

Esposizione a benzene nei vigili urbani del Comune di Roma: risultati preliminari di uno studio pilota

Angelo CARERE

Laboratorio di Tossicologia Comparata ed Ecotossicologia, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto. - È stato effettuato uno studio pilota sull'esposizione a benzene e composti aromatici volatili negli agenti di Polizia Municipale del Comune di Roma. Sono stati individuati circa 200 soggetti, addetti al controllo della viabilità in zone a medio-alto traffico (143 soggetti) o con mansioni amministrative (63 soggetti). Su tutti i soggetti sono state effettuate nel periodo dicembre 1998-giugno 1999 misure spot di esposizione esterna e analisi di biomarcatori di esposizione interna a benzene (benzene ematico, acidi *trans,trans*-muconico e fenilmercapturico urinari). I risultati preliminari dello studio mostrano livelli medi di esposizione a benzene (media di 7 ore) di poco inferiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per il gruppo dei viabilisti, e di circa tre volte inferiori per gli amministrativi. I valori medi di esposizione personale appaiono confrontabili con le medie mensili rilevate nell'aria di Roma, sebbene l'ampia dispersione dei valori individuali suggerisca la possibilità di esposizioni occasionali significativamente superiori al *background* ambientale. Nessuna differenza significativa tra viabilisti e controlli è stata osservata per gli indicatori di esposizione interna, mentre i marcatori urinari sono risultati significativamente associati al fumo di tabacco.

Parole chiave: monitoraggio biologico, benzene, inquinamento atmosferico.

Summary (*Benzene exposure in traffic wardens of the city of Rome: preliminary results from a pilot study*). In the framework of a research project on short-term effects of human exposure to atmospheric pollutants, a survey on personal exposure to benzene and related aromatic hydrocarbons in traffic wardens has been carried out. Approximately two-hundred subjects, namely 143 policemen involved in traffic control and 63 office clerks, have been enrolled in the study. Spot measurement of personal exposure to volatile aromatic hydrocarbons have been performed along the period December 1998-June 1999 using passive dosimeters. In addition, blood benzene and urinary *trans*-muconic acid and phenyl mercapturic acid have been determined at the beginning and at the end of workshift. The results so far obtained suggest average levels of exposure to benzene around $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (7 h time weighted average) for traffic wardens, and about three fold lower levels for indoor workers. Average values of benzene exposure recorded for policemen are basically comparable to background levels measured in the urban area. Nevertheless, some outlier values indicate that distinct higher exposure values may be occasionally experienced by traffic wardens. Internal exposure biomarkers were not significantly different between policemen and office workers. Yet, both urinary *trans*-muconic and phenyl mercapturic acids were significantly increased in smokers compared to non smokers, irrespective of their job.

Key words: biomonitoring, benzene, atmospheric pollution.

Introduzione

Il Programma triennale per la tutela ambientale 1994-96 prevede azioni in materia di ricerca ambientale (art. 11 legge 305/89), realizzate con il co-finanziamento del Ministero dell'Ambiente da amministrazioni ed enti di diritto pubblico. In particolare, il programma di intervento "Area nazionale - Azioni in materia di ricerca ambientale" (DM n.110/SCOC/95), affida all'Istituto Superiore di Sanità la realizzazione del programma di ricerca PR2/IS: "Aspetti igienico sanitari dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane".

Il progetto, articolato in tre sottoprogetti ed in una serie di linee di ricerca afferenti alle problematiche

sanitarie ed ambientali dell'inquinamento atmosferico, prevede tra l'altro una indagine sui vigili urbani del Comune di Roma per la valutazione di effetti biologici precoci in relazione alla esposizione ad inquinanti atmosferici. Lo studio, condotto in collaborazione con il Comune di Roma, riguarda circa 200 soggetti con vari profili di esposizione, su cui vengono effettuate analisi di marcatori di effetti biologici precoci. Sugli stessi soggetti è condotto uno studio sulla esposizione a composti aromatici volatili durante l'attività lavorativa.

I risultati preliminari di questo studio, finalizzato principalmente a definire l'attuale livello medio di esposizione a benzene nei vigili urbani di Roma, sono presentati in questa nota.

Materiali e metodi

Popolazione studiata

I soggetti arruolati nell'indagine (152 uomini e 54 donne, per un totale di 206 soggetti) sono stati selezionati in base alla mansione (viabilisti addetti al controllo del traffico o amministrativi) ed al gruppo circoscrizionale di appartenenza, rappresentativo di zone a medio-alto traffico veicolare. In particolare sono stati individuati tre sottogruppi: A) viabilisti del centro storico (I circoscrizione, 72 soggetti); B) viabilisti di zone semiperiferiche (prevalentemente VIII circoscrizione, Casilina, e XX circoscrizione, Cassia-Flaminia, 71 soggetti); C) addetti ad attività di tipo amministrativo svolte prevalentemente *indoor*, con funzione di controllori, in forza al comando ed a vari gruppi circoscrizionali (63 soggetti). Rapporto tra sessi, età anagrafica (42 ± 7 anni nell'intera popolazione), ed anzianità lavorativa ($12 \pm 6,6$ anni) sono risultati confrontabili nei tre sottogruppi.

Valutazione della esposizione a benzene ed alchil-derivati

Su tutti i soggetti sono stati effettuati prelievi di fluidi biologici per gli accertamenti sanitari e l'analisi di biomarcatori di effetti a breve termine, secondo quanto previsto dalla linea di ricerca "Monitoraggio biologico della esposizione ad inquinanti atmosferici: valutazione di indicatori di esposizione e di effetti biologici precoci". Per quanto riguarda in particolare la valutazione della esposizione ad inquinanti atmosferici, durante il periodo dicembre 1998-giugno 1999 sono state effettuate misure di esposizione personale per mezzo di campionatori a diffusione radiale RadielloTM, affiancate da prelievi di sangue ed urina ad inizio e fine turno per l'analisi di indicatori di esposizione interna: benzene ematico, acido *trans,trans*-muconico (TMA) e acido S-fenilmercapturico (S-PMA) urinari. Tutti i soggetti sono stati studiati durante il turno lavorativo antimeridiano (ca. 7-14). Le analisi di laboratorio sono state effettuate presso la Fondazione Salvatore Maugeri di Pavia, secondo metodiche precedentemente descritte [1-3]. Al fine di ottenere una adeguata rappresentatività, le misure di esposizione personale sono state condotte secondo un calendario *ad hoc*, con l'analisi di piccoli gruppi di costituzione omogenea (in linea di massima un soggetto per ciascuno dei sottogruppi A, B, e C) per quattro giorni a settimana (dal lunedì al giovedì). In tal modo il monitoraggio dell'esposizione si è diluito lungo un arco di tempo relativamente esteso, coprendo differenti situazioni ambientali e meteorologiche, minimizzando il peso di eventuali situazioni ambientali particolari. In considerazione del disegno dello studio, e della notevole variabilità individuale nei livelli di esposizione personale tipica dei lavoratori *outdoor*, si ritiene opportuno presentare i risultati con riferimento esclusivo alle medie ed alle distribuzioni di gruppo.

Risultati

Esposizione esterna a benzene ed alchilbenzeni

La distribuzione dei valori di esposizione esterna a benzene (7 h TWA, *time weighted average*), misurati nel corso dello studio nei vigili viabilisti (gruppi A e B) e nei soggetti con mansioni amministrative (gruppo C), è mostrata nella Fig. 1. Le equazioni delle linee di tendenza mostrano una sostanziale stabilità nel livello di esposizione nel corso dello studio (periodo dicembre 1998-giugno 1999), con una leggera tendenza verso valori più bassi nei mesi più caldi, coerente con la variazione stagionale dei livelli di idrocarburi aromatici nell'aria urbana registrata dalle centraline del PMP di Roma [4].

L'aggregazione dei dati per sottogruppo (Tab. 1) mostra una netta differenza tra i valori medi di esposizione a benzene e derivati alchilici tra lavoratori con mansioni prevalentemente amministrative svolte *indoor* (gruppo C) ed i viabilisti di entrambi i gruppi (A e B) ($p < 0,0001$ per tutti gli inquinanti considerati). L'intervallo di valori di esposizione personale a benzene nei viabilisti e negli amministrativi è risultato solo parzialmente sovrapponibile: 42 misure su 143 effettuate sui viabilisti sono infatti risultate superiori al valore più alto misurato negli amministrativi ($8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Complessivamente i livelli di esposizione esterna a benzene non appaiono significativamente influenzati dall'abitudine al fumo, né tra i viabilisti (gruppi A e B), né tra gli amministrativi (gruppo C).

La disaggregazione dei dati in base alla specifica attività svolta durante il turno lavorativo non ha indicato differenze sistematiche tra viabilisti con diverse mansioni. E' interessante sottolineare tuttavia che i due

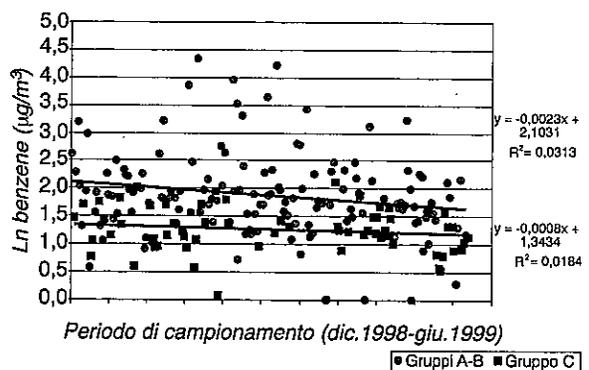


Fig. 1. - Distribuzione dei valori di esposizione personale a benzene (media di 7 ore) misurati mediante campionatori passivi durante il turno lavorativo antimeridiano in vigili addetti al controllo del traffico (gruppi A e B) ed in vigili con mansioni di ufficio (gruppo C). Ogni valore corrisponde ad una misura spot effettuata su un diverso soggetto nel corso del periodo dicembre 1998-giugno 1999.

Tabella 1. - Esposizione a benzene ed alchil-benzene nei vigili urbani del Comune di Roma ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, media su 7 ore)

Gruppo		A	B	C
Benzene	media	7,4	1,4	3,8
	DS	6,2	14,1	1,5
	mediana	5,6	6,9	3,4
	min-max	1,3-37,6	2,0-76,7	1,1-8,3
Toluene	media	32,8	38,7	12,9
	DS	31,8	48,1	7,8
	mediana	24,0	22,2	11,5
	min-max	4,7-189,6	5,0-255,6	1,2-41,8
Etilbenzene	media	6,1	9,8	2,7
	DS	6,3	15,1	1,9
	mediana	4,5	5,2	2,5
	min-max	0,4-34,6	1,2-75,3	0,5-10,8
m, p-xileni	media	22,8	34,1	9,8
	DS	23,2	45,5	6,4
	mediana	17,0	20,2	9,0
	min-max	1,1-144,4	3,0-263,7	1,2-37,2
o-xilene	media	9,3	13,9	4,2
	DS	9,5	18,9	2,6
	mediana	6,9	8,7	3,8
	min-max	1,1-56,2	0,6-110,9	0,8-12,8

A: vigili viabilisti del centro storico (72 soggetti); B: vigili viabilisti di zone semiperiferiche (71 soggetti); C: addetti ad attività di tipo amministrativo (63 soggetti). DS: deviazione standard.

valori massimi misurati riguardano soggetti in servizio di autopattuglia: ciò suggerisce che nell'ambiente confinato dell'autovettura possano, in determinate condizioni, realizzarsi concentrazioni di benzene relativamente elevate.

La parallela determinazione quantitativa di toluene, etilbenzene, m-, p-, ed o-xileni, ha mostrato una stretta correlazione tra le concentrazioni di benzene e dei suoi derivati alchilati, con valori di $r > 0,7$ in tutti i casi. L'esistenza di una correlazione tra i livelli ambientali di benzene e dei suoi derivati alchilati è peraltro ben nota, e rispecchia la comune origine da attività antropiche. Nel periodo luglio 1998-aprile 1999, in particolare, i dati delle centraline di rilevamento degli inquinanti atmosferici del Comune di Roma hanno mostrato coefficienti di correlazione tra livelli ambientali di benzene e derivati compresi tra 0,96 e 0,64 [4].

Biomarcatori di dose interna

Parallelamente alla determinazione dell'esposizione esterna attraverso il campionamento passivo dell'aria nella zona inalatoria, per tutti i soggetti studiati sono stati analizzati alcuni biomarcatori per l'esposizione al benzene, in grado di indicare il livello di dose interna integrando diverse sorgenti e vie di esposizioni. In particolare sono stati analizzati tre indicatori biologici complementari dal punto di vista metabolico e

farmacocinetico, cioè il benzene ematico, che rispecchia la quota non metabolizzata in equilibrio con la concentrazione alveolare, e due metaboliti urinari, TMA e S-PMA, che rappresentano rispettivamente un catabolita ed un prodotto specifico di reazione del benzene, in grado di accumularsi durante il periodo di esposizione.

I risultati dell'analisi dei tre biomarcatori ad inizio e fine turno nei soggetti studiati sono riassunti nella Tab. 2. I dati non mostrano differenze significative tra i tre gruppi di esposizione per i tre marcatori analizzati. Si osserva in generale un incremento nei valori dall'inizio alla fine del turno lavorativo, senza apparente relazione con il gruppo di appartenenza né con i valori di esposizione esterna al benzene misurata con i dosimetri personali. Ciò suggerisce che altri fattori, diversi dalla esposizione al traffico autoveicolare, abbiano un peso prevalente nel modulare i livelli dei biomarcatori studiati. Tra questi, il fumo di tabacco sembra avere un ruolo importante, almeno per quanto riguarda TMA e S-PMA urinari. I valori di questi biomarcatori sono infatti risultati significativamente più elevati nei fumatori rispetto ai non fumatori ($p = 0,05$ e $p = 0,01$ per TMA e S-PMA, rispettivamente). Una differenza significativa, o prossima alla significatività statistica, è stata osservata anche confrontando sottogruppi di fumatori e non fumatori omogenei per mansione (cioè solo viabilisti o solo amministrativi), rinforzando la plausibilità dell'ipotesi dell'effetto del fumo.

Tabella 2. - Marcatori di esposizione interna a benzene nei vigili urbani del Comune di Roma

Biomarcatore	Gruppo	A		B		C	
		Inizio turno	Fine turno	Inizio turno	Fine turno	Inizio turno	Fine turno
Benzene ematico µg/l	media	186,32	219,85	167,28	196,80	194,42	195,90
	DS	59,34	136,15	46,80	61,59	178,59	117,44
	mediana	184,50	195,50	172,00	185,00	171,00	180,00
Trans,trans-muconico urinario µg/g creatinina	media	80,66	129,60	82,38	97,00	72,19	125,40
	DS	109,73	269,95	140,89	229,96	58,59	149,55
	mediana	56,50	87,50	47,00	61,00	53,00	79,00
S-PMA urinario µg/g creatinina	media	1,68	2,58	1,79	2,64	2,14	2,72
	DS	1,17	1,85	1,94	1,80	1,26	1,41
	mediana	1,40	2,20	1,15	2,30	2,00	2,50

A: vigili viabilisti del centro storico (72 soggetti); B: vigili viabilisti di zone semiperiferiche (71 soggetti); C: addetti ad attività di tipo amministrativo (63 soggetti). DS: deviazione standard; S-PMA: acido S-fenilmercapturico.

Conclusioni

I risultati preliminari dell'indagine sulla esposizione a benzene nei vigili urbani del Comune di Roma presentati in questa nota indicano (per il periodo dicembre 1998-giugno 1999) livelli medi di esposizione durante il turno lavorativo antimeridiano inferiori a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene per gli addetti al controllo della viabilità nel centro storico e di poco superiori per quelli operanti in zone periferiche a medio-alto traffico. Pur con le dovute cautele nella trattazione strettamente quantitativa dei risultati, il numero elevato di soggetti coinvolti nello studio (206), l'esteso arco temporale in cui esso si è svolto, e la scelta di aree ampiamente rappresentative della realtà del traffico urbano, permettono di considerare con accettabile confidenza i livelli di esposizione misurati come tipici della intera categoria dei viabilisti. Ovviamente variazioni quantitative attorno a questi valori medi sono comunque attese in funzione dell'intensità del traffico e del livello di inquinamento conseguente.

Complessivamente, i valori medi di esposizione a benzene nei viabilisti misurati in questa indagine appaiono confrontabili con i valori misurati nell'aria urbana. I dati delle centraline del PMP indicano infatti per il 1988 un valore medio annuale compreso tra 13 e $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [4], con un trend verso valori più bassi a seguito della adozione dei provvedimenti per la limitazione del contenuto di benzene nei carburanti (luglio 1998). Tale conclusione è in linea con i risultati di studi precedenti effettuati a Padova [5] e Milano [6], che hanno indicato per i vigili urbani livelli di esposizione personale ad inquinanti non dissimili dal *background* ambientale. Questa indagine ha comunque segnalato con alcuni valori *outliers* anche la possibilità di esposizioni personali

verosimilmente superiori ai livelli ambientali.

In considerazione dei livelli di esposizione a benzene relativamente modesti misurati, non sorprende che gli indicatori di dose interna studiati, sviluppati primariamente per il monitoraggio della esposizione in ambienti lavorativi con livelli di esposizione prossimi ai TLV occupazionali ($3250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ o superiori), non abbiano mostrato significative differenze tra viabilisti e soggetti che svolgono attività di tipo amministrativo. Indicazioni simili sono state fornite dagli studi sopra citati, anche per quanto riguarda il possibile contributo del fumo di tabacco nella esposizione interna a benzene. Seppure confrontabili in prima approssimazione con i livelli di contaminazione ambientale, l'esposizione personale a benzene e sostanze correlate dei vigili viabilisti risulta significativamente più elevata di quella del personale amministrativo, indipendentemente dal contributo di altre fonti come il fumo di tabacco, sia attivo che passivo. Sebbene i dati disponibili non permettano una valutazione quantitativa del rischio di effetti a lungo termine tra i viabilisti, le informazioni note sul meccanismo d'azione del benzene, un cancerogeno genotossico, fanno ritenere in via cautelativa che anche l'esposizione a dosi molto basse come quelle misurate in questo studio non siano teoricamente del tutto prive di rischi. Appare quindi raccomandabile sia l'attivazione di programmi periodici di sorveglianza della esposizione a benzene ed eventualmente ad altri inquinanti genotossici o cancerogeni, che l'adozione di eventuali misure atte a ridurre le esposizioni più elevate.

Ringraziamenti

Lo studio descritto in questo rapporto è stato condotto da una unità operativa dell'Istituto Superiore di Sanità coordinata da Riccardo Crebelli, responsabile della linea di ricerca, in collaborazione con

Francesco Tomci, Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università "La Sapienza" di Roma e Sergio Ghittori, Fondazione Salvatore Maugeri, Pavia. Si ringraziano quanti, affiliati agli istituti sopra citati, hanno collaborato a vario titolo allo studio, nonché i medici competenti ed il Comune di Roma per la collaborazione prestata.

La ricerca è stata parzialmente finanziata dal Ministero dell'Ambiente, nell'ambito delle "Azioni nazionali in materia di ricerca ambientale (Legge 305/89)" (Programma triennale per la tutela dell'ambiente, Progetto PR22-IS, responsabile Angelo Carere).

Lavoro presentato su invito.
Accettato il 22 marzo 2000.

BIBLIOGRAFIA

1. GHITTORI, S., FIORENTINO, M.L., MAESTRI, L., CORDIOLI, G. & IMBRIANI, M. 1993. Urinary excretion of unmetabolized benzene as an indicator of benzene exposure. *J. Toxicol. Env. Health* **38**: 233-243.
2. MAESTRI, L., GHITTORI, S., GRIGNANI, E., FIORENTINO, M.L. & IMBRIANI, M. 1993. Dosaggio di un metabolita del benzene, l'acido S-fenilmercapturico urinario (S-PMA), nell'uomo, mediante HPLC. *Med. Lav.* **84**: 55-65.
3. MAESTRI, L., GHITTORI, S., FIORENTINO, M.L. & IMBRIANI, M. 1995. Il dosaggio dell'acido *trans, trans*-muconico urinario a basse concentrazioni. *Med. Lav.* **86**: 40-49.
4. REGIONE LAZIO. *Relazione 1998 della rete regionale di rilevamento dell'inquinamento atmosferico della Regione Lazio*. Azienda USL RM/B, Presidio Multizonale di Prevenzione, Roma.
5. PRIANTE, E., SCHIAVON, I., BOSCHI, G., GORI, G., BARTOLUCCI, G.B., SOAVE, C., BRUGNONE, F. & CLONFERO, E. 1996. Esposizione agli inquinanti dell'aria urbana dei vigili municipali. *Med. Lav.* **87**: 314-322.
6. FUSTINONI, S., BURATTI, M., GIAMPICCOLO, R. & COLOMBI A. 1995. Biological and environmental monitoring of exposure to airborne benzene and other aromatic hydrocarbons in Milan traffic wardens. *Toxicol. Lett.* **77**: 387-392.