

Istituto Nazionale dei Tumori

Il laboratorio per lo studio degli inquinanti ambientali e del fumo di tabacco

Roberto Boffi, Ario Ruprecht, Giovanni Invernizzi

Il fumo di tabacco è una miscela formata da una componente gassosa (monossido di carbonio, composti organici volatili, SO_x, NO_x) e da una solida costituita da un aerosol di particelle di polveri sottili, fini e ultrafini, di diametro inferiore a 2,5 micron.

Viene in genere suddiviso in fumo attivo (che si forma quando il fumatore aspira la boccata, detto anche mainstream smoke), e fumo passivo (detto anche environmental tobacco smoke o ETS), in base al modo in cui viene prodotto, a piccole differenze di composizione chimicofisica, e per il diverso grado di rischio di malattia che comportano.

Il fumo passivo (sarebbe meglio definirlo «involontario» per sottolineare l'aspetto socio-culturale più contraddittorio in quanto si tratta di un rischio del tutto prevenibile) è una situazione ambientale subita (il non fumatore ha fatto una scelta precisa, quella di non fumare) a causa dell'inquinamento creato da chi fuma all'interno di locali condivisi da altre persone.

Si calcola che i non fumatori esposti a fumo passivo in realtà siano costretti a «fumare» un equivalente di 1-3 sigarette. Ciò comporta pur sempre un rischio di malattia che, anche se minore rispetto al fumo attivo in termini di esposizione cumulativa individuale, interessa un'ampia popolazione (è a rischio infatti il 65% dei non fumatori, circa 20 milioni di persone). Rischio, in questo caso, non voluto e prevenibile, che spesso ricade su persone affette da patologie preesistenti e che ne possono subire conseguenze

immediate, come nel caso dei soggetti asmatici, dei bambini e delle donne gravide.

Sebbene generalmente distinti in due categorie separate, dal punto di vista fisico-chimico non ci sono particolari differenze tra fumo attivo e passivo. Si tratta sempre del prodotto di combustione della foglia del tabacco: l'unica differenza sono la temperatura di combustione (800°C quando si "tira", 600°C quando la sigaretta si consuma da sola nel portacenere), e la percentuale di ossigeno disponibile (maggiore per il fumo attivo). Si formano in ogni caso circa 4.000 sostanze chimiche diverse, più concentrate (a temperatura maggiore una parte delle sostanze prodotte viene degradata) e con una quota superiore di monossido di carbonio (CO) per il sidestream smoke (la combustione spontanea della sigaretta avviene con minore disponibilità di ossigeno). Nel fumo si ritrovano numerose sostanze cancerogene (idrocarburi policiclici, benzene, nitrosamine), sostanze irritanti e allergeniche come la formaldeide, gas nocivi come il CO o irritanti come gli ossidi di zolfo e di azoto, oltre alla nicotina, che con le sue proprietà di vera e propria droga è responsabile della dipendenza. Come il fumo attivo, anche il fumo passivo è stato di recente classificato come sostanza cancerogena per l'uomo.

Per entrambi i tipi di rischio vale il concetto di dose-risposta: maggiore è l'entità dell'esposizione, maggiore è il rischio di malattia. Per il fumo attivo i criteri sono il numero di sigarette fumate al giorno, l'età di inizio, la

durata in anni dell'abitudine e l'esposizione cumulativa calcolata come pack-years (equivale alla dose di fumo che un fumatore riceve fumando un pacchetto al giorno regolarmente per un anno e si indica come PY). Per il fumo passivo si prendono in considerazione il numero di sigarette fumate dal partner in casa o dai colleghi sul lavoro, le ore giornaliere e la durata in anni dell'esposizione.

Mentre il mainstream smoke si raccoglie nel piccolo spazio rappresentato dai polmoni del fumatore, il sidestream smoke si distribuisce nell'ambiente e pertanto le concentrazioni inalabili risulteranno inferiori. Tuttavia negli ambienti chiusi il fumo di sigaretta può creare concentrazioni di polveri sottili molto elevate, fino a 100 volte superiori ai limiti di legge consentiti per l'ambiente esterno: se la soglia di allarme per l'outdoor è di 75 mcg/m³, nel caso più eclatante – l'abitacolo della macchina di un fumatore – si possono raggiungere valori 1.000 volte superiori. Inoltre la permanenza nei locali chiusi può risultare molto lunga (le classiche 8 ore lavorative, sommate in molti casi al fumo passivo casalingo), per cui l'esposizione complessiva alle 4.000 sostanze presenti nel fumo può rappresentare una fonte di inquinamento ben superiore a quello atmosferico delle metropoli più inquinate.

Il rischio per la salute in seguito all'esposizione al fumo di tabacco è un fenomeno senza soglia: anche una sola sigaretta al giorno è associata a un rischio minimo ma definito, quantificabile. Alla luce di questi ri-

	Fumo attivo	Fumo passivo
■ numero di sostanze presenti	++++	++++
■ concentrazione di sostanze presenti	+++*	++++
■ effetto dose-risposta: lineare	si	si
■ esposizione (ore/giorno)	1-4	1-8
■ esposizione: picchi di concentrazione	++++	++
■ esposizione: fattore di moltiplicazione	1 x 1	1 x 2, x n
■ esposizione: volontaria	si	no
■ esposizione: possibilità di riduzione in presenza di patologia (asma, gravidanza)	si	no
■ danni alla salute: immediati	si	si
■ danni alla salute: cronici	si	si
■ cancerogeno per l'essere umano	si	si
■ fattore di rischio: cardiovascolare	si	si
■ fattore di rischio: per asma	si	si
■ aumenta la reattività bronchiale	si	si
■ riduce l'effetto degli steroidi inalatori	si	si
■ equivalente in sigarette per esposizione a fumo passivo	-	1-3
■ impatto diseducativo sugli adolescenti	si	si
■ come si misura	CO espirato	Cotina
*a temperatura maggiore (mainstream smoke, 800-900°C; sidestream 500-600°C) parte delle sostanze prodotte viene degradata.		

sultati, trattandosi di un'esposizione a sostanze praticamente identiche, è ragionevole appellarsi al principio di precauzione (un rischio involontario e prevenibile, per quanto limitato, deve essere evitato) quando si discute di una smoking policy rigorosa negli ambienti pubblici e nei luoghi di lavoro.

In conclusione si può affermare che, indipendentemente dal tipo di esposizione, i «due fumi» rappresentano un continuum di inquinamento individuale e sociale da circoscrivere, come evidenziano le caratteristiche presentate nella tabella sottostante, estratta da: Invernizzi G, Boffi R, Mazza R, Ruprecht A, De Marco C, Glaviano B, Villani F, Berrino F. Fumo attivo e fumo passivo: due facce della stessa medaglia. *Epidemiol Prev* 2004; 28: 289-92.

La "Tobacco Control Unit" dell'Istituto Nazionale dei Tumori (INT) è in

prima linea da anni nelle ricerche in questo settore, dove ha sviluppato un'esperienza particolare nella misurazione dell'inquinamento indoor e nella valutazione dell'esposizione alle polveri fini.

Recentemente, in particolare, si è avuto un importante contributo scientifico da parte del nostro gruppo di lavoro per chiarire i meccanismi attraverso cui l'aria inquinata deposita le micropolveri nell'organismo umano, ossia la misura in tempo reale della deposizione del particolato ambientale nel sistema respiratorio: Invernizzi G, Boffi R, Ruprecht AA, Barnes PJ, Kharitonov SA, Paredi P. Real-time measurement of particulate matter deposition in the lung. *Biomarkers* 2006; 11: 221-32.

Nel corso dei nostri studi sul particolato fine outdoor e indoor, sia legato all'inquinamento veicolare che

da fumo di sigaretta, abbiamo infatti messo a punto un apparecchio capace di misurare in tempo reale la percentuale di polveri che restano depositate all'interno dei polmoni a ogni atto respiratorio.

Il particolato di diametro inferiore ai 10 micrometri (PM10) è presente nell'inquinamento dell'aria sia indoor che outdoor. È prodotto principalmente dalla combustione in industrie, sistemi di riscaldamento e traffico veicolare, nonché dal fumo di tabacco.

L'inquinamento outdoor da PM10 è riconosciuto come un rischio per la salute, responsabile di un aumento significativo di morbilità e mortalità (principalmente per malattie cardiovascolari, BPCO, asma e tumori del polmone, ma anche per le donne in gravidanza e i loro prodotti del concepimento); il fumo di tabacco, che rappresenta un analogo rischio per

la salute, è responsabile di livelli di concentrazione del PM10 indoor eccedenti di molte volte i limiti di legge per l'outdoor.

Il PM2,5 e il PM1 sono considerate polveri fini ancora più pericolose, perché capaci di penetrare nelle vie aeree più periferiche, raggiungendo anche gli alveoli polmonari.

La misura della distribuzione e della deposizione del particolato nel sistema polmonare in tempo reale può contribuire alla comprensione di molte patologie correlate con l'inquinamento dell'aria. Molti studi dimostrano che la deposizione del particolato nel sistema respiratorio varia con l'età, il sesso ed eventuali anomalie nelle strutture respiratorie e nelle funzioni delle vie aeree. Dati preliminari mostrano in particolare che la ritenzione delle polveri sottili sembra essere maggiore nei giovani e nei bambini, categorie come è noto particolarmente suscettibili ai danni arrecati dalle stesse polveri.

Fino ad oggi, tuttavia, la misura del particolato nell'aria esalata richiedeva una strumentazione complessa e veniva effettuata solamente con particelle artificiali monodisperse.

Col nostro studio abbiamo descritto il progetto e la sperimentazione di un sistema, nel quale un contatore di particelle a diffrazione laser viene usato per misurare la concentrazione del particolato nell'aria espirata in tempo reale, cioè registrando i dati

ogni secondo. Esso permette di confrontare la concentrazione di diverse classi dimensionali del particolato nell'aria ambiente con quelle esalate, e di determinare la frazione di deposizione del particolato nel sistema respiratorio in diverse condizioni (singolo atto respiratorio alla capacità vitale e a volume corrente).

Scopo del lavoro è stato quello di sviluppare un nuovo metodo per la misura del particolato ambientale nell'esalato e di valutare sperimentalmente il destino di deposizione delle diverse classi dimensionali del particolato stesso. Il nostro studio ha permesso di misurare la "deposition fraction" delle polveri sottili con una semplice espirazione da parte dei soggetti, e ha confermato dati computazionali di altri laboratori: in media restano depositate nell'apparato respiratorio ben il 50% delle polveri respirate.

Questi dati, che sono evidenziabili in tempo reale al computer durante una singola espirazione, sottolineano la capacità di filtro del polmone: l'aria espirata è molto più pulita di quella inspirata, e questo "splendido" filtro che è il polmone, purtroppo si impregna progressivamente delle sostanze cancerogene, irritanti e ossidanti veicolate alla superficie delle polveri sottili, causando danni respiratori e cardiovascolari (una parte delle polveri sottili, quelle di dimensioni ancora più sottili (inferiori a 0.1

µm, dette anche particelle ultrafini), sono in grado di superare la barriera alveolare, riversandosi nel sangue e raggiungendo tutti gli organi e apparati, tra cui la placenta nelle donne in gravidanza.

C'è da notare inoltre che più le particelle sono fini, più sono numerose, e maggiormente in grado quindi di penetrare le vie respiratorie fino alla loro porzione più periferica - gli alveoli polmonari - a parità di massa. È per questo che la comunità scientifica è particolarmente attenta al tipo di misura preso come indice: noi siamo abituati a ragionare in termini di PM10 (cioè tutte le polveri sospese inferiori a 10 µm di diametro), mentre negli USA il parametro di riferimento è da anni il PM2.5 (cioè le polveri inferiori a 2.5 µm di diametro). Secondo molti studiosi maggiormente indicativa sarebbe poi la misura del numero di particelle per m³, più precisa che non la misura in termini di massa, cioè mcg/m³, come sono le attuali misure del PM10.

Il progetto e la realizzazione del lavoro, iniziato nel marzo 2004 e i cui risultati sono stati pubblicati nel 2006 dalla "Tobacco Control Unit" dell'INT sulla rivista "Biomarkers", si è avvalso dell'importante collaborazione con il Brompton Hospital di Londra (Respiratory Unit: Peter J. Barnes, Sergei A. Kharitonov, Paolo Paredi) e con la SIMG (Società Italiana di Medicina Generale). j

Bibliografia

- Institute of Medicine. National Academy. Clearing the smoke. Assessing the science base for tobacco harm reduction. Press. 2001. Disponibile on-line: www.nap.edu/books/0309072824/html.
- Repace J, Kawachi I, Glantz S. Fact sheet on second hand smoke. 2nd European Conference on Tobacco or Health 1999. Disponibile online: <http://www.repac.com/factsheet.html>
- The IARC. Involuntary smoking. Monograph vol. 83. IARC Monographs 2004
- Invernizzi G, Ruprecht A, Mazza R, et al. La misurazione in tempo reale del particolato fine prodotto da fumo di sigaretta negli ambienti indoor: risultati di uno studio pilota. *Epidemiol Prev* 2002; 26: 2-6. Disponibile online: http://www.istitutotumori.mi.it/int/Anti_fumo/antifumo_pdf/E_P.pdf
- Invernizzi G, Ruprecht A, Mazza R, Rossetti E, Sasco A, Nardini S, Boffi R. Particulate matter from tobacco versus diesel car exhaust: an educational perspective. *Tobacco Control* 2004; 13: 219-21
- Invernizzi G, Ruprecht A, Mazza R, De Marco C, Boffi R. Transfer of particulate matter pollution from smoking to non-smoking coaches: the explanation for the smoking ban on Italian trains. *Tobacco Control* 2004; 13: 319-20
- Invernizzi G, Boffi R, Mazza R, Ruprecht A, De Marco C, Glaviano B, Villani F, Berrino F. Fumo attivo e fumo passivo: due facce della stessa medaglia. *Epidemiol Prev* 2004; 28: 184-7
- Boffi R, Ruprecht A, Mazza R, Ketzler M, Invernizzi G. A day at the European Respiratory Society Congress: passive smoking influences both outdoor and indoor air quality. *Eur Respir J* 2006; 27: 862-3
- Invernizzi G, Boffi R, Ruprecht AA, Barnes PJ, Kharitonov SA, Paredi P. Real-time measurement of particulate matter deposition in the lung. *Biomarkers* 2006; 11: 221-32.