



LINEA PROGETTUALE 4

Valutazione epidemiologica degli effetti sanitari

AZIONE 2

Studio di mortalità della coorte dei lavoratori

Relazione finale

AUSL di Reggio Emilia, Dipartimento di Sanità Pubblica, Unità di Epidemiologia.
Ferdinando Luberto

Maggio 2010

www.monitor.it

Il progetto Monitor: organizzazione di un sistema di sorveglianza ambientale e valutazione epidemiologica nelle aree circostanti gli impianti di incenerimento in Emilia-Romagna, è promosso dagli assessorati Politiche per la salute e Ambiente, riqualificazione urbana della Regione, in collaborazione con Arpa

Studio di mortalità degli addetti alla conduzione e manutenzione degli inceneritori di rifiuti solidi urbani in Emilia-Romagna

Ferdinando Luberto

AUSL di Reggio Emilia, Dipartimento di Sanità Pubblica, Unità di Epidemiologia.

Introduzione

L'attività lavorativa all'interno degli inceneritori espone a numerose sostanze tossiche e/o cancerogene certe o probabili derivanti dai processi di combustione, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici, sostanze clorurate, numerosi metalli, polveri organiche e inorganiche.

Solo due studi analizzano l'esperienza di mortalità di lavoratori addetti esclusivamente alla manutenzione e conduzione di inceneritori di rifiuti solidi urbani (RSU).

Uno studio retrospettivo svedese su 176 maschi che avevano lavorato per almeno un anno tra il 1920 e il 1985 in un impianto svedese ha rilevato un eccesso significativo di tumori del polmone (Rapporto Standardizzato di Mortalità [RSM]: 3,5) utilizzando come tassi di riferimento quelli nazionali e un eccesso non significativo (RSM: 2,0) utilizzando i tassi locali. Veniva rilevato un eccesso di mortalità per patologie ischemiche cardiache che diventava significativo per i soggetti con più di 40 anni di esposizione (1).

La stessa coorte è stata studiata, insieme ad altre tre diverse coorti esposte, in relazione al rapporto tra prodotti di combustione e tumore dell'esofago. Complessivamente è stato rilevato un eccesso significativo di mortalità (RSM: 2,89, 19 osservati), ma gli addetti all'inceneritore contribuivano con un solo caso (RSM: 1,50, non significativo) (2).

Rapiti e altri (3) hanno analizzato la mortalità di 532 soggetti maschi addetti all'incenerimento e al riciclo dei rifiuti dal 1962 in due impianti alla periferia di Roma. Al termine del follow-up (1965-1992) la mortalità generale è risultata significativamente inferiore all'atteso (RSM: 0,71) e non è stato rilevato un eccesso di neoplasie (RSM: 0,95) né di tumori del polmone (RSM: 0,55; IC 95%: 0,15-1,42). Veniva invece rilevato un eccesso di tumori dell'apparato digerente legato principalmente ai tumori dello stomaco (RSM: 2,79; IC 95%: 0,94-6,35). L'eccesso di tumori dello stomaco risultava significativo nei soggetti con più di 10 anni di esposizione (3 osservati; RSM: 4,21; IC 95%: 1,26-11,9) e veniva ricondotto alla possibile esposizione a polveri organiche e ad endotossine batteriche nella fase di separazione dei rifiuti.

Un eccesso di tumori della vescica è stato segnalato nella subcoorte dei soggetti maggiormente esposti in due aziende chimiche dell'Alabama (4). L'eccesso appare legato in maniera quasi esclusiva agli operatori del trattamento dei rifiuti, addetti all'incenerimento o alle acque di scarico dei rifiuti, tutti inseriti nella popolazione ad alto rischio, ma non sono specificate le modalità di lavoro e il tipo di rifiuti trattati.

In uno studio caso-controllo su casistica autoptica su rischio di tumore del polmone e occupazione in Russia è stato infine rilevato un eccesso di rischio per gli addetti all'incenerimento dei rifiuti che aumentava con la durata del periodo lavorativo (5).

Per quanto riguarda la morbosità, uno studio trasversale americano (6) su 89 lavoratori maschi non ha rilevato una associazione tra esposizione (alta /bassa) e effetti sulla salute (funzionalità polmonare, ipertensione, proteinuria, esami ematologici).

Uno studio simile (7) condotto in Francia su 102 addetti a inceneritori e 94 controlli maschi basato su questionario, PFR e prelievi ematici non aveva rilevato differenze nei sintomi generali. Era presente una relazione significativa tra esposizione sintomi cutanei e tosse e la riduzione di vari parametri polmonari. I test epatici ed ematologici mostravano, con valori compresi in un range di

normalità, un eccesso significativo del numero di globuli bianchi negli esposti e livelli più elevati di piombo.

Lo stesso gruppo di lavoro ha successivamente condotto una indagine longitudinale su 83 lavoratori di due inceneritori e 76 controlli (8). I valori basali delle prove di funzionalità respiratorie erano più bassi tra i lavoratori con un peggioramento, lieve al primo anno ma significativo al terzo, dei sintomi ostruttivi. Il danno, in accordo con i bassi livelli di esposizione ambientale, era tuttavia moderato.

In una survey condotta in Giappone (9) non sono emerse correlazioni tra livelli di diossine e alterazioni dermatologiche. Anche per quanto riguardava gli esami emato-chimici e i test immunologici, anche se i valori erano più elevati rispetto al gruppo di controllo, non c'era evidenza di un rapporto con la concentrazione di diossine ematiche.

Hu e altri (10) hanno rilevato nei lavoratori di un inceneritore esposti a IPA e diossine livelli significativamente più elevati di citocromo P 450 B1 nei soggetti più esposti e suggerisce l'utilizzo di questa espressione genica come potenziale marker di dose effettiva.

A Taiwan (11) su 133 lavoratori maschi di un inceneritore di rifiuti municipali è stato rilevato un incremento di soggetti con livelli anomali di colesterolo (OR: 2,8 IC: 1,0-7,9) tra i lavoratori a esposizione alta rispetto a quelli meno esposti. I lavoratori più esposti mostrano un eccesso di rischio consistente, sebbene non significativo, anche per gli enzimi epatici.

Per quanto riguarda gli indicatori di esposizione, non è stato rilevato un aumento della piombemia rispetto a un gruppo di controllo in 56 lavoratori di 3 inceneritori di New York (12).

Uno studio condotto a Taiwan segnala un aumento significativo delle concentrazioni ematiche ed urinarie di arsenico rispetto ai controlli in 122 operai di un inceneritore (13).

Risultati contrastanti sono stati ottenuti in 4 differenti studi, 2 giapponesi (14-15) e 2 tedeschi (16-17), condotti alla fine degli anni '90 sulla relazione tra attività lavorativa in inceneritori e livelli ematici di paraclorodibenzodiossine (PCDD), dibenzofurani (PCDF) e paraclorobifenili (PCB).

Più di recente Shih (18) ha rilevato su 35 manutentori di un inceneritore un incremento significativo rispetto ai livelli basali di PCDD/PCDF ematico un mese dopo la conclusione della manutenzione annuale.

In Corea del Sud (19) sono stati rilevati su 13 addetti di 2 inceneritori livelli leggermente più elevati di polibromodifenileteri (PBDE) rispetto a 22 controlli, mentre PCDD e PCB erano più elevati nei non esposti.

Park et al.(20) hanno determinato le concentrazioni sieriche di PCDD/F e PCB in addetti a inceneritori di rifiuti industriali, urbani, in residenti vicino agli inceneritori e in soggetti non esposti. I livelli di PCDD/F erano più che doppi negli addetti ai rifiuti tossici rispetto a residenti e controlli, mentre gli addetti ai rifiuti urbani mostravano i livelli più bassi. I livelli di PCB erano invece simili in tutti i gruppi di soggetti.

Un aumento della mutagenicità urinaria è stato rilevato, in 104 addetti in 7 inceneritori in USA rispetto a un gruppo di controllo (21), mentre in un altro studio su 4 inceneritori americani non è stata rilevata una associazione tra esposizione e attività mutagena urinaria (22).

Yoshida (23) ha rilevato una associazione inversa tra livelli sierici di diossine e mutagenesi urinaria (29 lavoratori) e danni ossidativi del DNA (57 lavoratori) negli addetti a un inceneritore in Giappone.

In uno studio condotto in Corea (24) non sono state rilevate differenze nei livelli ematici di PCDD/F tra gli addetti all'inceneritore di rifiuti municipali e i residenti nella stessa area. I livelli erano invece significativamente superiori nei residenti vicino all'inceneritore di rifiuti industriali che mostravano anche un significativo aumento degli indicatori di stress ossidativo (Malonildialdeide, 8-Idrossidesossiguanosina) rispetto a lavoratori e residenti vicino all'inceneritore urbano.

Scopo primario di questo lavoro era quello di analizzare l'esperienza di mortalità di una coorte di addetti a 7 inceneritori di rifiuti solidi urbani in Emilia-Romagna, ricostruita retrospettivamente, in relazione alla durata dell'esposizione e alla latenza.

Secondariamente era ipotizzata la possibilità di valutare l'incidenza dei tumori maligni e i ricoveri ospedalieri in confronto con la popolazione generale.

Era ipotizzata anche una collaborazione con i medici di azienda per acquisire informazioni sulle abitudini di vita da utilizzare per stimare sull'intera coorte la presenza di eventuali confondenti.

Era prevista anche la costruzione di una job-exposure matrix, utilizzando un modello finlandese (25), al fine di cercare di attribuire un livello di esposizione alle diverse mansioni.

Materiali e metodi

Lo studio è un tipico studio di coorte occupazionale retrospettivo e riguarda i soggetti che hanno lavorato per almeno 6 mesi tra l'avvio dell'impianto e il 31.12.2007 in uno dei 7 inceneritori di rifiuti solidi urbani presenti in regione. Sono stati esclusi dallo studio il termovalorizzatore di Piacenza, attivo solo da pochi anni, e quello di Parma, chiuso da tempo e per il quale è stata verificata l'impossibilità di recuperare informazioni sui lavoratori.

Sono stati acquisiti in varie fasi dai due gestori degli impianti, Enìa ed Hera, gli elenchi cartacei o informatizzati dei lavoratori addetti agli impianti.

La fonte primaria utilizzata sono i libri matricola aziendali e la ricerca è stata effettuata a ritroso per un cospicuo numero di anni. La difficoltà principale ha riguardato l'assenza di libri matricola dedicati agli inceneritori e il lungo periodo di calendario, con numerosi cambi di proprietà o di gestione degli impianti.

L'accertamento dello stato in vita è stata effettuato in maniera attiva tramite contatto postale con i comuni di residenza.

Copia delle schede di morte è stata richiesta ai Dipartimenti di Sanità Pubblica delle Aziende USL competenti per territorio.

Sono stati inoltre acquisiti dal Laboratorio tossicologico di Scandiano dell'AUSL di Reggio Emilia i dati di monitoraggio biologico degli addetti all'inceneritore di Reggio Emilia.

Risultati

Sono stati acquisiti i nominativi di 485 addetti agli inceneritori di RSU. 17 soggetti sono stati esclusi dallo studio in quanto non rispettavano i criteri di inclusione. La coorte è dunque composta da 468 soggetti, 454 maschi e 14 femmine.

La distribuzione per anno degli addetti nei singoli impianti è riportata nella tabella 1.

Appare evidente come il numero di lavoratori sia nettamente sottostimato nei primi anni di attività di ogni impianto.

La situazione appare diversificata, ma in generale il numero di addetti appare congruo alle attività svolte solo a partire dalla seconda metà degli anni '80. La situazione appare particolarmente critica a Bologna, Ferrara, Forlì e Modena. Più del 15% dei lavoratori era stato assunto prima dell'avvio del rispettivo impianto e in precedenza svolgeva altre mansioni, in genere spazzamento o raccolta.

Anno	Ravenna	Modena	Forlì	Rimini	Ferrara	Bologna	HERA	Reggio
1968								13
1969								13
1970								13
1971								14
1972								15
1973						11	11	16
1974						12	12	16
1975						12	12	15
1976			1	11	9	13	34	15
1977			2	12	9	13	36	15
1978			2	12	9	15	38	15
1979			2	17	10	16	45	16
1980		9	3	20	10	17	59	17
1981		10	4	22	10	18	64	18
1982		13	5	23	11	24	76	21
1983		13	7	23	12	29	84	20
1984		13	7	23	12	29	84	20
1985		14	10	23	13	33	93	22
1986		16	28	24	16	33	117	26
1987		16	32	24	16	33	121	26
1988		18	35	24	16	41	134	29
1989		20	39	25	19	49	152	30
1990		22	33	26	22	54	157	25
1991		27	34	25	27	58	171	25
1992		40	35	30	34	63	202	26
1993		41	38	30	36	71	216	25
1994		37	35	30	46	74	222	22
1995		40	35	39	48	79	241	22
1996		42	35	41	52	78	248	23
1997		42	37	48	51	73	251	25
1998		42	40	51	51	69	253	24
1999	48	41	41	52	50	69	301	25
2000	48	40	42	53	51	61	295	26
2001	48	39	42	56	50	60	295	27
2002	47	39	42	57	50	59	294	25
2003	46	39	41	56	48	56	286	25
2004	45	39	40	49	48	53	274	27
2005	47	39	40	47	47	48	268	27
2006	46	39	40	46	47	48	266	28
2007	46	39	40	44	46	46	261	27

Tab. 1: numero di addetti per anno e per impianto. Le celle evidenziate e in grassetto corrispondono alla data di consegna degli impianti e ad aumenti o riduzioni delle linee.

- Ravenna e Ferrara 1 linea.
- Forlì e Reggio Emilia 2 linee.
- Modena 2 linee dal 1980 al 1995; 3 linee dal 1995.
- Rimini 2 linee dal 1976 al 1991; 3 linee dal 1991.
- Bologna 3 linee dal 1973 al 1993; 2 linee dal 1993.

La tabella 2 riporta l'esito dell'accertamento dello stato in vita al 31.12.2007. Al termine del follow-up più del 95% della coorte risultava vivente e si erano verificati 11 decessi. La quota di persi appare soddisfacente e in linea con la buona pratica epidemiologica.

	Maschi	Femmine	Totale	%
Vivi	432	13	445	95,09
Deceduti	11		11	2,35
<i>Causa nota</i>	10		10	90,9
<i>Causa sconosciuta</i>	1		1	11,1
Persi	12		12	2,56
Totale	455	13	468	100,00

Tabella 2: esito del follow-up al 31.12.2007.

La tabella successiva riporta la suddivisione per classi di età dei componenti della coorte all'assunzione e al termine del follow-up.

Età (anni) all'ingresso nella coorte			Media	deviazione standard
	N.	%		
< 20	9	1,92	31,73	7,64
20-29	203	43,38		
30-39	189	40,38		
40-49	60	12,82		
50+	7	1,50		
Totale	468	100,00		

Età (anni) al termine del follow-up o al decesso			Media	deviazione standard
	N.	%		
< 30	19	4,06	46,33	8,05
30-39	82	17,52		
40-49	195	41,67		
50-59	161	34,40		
60+	11	2,35		
Totale	468	100,00		

Tabella 3: distribuzione per età della coorte all'assunzione e al termine del follow-up.

Si tratta di una coorte molto giovane, soprattutto a causa della sottorappresentazione dei soggetti che hanno lavorato negli anni più remoti.

Anche la durata dell'esposizione è bassa e solo poco più del 20% ha lavorato negli impianti di incenerimento per più di 20 anni (tab. 4).

Durata dell'esposizione (anni) per classi di età			Media	deviazione standard
	N.	%		
0-4	45	9,62	14,58	7,07
5-9	94	20,09		
10-14	105	22,44		
15-19	121	25,85		
20-24	69	14,74		
25-29	22	4,70		
30+	12	2,56		
Totale	468	100,00		

Tabella 4: durata dell'esposizione in anni per classe di età.

La coorte, infine, ha totalizzato 6.776,0 anni persona a rischio.

La tabella 5 riporta la distribuzione dei decessi per gruppi di cause.

Cause di morte	ICD-IX	N.	%
Tumori maligni	140-208	5	45,46
Malattie cardiovascolari	390-459	4	36,36
Traumatismi e avvelenamenti	800-999	1	9,09
Causa sconosciuta		1	9,09
Totale		11	100,00

Tabella 5: distribuzione delle cause di morte nella coorte.

Si sono verificati 5 decessi per tumore, di cui 2 per tumore del polmone e 1 rispettivamente per tumore dello stomaco, della laringe e del sistema emolinfopoietico.

Nei primi mesi del 2008, poco dopo il termine del follow-up, sono stati registrati altri 2 decessi, uno dei quali per tumore del polmone.

I dati di monitoraggio biologico dei metalli, disponibili solo per gli addetti all'inceneritore di Reggio Emilia, hanno mostrato valori medi nettamente inferiori ai valori limite biologici per gli ambienti di lavoro e nella maggior parte dei casi sostanzialmente sovrapponibili ai valori di riferimento per la popolazione non esposta.

In sintesi si tratta di una coorte di piccole dimensioni, giovane e con ridotto numero di decessi.

Discussione

Lo studio occupazionale riguarda i lavoratori addetti a 7 termovalorizzatori, avendo escluso Piacenza il cui avvio è molto recente.

Lo studio è dipeso completamente, per la sua realizzazione, dalla collaborazione dei gestori, che sono i detentori dei dati necessari per la costruzione della coorte.

Il progetto ha avuto una "storia" particolare. Dopo i contatti istituzionali, nel corso dei primi incontri con i gestori, Enìa ed Hera, estate 2007, erano stati chiariti gli scopi della ricerca e i dati indispensabili, con particolare riguardo alla loro completezza e accuratezza. C'è stata una lunga interruzione del flusso informativo. In sostanza le attività sono riprese nel 2008, è stata fornita una prima versione dei files a maggio e una seconda con le integrazioni richieste a luglio.

Dopo le prime verifiche sui dati forniti, considerando anche il ritardo accumulato dall'azione, si è deciso di proseguire lungo due direzioni:

- l'avvio in ogni caso della ricerca dello stato in vita presso le anagrafi comunali per i nominativi disponibili;
- il controllo della validità delle informazioni ricevute tramite verifiche interne ed esterne.

Il secondo punto appare critico e indispensabile ad assicurare criteri di validità allo studio. La tab. 1 mostra in modo chiaro come l'arruolamento della coorte sia incompleto, soprattutto per gli anni più remoti, che sono quelli più importanti per uno studio di questo tipo, creando un notevole bias di selezione.

Nonostante l'impegno, i gestori sono stati in grado di risolvere i problemi formali, ma non di migliorare il reclutamento dei lavoratori.

In particolare, non risultano inclusi nella coorte:

- i lavoratori addetti in modo non esclusivo agli inceneritori, tra i quali certamente sono presenti addetti alla manutenzione, ordinaria o straordinaria, degli impianti. Questi soggetti rientrano presumibilmente tra quelli a maggior esposizione;
- i lavoratori delle aziende che hanno costruito e avviato gli impianti, che non erano alle dipendenze dei gestori e che hanno lavorato negli inceneritori nei primi anni di attività degli stessi;
- i dipendenti dei comuni o delle precedenti aziende che gestivano gli impianti e che non sono stati assunti dalle nuove società al momento del passaggio della proprietà e della gestione.

Una successiva verifica è stata effettuata contattando alcuni comuni grandi, e quindi maggiormente informatizzati, per verificare la possibilità di risalire ai loro dipendenti che avevano lavorato negli inceneritori. Anche questa verifica si è rilevata infruttuosa.

Un'ulteriore e ultima verifica è stata effettuata contattando i Servizi di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (SPSAL) per un controllo del fascicolo aziendale.

La situazione è risultata molto varia, ma sostanzialmente non soddisfacente. È stata recuperata documentazione nominativa relativa alla sorveglianza sanitaria o a dati di monitoraggio biologico risalente al periodo tra la fine degli anni '70 e i primi anni '90 solo in 3 SPSAL (Ferrara, Forlì e Reggio Emilia).

Il controllo incrociato tra dati forniti da Enìa per l'inceneritore di Reggio Emilia e dati SPSAL appare abbastanza soddisfacente. Il confronto tra i dati degli altri impianti, gestiti da Hera, e dati SPSAL mostra notevoli discrepanze sia per quanto riguarda i nominativi, che le date di assunzione e la mansione riportata.

Conclusioni

I risultati preliminari riportati in questa relazione sono stati presentati al Comitato Scientifico Monitor del 1 luglio 2009.

In considerazione dei problemi riscontrati nella ricostruzione accurata dei componenti della coorte, è stato deciso di sospendere lo studio e di non procedere all'analisi dei dati.

La coorte potrà essere aggiornata successivamente, dunque con un disegno dello studio retrospettivo/prospettico), lavorando solo a partire dal periodo in cui i dati forniti dai gestori sono considerati affidabili.

Ovviamente, lavorando su soggetti più giovani e con esposizione di breve durata, sarà necessario attendere che venga accumulato un congruo numero di anni persona a rischio.

Gruppo di lavoro Linea progettuale 4 - Azione 2	
Ferdinando Luberto – Responsabile azione	AUSL RE – DSP- Unità di Epidemiologia
Silvia Candela – Responsabile linea progettuale	AUSL RE – DSP- Unità di Epidemiologia
Paola Angelini	Regione ER – Servizio di Sanità Pubblica
Collaborazione e supervisione	
Francesco Forastiere	ASL RM/E – Dipartimento di Epidemiologia

Si ringraziano i seguenti operatori SPSAL che hanno collaborato allo studio:

Marco Broccoli	Azienda USL di Ravenna
Daniela Cervino	Azienda USL di Bologna
Emanuela Cicognani	Azienda USL di Forlì
Salvatore Minisci	Azienda USL di Ferrara
Pierpaolo Neri	Azienda USL di Rimini
Milva Olmi	Azienda USL di Reggio Emilia
Donata Serra	Azienda USL di Modena
Lamberto Veneri	Azienda USL di Forlì

Un ringraziamento particolare ai dirigenti dei gestori, e ai loro collaboratori, che hanno contribuito fattivamente allo studio, in particolare:

HERA S.p.A.

Ennio Dottori Direzione Centrale Qualità Sicurezza e Ambiente

Maurizio Magagni Direzione Centrale Personale e Organizzazione

ENIA S.p.A.

Franco Ghizzoni Responsabile gestione impianti di cogenerazione, teleriscaldamento e di incenerimento di Reggio Emilia

Bibliografia

1. Gustavsson P. Mortality among workers at a municipal waste incinerator. *Am J Ind Med* 1989; 15: 245-253.
2. Gustavsson P, Evanoff B, Hogstedt C. Increased risk of esophageal cancer among workers exposed to combustion products. *Arch Environ Health* 1993; 50: 243-245.
3. Rapiti E, Sperati A, Fano V, Dell'Orco V, Forastiere F. Mortality among workers at municipal waste incinerators in Rome: a retrospective color study. *Am J Ind Med* 1997; 31: 659-661.
4. Alexander BH, Olsen GW, Burris JM, Mandel JH, Mandel JS. Mortality of employees of a perfluorooctanesulphonyl fluoride manufacturing facility. *Occup Environ Med* 2003; 60: 722-729.
5. Baccarelli A, Tretiakova M, Gorbanev S. et al. Occupation and lung cancer risk in Leningrad Province, Russia. *Med Lav* 2005; 96: 142-154.
6. Bresny EA, Roseman J, Becker D, Gracely E. Morbidity among municipal waste incinerators workers. *Am J Ind Med* 1992; 22: 363-378.
7. Hours M, Anzivino-Viricel L, Maitre A. et al. Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study. *Int Arch Occup Environ Health* 2003; 76: 467-472.
8. Charbotel B, Hours M, Perdrix A, Anzivino-Viricel L, Bergeret A. Respiratory function among waste incinerator workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78: 65-70.
9. Takata T. Survey on the health effects of chronic exposure to dioxins and its accumulation on workers of a municipal solid waste incinerator, rural part of Osaka prefecture and the results of extended survey afterwards. *Ind Health* 2003; 41: 189-196.
10. Hu SW, Chen CC, Kuo CY, Lin P. Increased cytochrome P4501B1 gene expression in peripheral leukocytes of municipal waste incinerator workers. *Toxicol Lett* 2006; 160: 122-120.
11. Hu SW, Cheng TJ, ChangChien GP, Chan CC. Association between dioxins/furans exposures and incinerator workers' hepatic function and blood lipids. *J Occup Environ Med* 2003; 45: 601-608.
12. Malkin R, Brandt-Rauf P, Graziano J, Paridies M. Blood lead levels in incinerators workers. *Environ Res* 1992; 59: 265-270
13. Chao CL, Hwang KC. Arsenic burden survey among refuse incinerator workers. *J Postgrad Med* 2005; 51: 98-103.
14. Kitamura K, Kitachu Y, Watanabe S. et al. Health effects of chronic exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), dibenzofurans (PCDF) and coplanar PCB (Co-PCB) of municipal waste incinerator workers. *Am J Epidemiol* 2000; 10: 262-270.
15. Kumagai S, Koda S, Miyakita T. et al. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran concentrations in the serum samples of workers at continuously burning municipal waste incinerators in Japan. *Occup Environ Med* 2000; 10: 57: 204-210.
16. Schecter A, Papke O, Ball M, Lis A, Brandt-Rauf P. Dioxin concentrations in blood of workers at municipal waste incinerators. *Occup Environ Res* 1995; 52: 385-387.
17. Wrbitzky R, Beyer B, Thoma H. et al. Internal exposure to polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) of Bavarian chimney sweeps. *Arch Environ Contam Toxicol* 2001; 40: 136-140.
18. Shih TS, Chen HL, Wu YL, Lin YC, Lee CC. Exposure assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) in temporary municipal waste incinerator maintenance workers before and after annual maintenance. *Chemosphere* 2006; 64: 1444-1449.
19. Kim BH, Ikonomou MG, Lee SJ, Kim HS, Chang YS. Concentrations of polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans, and polychlorinated biphenyls in human blood samples from Korea. *Sci Total Environ* 2005; 336: 45-56.

20. Park H, Ikonomou MG, Kim HS, Choi GW, Chang YS. Dioxin and dioxin-like PCB profiles in the serum of industrial and municipal waste incinerator workers in Korea. *Environ Int* 2009; 35: 580-587.
21. Scarlett JM, Babish JG, Blue JT, Voekler WE, Lisk DJ. Urinary mutagens in municipal refuse incinerator workers and water treatment workers. *J Toxicol Environ Health* 1990; 31: 11-27.
22. Ma XF, Babish JG, Scarlett JM, Gutenmann WH, Lisk DJ, Mutagens in urine sampled repetitively from municipal refuse incinerator workers and water treatment workers. *J Toxicol Environ Health* 1992; 37: 483-494.
23. Yoshida J, Kumagai S, Tabuchi T, et al. Negative association between serum dioxin levels and oxidative DNA damage markers in municipal waste incinerator workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 115-122.
24. Leem J-H, Hong Y-C, Lee K-H. Health survey on workers and residents near the municipal waste and industrial waste incinerators in Korea. *Ind Health* 2003; 41: 181-188
25. Kauppinen T, Toikkanen J, Pukkala E. From cross-tabulations to multipurpose exposure information system: a new job-exposure matrix. *Am J Ind Med* 1998; 33: 409-417.