

MONITORAGGIO AMBIENTALE E BIOLOGICO
DELL'ESPOSIZIONE A PERCLOROETILENE
IN UNA LAVANDERIA INDUSTRIALE

I. MACCÀ, M. CARRIERI, E. GIARIN, G. GUARNIERI, S. VOGLIARDI, A. TREVISAN,
M. MANNO, G.B. BARTOLUCCI

INTRODUZIONE

L'esposizione a Percloroetilene (PCE), solvente largamente utilizzato per le operazioni di smacchiatura e pulitura nelle lavanderie a secco, è in grado di produrre effetti a livello epatico, renale e del sistema nervoso centrale (1). Solamente nel Veneto comporta una potenziale esposizione al rischio per 7.391 addetti in 2.123 aziende presenti nel territorio regionale (dai registri della Camera di Commercio aggiornati al giugno 1996); sono prevalentemente aziende di tipo artigianale che occupano nel 69,2% dei casi da 1 a 3 addetti, mentre solo l' 8,2% sono di rilevanti dimensioni con più di 10 addetti.

Il nostro studio ha interessato una lavanderia industriale della provincia di Padova con lo scopo di validare diversi sistemi di campionamento ambientale del PCE e di identificare l'indicatore più affidabile per il monitoraggio biologico.

MATERIALE E METODI

La lavanderia oggetto del nostro studio occupa 13 addetti, di cui 6 maschi e 7 femmine. Si tratta di una lavanderia a secco di tipo industriale ubicata in un unico capannone di grandi dimensioni, nella quale vengono eseguiti il lavaggio e la successiva stiratura/rifinitura di capi in pelle. Nell'azienda vi sono 7 macchine di lavaggio con PCE, delle quali 3 o 4 funzionavano contemporaneamente al momento dell'indagine; vi sono inoltre 4 banchi di stiratura sui quali si eseguono

Istituto di Medicina del Lavoro, Università degli Studi di Padova.

al bisogno anche operazioni di smacchiatura manuale con PCE. Alcuni addetti eseguono, in cabina aspirata, operazioni di rifinitura/verniciatura di alcuni capi in pelle con pistola a spruzzo, utilizzando prodotti che non contengono solventi. Nello stesso ambiente vengono stoccati i capi puliti e quelli da lavare.

L'indagine si è svolta nell'arco di una settimana lavorativa. Per il monitoraggio ambientale, ogni giorno è stata eseguita una serie di campionamenti fissi nelle tre postazioni più significative (zona lavatrice, zona deposito abiti, zona smacchiatura), effettuando contemporaneamente per confronto sia campionamenti con il tradizionale sistema attivo con fiale di carbone (tipo Jumbo) e pompa aspirante che campionamenti passivi sia con un dispositivo a diffusione facciale (TK200) (2) che con uno a diffusione radiale (Radiello) (3). Sono stati inoltre eseguiti campionamenti personali su tutti gli addetti, in alcuni casi in triplo (come per i campionamenti fissi) ed in altri con il solo Radiello. Per ogni posizione di lavoro e per ogni soggetto è stato monitorato l'intero turno di lavoro, eseguendo due prelievi che coprivano i due emiturni. Le successive analisi sono state effettuate per via gascromatografica con rivelatore ECD previo desorbimento con solfuro di carbonio secondo la metodica NIOSH.

Sono state inoltre effettuate delle misure istantanee, utilizzando fiale colorimetriche Kitagawa, durante le fasi di lavoro più critiche nelle quali si possono registrare picchi di inquinamento da PCE. Anche in questo caso è stato effettuato un certo numero di campionamenti contemporanei per confronto con fiale di carbone attivo.

Per tutti i soggetti sono stati infine raccolti campioni urinari ed ematici a fine turno del giovedì e prima dell'inizio del turno del venerdì su cui sono stati dosati rispettivamente l'acido tricloroacetico (TCA) ed il PCE tal quale; le analisi sono state effettuate con metodica gascromatografica con rivelatore ECD (4).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Per quanto riguarda gli aspetti metodologici del monitoraggio ambientale, i circa 60 campionamenti effettuati in triplo hanno evidenziato l'ottima concordanza dei dati ottenuti con i tre diversi sistemi di prelievo: le correlazioni sono risultate ottime sia tra attivo e passivi (con TK200: $r=0,98$; $y=0,297+0,995x$ - con Radiello: $r=0,96$; $y=0,203+0,925x$) che mettendo a confronto tra loro i due sistemi a diffusione ($r=0,97$; $y=0,153+1,041x$). Ciò costituisce l'ennesima conferma del fatto che il campionamento passivo è un'ottima alternativa a quello attivo, presentando il vantaggio del basso costo e della maggiore praticità soprattutto per i campionamenti personali, per i quali il minor ingombro permette un monitoraggio più semplice ed estensivo. Anche le fiale colorimetriche sono risultate parimenti affidabili, in quanto 12 prelievi di breve durata eseguiti in contemporanea anche con

fiale di carbone attivo hanno evidenziato un'ottima concordanza dei livelli di concentrazione di PCE misurati con i due metodi ($r = 0,92$; $y = 0,937 + 1,001x$).

In tabella I sono riportati i dati relativi alle concentrazioni di PCE misurate con campionamento fisso, nei vari giorni dell'indagine e nelle diverse zone dell'azienda: in nessuna delle posizioni esaminate viene superato né avvicinato il TLV di 25 ppm adottato per il PCE dall'ACGIH (5). Le concentrazioni più elevate sono state riscontrate nella giornata di lunedì, con picchi di inquinamento nella mattinata: ciò può essere messo in relazione ad una rilevante attività lavorativa svolta in quella giornata e soprattutto ad un ristagno di inquinanti in ambiente nei due giorni di interruzione di attività. Dai dati si nota come la zona delle macchine di lavaggio presenti tutti i giorni della settimana le concentrazioni maggiori, con valori mai inferiori ad 1 ppm; tuttavia anche le zone deposito abiti e stiratura/smacchiatura non sono del tutto esenti da inquinamento, sia perché inserite nello stesso capannone senza alcuna separazione specifica, sia perché nella zona deposito si registra ancora una certa cessione di PCE dagli abiti lavati, mentre nella zona stiratura la smacchiatura manuale è effettuata con PCE.

In tabella II sono riportate le concentrazioni di PCE riscontrate con campionamenti istantanei durante le fasi di lavoro più critiche: si vede come le fasi a maggior rischio sono quelle di apertura e scarico della macchina di lavaggio, nelle quali abitualmente si supera il TLV-STEL di 100 ppm. Tali picchi di inquinamento hanno tuttavia durata breve, in quanto già dopo 5 minuti dalla fine dello scarico il livello di PCE in aria si riduce a 35 ppm. L'operazione di smacchiatura comporta dei picchi di inquinamento più contenuti, mai superiori al TLV-STEL (valore massimo 40 ppm), e che comunque rapidamente decrescono (dopo 5 minuti sono state riscontrate 6 ppm).

I campionamenti personali hanno evidenziato che il soggetto maggiormente esposto risulta essere l'addetto alle macchine di lavaggio,

TABELLA I. *Andamento dell'inquinamento da PCE in ppm rilevato con campionamenti fissi in varie zone dell'azienda nelle cinque giornate lavorative.*

Zona campionamento	Lunedì		Martedì		Mercoledì		Giovedì		Venerdì	
	M	P	M	P	M	P	M	P	M	P
Lavatrice	6.95	5.54	5.20	2.30	4.54	1.88	1.34	1.28	2.42	2.98
Deposito abiti	1.93	1.31	0.86	1.02	0.83	0.39	0.52	0.70	0.46	0.97
Smacchiatura/ Stiratura/Cucitura			0.99	1.47	1.81	0.01	0.75	1.19	0.90	1.35

TABELLA II. *Picchi di inquinamento da PCE in ppm riscontrati durante alcune particolari fasi lavorative.*

Fase lavorative	PCE in ppm
- Smacchiatura manuale	25-40
- Dopo 5' dall'esecuzione dell'operazione di smacchiatura	6
- Carico lavatrice	18
- Apertura lavatrice	141-300
- Scarico lavatrice	53-180
- Dopo 5' dalla fine dello scarico	35
- Sopra ceste di materiale scaricato	15-80

che aveva il compito di seguirne il funzionamento e di provvedere al carico e scarico degli indumenti da lavare: le concentrazioni variano da 5,34 a 11,32 ppm, con un TWA settimanale calcolato in 8,56 ppm.

Degli altri lavoratori, gli addetti ad operazioni di stiratura/smacchiatura presentano delle esposizioni mediamente superiori ad 1 ppm come TWA settimanale, con valore massimo giornaliero pari a 2,85 ppm; coloro che invece eseguono operazioni di stiratura/rifinitura/verniciatura o deposito/consegna senza diretto uso di PCE, sono risultati mediamente esposti a meno di 1 ppm con valore massimo giornaliero pari a 1,80 ppm.

Riguardo al monitoraggio biologico, gli indicatori indagati sono risultati per tutti i soggetti in concentrazioni inferiori rispetto ai BEIs proposti dall'ACGIH (0,5 mg/L per il PCE ematico e 3,5 mg/L per il TCA urinario) (5), e ciò in accordo con i livelli di esposizione in tutti i casi ampiamente al di sotto del TLV.

Per quanto riguarda il rapporto tra concentrazioni ambientali di PCE ed indicatori biologici, pur coi limiti dovuti al piccolo numero di soggetti monitorati ed alla non omogenea distribuzione dei livelli di esposizione, si evidenziano correlazioni significative tra esposizione del giovedì e PCE ematico sia di fine turno (figura 1) che della mattina successiva ($r = 0,95$; $y = 17,241 + 11,434x$). Non sono invece state riscontrate correlazioni significative tra esposizione ed escrezione urinaria del TCA, presumibilmente in relazione alle caratteristiche tossicocinetiche della metabolizzazione del PCE ed al progressivo accumulo del TCA nel corso della settimana lavorativa.

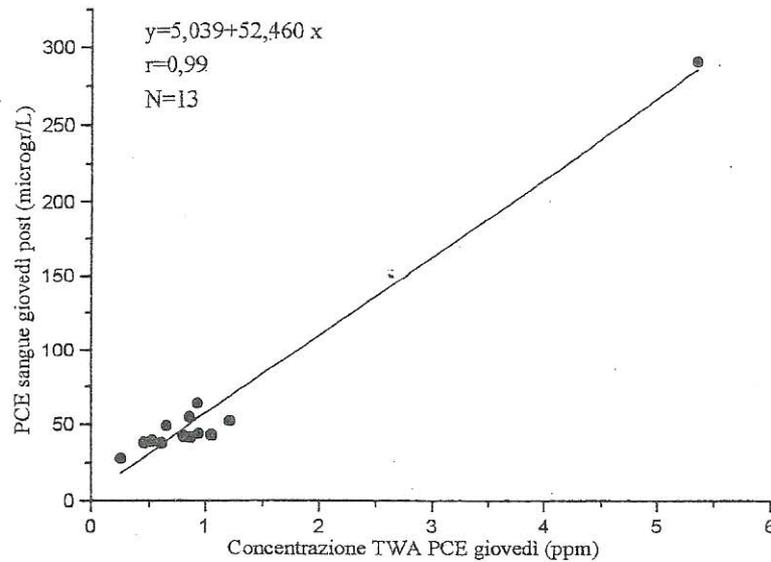


FIGURA 1. *Correlazione tra esposizione giornaliera e PCE sangue post-turno del giovedì.*

CONCLUSIONI

I risultati di questa indagine evidenziano un'esposizione a PCE mediamente inferiore al TLV adottato dall'ACGIH, e ciò in accordo con altri studi recentemente riportati in letteratura (6,7): le fasi lavorative a maggior rischio espositivo sono quelle di smacchiatura a mano con PCE e di apertura della lavatrice e scarico della stessa; tali operazioni tuttavia hanno in genere durata piuttosto limitata.

Sono state inoltre validate differenti modalità di campionamento, che hanno evidenziato la buona affidabilità sia delle fialette colorimetriche (utili per una valutazione orientativa o per evidenziare gli inquinamenti di punta) che soprattutto dei campionatori passivi (sia TK200 che Radiello), che ormai devono essere preferiti al tradizionale campionamento attivo (per il minor costo ed il più semplice impiego) per la valutazione dell'esposizione individuale. Tra gli indicatori biologici, il PCE nel sangue sembra rappresentare quello più idoneo per effettuare il monitoraggio dei lavoratori nell'ambito della sorveglianza sanitaria, sicuramente necessaria considerando i possibili effetti dell'esposizione a PCE negli addetti delle lavanderie.

BIBLIOGRAFIA

1. LUDWIGH H.R., MEISTER M.V., ROBERTS D.R., COX C. Worker exposure to perchloroethylene in the commercial dry cleaning industry. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 44: 600-605 (1983).
2. BARTOLUCCI G.B., PERBELLINI L., GORIGI P., BRUGNONE F., CHIESURA CORONA P., DE ROSA E. Occupational Exposure to Solvents: Field Comparison of Active and Passive Samplers and Biological Monitoring of Exposed Workers. *Ann. Occup. Hyg.* 30: 295-306 (1986).
3. COCCHIO V., BOARETTO C., SACCO P. High Uptake Rate Radial Diffuse Sampler Suitable for Both Solvent and Thermal Description. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 57: 857-904 (1996).
4. IMBRIANI M. Valutazione critica degli indicatori di dose interna nella esposizione occupazionale a percloroetilene. In: Cavalleri A. Lavanderie a secco: rivalutazione del rischio da solventi. *Quaderni di Medicina del Lavoro e Medicina Riabilitativa*, Tipografia PI-ME Pavia pp. 41-62 (1994).
5. ACGIH. 1997 TLVs and BEIs. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents. *Biological Exposure Indices*. Cincinnati, Ohio (1997).
6. GHITTORIS S., FIORENTINO M.L. Il monitoraggio ambientale dell'esposizione a Percloroetilene. In: Cavalleri A. Lavanderie a secco: rivalutazione del rischio da solventi. *Quaderni di Medicina del Lavoro e Medicina Riabilitativa*, Tipografia PI-ME Pavia pp. 17-28 (1994).
7. GOBBA F., ROSA P., GHITTORIS S., IMBRIANI M., FERRARI G., CAVALLERI A. Il monitoraggio ambientale e biologico dell'esposizione occupazionale a percloroetilene nelle lavanderie a secco. *Med. Lav.* 88:24-26 (1997).