

Introduzione



Punti chiave

- Una vasta proporzione delle popolazioni europee vive in aree con qualità dell'aria ambientale insalubre, di conseguenza non può evitare l'esposizione agli effetti dannosi dell'inquinamento dell'aria.
- Gli effetti dell'inquinamento dell'aria sono il risultato di una miscela di agenti gassosi e particolati, che agiscono sia singolarmente che in gruppo.
- Gli effetti acuti e cronici dell'inquinamento dell'aria sono distinti tra di loro e devono essere studiati indipendentemente.
- Le variazioni giornaliere dell'inquinamento aereo causano variazioni giornaliere della mortalità e dei sintomi respiratori.
- A lungo termine l'inquinamento dell'aria può ridurre l'aspettativa di vita, alterare lo sviluppo polmonare, aumentare l'incidenza dell'asma e provocare altre malattie respiratorie.

Così come il fumo di tabacco, l'inquinamento ambientale dell'aria è una causa ben conosciuta di morbosità e mortalità. Tuttavia, diversamente dal fumo, l'inquinamento dell'aria non è uno stile di vita scelto, ma un'esposizione ambientale involontaria, che può interessare il 100% della popolazione dal grembo materno fino alla morte. Gran parte della popolazione europea continua a vivere in aree con una qualità dell'aria insalubre. Rispetto ad alcuni inquinanti e in alcune regioni la situazione non sta migliorando, ma anzi peggiorando. Variazioni nelle tecnologie di combustione e dei carburanti, la produzione industriale, la circolazione delle merci e la pianificazione urbana sono tutti elementi che influenzano l'inquinamento atmosferico, e quindi la possibilità di tossicità, oltre al grado di esposizione.

Inquinamento: composizione e fonti

L'inquinamento dell'aria è il risultato di una complessa miscela di migliaia di agenti. Può includere particelle solide e liquide sospese nell'aria (particolati, PM) e diversi gas, come l'ozono (O₃), ossidi nitrici (NO₂ o NO_x), composti organici volatili (VOCs) e monossido di carbonio (CO). La composizione varia con la posizione geografica e con le sorgenti di emissione. Le particelle variano per numero, grandezza, forma, area di superficie e composizione chimica; inoltre sia le particelle che i gas hanno

“

L'inquinamento dell'aria costituisce un'esposizione ambientale ubiquitaria involontaria, che può interessare il 100% della popolazione dal grembo materno alla morte”

caratteristiche variabili sia dal punto di vista della solubilità che della tossicità. La combustione dei carburanti fossili, usati nelle automobili, camion, aeroplani, navi o altri mezzi a motore, così come nell'industrie, nelle centrali o nei sistemi di riscaldamento degli edifici, è la causa principale dell'inquinamento dell'aria.

Tradizionalmente, gli studi che hanno indagato gli effetti sulla salute da parte dell'inquinamento aereo hanno misurato alcuni indicatori, per es. frazioni di PM specifiche per dimensioni, come particelle con un diametro $< 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) o $< 2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), rispettivamente, o NO_2 . Vengono usati comunemente indicatori indiretti di inquinamento correlato al traffico, come la densità del traffico nella strada più vicina o la distanza di un'area residenziale dalle strade trafficate.

Effetti fisiopatologici degli inquinanti ambientali

È pur vero che studi sperimentali hanno dimostrato tutta una serie di effetti correlati ai singoli agenti inquinanti, tuttavia si deve sottolineare come gli effetti dell'inquinamento ambientale non possano essere attribuiti a un singolo agente della miscela. Come nel caso del fumo di tabacco, molti fattori inquinanti agiscono insieme in una serie di meccanismi che interagiscono: ne risultano le associazioni che si osservano tra i livelli di inquinamento e una serie di ripercussioni sulla salute. I meccanismi maggiormente nocivi che vengono posti in atto dopo l'inalazione di sostanze inquinanti sono indicati essere lo stress ossidativo e l'infiammazione, locale e sistemica. Una prima fase può essere costituita dalla generazione di derivati reattivi dell'ossigeno nelle cellule del polmone (cioè dal contatto con il nucleo di carbonio di particelle inalate dove sono adsorbite sostanze tossiche come solfati, nitrati e metalli). È stato dimostrato che PM di varie dimensioni e gas altamente ossidativi (per es. O_3 o NO_x) inducono reazioni locali nel polmone correlate allo stress ossidativo. Reazioni infiammatorie, locali e sistemiche, mediate da citochine e chemochine, sono state rilevate nel corso di studi sperimentali eseguiti su sistemi cellulari e su animali, come anche nel corso di studi basati su camere di esposizione con soggetti umani.

Eventuali proclami che un aspetto specifico o un costituente particolare dell'inquinamento sia "più importante" di altri devono essere interpretati con grande cautela. Alcune comparazioni sono intrinsecamente difficili da realizzare, dato che l'effetto dipende dal risultato sotto studio, dai tempi considerati (per es. effetto acuto piuttosto che a distanza), dalla suscettibilità individuale dei soggetti esposti e probabilmente dalla natura e dalle concentrazioni degli agenti co-inquinanti.

“
 Il numero
 giornaliero
 dei decessi
 rispecchia
 le fluttuazioni
 giornaliere
 dell'inquina-
 mento aereo
 ”

| Indicatori di inquinamento aereo | Dati da questionari sulla salute respiratoria | Indicatori respiratori oggettivi | Indicatori biologici di effetto | Utilizzo del sistema sanitario | Effetto acuto sulla mortalità | Effetti a lungo termine su mortalità/ aspettativa di vita |
|----------------------------------|---|---|---|---|--|--|
| Particolati | Sintomi respiratori | Funzionalità respiratoria diminuita, compromesso lo sviluppo funzionale | Infiammazione delle vie aeree, malattia respiratoria cronica | Accesso in P. S. per patologia respiratoria, asma | Incremento della mortalità giornaliera | Incremento della mortalità da patologia cardiopolmonare |
| Ozono | Sintomi respiratori | Diminuzione della funzionalità respiratoria | Infiammazione delle vie aeree | Accesso in P. S. per asma | Incremento della mortalità giornaliera | Suggestivo di morte per patologia respiratoria |
| Ossidi di azoto | Sintomi respiratori | Aumento della reattività bronchiale, compromesso lo sviluppo funzionale | Infiammazione delle vie aeree, alterazioni delle difese polmonari | Accesso in P. S. per patologia respiratoria | Incremento della mortalità giornaliera | Incremento della mortalità a lungo termine da patologia cardiorespiratoria |

Tabella 1 – Esempi di associazioni riconosciute tra gli indicatori di inquinamento aereo usati frequentemente e indicatori di esito respiratori. Gli indicatori dell'inquinamento aereo sono spesso correlati tra di loro con effetti specifici sulla salute. Anche se l'inquinamento dell'aria viene considerato causa di questi effetti negativi sulla salute, non possono essere discriminati i singoli meccanismi di azione.

Effetti sulla salute in ambito respiratorio

Le vie aeree sono la porta d'ingresso degli inquinanti aerei, di conseguenza il polmone è il primo organo a esserne interessato. La serie di malattie respiratorie che possono essere causate dall'esposizione all'inquinamento è ampia. Gli studi che considerano l'impatto sulla salute degli inquinanti atmosferici distinguono tra effetti acuti e cronici. Quelli acuti divengono palesi entro ore o giorni dall'esposizione, mentre altri risultano dall'esposizione agli inquinanti per lunghi periodi e provocano malattie croniche. Quando gli effetti acuti e cronici dell'inquinamento sono parzialmente interconnessi, è importante distinguerli nella pianificazione e nell'interpretazione degli studi epidemiologici, come anche per l'elaborazione delle scelte politiche. La tabella 1 riassume gli effetti più importanti sulla salute in ambito respiratorio dell'inquinamento aereo e come si possano misurare.

Effetti respiratori a breve termine dell'inquinamento

Mortalità giornaliera

Diversi studi epidemiologici hanno dimostrato come il numero giornaliero di morti, soprattutto a causa di malattie cardiovascolari e respiratorie, sia connesso alle fluttuazioni giornaliere dell'inquinamento atmosferico. Un'analisi seminale europea "multi-city time series", APHEA (Inquinamento Atmosferico e Salute: Un Approccio Europeo), condotto in 29 centri di studio, ha rilevato un aumento dei decessi per malattia dello 0.6% ogni 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ di incremento della concentrazione giornaliera di PM_{10} e risultati simili sono stati osservati in centinaia di città di tutto il mondo.

Studi sulla mortalità a breve termine dimostrano, in generale, come il rischio relativo dovuto all'inquinamento atmosferico abbia maggiori conseguenze respiratorie che cardiovascolari, ma dal momento che sempre più persone muoiono a causa di malattie cardiovascolari, il numero assoluto di decessi cardiovascolari dovuto all'inquinamento atmosferico è pari se non maggiore dei decessi respiratori attribuibili all'inquinamento atmosferico.

Riacutizzazioni respiratorie giornaliere

La variazione giornaliera del carico patologico costituito dall'inquinamento urbano è dimostrata anche dall'aumento delle visite in pronto soccorso e dei ricoveri ospedalieri causati dalle malattie respiratorie, asma compreso. Lo studio APHEA ha mostrato queste variazioni per l'aumento di 10 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ della concentrazione di PM_{10} : 1.2% asma nei bambini; 1.1% asma negli adulti fino a 64 anni di età; 0.9% tutte le malattie respiratorie (compresa la broncopneumopatia cronica ostruttiva, BPCO, l'asma e le altre patologie) negli anziani.

I pazienti asmatici, soprattutto i bambini che non stanno assumendo terapia antiinfiammatoria o broncodilatatrice si riacutizzano a partire dal giorno stesso e nei giorni seguenti l'esposizione a livelli più elevati di inquinanti. I sintomi dell'asma mostrano una variabilità individuale rilevante, giorno per giorno, e vi sono molti fattori concomitanti che li influenzano; di conseguenza gli effetti sui pazienti asmatici non sono facilmente dimostrabili senza una rigorosa aderenza al protocollo dello studio e senza la determinazione dell'esposizione individuale.

Comunque impiego di questi metodi rigorosi mediante studi a pannello (studio longitudinale, nel quale i partecipanti forniscono informazioni ripetutamente lungo un dato periodo di tempo) su pazienti asmatici, ha permesso di rilevare: incremento del broncospasmo, tosse e attacchi di dispnea, accompagnati da deterioramento della funzionalità respiratoria e dal bisogno di terapia addizionale, in associazione con le variazioni giornaliere di PM , NO_2 e/o O_3 .

Il tempo atmosferico influenza in modo rilevante la variazione giornaliera delle concentrazioni degli inquinanti; così temperature eccessivamente alte (come le ondate di calore) o basse,

hanno conseguenze sulla salute. Di conseguenza, tutti gli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento devono tenere presenti gli effetti delle variazioni climatiche e di altri fattori che variano con il tempo.

I metodi epidemiologici moderni sono in grado di distinguere gli effetti di questi fattori di covarianza da quelli attribuibili agli inquinanti.

Conseguenze a lungo termine

L'esposizione a lungo termine o nel corso della vita agli inquinanti ambientali può anche provocare effetti patologici che infine determinano disturbi cronici. L'attività di ricerca su questi effetti usualmente necessita di studi ampi e, idealmente, di controlli programmati nel corso di molti anni; di conseguenza gli studi eseguiti in questo ambito sono scarsi. Tuttavia, negli ultimi 10 anni, numerosi studi hanno confermato che esistono anche effetti cronici negativi dell'inquinamento dell'aria.

Mortalità e aspettativa di vita

La mortalità e l'aspettativa di vita sono indicatori importanti della morbosità nel corso della vita e quindi rivestono un ruolo importante nell'ambito della ricerca sull'inquinamento dell'aria. Studi eseguiti in Europa, negli USA e in Canada hanno confermato che gli effetti complessivi dell'inquinamento sulla mortalità sono di gran lunga superiori alla quota attribuita all'esposizione acuta. In generale, la patologia respiratoria è meno frequentemente causa di morte rispetto a quella cardiovascolare; i due tipi di mortalità sono spesso combinati nella categoria della cosiddetta "cardiopulmonare". La mortalità cardiopolmonare è stata associata con differenze a lungo termine di PM e concentrazioni di solfati tra diverse città, nello studio Harvard Six Cities e nello studio della American Cancer Society (ACS). La comparazione del livello delle concentrazioni di PM sottili nelle comunità rispetto ai tassi di mortalità 16 anni dopo tra più di 500.000 partecipanti nello studio ACS ha mostrato un aumento del 6% delle morti per cause cardiopolmonari, per un incremento di $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ di $\text{PM}_{2,5}$, in modelli che hanno preso in considerazione una serie di altri fattori. In un'analisi successiva di dati dall'area di Los Angeles (USA) ottenuti con 18 anni di controlli seriati, sono stati assegnati dei modelli di concentrazioni di $\text{PM}_{2,5}$ a ciascuna zona di residenza. Questa maggiore accuratezza nell'attribuire l'esposizione ha consentito una stima più attendibile della mortalità, evidenziando l'aumento della mortalità cardiopolmonare del 20% per un incremento di $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ della concentrazione di $\text{PM}_{2,5}$. Anche se l'inquinamento correlato al traffico continua a giocare il ruolo principale in Europa, altre sorgenti possono provocare effetti negativi, comprese la combustione di biomasse o la presenza di PM originati da sabbia di origine sahariana.

Studi di coorte europei sono stati in grado di confermare la relazione tra rischio di morte cardiopolmonare e inquinamento (figura 1). In tre studi europei è stato possibile analizzare separatamente i dati relativi alla mortalità respiratoria e cardiovascolare. I risultati mostrano che l'inquinamento dell'aria urbana, individualizzato per tutti i partecipanti in base a un modello di emissione di NO_x causata dal traffico, è associato con la mortalità complessiva, con quella da cardiopatia ischemica, respiratoria, da cancro del polmone, e (debolmente) con quella cerebrovascolare. Uno studio di coorte olandese, basato su dati di esposizione raccolti per 20 anni, ha osservato una debole associazione tra densità del traffico (rilevata sulla strada principale prossima) e mortalità cardiovascolare. Le morti per patologie respiratorie sono state correlate alla concentrazione di NO_2 , all'inquinamento da particolati (fumo nero), alla densità del traffico entro un raggio di 100 m, e al vivere vicino a una strada principale.

Malattie respiratorie croniche nei bambini

I bambini sono più attivi degli adulti e sono impegnati più di costoro in attività all'esterno. Essi respirano più rapidamente e hanno un rapporto metabolico più alto. Dato che il loro sistema immunitario non è completamente sviluppato, l'incidenza di infezioni respiratorie è più elevata. I loro polmoni sono ancora in fase di sviluppo: ogni anomalia relativa allo sviluppo avrà un impatto sul complesso della loro vita. Inoltre, fattori che possono generare elementi di confusione e di cambiamento, come il fumo attivo, l'esposizione occupazionale a polveri e fumi, e le terapie mediche sono largamente assenti, rendendo più lineare l'interpretazione dei dati epidemiologici. L'attività di ricerca sullo sviluppo della funzione polmonare nei bambini e l'incidenza dell'asma – la malattia cronica dell'infanzia più importante – sono particolarmente attinenti e interessanti.

Sintomi

Fin dai primi anni '80, sono stati eseguiti molti studi a sezione trasversale in Germania, Svizzera, Francia e USA, i risultati dei quali hanno mostrato che bimbi, in età scolare o prescolare, appartenenti a comunità esposte a livelli più elevati di polveri, diossido di zolfo (SO_2) e NO_2 , soffrivano maggiormente di tosse e bronchite acuta, rispetto a bambini in regioni meno inquinate. Questo fenomeno è stato confermato in studi recenti.

Funzionalità respiratoria (spirometria)

Più recentemente, molti studi a sezione trasversale hanno evidenziato volumi polmonari inferiori in bambini che vivono in zone più inquinate. È di eccezionale importanza lo studio a lungo termine più vasto e più dettagliato mai condotto sull'inquinamento dell'aria e sullo sviluppo dei polmoni nei bambini, denominato "the University of Southern California (USC) Children's Health Study from the greater Los Angeles area". L'esame di numerose coorti,

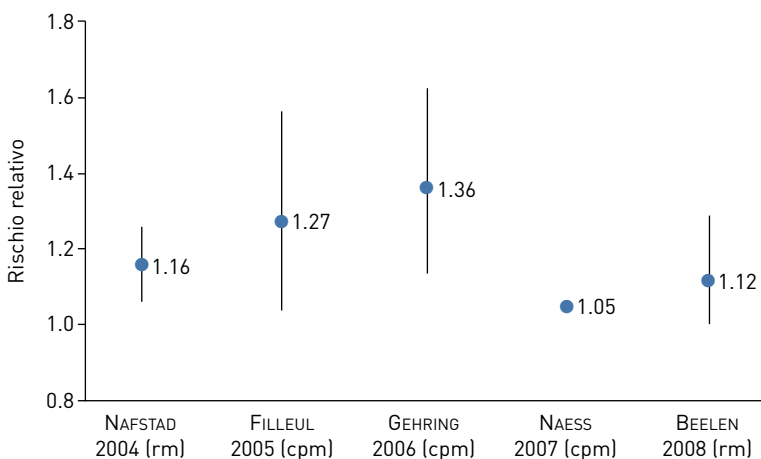


Figura 1 – Rischi relativi (RR) di mortalità respiratoria (rm) o cardiopolmonare (cpm) con intervalli di confidenza del 95% da studi europei di coorte sull'inquinamento dell'aria, espresso per un aumento di NO_2 o NO_x di $10 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

reclutate durante le scuole elementari e medie inferiori e seguite nell'età adulta, conferma che l'inquinamento aereo ambientale ha un effetto a macchia di leopardo sullo sviluppo del polmone, il cui risultato è costituito dalla riduzione dei volumi polmonari e del flusso espiratorio massimale a 18 anni di età.

Asma nei bambini

Anche se le riacutizzazioni dell'asma sono correlate chiaramente con la qualità dell'aria, la comparazione geografica evidenzia che la prevalenza dell'asma o delle allergie non segue le differenze del livello degli inquinanti nelle zone urbane, come il $PM_{2.5}$ o il PM_{10} . Attualmente, con un nuovo tipo di approccio, si integrano le misure localizzate degli inquinanti legati al traffico, i sistemi di informazione geografica, le informazioni concernenti l'uso del territorio e le tecniche di modellismo spaziale, utilizzate per caratterizzare la distribuzione degli inquinanti legati al traffico entro le comunità. Le persone che vivono nei pressi di strade trafficate sperimentano un'esposizione agli inquinanti primari causati dal traffico numerose volte più elevata rispetto a coloro che vivono 50 – 100 metri oltre. Gli studi epidemiologici, che studiano la prevalenza dell'asma nei bambini come funzione della vicinanza al traffico, suggeriscono che il rischio di sviluppare l'asma nell'infanzia sia fortemente aumentato vivendo vicino a una strada congestionata, anche se si prendono in considerazione i fattori che potrebbero alterare la chiarezza dei dati. Nonostante le strutture urbane, gli assetti del traffico e i modelli degli automezzi siano piuttosto differenti, questi reperti sono stati confermati in studi di coorte, a partire dal concepimento, realizzati negli USA (per es. USC Children Health Study) e in Europa. Cosa più importante, uno studio di coorte europea, dove i bambini sono stati seguiti fino agli otto anni di età, ha confermato un'incidenza più elevata dell'asma, in relazione all'inquinamento dell'aria. I risultati dello studio USC sono fortemente suggestivi per un'interazione tra fattori genetici ed esposizione agli agenti inquinanti correlati al traffico.

Il contrasto tra la mancanza di associazione inizio dell'asma – inquinamento di aree urbane, in concomitanza con la forte associazione tra prossimità alle arterie del traffico con l'incidenza di asma – verificando per le differenze socioeconomiche – suggerisce che gli inquinanti a concentrazioni molto elevate lungo corridoi stradali (per es. particelle ultrafini, nero di carbonio, metalli legati a particelle) giochino un ruolo chiave nella genesi dell'asma. Infatti, numerose revisioni recenti hanno concluso che gli inquinanti aerei correlati al traffico stradale hanno un rapporto di causa rispetto all'asma nei bambini. Quindi la pianificazione urbana può avere notevoli implicazioni sulla salute pubblica. Questi risultati pongono al centro del dibattito politico le automobili a motore diesel, i camion e gli autobus, che emettono concentrazioni particolarmente elevate di fuliggine e di un gran numero di sostanze assai tossiche, caricate sulle particelle da scarico, abrasione, e sospensione. Anche se alcuni ritengono che l'impatto dell'inquinamento dell'aria da traffico sulla prevalenza dell'asma sia scarso, numerosi studi, che ne hanno verificato l'influenza sulla salute, hanno concluso che il carico sulla

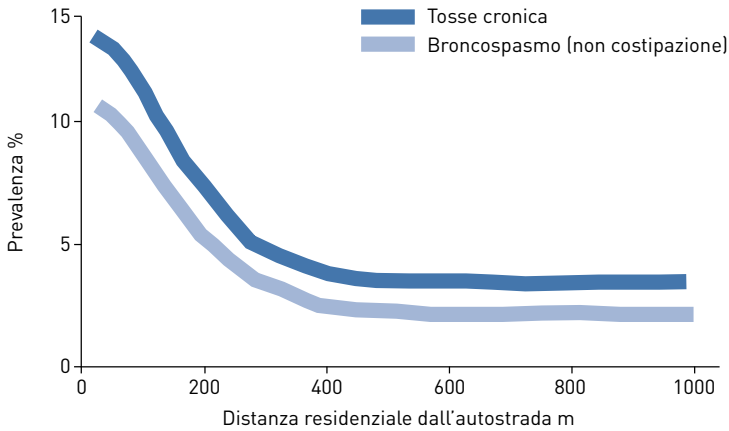


Figura 2 – La frequenza di tosse e asma è molto elevata in Svizzeri adulti che vivono vicino alle autostrade. La distribuzione spaziale dei sintomi segue la distribuzione spaziale degli inquinanti da traffico, così come particolati ultra-fini, fuliggine di diesel, monossido di carbonio e altri inquinanti primari. Le associazioni sono aggiustate per altri fattori di rischio. Adattato da: HAZENKAMP-VON ARX et al., 2011.

salute rappresentato dal vivere in prossimità di una strada movimentata è notevole. Questo è in particolare il caso dell'Europa, dove una vasta proporzione di cittadini urbani vive lungo strade strette e congestionate dal traffico.

Malattie respiratorie croniche negli adulti

Il fattore di rischio più importante per le malattie respiratorie croniche negli adulti è il fumo; i suoi effetti hanno molto in comune con quelli dell'inquinamento dell'aria. Gli studi che valutano l'impatto dell'inquinamento su malattie come la BPCO e l'asma negli adulti devono prendere in considerazione le interrelazioni di questi fattori, oltre alle caratteristiche individuali come età, sesso, e fattori genetici. I risultati ottenuti da persone che non abbiano mai fumato sono particolarmente preziosi.

Sintomi

La tosse cronica e il catarro sono stati associati con l'esposizione a lungo termine a PM ambientali in numerosi studi, ripetuti, a sezione trasversale in USA e in Europa. Lo Swiss study on Air Pollution and Lung Disease in Adults (SAPALDIA) ha confermato che la prevalenza dei sintomi cronici è andata diminuendo con il miglioramento della qualità dell'aria a cui gli individui sono esposti presso la propria residenza. Alcuni studi hanno dimostrato che i sintomi respiratori sono maggiormente prevalenti tra coloro che vivono vicino alle strade principali, indipendentemente dalle concentrazioni degli inquinanti in zona. Come già accennato nell'introduzione di questo capitolo, l'inquinamento dell'aria è una miscela complessa di costituenti e i dati riscontrati possono essere indicativi del ruolo indipendente di alcuni inquinanti (o di gruppi di inquinanti) nel causare ripercussioni sulla salute uguali o simili. La figura 2 mostra la distribuzione della prevalenza di tosse e broncospasmo tra Svizzeri adulti, in funzione della loro distanza di residenza dalle autostrade. La via di transito transalpina costituisce la fonte principale di inquinanti correlati direttamente al traffico in questa vallata rurale. A differenza dei particolati fini, distribuiti in modo più omogeneo, gli inquinanti primari da traffico, quali le polveri ultrafini, la fuliggine da diesel, il CO, il NO e le particelle risospese, ricche di metallo, seguono lo stesso modello spaziale di distribuzione.

Funzionalità respiratoria e BPCO

Molti studi (principalmente a sezione trasversale, cioè in un unico momento temporale) hanno identificato l'associazione tra funzionalità respiratoria e inquinamento dell'aria, con un certo grado di inconsistenza nei risultati, forse per motivi metodologici. È soprattutto importante che la riduzione dell'esposizione agli inquinanti abbia mostrato di ridurre il declino della funzionalità respiratoria legato all'età – un dato altamente rilevante osservato nello studio SAPALDIA, dove

“
*Vivere vicino
a una strada
affollata
aumenta
il rischio
di sviluppare
l'asma
nell'infanzia,
anche se si
considerano
i fattori che
possono
ingenerare
confusione*
”

l'esposizione all'inquinamento ambientale fu stimato al livello individuale, prendendo accuratamente nota dei cambi di residenza durante gli 11 anni di controlli seriat. Anche se un certo numero di studi supporta la nozione che l'inquinamento dell'aria possa contribuire allo sviluppo della BPCO, sono necessarie ulteriori indagini. Le difficoltà maggiori in questo tipo di indagine sono in relazione con sfide e incertezze più generali nel campo della ricerca sulla BPCO. Anche se l'inquinamento aereo è chiaramente associato con un alterato sviluppo polmonare nei bambini (come discusso in precedenza), la via attraverso la quale una scarsa funzionalità respiratoria nelle prime fasi della vita possa collegarsi al successivo sviluppo della BPCO non è definita o compresa chiaramente. Inoltre l'inquinamento aereo innesca dei sintomi respiratori e aumenta le infezioni, ma non si sa come tutto questo sia correlabile con lo sviluppo della BPCO, anche se studi di coorte confermano che individui che presentino sintomi cronici e infezioni ripetute ne sono a più alto rischio. Infine, e non è una considerazione secondaria, non è stato ben acclarato se la BPCO nei fumatori e nei non fumatori possa essere considerata lo stesso fenotipo di malattia.

Incidenza nell'asma negli adulti

Come nei bambini anche negli adulti l'asma non è correlato con un livello di inquinamento in zone urbane pari a $PM_{2.5}$. Comunque i pochi studi che hanno investigato il contributo dell'inquinamento dell'aria da traffico all'asma degli adulti hanno ottenuto risultati simili a quelli che hanno studiato l'incidenza dell'asma nei bambini. Sono necessarie ulteriori ricerche per chiarire questi risultati e l'interazione con l'atopia, la genetica e altri fattori legati all'ospite.

Cancro del polmone

Nei non fumatori il cancro del polmone è una malattia relativamente rara con un lungo periodo di latenza. L'intervallo di tempo dalla diagnosi al decesso è spesso relativamente breve e il trattamento ha un successo limitato. Gli studi che prendono in considerazione il cancro del polmone in popolazioni necessitano di un campione ampio e una serie di controlli seriat prolungati nel tempo. Quindi, nonostante la coerenza tra le informazioni sperimentali, gli studi occupazionali e molti risultati di studi in popolazioni, non tutti gli studi epidemiologici a lungo termine hanno mostrato un legame tra inquinamento dell'aria e mortalità per cancro del polmone.

Nello studio di coorti ACS l'incidenza del cancro del polmone è risultata aumentare di 8% per incremento dei livelli di $PM_{2.5}$ di $10 \mu g.m^{-3}$, misurati come differenze tra città; in uno studio danese di coorti l'incidenza del cancro del polmone è cresciuta del 3.7% per un aumento di $10 \mu g.m^{-3}$ in NO_x , usato come indicatore di esposizione agli inquinanti da traffico. Di assoluta rilevanza è che le particelle, specialmente quelle da motori diesel, si caricano di agenti cancerogeni. L'Agenzia Californiana per l'Ambiente, così come l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro classificano la combustione del diesel come un carcinogeno riconosciuto.

Lo European Study of Cohorts for Air Pollution (ESCAPE), su larga scala, recherà nuove acquisizioni all'evidenza degli effetti a lungo

termine dell'inquinamento dell'aria sulle malattie croniche, includendo una serie di disturbi respiratori, come l'incidenza dell'asma e della BPCO e i sintomi della bronchite, così come lo sviluppo della funzionalità respiratoria e il cancro del polmone (www.escaproject.eu). La valutazione rigorosa e standardizzata dell'esposizione dei cittadini europei all'inquinamento da traffico farà luce sui requisiti metodologici futuri per affrontare il problema della qualità dell'aria lungo strade e autostrade trafficate.

L'importanza della suscettibilità

Comprendere e interpretare gli effetti osservati sulla salute respiratoria è cruciale per acquisire la conoscenza di rilevanti fattori di suscettibilità (o protettori) che modulano le reazioni degli individui agli agenti inquinanti. L'identificazione dei fattori di suscettibilità è oggetto di intensa attività di ricerca. Data l'importanza dei meccanismi fisiopatologici menzionati in precedenza, non deve sorprendere che sempre più studi evidenzino come gli inquinanti aerei esercitino i loro effetti più forti su soggetti con una capacità limitata sia di difesa contro lo stress ossidativo che di bilanciare la risposta infiammatoria. Questi fattori di modulazione possono essere legati al sesso, all'età, a malattie sottostanti, all'assunzione di sostanze pro-ossidanti e anti-ossidanti, così come a una serie di caratteristiche genetiche. Per esempio, uno studio controllato su bambini messicani, non solo ha confermato l'associazione tra O_3 e salute respiratoria, ma ha anche rilevato l'esistenza di interazioni con le sequenze che si instaurano durante lo stress ossidativo: i bambini sottoposti a terapia anti-ossidante sono stati decisamente meno danneggiati da O_3 rispetto al gruppo del placebo; inoltre i bambini con varianti del gene GSTM sono stati protetti nei confronti degli effetti negativi dell'ozono sulle vie respiratorie.

Rilevanza e prospettive

Proprio come la medicina dovrebbe basarsi sull'evidenza, così la sanità pubblica e la politica dovrebbero essere fondate sulla scienza. A dispetto delle molte domande senza risposta, l'evidenza è sufficiente per invocare miglioramenti sostenuti della qualità dell'aria in Europa. Così la conoscenza scientifica attuale deve raggiungere i responsabili politici in un modo comprensibile. Questo è particolarmente urgente nell'Unione Europea, dove gli standard della qualità dell'aria sono meno stringenti che in molti singoli stati membri e in altre aree del mondo, in conflitto con i risultati della ricerca e le linee guida proposte dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO).

Come nel caso del fumo di tabacco le asserzioni dei professionisti della sanità sono di valido aiuto nell'indirizzare le opinioni del pubblico e dei responsabili politici. I risultati della ricerca europea rappresentano una forte spinta per sostenere la salute pubblica, migliorando la qualità dell'aria. Infatti, la determinazione dell'impatto precoce sulla salute pubblica in tre nazioni europee ha enfatizzato quello che numerose analisi locali e trans-europee avevano fino a ora affermato: l'impatto dell'inquinamento dell'aria sulla salute pubblica è un problema molto importante; di conseguenza i benefici ottenuti dalla sua riduzione saranno importanti, sia in termini di morbosità rilevante per i costi sia per l'aspettativa di vita, indicatore complessivo della salute. Come è stato recentemente dimostrato da indagini recenti sul rapporto tra asma dei bambini e inquinamento dell'aria, il beneficio ottenibile dal purificare l'aria è stato quanto meno sottostimato in passato.



Revisioni e determinazioni del rischio

- Eisner MD, Anthonisen N, Coultas D, et al. An official American Thoracic Society public policy statement: novel risk factors and the global burden of chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 182: 693–718.
- Götschi T, Heinrich J, Sunyer J, et al. Long-term effects of ambient air pollution on lung function: a review. *Epidemiology* 2008; 19: 690–701.
- Gowers AM, Cullinan P, Ayres JG, et al. Does outdoor air pollution induce new cases of asthma? Biological plausibility and evidence: a review. *Respirology* 2012; 17: 887–898.
- Jacquemin B, Schikowski T, Carsin AE, et al. The role of air pollution in adult-onset asthma - a review of the current evidence. *Semin Respir Crit Care Med* 2012; 33: 606–619.
- Künzli N, Perez L, Rapp R. Air Quality and Health. Lausanne, European Respiratory Society, 2010. www.ersnet.org/airquality (in English, French, German, Italian, Turkish, and Catalan).
- Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc* 2006; 56: 709–742.
- Schikowski T, Mills IC, Anderson HR, et al. Ambient air pollution: a cause for COPD? *Eur Respir J* 2013 [In press DOI: 10.1183/09031936.00100112].
- World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. 2005. Geneva, World Health Organization, 2005.

Studi in relazione alle figure

- Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect* 2008; 116: 196–202.
- Filleul L, Rondeau V, Vandentorren S, et al. Twenty five year mortality and air pollution: results from the French PAARC survey. *Occup Environ Med* 2005; 62: 453–460.
- Gehring U, Heinrich J, Krämer U, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology* 2006; 17: 545–551.
- Hazenkamp-von Arx ME, Schindler C, Ragettli MS, et al. Impacts of highway traffic exhaust in alpine valleys on the respiratory health in adults: a cross-sectional study. *Environ Health* 2011; 10: 13.
- Naess Ø, Nafstad P, Aamodt G, et al. Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol* 2007; 165: 435–443.
- Nafstad P, Håheim LL, Wisløff T, et al. Urban air pollution and mortality in a cohort of Norwegian men. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 610–615.

Studi ulteriori su inquinamento e salute respiratoria

- Brandt SJ, Perez L, Künzli N, et al. Costs of childhood asthma due to traffic-related pollution in two California communities. *Eur Respir J* 2012; 40: 363–370.
- Castro-Giner F, Künzli N, Jacquemin B, et al. Traffic-related air pollution, oxidative stress genes, and asthma (ECHRS). *Environ Health Perspect* 2009; 117: 1919–1924.
- Curjuric I, Imboden M, Nadif R, et al. Different genes interact with particulate matter and tobacco smoke exposure in affecting lung function decline in the general population. *PLoS One* 2012; 7: e40175.
- Downs SH, Schindler C, Liu LJ, et al. Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med* 2007; 357: 2338–2347.
- Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med* 2004; 351: 1057–1067.
- Gehring U, Wijger AH, Brauer M, et al. Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am J Respir Crit Care Med* 2010; 181: 596–603.
- Gilliland FD. Outdoor air pollution, genetic susceptibility, and asthma management: opportunities for intervention to reduce the burden of asthma. *Pediatrics* 2009; 123: Suppl. 3, S168–S173.
- Imboden M, Schwartz J, Schindler C, et al. Decreased PM10 exposure attenuates age-related lung function decline: genetic variants in p53, p21, and CCND1 modify this effect. *Environ Health Perspect* 2009; 117: 1420–1427.
- Jacquemin B, Kauffmann F, Pin I, et al. Air pollution and asthma control in the Epidemiological study on the Genetics and Environment of Asthma. *J Epidemiol Community Health* 2012; 66: 796–802.

- Jacquemin B, Sunyer J, Forsberg B, et al. Association between modelled traffic-related air pollution and asthma score in the ECRHS. *Eur Respir J* 2009; 34: 834–842.
- Künzli N, Bridevaux PO, Liu LJ, et al. Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax* 2009; 64: 664–670.
- Künzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801.
- Nafstad P, Håheim LL, Oftedal B, et al. Lung cancer and air pollution: a 27 year follow up of 16 209 Norwegian men. *Thorax* 2003; 58: 1071–1076.
- Perez L, Declercq C, Iñiguez C, et al. Chronic burden of near-roadway traffic pollution in 10 European cities (APHEKOM network). *Eur Respir J* 2013 [In press DOI: 10.1183/09031936.00031112].
- Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132–1141.
- Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Hvidberg M, et al. Air pollution from traffic and risk for lung cancer in three Danish cohorts. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2010; 19: 1284–1291.
- Romieu I, Garcia-Esteban R, Sunyer J, et al. The effect of supplementation with omega-3 polyunsaturated fatty acids on markers of oxidative stress in elderly exposed to PM2.5. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 1237–1242.
- Romieu I, Sienna-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, et al. Genetic polymorphism of GSTM1 and antioxidant supplementation influence lung function in relation to ozone exposure in asthmatic children in Mexico City. *Thorax* 2004; 59: 8–10.
- Samoli E, Peng R, Ramsay T, et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA study. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 1480–1486.
- Schindler C, Keidel D, Gerbase MW, et al. Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA). *Am J Respir Crit Care Med* 2009; 179: 579–587.