



PATTO PER L'ARIA DEI BAMBINI E DELLE BAMBINE

La popolazione in età pediatrica è, per fattori biologici, comportamentali e ambientali, la più suscettibile all'esposizione agli inquinanti atmosferici e lo è fin dal concepimento. L'evidenza scientifica degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico, anche a concentrazioni estremamente ridotte, sulla salute a breve e lungo termine dei bambini e delle bambine è chiara e convincente e rileva un possibile impatto anche in età adulta e, addirittura, di generazione in generazione. Anche i pediatri hanno, di recente, chiesto alla politica di agire.

Politiche volte a ridurre questo impatto sono, quindi, necessarie e urgenti per proteggere i bambini e le bambine e le prossime generazioni, garantendo loro di nascere e crescere senza ipoteche che ne compromettano le opportunità, lo sviluppo e la salute.

L'evidenza scientifica e le esperienze maturate indicano percorsi chiari per migliorare la qualità dell'aria che respiriamo e, di conseguenza, la salute dei cittadini riducendo al contempo l'enorme costo sanitario e sociale dell'inquinamento atmosferico.

Soluzioni che prescindono da riferimenti politici e che, viceversa, possono unire trasversalmente il nostro paese per un obiettivo nobile ed imprescindibile: garantire alle nostre bambine e ai nostri bambini un bagaglio di salute per il loro futuro.

I membri del Parlamento hanno l'opportunità di agire ogni giorno a difesa di questo obiettivo la cui soluzione si raggiunge intervenendo su innumerevoli piani.

CHIEDIAMO AI PARLAMENTARI DI IMPEGNARSI, FIRMANDO QUESTO PATTO, A:

→ essere portavoce del diritto di respirare aria pulita come declinazione dei diritti alla tutela della salute e ad un ambiente sano che discendono dalla nostra Costituzione

→ fare delle indicazioni della comunità scientifica la guida delle decisioni che possono influire sull'inquinamento atmosferico, le sue cause, i suoi effetti e le soluzioni favorendo altresì il dialogo con le associazioni, la società civile e le amministrazioni;

→ promuovere e proporre, ogni qualvolta possibile e in ogni politica, strumenti normativi e amministrativi e misure che contribuiscano a migliorare la qualità dell'aria;

→ favorire la conoscenza in sede parlamentare del tema della qualità dell'aria e della sua connessione con la crisi climatica;

→ proporre un piano di informazione della popolazione sul tema dell' inquinamento atmosferico, dei suoi rischi e delle azioni utili a limitare l'esposizione.

Ogni nuova politica del Parlamento può indirizzare le azioni a livello nazionale, regionale o locale verso la protezione della salute dei più vulnerabili dall'inquinamento dell'aria.

CAMBIARE PASSO NON È SOLO UNA POSSIBILITÀ: È UN DOVERE.



ESPOSIZIONE AD INQUINAMENTO DELL'ARIA IN GRAVIDANZA: CONOSCERE PER PROTEGGERE LE FUTURE GENERAZIONI

VALENTINA BOLLATI

EPIGET LAB, DIPARTIMENTO DI SCIENZE CLINICHE E DI COMUNITÀ, UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO, VIA SAN BARNABA 8, 20122 MILANO

La teoria delle Origini dello Sviluppo della Salute e della Malattia (DOHaD, dall'inglese "Developmental Origins of Health and Disease") afferma che le esposizioni ambientali durante la gravidanza possano influenzare non solo lo sviluppo fetale dal concepimento al parto, ma anche la salute del bambino a lungo termine. Studi hanno dimostrato che l'esposizione all'inquinamento atmosferico durante la gravidanza è associata a un aumento del rischio di esiti negativi quali basso peso e prematurità alla nascita e come malattie cardiovascolari, problemi respiratori, alterazioni neuropsichiatriche e tumori in età adulta. Inoltre, le donne in gravidanza esposte all'inquinamento atmosferico sono a maggior rischio di sviluppare disturbi ipertensivi, che possono essere aggravati da fattori socioeconomici e condizioni di salute preesistenti, influenzando così sia la salute materna che fetale.

Gli inquinanti dell'aria possono attraversare la placenta e raggiungere il feto. Studi recenti hanno rilevato la presenza di particelle di black carbon (una componente del particolato fine prodotto dalla combustione incompleta di combustibili fossili, biocarburanti e biomasse nella placenta umana) nella placenta umana, suggerendo che queste possano contribuire a effetti avversi sulla salute del feto fin dalla vita intrauterina. Queste particelle possono causare stress ossidativo e alterazioni epigenetiche nella placenta, influenzando lo sviluppo del neonato e aumentando la suscettibilità a patologie croniche (e ad esiti sfavorevoli delle patologie infettive) in età adulta.

Il corpo della madre e del feto attivano vari meccanismi adattativi in risposta all'inquinamento. L'infiammazione che segue lo stress ossidativo è risposta comune agli agenti inquinanti.



Le particelle inquinanti possono causare danni ai tessuti e agli organi in via di sviluppo del feto, attraversando la barriera placentare e esponendo direttamente il feto a sostanze tossiche/mutagene. L'infiammazione sistemica nella madre può inoltre influenzare la funzione placentare, riducendo l'apporto di ossigeno e nutrienti al feto e compromettendo la crescita e lo sviluppo intrauterino.

Le specie reattive dell'ossigeno (ROS) sono una risposta fisiologica essenziale per eliminare agenti dannosi e proteggere i tessuti, attivando meccanismi di difesa contro patogeni e sostanze tossiche. Le ROS sono un normale sottoprodotto del metabolismo cellulare, specialmente all'interno dei mitocondri durante la respirazione cellulare. L'organismo dispone di difese antiossidanti, sia enzimatiche (come la superossido dismutasi, la catalasi e la glutazione perossidasi) che non enzimatiche (come la vitamina C, la vitamina E e il glutatione), che neutralizzano le ROS in eccesso e ne prevengono i danni. La produzione di ROS aumenta sostanzialmente in presenza di esposizioni come il fumo di sigaretta, i raggi UV, gli inquinanti atmosferici e le infezioni. Lo stress ossidativo, che può causare danni a livello cellulare, colpendo lipidi, proteine e DNA, si verifica quando c'è uno squilibrio causato dall'aumentata produzione di ROS e l'impossibilità fisiologica dell'organismo di neutralizzarle con i sistemi di difesa antiossidante.

Durante la gravidanza, lo stress ossidativo può portare a cambiamenti molecolari ed epigenetici nella placenta (come cambiamenti nella metilazione del DNA, nei microRNA, nella lunghezza dei telomeri, etc.), influenzando l'espressione genica e avendo conseguenze sia a breve che a lungo termine sulla salute del bambino.

Proteggere le donne in gravidanza e i bambini dall'inquinamento atmosferico è cruciale per prevenire effetti a lungo termine sulla salute delle generazioni future. Politiche efficaci dovrebbero da un lato mirare a ridurre l'esposizione agli inquinanti ambientali, dall'altro a trovare strategie compensative basate sul miglioramento dello stile di vita che possano aiutare a ridurre l'impatto di tali esposizioni. Ad esempio, una dieta equilibrata e ricca di antiossidanti, l'esposizione a parchi e aree verdi ed un esercizio fisico moderato possono aumentare la capacità del corpo di gestire lo stress ossidativo ed aiutare a neutralizzare le ROS prodotte dall'esposizione agli inquinanti. La buona notizia è legata alla capacità fisiologica (resilienza) di reagire al danno recuperandolo. Questa capacità non è però infinita se il danno è cronico e non compensato da adeguati interventi sulle comunità esposte.



Conclusione

L'esposizione all'inquinamento atmosferico durante la gravidanza ha effetti profondi e complessi sulla salute della madre e del feto. Gli effetti includono non solo i problemi immediati di sviluppo polmonare e peso alla nascita, ma anche cambiamenti epigenetici e attivazione di meccanismi adattativi che possono avere conseguenze a lungo termine. Questi meccanismi biologici sottolineano l'importanza di affrontare l'inquinamento atmosferico per proteggere le generazioni future. In particolare, le elevate concentrazioni di inquinanti atmosferici (e.g. PM, Black Carbon e NOX) nelle città italiane, dovute principalmente alle emissioni da traffico, rappresentano un rischio per le donne in gravidanza e i loro feto. Ridurre l'esposizione a queste emissioni dovrebbe essere una delle prime azioni da intraprendere per diminuire il rischio e proteggere la salute materno-fetale.

Per proteggere efficacemente la salute della madre e del bambino, è fondamentale implementare politiche che non si limitino alla necessaria riduzione dei fattori di rischio, ma che promuovano anche il benessere complessivo delle persone e delle comunità di appartenenza. Questo approccio integrato deve includere l'adozione di misure di salute pubblica che migliorino la qualità dell'aria, il supporto a stili di vita sani, l'accesso a cure prenatali di alta qualità e la promozione di ambienti sicuri e salubri. Solo un approccio "olistico" esteso che consideri tutti gli aspetti del benessere materno e infantile può garantire una protezione adeguata e promuovere la salute delle generazioni future.



Bibliografia di riferimento

- Barker DJP. Developmental origins of adult health and disease. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2004;58(2):114-115. doi:10.1136/jech.58.2.114
- Minatoya, M., Hanaoka, T., Kishi, R. (2020). Environmental Exposures and Adverse Pregnancy-Related Outcomes. In: Kishi, R., Grandjean, P. (eds) *Health Impacts of Developmental Exposure to Environmental Chemicals. Current Topics in Environmental Health and Preventive Medicine*. Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-15-0520-1_2
- Lapehn S, Paquette AG. The Placental Epigenome as a Molecular Link Between Prenatal Exposures and Fetal Health Outcomes Through the DOHaD Hypothesis. *Curr Environ Health Rep*. 2022 Sep;9(3):490-501. doi: 10.1007/s40572-022-00354-8.
- Heindel JJ, Skalla LA, Joubert BR, Dilworth CH, Gray KA. Review of developmental origins of health and disease publications in environmental epidemiology. *Reprod Toxicol*. 2017 Mar;68:34-48. doi: 10.1016/j.reprotox.2016.11.011.
- Trasande L, Malecha P, Attina TM. Particulate matter exposure and preterm birth: estimates of U.S. attributable burden and economic costs. *Environmental Health Perspectives*. 2016;124(12):1913-1918. doi: 1289/ehp.1510810
- Klepac P, Locatelli I, Korošec S, Künzli N, Kukec A. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: A comprehensive review and identification of environmental public health challenges. *Environ Res*. 2018 Nov;167:144-159. doi: 10.1016/j.envres.2018.07.008.
- Song S, Gao Z, Zhang X, Zhao X, Chang H, Zhang J, Yu Z, Huang C, Zhang H. Ambient fine particulate matter and pregnancy outcomes: An umbrella review. *Environ Res*. 2023 Oct 15;235:116652. doi: 10.1016/j.envres.2023.116652.
- Mazumder H, Rimu FH, Shimul MH, Das J, Gain EP, Liaw W, Hossain MM. Maternal health outcomes associated with ambient air pollution: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *Sci Total Environ*. 2024 Mar 1;914:169792. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.169792.
- Conway F, Portela A, Filippi V, Chou D, Kovats S. Climate change, air pollution and maternal and newborn health: An overview of reviews of health outcomes. *J Glob Health*. 2024 May 24;14:04128. doi: 10.7189/jogh.14.04128.
- Bakulski KM, Blostein F, London SJ. Linking Prenatal Environmental Exposures to Lifetime Health with Epigenome-Wide Association Studies: State-of-the-Science Review and Future Recommendations. *Environ Health Perspect*. 2023 Dec;131(12):126001. doi: 10.1289/EHP12956.
- Zhao J, He T, Wang F, Liu W. Association of prenatal and postnatal exposure to air pollution with clinically diagnosed attention deficit hyperactivity disorder: a systematic review. *Front Public Health*. 2024 May 24;12:1396251. doi: 10.3389/fpubh.2024.1396251.



EFFETTI DELL'INQUINAMENTO DELL'ARIA E SALUTE DEI BAMBINI

LAURA REALI, PEDIATRA DELL'ASSOCIAZIONE CULTURALE PEDIATRI

L'inquinamento dell'aria colpisce tutti, ma i più vulnerabili sono i bambini, fin dal concepimento. Si stima che ogni anno in UE si verificano oltre 1.200 decessi di persone di età inferiore ai 18 anni a causa dell'inquinamento atmosferico.

Inquinamento dell'aria in Italia

L'Italia, e la pianura Padana in particolare, risultano costantemente sopra i limiti OMS 2021 per NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5} e benzo(a)pirene.

Principali fonti di esposizione

Aria esterna: traffico veicolare, riscaldamento di uffici, scuole e abitazioni, attività industriali e agricole;

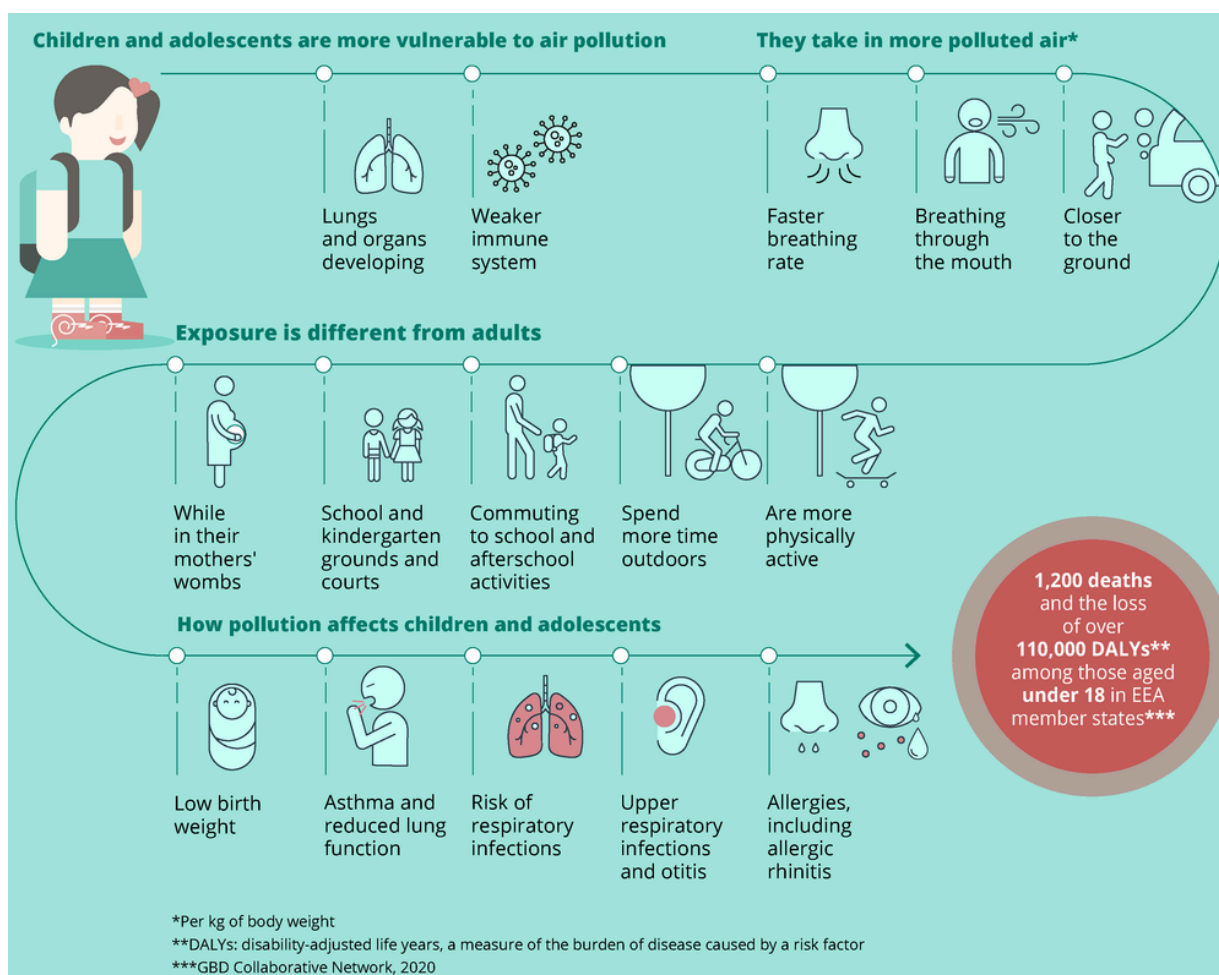
Aria interna: muffe, COV (es. formaldeide), ritardanti di fiamma, PFAS, fumo di sigaretta.

L'aria interna in genere non è migliore di quella esterna, perché gli inquinanti dell'aria esterna si sommano a quelli dell'aria interna, con maggiori effetti avversi per la salute.

Perché i bambini sono più vulnerabili:

sono in fase di sviluppo, con "finestre" di maggiore suscettibilità nei primi 1000 gg e in adolescenza; sono esposti all'inquinamento dell'aria, dal concepimento fino all'età adulta; possono fare poco per cambiare la situazione o proteggersi, perché dipendono dagli adulti. Per tutto questo l'inquinamento dell'aria è il più grande rischio ambientale per i bambini in Europa.

Principali effetti avversi dell'inquinamento dell'aria sulla salute dei bambini:



Principali effetti da esposizione all'inquinamento dell'aria sulla salute dei bambini

Sistema respiratorio

aumento di attacchi acuti di asma, infezioni respiratorie acute delle vie inferiori, come polmoniti e superiori come otite media, con aumentati accessi al pronto soccorso e ospedalizzazioni, per esposizione a breve termine (ore-giorni) a O₃, NO₂ e SO₂:

aumento del rischio di sviluppare asma e respiro sibilante ricorrente/persistente sia nei bambini sani, sia negli asmatici, per esposizione a lungo termine (mesi-anni) a PM, O₃ e NO₂:

Apparato cardio-vascolare

aumento dei valori della pressione arteriosa nei bambini e negli adolescenti per esposizione a NO₂ e PM, per esposizione sia a breve che a lungo termine, aumento del rischio di malattie cardiovascolari nell'infanzia e in età più avanzata, come aterosclerosi, sindrome metabolica e steatosi epatica non alcolica



Effetti neurologici

aumento del rischio di ADHD (sindrome da deficit dell'attenzione con iperattività) e di disturbo dello spettro autistico, per esposizione a lungo termine, a PM fine
basso quoziente intellettivo, con riduzione delle funzioni cognitive e aumento di problemi comportamentali, per esposizione a lungo termine a IPA

Cancro

esposizione a inquinanti da traffico veicolare, a benzene (IPA) soprattutto, è risultata associata a maggior rischio di leucemia infantile.

Cosa chiediamo di fare ai politici:

I cardini di ogni intervento in materia di politiche ambientali sono:

- 1.Prevenzione: ridurre fino a eliminare le emissioni di inquinanti nell'aria
- 2.Mitigazione: ridurre le concentrazioni
- 3.Evitamento: evitare l'esposizione individuale

Prevenzione: passare al più presto da combustibili fossili a risorse energetiche rispettose dell'ambiente.

Mitigazione: attivare nel breve termine politiche per la riduzione delle concentrazioni di inquinanti nell'aria. I bambini passano gran parte del loro tempo in ambienti indoor (casa, scuole/asili, impianti sportivi, scuolabus) e outdoor (parchi giochi, giardini, cortili e strade vicino casa/ scuola). Le concentrazioni di inquinanti atmosferici in questi ambienti sono fortemente influenzate dalla vicinanza alle strade, dalla densità e dal flusso del traffico.

Quali politiche di mitigazione?

Ottimizzare la viabilità:

-creando "zone ad aria pulita" con restrizioni al traffico attorno alle scuole, agli ambienti incentrati sui bambini e durante le attività sportive. Ciò può ridurre l'esposizione a PM_{2,5} e NO₂, che arrivano a triplicare all'uscita delle scuole

-aumentare il verde e gli alberi che riducono gli inquinanti atmosferici, proteggono dal sole, producono O₂, assorbono CO₂ e riducono le temperature. Le infrastrutture verdi offrono anche opportunità per l'attività fisica, lo stoccaggio dell'acqua e la conservazione dell'habitat.



Riduzione del rischio da esposizione a inquinanti dell'aria esterna tramite:

- riduzione del traffico veicolare in tutta la città aumentando i servizi di trasporto pubblico in entrata/uscita e all'interno delle aree urbane,
- incremento di infrastrutture per la mobilità attiva (percorsi bici e pedonali)
- progettazione di percorsi alternativi scuola-casa a piedi/bici.
- progettazione di nuove strutture scolastiche e di assistenza all'infanzia considerando di ridurre al minimo l'esposizione dei bambini all'inquinamento atmosferico.

Riduzione del rischio da esposizione a inquinanti dell'aria interna nelle scuole attraverso la diminuzione di sostanze chimiche tossiche e muffe:

- regolamenti e valori limite per gli inquinanti atmosferici
- ventilazione per migliorare la qualità dell'aria interna nelle aule
- le muffe: eliminare le fonti di umidità
- evitare il fumo dentro o intorno alle scuole.

Conclusioni

La strategia di prevenzione a lungo termine più efficace per l'inquinamento dell'aria è quella di ridurre la produzione di energia da combustibili fossili, il che ridurrebbe significativamente anche la crisi climatica e l'inquinamento da plastica.

Nonostante i lievi miglioramenti nella concentrazione di PM in Europa dal 2011 al 2020, la situazione dell'Italia rimane inadeguata, in particolare nella Pianura Padana.

L'Europa mira a rispettare i limiti di qualità dell'aria dell'OMS entro il 2030, sembra ora il momento per l'Italia per affrontare l'inquinamento atmosferico e ripristinare città vivibili, efficienti, sane e a misura di bambino.

Glossario:

- ADHD Deficit dell'attenzione con iperattività
- BPCO Broncopneumopatia cronica ostruttiva
- Combustibili Fossili: carbone, gas, petrolio
- CO₂ Anidride Carbonica
- COV Composti organici volatili (es. Formaldeide)
- EEA Agenzia Europea Ambiente
- IPA idrocarburi aromatici policiclici (es. Benzene)
- NO₂ biossido di azoto
- OMS Organizzazione Mondiale della Sanità
- O₃ Ozono
- PFAS (sostanze perfluoroalchiliche),
- PM Particolato sottile (PM₁₀, 5, 2.5, 1)
- SO₂ biossido di zolfo



Bibliografia

Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease 2023.
<https://www.eea.europa.eu/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution/>

Last modif. 21/06/24

ISPRA <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/aria-1/qualita-dellaria/dati-in-tempo-quasi-reale>

Inquinamento Atmosferico 15/03/2024. Ecoatlante ISPRA Inquinamento atmosferico

<https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/storymaps/stories/261e8d026acd4688b0ab05d361a88038>

EEA Air pollution and children's health

[https://www.eea.europa.eu/publications/air-pollution-and-childrens-](https://www.eea.europa.eu/publications/air-pollution-and-childrens-health#:~:text=Every%20year%20in%20EEA%20member%20and%20collaborating%20countries%2C%20air%20po)

health#:~:text=Every%20year%20in%20EEA%20member%20and%20collaborating%20countries%2C%20air%20po
llution,GBD%20Collaborative%20Network%2C%202020).

Boogaard H. et al. (2022), "Long-term exposure to traffic-related air pollution and selected health outcomes: A systematic review and meta-analysis", in *Environ Int.*, Jun; 164:107262 (doi:10.1016/j.envint.2022.107262).

Filippini T., Hatch E.E., Rothman K.J., Heck J.E., Park A.S., Crippa A., Orsini N., Vinceti M. (2019), "Association between Outdoor Air Pollution and Childhood Leukemia: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis", in *Environ Health Perspect*, Apr; 127(4):46002 (doi:10.1289/EHP4381).

He B., Huang J.V., Kwok M.K., Au Yeung S.L., Hui L.L., Li A.M., Leung G.M., Schooling C.M. (2019), "The association of early-life exposure to air pollution with lung function at ~17.5 years in the 'Children of 1997' Hong Kong Chinese Birth Cohort", in *Environ Int.*, Feb; 123:444-450 (doi:10.1016/j.envint.2018.11.073).

Huang M., Chen J., Yang Y., Yuan H., Huang Z., Lu Y. (2021), "Effects of Ambient Air Pollution on Blood Pressure Among Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis", in *J Am Heart Assoc.*, May 18; 10(10):e017734 (doi:10.1161/JAHA.120.017734).

Lin H.H., Jung C.R., Lin C.Y., Chang Y.C., Hsieh C.Y., Hsu P.C., Chuang B.R., Hwang B.F. (2023), "Prenatal and postnatal exposure to heavy metals in PM_{2.5} and autism spectrum disorder", in *Environ Res*, Aug 17; 237(Pt 1):116874 (doi:10.1016/j.envres.2023.116874).

Liu N., Bu Z., Liu W., Kan H., Zhao Z., Deng F., Huang C., Zhao B., Zeng X., Sun Y., Qian H., Mo J., Sun C., Guo J., Zheng X., Weschler L.B., Zhang Y. (2022), "Health effects of exposure to indoor volatile organic compounds from 1980 to 2017: A systematic review and meta-analysis", in *Indoor Air*, May; 32(5):e13038 (doi:10.1111/ina.13038).

Sun M., Li T., Sun Q., Ren X., Sun Z., Duan J. (2023), "Associations of long-term particulate matter exposure with cardiometabolic diseases: A systematic review and meta-analysis", in *Sci Total Environ.*, Aug 3; 903:166010 (doi:10.1016/j.scitotenv.2023.166010).

Wei T., Jiao R., Nakyeyune R., Zang Z., Shao Y., Shen Y., Niu C., Zhu L., Ruan X., Liu F. (2021), "Exposure to outdoor air pollution at different periods and the risk of leukemia: a meta-analysis", in *Environ Sci Pollut Res Int.*, Jul; 28(27):35376-35391 (doi:10.1007/s11356-021-14053-8).

Zheng X.Y., Orellano P., Lin H.L., Jiang M., Guan W.J. (2021), "Short-term exposure to ozone, nitrogen dioxide, and sulphur dioxide and emergency department visits and hospital admissions due to asthma: A systematic review and meta-analysis", in *Environ Int.*, May; 150:106435 (doi:10.1016/j.envint.2021.106435).

Ziou M., Tham R., Wheeler A.J., Zosky G.R., Stephens N., Johnston F.H. (2022), "Outdoor particulate matter exposure and upper respiratory tract infections in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis", in *Environ Res.*, Jul; 210:112969 (doi:10.1016/j.envres.2022.112969).



INQUINAMENTO ATMOSFERICO E SALUTE PSICO-FISICA NEGLI ADOLESCENTI

SONIA BRESCIANINI

EPIDEMIOLOGA ASSOCIAZIONE ITALIANA EPIDEMIOLOGIA

- A livello globale, si stima che l'inquinamento ambientale sia responsabile di circa 9 milioni di morti premature annue (Landrigan P, 2017). L'OMS ha pubblicato un Atlante sulla salute dei bambini e l'ambiente, nel quale osserva che "il 26% delle morti tra i 5,9 milioni di bambini deceduti prima di raggiungere il quinto compleanno avrebbe potuto essere prevenuto affrontando i rischi ambientali: una sconvolgente occasione mancata" (WHO. Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment. Geneva: World Health Organization, 2017).
- I meccanismi ipotizzati che collegano l'inquinamento atmosferico al benessere psicologico e alla salute mentale includono lo stress ossidativo e l'infiammazione. Infatti, l'inquinamento atmosferico è noto per indurre infiammazione sistemica e stress ossidativo, ovvero una condizione nella quale le difese antiossidanti dei tessuti sono superate dalla reattività dei radicali liberi, con effetti negativi sulla salute (Ng et al., 2008; Vogelzangs et al., 2013).
- L'inquinamento dell'aria ha effetti diversi a seconda dell'età delle persone esposte e, per quanto riguarda gli adolescenti, ha un impatto significativo sul loro benessere psicofisico. Prevenire le malattie mentali nelle prime fasi della vita è fondamentale, dato che la metà degli adulti affetti da malattie mentali mostra segni e sintomi già a 11 anni, e il 75% entro i 24 anni (Bhui, BJPsych Open, 2023, 9, e120, 1–12. doi: 10.1192/bjo.2023.507).
- In termini di ambiente psicosociale, i bambini e gli adolescenti sono emotivamente immaturi e facilmente influenzabili dall'ambiente. L'inquinamento atmosferico può aumentare il rischio di depressione riducendo le opportunità di attività all'aperto, stimolando le risposte allo stress e portando a ulteriore stanchezza e disagio emotivo (Armstrong-Carter et al., 2022; Miller et al., 2019).



•Esposizioni prolungate all'inquinamento atmosferico, in particolare al PM2.5, durante la gravidanza e l'infanzia aumentano la probabilità di sviluppare episodi psicotici e depressione in adolescenza e nella giovane età adulta (Newbury et al., 2024; JAMA Psychiatry, 2019). Esposizioni ad alti livelli di ozono peggiorano i sintomi di ansia e depressione in bambini e adolescenti seguiti longitudinalmente (età 9-13), a parità di livello socioeconomico, stress e altri fattori ambientali e familiari (Manczak, 2022).

•Un importante studio del 2002 di Armstrong Carter e colleghi riguardante gli effetti a breve termine, riporta che, indipendentemente da eventuali disturbi fisici, gli adolescenti hanno riferito un maggiore affaticamento il giorno dopo che i livelli di NO₂ erano più alti. I risultati sono confermati tenendo conto del giorno della settimana, della temperatura e dell'umidità giornaliera. Questa ricerca suggerisce che l'inquinamento atmosferico può influire sull'umore degli adolescenti attraverso un percorso indiretto: la maggiore fatica porta a problemi emotivi come ansia e sintomi depressivi nel giorno stesso o quello successivo. Inoltre, gli adolescenti con sintomi fisici possono essere più sensibili all'inquinamento atmosferico, poiché la salute fisica compromessa può renderli più suscettibili allo stress fisiologico derivante dall'ambiente (Emma Armstrong-Carter, Scientific Reports, 2022, 12:17015, La teoria delle Origini dello Sviluppo della Salute e della Malattia (DOHaD, dall'inglese "Developmental Origins of Health and Disease") afferma che le esposizioni ambientali durante la gravidanza possano influenzare non solo lo sviluppo fetale dal concepimento al parto, ma anche la salute del bambino a lungo termine. Studi hanno dimostrato che l'esposizione all'inquinamento atmosferico durante la gravidanza è associata a un aumento del rischio di esiti negativi quali basso peso e prematurità alla nascita e come malattie cardiovascolari, problemi respiratori, alterazioni neuropsichiatriche e tumori in età adulta. Inoltre, le donne in gravidanza esposte all'inquinamento atmosferico sono a maggior rischio di sviluppare disturbi ipertensivi, che possono essere aggravati da fattori socioeconomici e condizioni di salute preesistenti, influenzando così sia la salute materna che fetale.



Gli inquinanti dell'aria possono attraversare la placenta e raggiungere il feto. Studi recenti hanno rilevato la presenza di particelle di black carbon (una componente del particolato fine prodotto dalla combustione incompleta di combustibili fossili, biocarburanti e biomasse nella placenta umana) nella placenta umana, suggerendo che queste possano contribuire a effetti avversi sulla salute del feto fin dalla vita intrauterina. Queste particelle possono causare stress ossidativo e alterazioni epigenetiche nella placenta, influenzando lo sviluppo del neonato e aumentando la suscettibilità a patologie croniche (e ad esiti sfavorevoli delle patologie infettive) in età adulta.

Il corpo della madre e del feto attivano vari meccanismi adattativi in risposta all'inquinamento. L'infiammazione che segue lo stress ossidativo è risposta comune agli agenti inquinanti.

·Yuan A e colleghi (2023) hanno rilevato che nei bambini e negli adolescenti esposti a inquinamento atmosferico le carenze cognitive riguardavano principalmente il ragionamento complesso, la risoluzione dei problemi e la logica. Nei giovani adulti e nelle persone di mezza età, le associazioni erano principalmente osservate nelle funzioni esecutive e nei domini cognitivi viso-spaziali.

Strategie di Mitigazione

- Politiche di Riduzione dell'Inquinamento: Implementare e rispettare regolamenti rigorosi per ridurre l'inquinamento atmosferico, idrico e acustico.
- Educazione e Consapevolezza: Educare gli adolescenti e le loro famiglie sui rischi dell'inquinamento e sulle misure preventive da adottare.
- Promuovere Spazi Verdi: Aumentare la disponibilità di spazi verdi e aree sicure per l'attività fisica all'aperto, che possono mitigare alcuni degli effetti negativi dell'inquinamento.



Bibliografia

- 1.Landrigan, Philip J et al. 2017 The Lancet Commission on pollution and health The Lancet, Volume 391, Issue 10119, 462 - 512
- 2.WHO. Inheriting a sustainable world? Atlas on children's health and the environment. Geneva: World Health Organization, 2017.
- 3.Ng, F., Berk, M., Dean, O., Bush, A.I., 2008. Oxidative stress in psychiatric disorders: evidence base and therapeutic implications. *Int. J. Neuropsychopharmacol.* 11, 851–876
- 4.Vogelzangs, N., Beekman, A., De Jonge, P., Penninx, B., 2013. Anxiety disorders and inflammation in a large adult cohort. *Transl. Psychiatry* 3, e249.
- 5.Bhui K, Newbury JB, Latham RM, Ucci M, Nasir ZA, Turner B, O'Leary C, Fisher HL, Marczylo E, Douglas P, Stansfeld S, Jackson SK, Tyrrel S, Rzhetsky A, Kinnersley R, Kumar P, Duchaine C, Coulon F. Air quality and mental health: evidence, challenges and future directions. *BJPsych Open.* 2023 Jul 5;9(4):e120.
- 6.Armstrong-Carter E, Fuligni AJ, Wu X, Gonzales N, Telzer EH. A 28-day, 2-year study reveals that adolescents are more fatigued and distressed on days with greater NO₂ and CO air pollution. *Sci Rep.* 2022 Oct 11;12(1):17015.
- 7.Miller JG, Gillette JS, Manczak EM, Kircanski K, Gotlib IH. Fine Particle Air Pollution and Physiological Reactivity to Social Stress in Adolescence: The Moderating Role of Anxiety and Depression. *Psychosom Med.* 2019 Sep;81(7):641-648.
- 8.Newbury JB, Heron J, Kirkbride JB, Fisher HL, Bakolis I, Boyd A, Thomas R, Zammit S. Air and Noise Pollution Exposure in Early Life and Mental Health from Adolescence to Young Adulthood. *JAMA Netw Open.* 2024 May 1;7(5):e2412169.
- 9.Newbury JB, Reuben A, Fisher HL. Lead Exposure as a Confounding Factor in the Association of Air Pollution Exposure and Psychotic Experiences-Reply. *JAMA Psychiatry.* 2019 Oct 1;76(10):1096-1097.
- 10.Manczak EM, Miller JG, Gotlib IH. Census tract ambient ozone predicts trajectories of depressive symptoms in adolescents. *Dev Psychol.* 2022 Mar;58(3):485-492.
- 11.Yuan A, Halabicky O, Rao H, Liu J. Lifetime air pollution exposure, cognitive deficits, and brain imaging outcomes: A systematic review. *Neurotoxicology.* 2023 May;96:69-80.