnerabili. L'approccio metodologico sviluppato rappresenta un modello innovativo e replicabile in altre città, consentendo di identificare e mitigare le aree a maggiore rischio. Tuttavia, alcune limitazioni, come lacune nei dati e metodologie perfezionabili, richiedono ulteriori approfondimenti per aumentare la robustezza e l'applicabilità dei risultati. Gli autori hanno indagato la qualità dell'aria nella città di Valencia, con particolare attenzione alle aree vulnerabili e alle popolazioni sensibili, come bambini, anziani e persone con malattie croniche. Valencia è stata scelta per la sua rilevanza demografica e urbana, caratterizzata da un'elevata densità di traffico e popolazione, fattori che contribuiscono significativamente ai livelli di biossido di azoto (NO_2). La metodologia si è basata sull'uso della dosimetria passiva, con 99 stazioni distribuite nei quartieri urbani. Durante il 2022, sono state condotte quattro campagne di misurazione della durata di 14 giorni ciascuna, distribuite nelle diverse stagioni per minimizzare i bias meteorologici e calcolare una media annuale. I dati raccolti sono stati analizzati mediante il metodo dell'inverso della distanza pesata (IDW) per creare mappe di distribuzione continua delle concentrazioni di NO_2 . Le concentrazioni rilevate sono state classificate utilizzando percentili e le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) per identificare aree critiche di esposizione. L'analisi ha incluso anche la localizzazione e la ponderazione delle strutture frequentate da gruppi vulnerabili, come scuole, ospedali e case di riposo, con la creazione di mappe di densità geospaziale per correlare tali strutture con le aree più inquinate. Questo approccio integrato ha permesso di identificare zone di disuguaglianza ambientale, evidenziando una sovrapposizione tra elevata vulnerabilità sociale e concentrazioni critiche di NO_2 in alcuni quartieri. I risultati mostrano che oltre il 53% delle stazioni ha registrato livelli di NO_2 superiori al limite critico annuale di 40 $\mu g/m^3$, stabilito da OMS ed EEA. Le aree più inquinate si trovano principalmente vicino ai principali ingressi stradali della città, mentre i quartieri

con scarsa presenza di spazi verdi e alta densità veicolare risultano essere particolarmente a rischio per la salute pubblica. La ricerca sottolinea significative disuguaglianze nella distribuzione dell'inquinamento atmosferico, con alcune zone urbane più colpite rispetto ad altre.

° Guardiola Ibáñez N et al: *Air Quality Geospatial Analysis in Vulnerable Areas. Case Study of Valencia (Spain). International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2024; 21(10):1278

4. Effetti a breve termine del particolato fine specifico degli incendi sugli esiti perinatali. Uno studio di coorte australiano

Lo studio evidenzia il significativo impatto degli incendi boschivi sulla salute perinatale, sottolineando la necessità di misure preventive durante questi eventi e di ulteriori ricerche sui meccanismi biologici legati ai componenti carboniosi del $PM_{2.5}$. I risultati possono supportare politiche di salute pubblica e strategie di mitigazione per proteggere le popolazioni vulnerabili, in particolare le donne in gravidanza. Gli incendi boschivi rappresentano una minaccia significativa per la salute e il benessere umano. L'esposizione diretta agli incendi boschivi può causare gravi ustioni e persino la morte, mentre l'esposizione agli inquinanti atmosferici emessi dagli incendi boschivi può portare a complicazioni per la salute umana sia a breve che a lungo termine. Gli incendi boschivi portano a un aumento significativo delle concentrazioni ambientali di particolato fine ($PM_{2.5}$), che è l'inquinante atmosferico più ampiamente segnalato associato al rischio di esiti perinatali. Alcuni studiosi hanno proposto che il $PM_{2.5}$ emesso dagli incendi boschivi tende ad essere di dimensioni più piccole, possiede una maggiore potenziale ossidativo e pro-infiammatorio e, in definitiva, ha effetti tossicologici più forti rispetto al $PM_{2.5}$ emesso da fonti urbane. In particolare, le donne incinte potrebbero essere più suscettibili alle complicazioni per la salute a seguito dell'esposizione al fumo degli incendi boschivi, sia per la propria salute che per quella del feto. Pochi studi hanno indagato gli impatti dell'esposizione al fumo degli incendi boschivi durante la gravidanza sugli esiti perinatali. Questo studio ha valutato l'associazione tra esposizione a $PM_{2.5}$ specifici per incendi boschivi durante la gravidanza e molteplici esiti perinatali, combinando i registri delle nascite e i dati giornalieri $PM_{2.5}$ specifici per incendi boschivi in Australia tra settembre 2009 e dicembre 2015. I risultati hanno evidenziato associazioni positive tra l'esposizione a $PM_{2.5}$ boschivo e parto pretermine, morte perinatale, presentazione non cefalica, basso punteggio Apgar a 5 minuti, ricovero in terapia intensiva neonatale e taglio cesareo; è stata riscontrata una maggiore vulnerabilità per i nati di sesso femminile, da madri con basso status socioeconomico e sottoposte ad elevato stress termico. Lo studio, grazie al design multicentrico e all'analisi specifica per fonte, aumenta la generalizzabilità e approfondisce i rischi legati agli incendi boschivi, identificando i meccanismi tossici dei componenti carboniosi del $PM_{2.5}$. L'approccio osservazionale limita la causalità, mentre le stime di esposizione e i confondenti ambientali possono introdurre errori e influenzare i risultati.

° Sylvester Dodzi Nyadanu et al: *Short-term effects of wildfire-specific fine particulate matter and its carbonaceous components on perinatal outcomes: A multicentre cohort study in New South Wales, Australia, Environment International, Volume 191, 2024,109007, ISSN 0160-4120*

5. Esposizione prenatale all'inquinamento atmosferico e funzione tiroidea materna e fetale: una revisione sistematica

Questo lavoro fornisce una sintesi critica delle evidenze disponibili contribuendo alla comprensione dei rischi ambientali per la salute endocrina materno-fetale e ponendo le basi per future ricerche e interventi di salute pubblica. L'esposizione all'inquinamento atmosferico è un importante fattore di rischio per la salute, in particolare in fasi delicate della vita e dello sviluppo, come la gravidanza e l'epoca prenatale. Durante la gravidanza la tiroide svolge un ruolo fondamentale nello sviluppo fetale, producendo ormoni tiroidei associati allo sviluppo cerebrale: questa review ha esaminato la letteratura recente in merito agli effetti dell'esposizione prenatale all'inquinamento atmosferico sulla funzione tiroidea materna e fetale. Sono stati valutati 19 studi che raccoglievano dati sulle finestre di esposizione in gravidanza (dal pre-concepimento al termine di gravidanza) dal 1999 al 2020 in nove paesi. Il rischio complessivo di bias negli studi è stato valutato come moderato e la qualità del corpo di prove è stata valutata come bassa. Tra gli inquinanti, il $PM_{2.5}$ è stato associato in modo più coerente e significativo alle differenze nelle concentrazioni di ormone tiroideo fetale/neonatale e materno, con 17 (89%) degli studi inclusi che hanno trovato un'associazione. In misura minore, gli inquinanti atmosferici correlati al traffico, come l' NO_2 , hanno avuto effetti significativi sui risultati della funzionalità tiroidea. C'erano meno prove a sostegno del fatto che l'esposizione ad altri inquinanti atmosferici, come PM_{10} , NO_x , CO , SO_2 , O_3 , contribuisse ad alterazioni nei livelli di ormone tiroideo sia nelle gravide che nei loro bambini. Gli autori hanno osservato associazioni positive tra una maggiore esposizione al $PM_{2.5}$ e maggiori probabilità di ipotiroxinemia e una maggiore concentrazione neonatale di TT4. Ulteriori studi hanno trovato un'associazione positiva tra una maggiore esposizione all' NO_2 e probabilità di ipotiroidismo congenito. Ricerche precedenti hanno dimostrato che l'esposizione all'inquinamento atmosferico contribuisce ad alterazioni nella funzione tiroidea materna attraverso meccanismi quali sintesi ormonale, trasporto, metabolismo e regolazione genica. Inoltre, alcune ricerche hanno suggerito che gli inquinanti atmosferici interrompono le concentrazioni ormonali fetali o neonatali attraverso cambiamenti negli enzimi associati alla sintesi ormonale, l'ostruzione del metabolismo ormonale o impedendo il trasferimento placentare degli ormoni tiroidei dalla madre al feto. A seconda del periodo di gestazione, il feto è più o meno dipendente dalla produzione materna di T4; pertanto, le differenze nelle finestre di campionamento gestazionale negli studi possono spiegare alcune delle variazioni nei risultati della concentrazione di ormone tiroideo. Al momento di questa revisione, non è stata stabilita una finestra critica di esposizione all'inquinamento atmosferico e agli effetti sulla funzione tiroidea materna e fetale. In conclusione, una parte significativa degli studi inclusi in questa revisione presenta risultati che suggeriscono che l'esposizione prenatale agli inquinanti atmosferici possa influenzare la funzionalità tiroidea materna e fetale/neonatale. L'articolo offre un'importante sintesi delle prove disponibili, evidenziando lacune nella ricerca e proponendo direzioni future per indagini più mirate. Sebbene fornisca spunti utili per politiche e interventi, l'eterogeneità dei dati e la natura correlazionale delle evidenze richiedono cautela nell'interpretazione dei risultati.

° O'Donnell, et al. Prenatal exposure to air pollution and maternal and fetal thyroid function: a systematic review of the epidemiological evidence. *Environ Health* 23, 78 (2024).

6. Inquinamento atmosferico, rumore del traffico, salute mentale e sviluppo cognitivo: uno studio longitudinale multi-esposizione sugli adolescenti londinesi

È sempre più evidente in letteratura come l'inquinamento atmosferico e il rumore possano avere un impatto psicologico dannoso, questo però è forse il primo studio che li analizza specificamente in relazione alla salute cognitiva e mentale degli adolescenti. I dati sono stati raccolti su una coorte di 7.555 adolescenti inglesi tra i 13 e i 15 anni (SCAMP) e i risultati sulla salute psicologica ricavati tramite questionari online autocompilati utilizzando la piattaforma online Psytools (Delosis Ltda). Questo studio ha riscontrato una forte evidenza di associazioni dannose tra l'esposizione all'ozono troposferico e al rumore e la salute psicologica e mentale, in particolare il funzionamento esecutivo, nell'adolescenza. In particolare, l'aumento di un intervallo interquartile dell'ozono esterno è risultato corrispondere a -0.06 ($p < 0.001$) z-score tra il basale e il follow-up, il 38% in meno di rispetto alla media (sviluppo mediano $+0.16$). Anche l'esposizione al biossido di azoto (NO_2), al rumore del traffico nelle 24 ore e al particolato $< 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{10}) sono risultati significativamente associati a un rallentamento dello sviluppo del funzionamento esecutivo. Questo lavoro suggerisce che la riduzione dell'esposizione dei giovani all'inquinamento atmosferico e al rumore possa migliorare la loro salute psicologica e mentale, aggiungendosi alle argomentazioni di salute pubblica a favore di soluzioni per ridurre l'esposizione umana all'inquinamento atmosferico e al rumore del traffico.

° THOMPSON, Rhiannon, et al. Air pollution, traffic noise, mental health, and cognitive development: A multi-exposure longitudinal study of London adolescents in the SCAMP cohort. *Environment International*, 2024, 191: 108963

Inquinamento da sostanze chimiche non atmosferiche

1. Esposizione combinata a di-(2-etilestil) ftalato e bisfenolo A sullo spettro autistico. Uno studio basato sull' Adverse Outcome Pathway

Gli autori hanno dimostrato che la co-esposizione a di-(2-etilestil) ftalato (DEHP) e bisfenolo A (BPA), due interferenti endocrini, può aumentare il rischio di disturbi dello spettro autistico (ASD) attraverso meccanismi additivi o sinergici. I disturbi dello spettro autistico (ASD) sono ampiamente diffusi nella popolazione e la loro prevalenza tende ad aumentare col tempo, in parte anche per l'inquinamento ambientale. È stato riportato che l'esposizione pre- o post-natale al di-(2-etilestil) ftalato (DEHP) o al bisfenolo A (BPA), due interferenti endocrini ambientali, aumenta il rischio di ASD nella prole. Questo studio ha cercato di analizzare la modalità d'azione congiunta dell'esposizione combinata di DEHP e BPA sullo sviluppo dell'ASD tramite i dati disponibili in diversi database a livello mondiale, costruendo poi

delle reti basate su AOP per dimostrare l'interazione sostanza chimica-gene-fenotipo-malattia. AOP è acronimo di Adverse Outcome Pathway, si tratta di un quadro concettuale utilizzato nella tossicologia e nella biologia per descrivere i meccanismi attraverso cui una sostanza chimica o un agente esterno provoca effetti nocivi su un organismo. Nello specifico, è stato trovato che la diminuzione dell'espressione del recettore N-metil-D-aspartato (NMDAR) da parte del DEHP e l'azione di antagonismo verso gli estrogeni del BPA possano essere fattori probabilmente collegati all'ASD, agendo in modo additivo o sinergico in caso di co-esposizione, con moderato livello di confidenza. I punti di forza di questa ricerca sono rappresentati dall'impiego di un metodo innovativo tramite sistemi computazionali basati su AOP e di analisi di grandi quantità di dati contenuti in differenti database, che hanno permesso di stabilire queste possibili associazioni. Tuttavia, vi sono anche dei limiti, in quanto la definizione di ASD è molto ampia e vi è mancanza di consenso internazionale sui criteri diagnostici impiegati in diversi studi epidemiologici. Questo può portare a risultati differenti, il che contribuisce alle incertezze nella valutazione delle evidenze epidemiologiche riportate in letteratura. In secondo luogo, l'esposoma umano nell'ambiente è complesso e in evoluzione, mentre gli studi epidemiologici si concentrano principalmente su sostanze chimiche dosate su campioni prelevati in determinati periodi di esposizione, il che potrebbe non essere sufficientemente accurato per rappresentare il reale carico di esposizione a queste due sostanze chimiche e ai loro metaboliti. Sono quindi necessari studi temporali e di follow-up futuri per una ulteriore validazione di questi risultati.

° Cui, K., Li, L., Li, K., Xiao, W., & Wang, Q. (2024). AOP-based framework for predicting the joint action mode of di-(2-ethylhexyl) phthalate and bisphenol A co-exposure on autism spectrum disorder. *Neurotoxicology*. 2024 Sep;104:75-84

2. Esposizione agli insetticidi piretroidi e ADHD in Europa. Dati preliminari di uno studio di biomonitoraggio

I dati di biomonitoraggio umano (HBM) indicano come l'esposizione ai piretroidi sia diffusa in Europa, con un'esposizione significativamente più elevata nei bambini rispetto agli adulti. Gli studi epidemiologici, tossicologici e meccanici presenti in letteratura sollevano preoccupazioni per i potenziali effetti sulla salute umana, in particolare per l'insorgenza di problematiche comportamentali come il disturbo da deficit di attenzione e iperattività (ADHD) nei bambini, anche a bassi livelli di esposizione. Gli autori di questo lavoro hanno effettuato una stima preliminare dell'impatto ambientale per lo sviluppo di ADHD associato all'esposizione ai piretroidi per gli individui di età compresa tra 0 e 19 anni. I dati HBM sono stati raccolti in Francia, Germania, Islanda, Svizzera e Israele e i casi annuali di ADHD per milione di abitanti attribuibili ai piretroidi sono risultati 2.189 per Israele, 1.710 per la Francia, 969 per l'Islanda, 944 per la Svizzera e 209 per la Germania. In conclusione, questi risultati inducono a stimare (anche se con cautela) come un numero consistente di casi di ADHD, in media il 18%, possa essere associato all'esposizione ai piretroidi. Sono quindi necessari più studi HBM per ottenere stime più solide del carico di malattia, oltre a maggiori sforzi per armonizzare la progettazione degli studi epidemiologici in anticipo per garantire la metanalisi delle funzioni di esposizione-risposta. Questo aspetto è particolarmente importante

per i piretroidi, in quanto emergono continuamente evidenze di potenziali effetti avversi sulla salute. Il lavoro è innovativo e contribuisce a un'importante area di ricerca, fornendo una base per ulteriori indagini. Tuttavia, i limiti metodologici e la natura preliminare delle stime richiedono cautela nell'interpretazione e nell'uso dei risultati per politiche pubbliche. Proseguire con studi più ampi e rigorosi sarà essenziale per confermare le conclusioni e approfondire il legame tra esposizione ai piretroidi e ADHD.

° Purece, A., Thomsen, S.T., Plass, D. et al. A preliminary estimate of the environmental burden of disease associated with exposure to pyrethroid insecticides and ADHD in Europe based on human biomonitoring. *Environ Health* 23, 91 (2024)

3. Assunzione di pesce ed esposizione al mercurio nei bambini piccoli

È noto da decenni come il consumo di pesce sia una delle principali fonti di esposizione al mercurio (Hg). In questo lavoro viene esaminata l'esposizione all'Hg derivante dal consumo di pesce tra i bambini (dato poco ricercato in letteratura), riscontrando un'esposizione significativa anche per bassi livelli di consumo. Sono stati valutati 700 bambini di 3 anni del New Hampshire Birth Cohort Study ricavando l'assunzione abituale di pesce con un questionario convalidato (Block Questionnaire). Le concentrazioni di Hg sono state determinate nelle unghie dei piedi mediante ICP-MS ovvero Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry utilizzata come tecnica analitica per misurare i livelli di mercurio nei campioni biologici (ad esempio sangue, capelli o urine) o nei campioni alimentari (come il pesce). Il 23% dei bambini ha dichiarato di aver consumato in media almeno un pasto a base di pesce alla settimana nei 6 mesi precedenti. I risultati hanno mostrato come i bambini con qualsiasi tipo di consumo di pesce rispetto a nessun consumo presentavano concentrazioni di Hg nelle unghie dei piedi più elevate del 108% (intervallo di confidenza al 95%: 68%, 153%). In misura minore, i bambini che consumavano "altro pesce (non fritto) incluso il tonno" e "pesce fritto o bastoncini di pesce" presentavano concentrazioni di Hg nelle unghie dei piedi superiori rispettivamente del 120% (95% CI: 82%, 164%) e del 23% (95% CI: 2%, 51%) rispetto a quelli che non consumavano pesce. Utilizzando la regressione WQS (Weighted Quantile Sum regression), metodologia statistica comunemente utilizzata per analizzare l'associazione tra miscele di esposizioni chimiche (come contaminanti nei pesci, incluso il mercurio) ed esiti sulla salute, l'Hg è risultato l'elemento più fortemente correlato al consumo di pesce. Studi futuri dovranno meglio determinare le conseguenze per la salute di questa esposizione.

° Leyre Notario Barandiaran et al: Fish intake and mercury exposure in young children, *Environmental Research*, Volume 257, 2024, 119277, ISSN 0013-9351

4. Esposizione a sostanze per- e polifluoroalchiliche e alterazioni dei profili dei microRNA plasmatici nei bambini

Lo studio esplora l'effetto dell'esposizione a sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sui profili di microRNA plasmatici nei bambini, evidenziando possibili alterazioni biologiche associate a questa esposizione. Tra i punti di forza: l'analisi di biomarcatori innovativi e la rilevanza per la salute pubblica. Tuttavia, i

limiti includono la difficoltà nello stabilire causalità diretta e la possibilità di confondenti non controllati, nonché la necessità di studi longitudinali per confermare i risultati. Le sostanze per- e polifluoroalchiliche (PFAS) sono sostanze chimiche sintetiche che persistono nell'ambiente e possono accumularsi nell'uomo, con conseguenti effetti negativi sulla salute. I microRNA (miRNA) sono biomarcatori emergenti che possono far progredire la comprensione dei meccanismi degli effetti dei PFAS sulla salute umana. L'obiettivo dello studio è stato valutare le associazioni tra le concentrazioni di PFAS e i livelli di miRNA nei bambini. Sono stati utilizzati i dati di due coorti distinte: 176 partecipanti (età media 17.1 anni; 75.6% femmine) dalla coorte Teen-Longitudinal Assessment of Bariatric Surgery (Teen-LABS) negli Stati Uniti (studio prospettico, multicentrico, di coorte di adolescenti di età pari o inferiore a 19 anni al basale e sottoposti a chirurgia bariatrica da marzo 2007 a febbraio 2012); e 64 partecipanti (età media 6.5 anni, 39.1% femmine) dallo studio Rhea, uno studio di coorte madre-figlio seguiti dalla gravidanza fino all'età media di 6.5 anni, in Grecia (Heraklion, Creta). Le concentrazioni di PFAS e i livelli di miRNA sono stati valutati in campioni di plasma di entrambi gli studi. Le associazioni tra i singoli PFAS e i livelli plasmatici di miRNA sono state esaminate dopo l'aggiustamento per le covariate. Inoltre, gli effetti cumulativi delle miscele di PFAS sono stati valutati utilizzando un punteggio di carico di esposizione. Le concentrazioni plasmatiche di PFAS sono state associate ad alterazioni in 475 miRNA nello studio Teen-LABS e in 5 miRNA nello studio Rhea (FDR $p < 0.1$). In particolare, le concentrazioni plasmatiche di PFAS sono state costantemente associate a una diminuzione dei livelli di miR-148b-3p e miR-29a-3p in entrambe le coorti. Questi miRNA sono collegati a numerosi percorsi di malattie croniche, tra cui malattie cardiovascolari, condizioni infiammatorie e cancerogenesi. Attraverso lo screening dei miRNA in due coorti indipendenti, questo studio ha identificato associazione sia di miRNA già noti che nuovi con esposizione ai PFAS nei bambini. L'analisi del percorso ha rivelato il coinvolgimento di questi miRNA in diversi percorsi correlati al cancro e all'infiammazione. Ulteriori studi potrebbero migliorare la nostra comprensione delle relazioni tra l'esposizione ai PFAS e i rischi di malattia, con i miRNA che emergono come potenziali biomarcatori e/o mediatori in questi percorsi complessi.

° Li Y et al: Exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and alterations in plasma microRNA profiles in children. *Environ Res.* 2024 Oct 15;259:119496. doi: 10.1016/j.envres.2024.119496

5. Esposizione a sostanze polifluoroalchiliche, profilo eritrocitario e vitamine: uno studio prospettico

Questi risultati evidenziano un possibile legame tra l'esposizione ai PFAS e le alterazioni dell'emocromo nei giovani, suggerendo il potenziale coinvolgimento del profilo marziale, della vitamina B12 e del folato in questa associazione. Approfondire questi meccanismi attraverso ulteriori studi è fondamentale per chiarire l'impatto specifico dei PFAS sulla salute degli eritrociti umani, aprendo nuove prospettive per la ricerca e la protezione della salute pubblica. In questo studio prospettico di coorte, 886 adolescenti e giovani adulti di età compresa tra 12 e 30 anni che vivono nell'area di Taipei sono stati inclusi nella coorte Young Taiwan (YOTA) tra il 2006 e il 2008. Tutti i partecipanti avevano dati sierici basali sui livelli di PFAS. Tra il 2017 e il 2019, 542 partecipanti YOTA sono stati reclutati per seguire ed esamina-

re come gli ambienti di vita e le abitudini alimentari influenzano i disturbi cardio-metabolici. Tra i 542 partecipanti, 40 sono stati esclusi a causa dell'assenza di uno dei seguenti parametri: PFAS, emocromo, profilo marziale o biomarcatori nutrizionali. 502 soggetti sono stati arruolati in questo studio. Questa analisi ha riguardato 11 tipi di PFAS plasmatici, (acido perfluoroesano solfonato (PFHxS), acido perfluorooctanosulfonato (PFOSlineare), acido perfluoroeptanoico (PFHpA), acido perfluorooctanoico (PFOA lineare), acido perfluorononanoico (PFNA), acido perfluorodecanoico (PFDA), acido perfluoroundecanoico (PFUdA), acido perfluorododecanoico (PFDoA), N-metilperfluorooctano sulfonamide acido acetico (N-MeFOSAA), PFOS ramificato (somma di 3.5 m²-PFOS, 4.5m²-PFOS, 5.5m²-PFOS e 4.4 milioni²-PFOS), PFOA ramificato (somma di 5m-PFOA, 6m-PFOA, 4.4m²-PFOA e 5.5 m²-PFOA). Oltre ad emocromo e ai livelli sierici di ferritina, saturazione della transferrina, vitamina B12 e acido folico. Sono emerse associazioni positive tra i livelli medi specifici di composti PFAS, tra cui PFOA, PFOS lineare, PFNA e PFHxS e la saturazione della transferrina. Inoltre, il PFOA lineare e il PFOS lineare e ramificato erano correlati negativamente con i livelli di vitamina B12. In particolare, si è osservato che il PFOA lineare medio ha correlazioni positive con il volume corpuscolare medio (MCV) e con emoglobina corpuscolare media (MCH), mentre il PFNA media ha anche mostrato associazioni positive con l'emoglobina (Hb) e l'ematocrito (Hct) in un modello di regressione lineare multipla. Analisi successive hanno rivelato interazioni degne di nota tra la vitamina B12 e il PFNA, così come il folato e il PFNA, nel contesto del loro impatto sulle relazioni tra Hb, Hct e PFNA. Inoltre, è stata identificata un'interazione con la saturazione della transferrina nella correlazione tra Hct e PFNA.

° Lin CY et al: *Examining the impact of polyfluoroalkyl substance exposure on erythrocyte profiles and its related nutrients: Insights from a prospective study on young Taiwanese.* *Environ Pollut.* 2024 Oct 15;359:124576

6. Esposizione materna a sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) e anomalie cromosomiche nella prole

Questo studio rappresenta un contributo significativo per comprendere l'impatto dei contaminanti ambientali sulla salute riproduttiva. Tuttavia, rimangono domande aperte sui meccanismi precisi e sull'entità del rischio. Affrontare queste lacune è essenziale per sviluppare politiche efficaci e garantire la salute delle future generazioni. Gli autori hanno indagato il legame tra l'esposizione delle madri ai PFAS durante la gravidanza e l'insorgenza di anomalie cromosomiche nei loro figli. Lo studio si basa sui dati del Japan Environment and Children's Study (JECS), un ampio studio di coorte nazionale che ha inizialmente reclutato 103.057 gravidanze; tuttavia, per l'analisi specifica sull'associazione tra l'esposizione materna ai PFAS e le anomalie cromosomiche, il campione finale comprendeva 24.724 nascite da gravidanze singole con dati completi. Sono stati analizzati campioni di plasma materno nel primo trimestre di gravidanza, associandoli a diagnosi prenatali e postnatali fino a due anni di età. È stata osservata una correlazione significativa tra concentrazioni elevate di PFAS (in particolare PFOS e PFNA) e anomalie cromosomiche, con un aumento del rischio proporzionale al raddoppio delle concentrazioni plasmatiche. Il rischio complessivo di anomalie è risultato maggiore quando i PFAS venivano ana-

lizzati come miscela. Il meccanismo ipotizzato attraverso cui i PFAS potrebbero contribuire alle anomalie cromosomiche si basa su diversi studi in vitro e preclinici che suggeriscono effetti diretti sulle cellule germinali e sui processi riproduttivi. I PFAS, in particolare il PFOS (acido perfluorottansolfonico), interferiscono con la meiosi degli oociti, aumentando il rischio di aneuploidia (presenza di un numero anomalo di cromosomi nelle cellule). Studi su oociti suini e murini hanno dimostrato che il PFOS danneggia l'assemblaggio del citoscheletro e la funzionalità mitocondriale e impedisce la comunicazione intercellulare nei complessi cumulo-oociti, ostacolando la maturazione degli ovociti. L'esposizione ai PFAS promuove uno stress ossidativo, che può indurre danni cellulari e portare all'apoptosi (morte cellulare programmata) delle cellule germinali; questo processo può compromettere la qualità delle oociti e alterare il normale sviluppo embrionale. I PFAS possono alterare il microambiente dell'ovaio, influenzando negativamente i processi di maturazione e divisione cellulare che sono fondamentali per la stabilità cromosomica. A causa della loro persistenza chimica e della capacità di accumularsi nei tessuti, i PFAS esercitano un'esposizione cronica, che potrebbe amplificare gli effetti tossici a lungo termine. I PFAS sembrano quindi agire principalmente danneggiando i meccanismi cellulari coinvolti nella divisione e maturazione delle cellule germinali, contribuendo al rischio di anomalie cromosomiche negli embrioni. La stima delle anomalie cromosomiche riportata nello studio è stata di 17.8 casi ogni 10.000 nascite. Questa prevalenza è stata calcolata considerando i casi confermati di anomalie cromosomiche tra le gravidanze analizzate (44 casi confermati su un totale di 24.724 gravidanze monitorate). I Punti di forza dello studio sono l'ampia coorte di gravide, l'uso di campioni di plasma per misurare le concentrazioni, uso di modelli di regressione logistica e analisi di miscela multipla, la raccolta di dati fino ai due anni. I limiti: il reclutamento di donne all'inizio della gravidanza può determinare un bias di selezione, escludendo le gravidanze perse prima del reclutamento; la bassa prevalenza osservata di anomalie cromosomiche potrebbe indicare una sottostima dovuta a diagnosi incomplete o non riportate; seppur siano stati misurati i PFAS, mancano dati dettagliati sulle fonti di esposizione e sulla loro distribuzione temporale. Il numero ridotto di casi confermati di anomalie cromosomiche limita la capacità di analizzare associazioni per tipi specifici di anomalie. I risultati basati su una coorte giapponese potrebbero non essere applicabili ad altre popolazioni con esposizioni e contesti ambientali diversi. Nonostante i controlli per variabili note, potrebbero esistere fattori confondenti non identificati. Questa analisi evidenzia la complessità dello studio e sottolinea sia la sua rilevanza scientifica sia la necessità di ulteriori ricerche per confermare i risultati osservati.

° Hasegawa Kohei et al: *Maternal Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances and Offspring Chromosomal Abnormalities: The Japan Environment and Children's Study* *Environmental Health Perspectives* doi: 10.1289/EHP13617

7. Esposizione umana alle sostanze chimiche a contatto con gli alimenti

Lo studio richiama l'attenzione sulla necessità di regolamentazioni più rigorose, un monitoraggio sistematico e ulteriori ricerche per comprendere meglio i rischi legati alle sostanze chimiche a contatto con gli alimenti (FCC) e garantire la sicurezza alimen-

tare. È noto in letteratura che dai MOCA (materiali a contatto con alimenti, utilizzati per conservare, trattare, confezionare e servire gli alimenti) possono migrare nell'alimento oltre 1.800 sostanze chimiche a contatto con gli alimenti (FCC). Molte di queste FCC sono notoriamente pericolose, mentre di altre non è mai stata testata la tossicità. Gli autori, per colmare questa importante lacuna conoscitiva, hanno condotto una review sistematica confrontando le oltre 14.000 FCC note con cinque programmi di biomonitoraggio e tre banche dati di metabolomi/esposomi. In una seconda fase hanno effettuato una mappatura sistematica delle prove disponibili della loro presenza nell'uomo, dando priorità alle FCC che sono state frequentemente rilevate in materiali a contatto con gli alimenti. I risultati hanno rilevato per il 25% delle FCC conosciute (3.601) prove della loro presenza nell'uomo. Delle 3.528 FCC incluse nei database dei metabolomi/esposomi, la maggior parte è costituita da FCC che hanno caratteristiche di pericolosità elevata. Nonostante le vie di esposizione siano ovviamente diverse, questi dati possono aiutare i politici, i ricercatori di salute pubblica e i responsabili dell'industria alimentare a rendere più sicuri i materiali a contatto con gli alimenti, ridurre l'esposizione umana alle FCC pericolose e migliorare la salute pubblica. La revisione rappresenta un contributo significativo alla comprensione dell'esposizione umana alle FCC e ai rischi associati. Tuttavia, la mancanza di dati completi e la difficoltà nel dimostrare causalità richiedono ulteriori studi per consolidare le evidenze e migliorare la regolamentazione di queste sostanze.

° Geueke, B. et al. Evidence for widespread human exposure to food contact chemicals. *J Expo Sci Environ Epidemiol*(2024)

8. Esposizione e rischi potenziali di interferenti endocrini presenti nei prodotti farmaceutici e nei prodotti per la cura personale per i neonati allattati al seno in Cina

L'assunzione di latte materno rappresenta una delle principali vie di esposizione ad interferenti endocrini (EDC) nei neonati, questo studio cinese ha misurato le concentrazioni di 13 EDC, tra cui i parabeni (parabene metilico (MP), parabene etilico (EP), parabene propilico (PP), parabene iso-propilico, parabene butilico e parabene iso-butilico), i bisfenoli (bisfenolo A (B)), il bisfenolo (B) e il bisfenolo (B). (bisfenolo A (BPA), bisfenolo F, bisfenolo S, bisfenolo AF e bisfenolo Z), triclosan (TCS) e triclocarban, nel latte materno e nelle urine dei neonati (1014 campioni di latte materno da 20 città della Cina, oltre a 144 campioni di latte materno e 134 campioni di urina da una coorte madre-neonato di Hangzhou) per valutarne i potenziali effetti sulla salute e i rischi di alterazione del sistema endocrino. Gli EDC sono stati rilevati con la cromatografia liquida ad altissima prestazione e la spettrometria di massa a triplo quadrupolo. La "potenza" sul sistema endocrino degli EDC è stata valutata con un metodo predittivo basato sulla loro affinità per 15 proteine dei recettori ormonali. Per valutare i rischi per la salute associati all'esposizione a più EDC è stato utilizzato l'indice di priorità tossicologica (ToxPi). Tra i 13 EDC, MP, EP, PP, BPA e TCS sono stati rilevati in oltre il 50% dei campioni di latte materno, con le concentrazioni mediane più elevate osservate per MP (0.37 ng/mL), EP (0.29 ng/mL) e BPA (0.17 ng/mL). In tutte le 20 città, lo 0%-40% dei neonati presentava un indice di rischio (HI) superiore a 1. Questo lavoro ha evidenziato l'ampia esposizione dei neonati cinesi agli

EDC, offrendo un'analisi dettagliata delle loro diverse potenze di interferenza endocrina e sottolineando i rischi significativi per la salute associati agli EDC nel latte materno. Gli autori ovviamente sottolineano che l'allattamento al seno ha molti benefici comprovati e i risultati dello studio qui riportati sono solo uno dei fattori da considerare quando le madri decidono di allattare i propri figli, ma sono un dato importante per trovare strategie e soluzioni per ridurre l'esposizione delle mamme agli EDC

° Ji, Yuyan, et al. Exposure and potential risks of thirteen endocrine-disrupting chemicals in pharmaceuticals and personal care products for breastfed infants in China. *Environment International*, 2024, 192: 109032

9. Riduzione dell'esposizione a interferenti endocrini in ambito domestico: uno studio controllato randomizzato

Uno studio americano ha analizzato i possibili interventi domestici per ridurre l'esposizione a interferenti endocrini (EDC). I partecipanti allo studio erano bambini dell'area di Cincinnati, Ohio (n = 250, HOME Study). Durante la gravidanza, le famiglie hanno ricevuto un intervento abitativo che includeva la rimozione e la riverniciatura delle superfici con vernice deteriorata; la sostituzione completa delle finestre con vernice al piombo in cattive condizioni; l'installazione di canaline per finestre; la stabilizzazione dei pavimenti e una pulizia approfondita con l'eliminazione della polvere dopo l'intervento. Si è ipotizzato che questi passaggi avrebbero ridotto l'esposizione dei bambini agli EDC riducendo la contaminazione della polvere domestica e la probabilità di ingestione di frammenti di vernice. L'intervento è stato completato entro la 32a settimana di gestazione e prima della nascita. A 24 mesi di età, sono stati misurati gli esteri organofosfati (OPE), i ftalati o i loro metaboliti nella polvere e nelle urine e i PFAS nella polvere e nel siero, con effetti positivi in termini di riduzione mediamente del 20-30% dei metaboliti urinari di OPE e ftalati. Inoltre, tra i bambini neri o afroamericani, l'intervento è stato associato a concentrazioni sieriche inferiori di diversi PFAS (ad esempio, -42%; IC 95%: -63, -8 per PFNA). Pertanto, gli interventi domestici che includono la stabilizzazione della vernice e la riduzione della polvere possono ridurre l'esposizione infantile ad alcuni ftalati e PFAS.

° FOSSA, Alan J., et al. A randomized controlled trial of a housing intervention to reduce endocrine disrupting chemical exposures in children. *Environment international*, 2024, 191: 108994

Campi elettromagnetici

1. Radiazioni elettromagnetiche da telefoni cellulari e tumore al cervello: una metanalisi

Gli autori di questa metanalisi hanno valutato l'associazione tra l'uso di telefoni cellulari e lo sviluppo di tumori cerebrali applicando varie sottocategorie di esposizione alle radiazioni elettromagnetiche a radiofrequenza (RF-EMR). Sono stati inclusi dagli autori 19 studi caso-controllo e cinque studi di coorte (non pediatrici). Gli utilizzatori abituali ipsilaterali hanno riportato un rischio maggiore (odds ratio 1.40 (95% CI 1.21-1.62) rispetto agli utilizzatori non abituali. Negli utilizzatori per oltre 10 anni

il meningioma (OR 1.20 (95% CI 1.04-1.39)), il glioma (OR 1.45 (95% CI 1.16-1.82)) e i tumori cerebrali maligni (OR 1.93 (95% CI 1.55-2.39)) hanno mostrato un aumento dell'OR con significatività statistica per gli utilizzatori omolaterali. In 11 studi che hanno considerato un numero di ore cumulative di utilizzo superiori a 896, l'OR complessivo è stato di 1.59 (95% CI 1.25-2.02). Stratificando i dati per ogni tipo di tumore cerebrale, il glioma, il meningioma e il neuroma acustico hanno riportato un OR rispettivamente di 1.66 (95% CI 1.13-2.44), 1.29 (95% CI 1.08-1.54) e 1,84 (95% CI 0.78-4.37). Considerando i singoli studi che hanno preso in considerazione le ore cumulative di utilizzo, è emerso un OR più alto per glioma, meningioma e neuroma acustico (rispettivamente di 2.89 (1.41-5.93), 2.57 (1.02-6.44) e 3.53 (1.59-7.82)). Nei cinque studi di coorte considerati, i rapporti di rischio (RR) per tutti i tumori del SNC, glioma, meningioma e neuroma acustico, non sono però risultati significativi, tuttavia, le stime puntuali per il neuroma acustico hanno mostrato un RR aumentato negli utilizzatori continuativi (1.26) e per l'uso oltre 10 anni (1.61) rispetto ai non utilizzatori. In conclusione, in questa metanalisi, man mano che le sottocategorie di esposizione applicate divenivano più dettagliate, gli OR mostravano valori più elevati di significatività statistica. Inoltre, gli autori sottolineano come i cambiamenti nei modelli di utilizzo dei telefoni cellulari e l'aumento dell'uso di auricolari o cuffie con tecnologia WPAN dovrebbero essere considerati negli studi futuri in quanto non abbiamo dati di questo tipo ad oggi.

° Moon, J., Kwon, J. & Mun, Y. Relationship between radiofrequency-electromagnetic radiation from cellular phones and brain tumor: meta-analyses using various proxies for RF-EMR exposure-outcome assessments

2. Esposizione ai campi a radiofrequenza sul rischio di cancro nella popolazione generale e lavorativa: una revisione sistematica

L'obiettivo di questa revisione (gestita dal gruppo di lavoro OMS sui campi elettromagnetici) è stato quello di valutare la qualità e la forza delle prove fornite dagli studi osservazionali sull'uomo per confermare o smentire una possibile associazione causale tra l'esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza (RF-EMF) e il rischio delle malattie neoplastiche. Sono stati inclusi studi di coorte e caso-controllo sui rischi di neoplasia in relazione a tre tipi di esposizione ai campi elettromagnetici a radiofrequenza: esposizione in campo vicino, localizzata alla testa, derivante dall'uso di telefoni senza fili (SR-A); esposizione ambientale in campo lontano, su tutto il corpo, derivante da trasmettitori fissi (SR-B); esposizione professionale in campo vicino/lontano derivante dall'uso di ricetrasmittitori portatili o di apparecchiature che emettono radiofrequenze sul posto di lavoro (SR-C). Gli autori hanno formulato conclusioni finali separatamente per ogni combinazione di esposizione e risultato. Per quanto riguarda l'esposizione a RF-EMF in campo vicino alla testa derivante dall'uso di telefoni cellulari, è stato dimostrato con moderata certezza che probabilmente non aumenta il rischio di glioma, meningioma, neuroma acustico, tumori dell'ipofisi e delle ghiandole salivari negli adulti o di tumori cerebrali in età pediatrica. Per quanto riguarda l'esposizione a RF-EMF in campo vicino alla testa dovuta all'uso di telefoni cordless, è stata riscontrata un'evidenza di bassa certezza che potrebbe non aumentare il rischio di glioma, meningioma o neuroma acustico. Per quanto riguarda l'esposizione a RF-EMF in campo lontano

su tutto il corpo da trasmettitori fissi (antenne di trasmissione o stazioni di base), è stata riscontrata un'evidenza di moderata certezza che probabilmente non aumenta il rischio di leucemia infantile e un'evidenza di bassa certezza che potrebbe non aumentare il rischio di tumori cerebrali pediatrici. Questa presa di posizione OMS è stata fortemente criticata da alcuni autori italiani, secondo i quali la cancerogenicità dei CEM è dimostrata da numerosi studi sull'uomo. Inoltre, in letteratura sono stati evidenziati danni al DNA, a cellule e sistemi di organi in un'ampia varietà di piante e animali; tutti i dati sono stati pubblicati su importanti riviste peer-reviewed in più di 10.000 articoli. Per i CEM, secondo questi autori, ci troviamo di fronte ad un tipico caso di mancanza di certezza, per il quale sia la letteratura scientifica di settore sia la UE imporrebbero l'applicazione del principio di precauzione [1]. L'esposizione, invece, sta aumentando, in contrasto con qualsiasi criterio di semplice buon senso, ed ai "vecchi" rischi derivanti dalla telefonia cellulare 3G e 4G si stanno rapidamente sommando quelli della rete 5G e dell'IoT ("Internet of Things"), con tutti i dubbi sui possibili effetti sanitari, sul monitoraggio e sulla normativa che una forma così complessa di tecnologia comporta.

1. Belpoggi F et al. Rischi per la salute da campi elettromagnetici a radiofrequenza: un bicchiere mezzo pieno o mezzo vuoto? *Il Cesalpino* 2024;62:44-47

° KARIPIDIS, Ken, et al. The effect of exposure to radiofrequency fields on cancer risk in the general and working population: A systematic review of human observational studies—Part I: Most researched outcomes. *Environment International*, 2024, 108983

Ambienti naturali

1. Spazi verdi di quartiere, esposizione al calore estremo e qualità del sonno in un campione rappresentativo di bambini americani

L'indagine ha evidenziato l'importanza degli spazi verdi urbani come risorsa cruciale per migliorare la qualità del sonno infantile e ridurre l'impatto negativo del calore estremo, offrendo spunti preziosi per la pianificazione urbana nel contesto dei cambiamenti climatici. Lo studio ha analizzato l'interazione tra l'esposizione agli spazi verdi di quartiere, l'esposizione al calore estremo e la qualità del sonno in un campione rappresentativo di bambini americani. Il sonno è riconosciuto come un elemento essenziale per lo sviluppo infantile, e fattori ambientali come la presenza di spazi verdi e l'esposizione al calore possono influire significativamente sulla sua qualità. L'analisi si è basata su dati longitudinali raccolti nell'ambito dello studio ABCD (Adolescent Brain Cognitive Development che ha reclutato una coorte rappresentativa a livello nazionale di 11.878 bambini di età compresa tra 9 e 10 anni, seguiti annualmente a partire dal 2016), per questo studio, il campione finale comprende 8.580 bambini, selezionati sulla base di criteri di completezza dei dati e residenza stabile. I bambini provenivano da 22 siti campione situati principalmente in aree urbane e suburbane degli Stati Uniti. Lo studio ha utilizzato modelli lineari gerarchici per esaminare: gli effetti diretti degli spazi verdi e del calore estremo sulla qualità del sonno, l'interazione tra spazi verdi e calore estremo, con l'ipotesi che gli spazi verdi possano mitigare gli effetti negativi del calore sul

sonno. L'esposizione agli spazi verdi è stata misurata in base alla percentuale di aree verdi pubbliche nelle zone di residenza, mentre l'esposizione al calore estremo è stata definita come il numero di giorni estivi con temperature superiori ai 32.2 °C. La qualità del sonno è stata valutata attraverso un questionario riportato dai genitori, il "Sleep Disturbance Scale for Children". I risultati evidenziano che gli spazi verdi di quartiere sono associati ad una riduzione dei disturbi del sonno, anche dopo aver controllato per fattori demografici e ambientali. L'esposizione al calore estremo è stata correlata ad un aumento dei disturbi del sonno. L'interazione tra spazi verdi e calore indica che gli spazi verdi mitigano significativamente gli effetti negativi del calore estremo sulla qualità del sonno. Questi risultati suggeriscono che gli spazi verdi non solo promuovono un sonno migliore, ma possono anche offrire una protezione contro i rischi derivanti dall'aumento delle temperature legate ai cambiamenti climatici. La vegetazione urbana, attraverso l'ombreggiatura e l'evapo-traspirazione, contribuisce a ridurre le temperature locali, rendendo l'ambiente più favorevole al sonno, specialmente durante i periodi di calore intenso. Lo studio non ha potuto misurare l'effettivo utilizzo degli spazi verdi da parte dei bambini né le condizioni termiche all'interno delle abitazioni, come la presenza di aria condizionata. Inoltre, i risultati sono correlazionali e non dimostrano causalità. Ricerche future potrebbero includere misure più dettagliate del comportamento dei bambini, simulazioni sperimentali e valutazioni delle condizioni termiche interne ed esterne.

° Rahai R et al: *Neighborhood Greenspace, Extreme Heat Exposure, and Sleep Quality over Time among a Nationally Representative Sample of American Children*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024; 21(10):1270

2. Influenza dell'esposizione pre e postnatale all'inquinamento atmosferico e agli spazi verdi sul microbiota intestinale del neonato: uno studio di coorte

Lo studio esamina l'influenza dell'esposizione prenatale e postnatale all'inquinamento atmosferico e agli spazi verdi sul microbiota intestinale dei neonati, utilizzando i dati della coorte MAMI. L'esposizione all'inquinamento è associata a disbiosi intestinale, mentre gli spazi verdi sembrano avere effetti protettivi. Il design prospettico e l'analisi di fattori ambientali modificabili sono punti di forza dello studio, mentre i limiti sono l'impossibilità di stabilire causalità diretta e la necessità di considerare altri fattori ambientali e genetici. Studi sugli animali e sull'uomo indicano che l'esposizione all'inquinamento atmosferico e agli ambienti naturali potrebbe modulare il microbiota intestinale. Obiettivo di questo studio è di valutare il potenziale impatto dell'esposizione pre e postnatale all'inquinamento atmosferico e agli spazi verdi sulla composizione e andamento del microbiota intestinale infantile durante il primo anno di vita. È stata utilizzata la coorte di nascita MAMI ("MAternal MIcrobes") (coorte di coppie mamma/ bambino, Valencia, Spagna, N = 162) per studiare l'impatto dell'esposizione ambientale (acuta e cronica) sul microbiota intestinale infantile durante il primo anno di vita (con sequenziamento della diversità microbica). Sono stati analizzati a 7 giorni e a 1, 6 e 12 mesi: esposizione residenziale pre- e postnatale agli inquinanti atmosferici (NO₂, Black carbon -BC-, PM_{2.5} e O₃) e indicatori degli spazi verdi (NDVI e superficie di spazi verdi a 300, 500 e 1.000 m di distanza). L'esposizione acuta nella prima settimana di vita e l'esposizione cronica postnatale all'NO₂

erano associati ad una riduzione della diversità microbica, mentre gli effetti dell'esposizione agli spazi verdi non erano evidenti. L'esposizione acuta e cronica (prenatale o postnatale) all'NO₂ ha portato a un aumento dell'abbondanza delle popolazioni di *Haemophilus*, *Akkermansia*, *Alistipes*, *Eggertella* e *Tyzerella*, mentre l'esposizione agli spazi verdi è associata all'aumento di *Negativicoccus*, *Senegalimassilia* e *Anaerococcus* e alla diminuzione delle popolazioni di *Tyzerella* e *Lachnoclostridium*. È stata osservata una diminuzione della diversità del microbiota intestinale e segni di alterazione nella sua composizione tra i neonati esposti a livelli più elevati di NO₂. L'aumento dell'esposizione agli spazi verdi è stato anche associato a cambiamenti nella composizione microbica intestinale. Sono necessarie ulteriori ricerche per confermare questi risultati.

° Cruells A, Cabrera-Rubio R, Bustamante M, Pelegrí D, Cirach M, Jimenez-Arenas P, Samarra A, Martínez-Costa C, Collado MC, Gascon M. *The influence of pre- and postnatal exposure to air pollution and green spaces on infant's gut microbiota: Results from the MAMI birth cohort study*. *Environ Res*. 2024 Sep 15;257:119283

3. Vantaggi degli ambienti di gioco e apprendimento nella natura per bambini sotto i 3 anni: una revisione della letteratura

La ricerca suggerisce che il gioco all'aperto in ambienti naturali aiuta i bambini a sviluppare abilità motorie fondamentali e una comprensione precoce dell'ambiente naturale. Inoltre, l'interazione con la natura può favorire un miglioramento del benessere psicologico, riducendo lo stress e promuovendo il benessere emotivo. Questo studio di revisione narrativa della letteratura ha cercato di identificare e valutare indicatori per migliorare gli ambienti di gioco e apprendimento all'aperto basati sulla natura (nature-based outdoor play and learning environments, OPLEs) per i bambini di età inferiore ai tre anni. È noto, infatti, che la creazione di OPLEs di alta qualità basati sulla natura, per bambini piccoli, supporta lo sviluppo delle loro capacità socio-emotive, linguistiche, cognitive, percettive e motorie. Sulla base di quattro aree chiave dello sviluppo dei bambini (socio-emotivo, linguistico, cognitivo e percettivo-motorio), questa ricerca ha stabilito cinque domini di progettazione (gioco sensoriale, costruzione e manipolazione, arte, lingua e letteratura, attività fisica e salute, riposo e servizi) e venti zone specifiche di gioco e apprendimento all'aperto. In particolare sono state individuate le linee guida riguardo la progettazione di: costruzione di aree di gioco di sabbia/terra, acqua, aree di scavo, percorsi/giardini sensoriali e aree di musica nell'ambito del "gioco sensoriale"; disposizione di aree di edilizia naturale e gioco libero nell'ambito "costruzione e manipolazione"; zone di fauna selvatica, progetti di arte, giochi linguistici, giochi di finzione/esibizione nell'ambito "sviluppo artistico e linguistico"; percorsi di gioco e movimento, progettazione di strutture ludiche, morfologia e topografia dello spazio esterno, prati multiuso, orti ortofrutticoli nell'ambito "attività fisica e salute"; aree di riposo e zone di servizio nell'ambito "relax". Nella fase conclusiva dello studio è stata condotta un'indagine per valutare l'ambiente esterno esistente in una struttura per l'infanzia in Texas (Lubbock), seguendo le linee guida della revisione. È stato creato un sondaggio (con scala di valutazione 0-5) riguardo la presenza di opportunità di gioco e di apprendimento nei cinque domini di progettazione e in ciascuna delle venti aree associate; l'indagine è stata condotta prima dell'intervento progettuale e dopo la riprogettazione dello stesso, seguendo le linee

guida identificate. I risultati di questa analisi hanno rivelato un miglioramento significativo del punteggio complessivo della valutazione, indicando che uno spazio esterno ben congegnato ha un profondo impatto sulle opportunità di sviluppo dei bambini. In conclusione, questo studio ha fornito linee guida per migliorare gli ambienti di educazione e cura della prima infanzia, promuovendo lo sviluppo olistico e il benessere nei bambini piccoli. Considerando che più di 13 milioni di bambini di età inferiore ai 5 anni negli Stati Uniti trascorrono la maggior parte delle loro ore di veglia nelle strutture di assistenza, i potenziali benefici di avere un'area esterna basata sulla natura, negli ambienti di assistenza primaria, sono immensi.

° Craig D ET AL *Effective Nature-Based Outdoor Play and Learning Environments for below-3 Children: A Literature-Based Summary*. *Int J Environ Res Public Health*. 2024 Sep 20;21(9):1247

Psicologia ambientale

1. Enfatizzare la vita mentale interiore delle specie per affrontare la crisi della biodiversità: l'importanza della somiglianza mentale rispetto a quella fisica nella conservazione

L'articolo esplora la crisi della biodiversità e il fenomeno del "bias tassonomico", dove le specie più vicine all'uomo ricevono maggiore attenzione e fondi per la conservazione rispetto a quelle più lontane. Gli autori propongono un nuovo quadro teorico basato sulla "somiglianza sociale", che distingue tra somiglianze fisiche (aspetto esteriore) e mentali (capacità cognitive e affettive) con gli esseri umani. Attraverso tre studi – due correlazionali e uno sperimentale – gli autori hanno esaminato come queste somiglianze influenzano il coinvolgimento delle persone con altre specie, misurato in termini di percezione di sovrapposizione tra sé e l'altro, preoccupazione morale e supporto alla conservazione. I risultati mostrano che la somiglianza mentale ha un impatto fino a cinque volte maggiore rispetto alla somiglianza fisica su empatia e supporto, suggerendo che mettere in evidenza le capacità mentali delle specie potrebbe mitigare il bias tassonomico e aumentare il sostegno per la loro conservazione, indipendentemente dalla loro somiglianza fisica con gli umani. Gli interventi di "mentalizzazione", che enfatizzano le capacità cognitive/emotive delle specie, aumentano l'interesse verso la loro conservazione. Gli autori suggeriscono strategie di comunicazione innovative per sensibilizzare il pubblico, ad esempio enfatizzando le capacità mentali di specie meno carismatiche. Questo approccio potrebbe offrire nuove prospettive per le comunicazioni e le strategie di conservazione delle biodiversità.

° Sari R.R. Nijssen et al.: *It's what on the inside that counts: Addressing the biodiversity crisis by emphasizing species' inner mental lives*, *Journal of Environmental Psychology*, Volume 98, 2024,102411, ISSN 0272-4944

2. ► Pensare al futuro: esaminare i fattori di esacerbazione e attenuazione del burnout climatico indotto dalla disperazione (vedi approfondimento)

L'articolo esplora il fenomeno del "climate burnout" (esaurimento emotivo legato alla crisi climatica) e identifica fattori che possono

esacerbare o attenuare questo stato. La ricerca è centrata su due dimensioni principali del burnout: esaurimento (senso di stanchezza emotiva e fisica) e disimpegno (allontanamento da azioni o movimenti per il clima). I risultati suggeriscono che focalizzarsi su azioni pragmatiche e promuovere un senso di comunità può aiutare a contrastare il burnout e mantenere l'impegno nella lotta contro il cambiamento climatico. Gli autori di questo interessante lavoro partono dalla citazione "Non c'è posto per l'esaurimento in un mondo in fiamme" (Wood, 2022) per esaminare i fattori che possono esacerbare o attenuare il burnout climatico e concludono citando il pensiero espresso nel murale dell'artista di strada Banksy vicino all'Hyde Park di Londra, a sostegno della Extinction Rebellion nel 2019: "Da questo momento finisce la disperazione e inizia la tattica". Infatti, l'elaborazione di strategie che sostengano chi si impegna su vari fronti per contrastare l'emergenza climatica è spesso contrastata da emozioni intense e negative (eco-ansia, ansia ecologica, sensazione di mancanza di efficacia) che ostacolano l'impegno e l'attivismo. Il burnout è fattore centrale per spiegare perché gli attivisti a volte si disimpegnano ed è concettualmente definito da due componenti distinte: l'esaurimento (esperienza di sentirsi svuotati e stanchi) e il disimpegno (necessità di allontanarsi dallo stress).

° Bird, L. H., Thomas, E. F., Wenzel, M., & Lizzio-Wilson, M. (2024). *Thinking about the future: Examining the exacerbating and attenuating factors of despair-induced climate burnout*. *Journal of Environmental Psychology*, 98, 102382

Miscellanea

1. Tumore tiroideo infantile indotto da radiazioni dopo l'incidente della centrale nucleare di Fukushima Daiichi

Lo studio contribuisce in modo significativo alla comprensione degli effetti delle radiazioni sull'incidenza del tumore tiroideo infantile, sottolineando l'importanza di un monitoraggio prolungato e di approcci mirati alla prevenzione e gestione delle emergenze radiologiche. Tuttavia, ulteriori ricerche sono necessarie per approfondire i meccanismi immunologici e genetici coinvolti e per distinguere con maggiore precisione tra i casi indotti da radiazioni e quelli rilevati grazie allo screening. Gli autori hanno analizzato l'incidenza del tumore tiroideo infantile indotto da radiazioni dopo l'incidente nucleare della centrale di Fukushima Daiichi nel 2011. Attraverso indagini ecografiche su larga scala, che hanno coinvolto circa 380.000 residenti di età pari o inferiore ai 18 anni, sono stati raccolti dati longitudinali per comprendere l'impatto delle radiazioni sullo sviluppo del tumore tiroideo nei bambini. Le analisi si sono basate su cinque cicli di rilevamenti condotti tra il 2011 e il 2023, suddividendo la regione di Fukushima in quattro aree in base ai livelli di contaminazione radioattiva. I risultati hanno evidenziato che il tasso di incidenza annuale dei casi di tumore tiroideo indotti da radiazioni è stato significativamente più alto nelle aree più contaminate, mostrando una relazione diretta tra esposizione alle radiazioni e sviluppo del cancro. In particolare, due fasi dell'effetto delle radiazioni sono state ipotizzate: una prima fase attribuita al danneggiamento del sistema immunitario e una seconda legata a mutazioni genetiche nei bambini più giovani al momento dell'incidente. Gli autori hanno affrontato inoltre il dibattito scientifico sulla natura dei casi ri-

levati, cercando di distinguere tra quelli realmente indotti dalle radiazioni e quelli emersi grazie allo screening intensivo. Sebbene siano state osservate similitudini con i casi di tumore tiroideo infantile dopo il disastro di Chernobyl, lo studio ha identificato peculiarità nei profili genetici e immunologici dei pazienti di Fukushima. Questa ricerca è certamente uno dei più significativi sforzi di monitoraggio della salute pubblica legati alle radiazioni. Grazie a una metodologia sistematica, con la suddivisione in aree di diversa contaminazione e la raccolta di dati dettagliati, è stata condotta un'analisi accurata degli effetti delle radiazioni, fornendo importanti indicazioni per la gestione dei rischi radiologici e la pianificazione di strategie future. Tuttavia, non è stato possibile stabilire un nesso causale diretto tra esposizione alle radiazioni e insorgenza del tumore, mentre l'intensa attività di screening potrebbe aver portato alla scoperta di casi latenti che altrimenti sarebbero rimasti clinicamente silenti. Inoltre, la specificità del contesto di Fukushima limita la generalizzabilità dei risultati ad altri scenari.

° Sokawa Y. Radiation-Induced Childhood Thyroid Cancer after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2024; 21(9):1162

2. Ambiente visivo nelle scuole e sintomi depressivi negli studenti: risultati di uno studio prospettico in più città della Cina orientale

In questo lavoro cinese gli autori hanno considerato l'ambiente visivo scolastico comprendente fattori personali (disturbi visivi) e fattori legati alla scuola (illuminazione dell'aula, spazi verdi della scuola e qualità dell'aria della scuola) con l'obiettivo di valutare i suoi effetti sui sintomi depressivi nei bambini e degli adolescenti. La coorte di follow-up ha compreso 15.348 studenti di 283 scuole primarie e secondarie della Cina orientale seguiti per un anno. I risultati hanno mostrato come non avere disturbi visivi fosse protettivo rispetto alla comparsa di sintomi depressivi con un valore RR di 0.61 (95% CI: 0.57-0.66). Considerando l'ambiente scolastico valori più elevati di illuminazione delle lavagne sono risultati protettivi, con un valore RR (intervallo Q75%~Q100%) di 0.87 (95% CI: 0.81-0.93). La presenza di spazi verdi scolastici è sembrata mostrare effetti positivi relativamente buoni (nell'intervallo Q25%~Q75%), mentre la combinazione di attività fisica (esercizio settimanale ad alta intensità) e qualità dell'aria nelle scuole ($PM_{2.5} \leq 50\%$) ha mostrato un effetto protettivo maggiore, con un valore RR di 0.51 (95% CI: 0.48-0.55). In conclusione, gli autori suggeriscono come, in presenza di sintomi depressivi degli studenti, sia fondamentale migliorare l'ambiente visivo a livello scolastico e compensare i disturbi visivi personali. Prestare la giusta attenzione ai comportamenti modificabili, come la partecipazione regolare a sessioni di esercizio fisico ad alta intensità e la frequentazione degli spazi verdi, può aiutare ad alleviare i sintomi depressivi degli studenti. Lo studio esplora l'effetto dell'ambiente visivo nelle scuole sui sintomi depressivi degli studenti, con un approccio multicittà che aumenta la generalizzabilità dei risultati. Il design prospettico consente di identificare le relazioni temporali. Tuttavia, il controllo limitato dei fattori confondenti, le differenze culturali e la difficoltà nel determinare la causalità diretta sono alcuni dei principali limiti.

° Xiyang Zhang et al: Visual environment in schools and student depressive symptoms: Insights from a prospective study across multiple cities

in eastern China, *Environmental Research*, Volume 258, 2024, 119490, ISSN 0013-935

Approfondimenti

Cambiamento climatico e approccio One Health: dinamiche interconnesse

A cura di *Vincenza Briscioli*

Il cambiamento climatico è una delle sfide più complesse e trasversali del nostro tempo, con ripercussioni che si estendono ben oltre l'ambito ambientale, coinvolgendo profondamente la salute umana e animale. Le cause principali di questo fenomeno, attribuibili sia a fattori naturali che alle attività umane, hanno innescato un aumento delle temperature globali, eventi meteorologici estremi e un'alterazione degli ecosistemi, tutti elementi che incidono sull'equilibrio del pianeta. In questo contesto, il concetto di One Health si rivela cruciale, enfatizzando l'interdipendenza tra salute umana, salute animale e ambiente. Gli effetti del cambiamento climatico sulla salute globale sono molteplici. Le malattie infettive, ad esempio, trovano un terreno fertile per proliferare a causa delle alterazioni climatiche. Patologie zoonotiche e vettoriali come la malaria e la dengue si diffondono con maggiore facilità, sostenute da condizioni che favoriscono la sopravvivenza di vettori come le zanzare. Al contempo, gli eventi meteorologici estremi, tra cui inondazioni, siccità e incendi, minacciano la sicurezza alimentare e l'accesso a risorse fondamentali come l'acqua potabile, causando malnutrizione e sfollamenti. La degradazione ambientale amplifica ulteriormente questi problemi, con l'uso intensivo di fertilizzanti e pratiche agricole insostenibili che contribuiscono alle emissioni di gas serra come metano e protossido di azoto. Anche la resistenza agli antibiotici (AMR), fenomeno che interessa sia il settore umano che animale, viene influenzata dalle dinamiche ambientali, richiedendo un approccio integrato per il suo contenimento. L'approccio One Health si propone come una risposta olistica a queste problematiche. Questo modello integra competenze multidisciplinari con l'obiettivo di ottimizzare la salute complessiva di persone, animali ed ecosistemi. Attraverso il miglioramento della collaborazione tra i settori della sanità umana, veterinaria e ambientale, One Health permette di affrontare le malattie zoonotiche emergenti, spesso più diffuse nei contesti con risorse limitate. I benefici di questo approccio sono molteplici: dalla mitigazione dei rischi legati al cambiamento climatico, che riduce l'onere economico e sanitario, alla promozione di pratiche agricole sostenibili che rafforzano la sicurezza alimentare. Tuttavia, l'applicazione di One Health non è esente da sfide. L'integrazione della dimensione ambientale nei piani di intervento resta spesso marginale, nonostante il suo ruolo determinante. Inoltre, le crescenti pressioni demografiche, con una popolazione globale che si avvicinerà ai 9.8 miliardi entro il 2050, aggravano le tensioni sui sistemi sanitari e ambientali. Particolarmente significativo è il legame tra il cambiamento climatico e il settore agricolo. L'agricoltura è responsabile del 15% delle emissioni globali di gas serra, con l'allevamento che incide in misura maggiore rispetto alla produzione vegetale. L'uso intensivo di fertilizzanti altera i cicli biogeochimici, compromettendo la biodiversità microbica e l'equilibrio degli ecosistemi. Per ridurre tali impatti, è

essenziale adottare pratiche agricole più sostenibili e incoraggiare una transizione verso una dieta meno dipendente dalla carne, contribuendo così a ridurre le emissioni e garantire una sicurezza alimentare duratura. Guardando al futuro, la ricerca e l'innovazione giocano un ruolo centrale. Investire in soluzioni basate su One Health può fornire strumenti efficaci per contrastare il cambiamento climatico e le sue ripercussioni. Collaborazioni globali, guidate da organizzazioni come OMS, FAO, OIE e UNEP, stanno già sviluppando strategie interdisciplinari per implementare questo approccio su larga scala. Allo stesso modo, l'educazione e la consapevolezza pubblica sono fondamentali per stimolare azioni collettive e promuovere la comprensione dell'interconnessione tra salute, ambiente e cambiamenti climatici. Il cambiamento climatico richiede una risposta integrata e coordinata, One Health rappresenta una soluzione promettente per affrontare questa crisi, promuovendo interventi sostenibili e una collaborazione intersettoriale. Solo attraverso una visione globale e multidisciplinare possiamo costruire un futuro più resiliente per le generazioni a venire.

° Shafique, M. et al: *Traversed dynamics of climate change and One Health*. *Environ Sci Eur* 36, 135 (2024)

Pensare al futuro: esaminare i fattori di esacerbazione e attenuazione del burnout climatico indotto dalla disperazione

A cura di *Vincenza Briscioli*

L'articolo esplora il fenomeno del "climate burnout" (esaurimento emotivo legato alla crisi climatica) e identifica fattori che possono esacerbare o attenuare questo stato. La ricerca è centrata su due dimensioni principali del burnout: esaurimento (senso di stanchezza emotiva e fisica) e disimpegno (allontanamento da azioni o movimenti per il clima). I risultati suggeriscono che focalizzarsi su azioni pragmatiche e promuovere un senso di comunità può aiutare a contrastare il burnout e mantenere l'impegno nella lotta contro il cambiamento climatico. Gli autori di questo interessante lavoro partono dalla citazione "Non c'è posto per l'esaurimento in un mondo in fiamme" (Wood, 2022) per esaminare i fattori che possono esacerbare o attenuare il burnout climatico e concludono citando il pensiero espresso nel murale dell'artista di strada Banksy vicino all'Hyde Park di Londra, a sostegno della Extinction Rebellion nel 2019: "Da questo momento finisce la disperazione e inizia la tattica". Infatti, l'elaborazione di strategie che sostengano chi si impegna su vari fronti per contrastare l'emergenza climatica è spesso contrastata da emozioni intense e negative (eco-ansia, ansia ecologica, sensazione di mancanza di efficacia) che ostacolano l'impegno e l'attivismo. Il burnout è fattore centrale per spiegare perché gli attivisti a volte si disimpegnano ed è concettualmente definito da due componenti distinte: l'esaurimento (esperienza di sentirsi svuotati e stanchi) e il disimpegno (necessità di allontanarsi dallo stress). In questo lavoro viene utilizzato un approccio sperimentale per indagare le condizioni in cui le persone con un alto livello di disperazione riguardante il clima possano riportare un minore burnout, con conseguenti risultati positivi per gli individui e la società. L'approccio proposto si basa sul fatto che immaginare un futuro positivo (pensiero utopico) e i passi necessari (pragmatismo) per raggiungere questo futuro possano proteggere dal

burnout portando le persone a sentirsi meglio (minore esaurimento), ma anche mantenere la loro volontà di sostenere il movimento per il clima (minore disimpegno). Come contributo secondario gli autori hanno sviluppato una nuova misura del burnout climatico adattando l'Oldenburg Burnout Inventory (OLBI, Demerouti et al, 2003) al contesto climatico. Nel settembre 2022 sono stati arruolati in un primo studio 656 cittadini americani tramite Amazon Mechanical Turk. Per poter partecipare, i partecipanti dovevano auto-selezionare di a) credere nel cambiamento climatico, e b) che questo è il risultato dell'attività umana. I partecipanti sono stati assegnati a una delle quattro condizioni sperimentali: pensiero utopico, pragmatismo, combinazione di pensiero utopico e pragmatismo o controllo passivo. Nella condizione di pensiero utopico ai partecipanti è stato chiesto di immaginare un futuro positivo in cui il cambiamento climatico sarà affrontato in modo significativo per poi selezionare tre immagini su 10 che riflettono il loro futuro ideale in materia di cambiamento climatico. I partecipanti hanno quindi trascorso 3 minuti a scrivere ciò che desideravano per il futuro. Nella condizione di pragmatismo, ai partecipanti è stato chiesto di pensare a ostacoli al futuro desiderato per raggiungere la giustizia climatica ed i passi concreti necessari per realizzare tale futuro. Gli intervistati hanno quindi selezionato tre immagini su 10 che riflettono le iniziative sul clima che sarebbero molto interessanti a promuovere (ad esempio, il ripristino della natura e protezione, energia rinnovabile e stoccaggio dell'energia, politica e sociale cambiare iniziative) e poi hanno trascorso 3 minuti a scrivere sugli ostacoli da raggiungere il futuro climatico desiderato e le azioni che potrebbero intraprendere per realizzarlo. Alle persone assegnate alla condizione di pensiero pragmatico e utopico combinato è stato chiesto di completare entrambe le attività descritte sopra. Nel secondo studio, eseguito in successione su un campione di 610 cittadini americani, i partecipanti hanno effettuato un singolo compito di 3 minuti che integrava i compiti di pensiero utopico e pragmatismo. Gli studi hanno mostrato risultati eterogenei: in entrambi i casi la disperazione climatica è risultata positivamente associata alla componente "esaurimento" del burnout. Tuttavia, nello Studio 1, la disperazione climatica non era associata al disimpegno mentre nello studio 2 aveva solo una debole associazione negativa quindi il sentimento di disperazione ha, inaspettatamente, diminuito il desiderio dei partecipanti di disimpegnarsi dal movimento per il clima. Inoltre, è emerso come chiedere alle persone di considerare i passi necessari per agire per il clima (solo pragmatismo), abbia ridotto in modo consistente il disimpegno delle persone dal movimento, permettendo di trovarsi nella condizione di continuare a lottare per il cambiamento.

° Bird, L. H., Thomas, E. F., Wenzel, M., & Lizzio-Wilson, M. (2024). *Thinking about the future: Examining the exacerbating and attenuating factors of despair-induced climate burnout*. *Journal of Environmental Psychology*, 98, 102382