

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ORIGINAL PAPER

Επίδραση της επαγγελματικής έκθεσης σε βαρέα μέταλλα στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα

Τα βαρέα μέταλλα είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα στη βιομηχανία και σχετίζονται με σοβαρή περιβαλλοντική ρύπανση, αλλά και με προβλήματα στην υγεία των εργαζομένων στη βιομηχανία. Η έκθεση του εργαζόμενου είναι θεωρητικά μεγαλύτερη εφ' όσον βρίσκεται στην πηγή εκπομπής των τοξικών ρύπων, οι οποίοι πριν αποβληθούν στο περιβάλλον έχουν έλθει σε επαφή με τους εργαζόμενους μέσω ποικίλων οδών εισόδου, με διάφορους βαθμούς επιβάρυνσης. Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχει δοθεί μεγάλη έμφαση στην επίδραση των βαρέων μετάλλων στην υγεία του ανθρώπου και στην επιβάρυνση των εργαζομένων σε συγκεκριμένους κλάδους επαγγελματικής απασχόλησης, με επιστημονικές μελέτες που αναλύουν την επίδραση των βαρέων μετάλλων στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα του εργαζόμενου πληθυσμού σε βιομηχανικές μονάδες. Σύμφωνα με τα δημοσιευμένα στοιχεία της διεθνούς βιβλιογραφίας, υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της θνησιμότητας από συγκεκριμένες ομάδες νοσημάτων και των επαγγελματιών της βιομηχανίας, στα οποία οι εργαζόμενοι έρχονται σε άμεση επαφή με συγκεκριμένους βλαπτικούς παράγοντες. Επίσης, γίνονται αναφορές σε χρόνιες βλάβες της υγείας και σε οξεία συμβάντα. Τέτοιοι παράγοντες είναι τα βαρέα μέταλλα, όπως μόλυβδος, αρσενικό, νικέλιο, χαλκός, μαγγάνιο, βηρύλλιο, κάδμιο, αλουμίνιο, αλλά και το χρώμιο. Οι κυριότερες από αυτές τις ομάδες είναι οι καρκίνοι (κυρίως του αναπνευστικού και του πεπτικού συστήματος, αλλά και του εγκεφάλου), σοβαρές αιματολογικές διαταραχές και έκπτωση του ανοσοποιητικού συστήματος, νοσήματα του αναπνευστικού και νευρολογικές διαταραχές. Σπανιότερα, σχετίζονται με δερματολογικές εκδηλώσεις και συστηματικά νοσήματα.

Ο όρος βαρέα μέταλλα περιγράφει μια ομάδα μετάλλων που σχετίζονται με ρύπανση και δυνητική τοξικότητα. Πρόκειται για μέταλλα, των οποίων η πυκνότητα είναι $>6 \text{ g/cm}^3$ ή έχουν ειδικό βάρος >5 . Ο όρος χρησιμοποιείται συνήθως για τα ακόλουθα μέταλλα: Μόλυβδος (Pb), νικέλιο (Ni), χρώμιο (Cr), κάδμιο (Cd), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), βηρύλλιο (Be), αρσενικό (As), υδράργυρος (Hg). Θεωρούνται τοξικά, καθώς έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στους οργανισμούς ακόμη και όταν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Οι εν λόγω ουσίες είναι μη βιοδιασπώμενες, δηλαδή δεν διασπώνται και δεν αποβάλλονται από τον οργανισμό, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται και να βρίσκονται τελικά σε υψηλές συγκεντρώσεις.¹

Μέσω των βιογεωχημικών κύκλων και της ανθρώπινης παρέμβασης, τα βαρέα μέταλλα ανακατανέμονται στα διάφορα περιβαλλοντικά διαμερίσματα. Η βιομηχανική,

η τεχνολογική και η γεωργική δραστηριότητα αποτελούν σημαντικούς παράγοντες ρύπανσης από μέταλλα με την απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων, τις μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις, τον εμπλουτισμό και την παραγωγή μεταλλικών αντικειμένων, καθώς και τη χρήση λιπασμάτων.²

Τα βαρέα μέταλλα, ευρέως διαδεδομένα πλέον στη βιομηχανία, σχετίζονται με σοβαρή περιβαλλοντική ρύπανση. Εκτός από την περιβαλλοντική επιβάρυνση, μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά την υγεία των εργαζομένων. Οι εργαζόμενοι εκτίθενται καθημερινά σε όλους αυτούς τους τοξικούς παράγοντες, πριν εκείνοι αποβληθούν στο περιβάλλον, με περιβαλλοντικά ορθούς ή όχι τρόπους. Η επαφή μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους, όπως κατάποση, εισπνοή ή δερματική επαφή. Επίσης, ποικίλλει ο βαθμός επιβάρυνσης.³

Η επαγγελματική έκθεση σε βαρέα μέταλλα των ερ-

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2012, 29(1):70-76
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2012, 29(1):70-76

Π. Κουρουτού,¹
Σ. Κάλης,²
Κ. Χατζησταύρου,¹
Α. Λινού^{1,3}

¹Εργαστήριο Υγιεινής, Επιδημιολογίας και Ιατρικής Στατιστικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα
²Harvard School of Public Health, Boston, MA, USA
³Ινστιτούτο Προληπτικής, Περιβαλλοντικής και Εργασιακής Ιατρικής, "Prolepsis", Αθήνα

The effects of occupational heavy metal exposure on morbidity and mortality

Abstract at the end of the article

Λέξεις ευρετηρίου

Βαρέα μέταλλα
Επαγγελματική έκθεση
Θνησιμότητα
Καρκίνος
Χρώμιο

Υποβλήθηκε 20.6.2011
Εγκρίθηκε 20.7.2011

γαζομένων στις βιομηχανίες σχετίζεται με αύξηση της θνησιμότητας από καρκίνους, κυρίως μέσω οξειδωτικών βλαβών στο γενετικό υλικό, νοσήματα του αναπνευστικού, αιματολογικές και νευρολογικές διαταραχές, καθώς και, σπανιότερα, δερματολογικές εκδηλώσεις και συστηματικά νοσήματα.³⁻⁵

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Διερευνήθηκε η διεθνής επιστημονική βιβλιογραφία, με τη χρήση μηχανών αναζήτησης. Πιο συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν οι βάσεις δεδομένων Medline, μέσω της υπηρεσίας PubMed, καθώς και οι μηχανές αναζήτησης ScienceDirect και EndNote X2. Τα κριτήρια για την επιλογή των συγκεκριμένων βιβλιογραφικών δεδομένων ήταν έρευνες που έχουν δημοσιευτεί κυρίως τα τελευταία 15 χρόνια στην αγγλική γλώσσα, άρθρα που αναφέρονται στην επίδραση των βαρέων μετάλλων στην υγεία των εργαζομένων στη βιομηχανία, άρθρα που αφορούν σε μελέτες επαγγελματικής θνησιμότητας και επιδημιολογικές μελέτες επαγγελματικής έκθεσης. Χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις ευρετηρίου: "heavy metals", "metal exposure", "occupational mortality", "occupational exposure", "hard metal workers", "chromate workers", "chromium", "nickel", "cooper", "manganese", "aluminum", "cadmium", "industrial areas". Εντοπίστηκαν 704 άρθρα, από τα οποία μελετήθηκαν τα 127 και, τελικά, χρησιμοποιήθηκαν 39. Η πλειοψηφία των άρθρων που αποκλείστηκαν αφορούσε σε περιβαλλοντική έκθεση και γενικό πληθυσμό, ενώ σε λίγες περιπτώσεις δεν υπήρχαν αξιόλογα ευρήματα.

Επαγγέλματα υψηλού κινδύνου

Ως επαγγέλματα υψηλού κινδύνου αναφέρονται εκείνα κατά τα οποία ο εργαζόμενος έρχεται καθημερινά σε επαφή με βαρέα μέταλλα και τις τοξικές ενώσεις τους. Συχνότερα, στη βιβλιογραφία αναφέρονται τα επαγγέλματα της βαριάς βιομηχανίας. Η βαριά βιομηχανία περιλαμβάνει βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, μηχανολογικές βιομηχανίες, οικοδομικές βιομηχανίες, βιομηχανίες κατεργασίας δερμάτων και ελαστικού κόμμοος (καουτσούκ), βιομηχανίες οικιακών συσκευών, επεξεργασίας ξύλου και χάρτου, παραγωγής σιδήρου, χαλκού, αλουμινίου, εξορυκτικές και μεταλλευτικές βιομηχανίες. Λιγότερο συχνά αναφέρονται βιομηχανίες χημικών προϊόντων, ειδών διατροφής, κλωστοϋφαντουργικές βιομηχανίες, βιομηχανίες φαρμάκων, οινοπνευμάτων και καπνού, στις οποίες όμως επίσης χρησιμοποιούνται βαρέα μέταλλα (πίν. 1).^{6,7}

Τα επαγγέλματα που σχετίζονται με τη βαριά βιομηχανία και επομένως με την έκθεση σε βαρέα μέταλλα είναι οι επεξεργαστές μεταλλευτικών προϊόντων, οι ηλεκτροσυγκολλητές μετάλλων, οι απασχολούμενοι σε φρύξη και κονιοποίηση ξηρού ασβέστη, οι εργάτες τσιμεντοβιομηχανίας, οι εργατοτεχνίτες κοπής και κατεργασίας μαρμάρων, οι εργαζόμενοι στην επεξεργασία στόκου-ταλκ (τριβείς, ψήστες), εργατοτεχνίτες κεραμοποιίας και πλινθοποιίας, εργάτες βυρσοδεψίας, εργαζόμενοι εκτός των υπαλλήλων γραφείου σε βιομηχανίες παραγωγής και κατεργασίας σιδήρου, χυτοσιδή-

Πίνακας 1. Βαρέα μέταλλα και βιομηχανική δραστηριότητα.

Αρσενικό	Χρωστικές και χρώματα, εντομοκτόνα/ ζιζανιοκτόνα, μεταλλουργική επεξεργασία μετάλλων, γυαλί και κεραμικά, βυρσοδεψία
Χρώμιο και ενώσεις του	Ανοδίωση, τσιμέντο, χρωστικές, χρώματα, επιμεταλλώσεις, βυρσοδεψία
Κοβάλτιο και ενώσεις του	Καταλύτες, ίνες, χρώματα, χαρτί και χαρτοπολτός
Χαλκός και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις, ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά, επεξεργασία επιφανειών, εντομοκτόνα, απόσταξη άνθρακα, οξείδωση κυανιούχων, πλαστικά
Σίδηρος και ενώσεις του	Αλουμίνιο, επιμεταλλώσεις, χρωστικές, ηλεκτρονικά, διοξείδιο του τιτανίου
Μόλυβδος και ενώσεις του	Συσσωρευτές, τυπογραφία, εξάτμιση αυτοκινήτων, εκρηκτικά, πυροτεχνήματα, εντομοκτόνα, χρώματα, διυλιστήρια, πετροχημικά
Μαγγάνιο και ενώσεις του	Καταλύτες, συσσωρευτές, γυαλί, χρώματα, πυροτεχνήματα
Υδράργυρος: Οργανικός	Εντομοκτόνα
Υδράργυρος: Ανόργανος	Ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά, εντομοκτόνα, συσσωρευτές, φωτογραφικά, επιστημονικά όργανα, χρώματα, φαρμακευτικά υλικά, χαρτί/χαρτοπολτός, καταλύτες, τσιμέντο, καύση άνθρακα/πετρελαίου
Κασσίτερος και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις
Ψευδάργυρος και ενώσεις του	Συνθετικές ίνες, επιμεταλλώσεις, χαρτί/χαρτοπολτός, επεξεργασία ελαστικών
Βηρύλλιο και ενώσεις του	Πυρηνική βιομηχανία, σιδηρούχα και μη κράματα αεροναυπηγικής
Νικέλιο και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις, συσσωρευτές, καταλύτες
Κάδμιο και ενώσεις του	Χρωστικές, χρώματα, επιμεταλλώσεις, πολυμερή

ρου, χάλυβα και παραγωγής χάλυβα σε ελάσματα ή σύρματα, οι εμφυσητές-πιεστές και οι κόφτες σε βιομηχανίες υαλοουργίας, οι εργατοτεχνίτες βιομηχανίας παραγωγής χημικών λιπασμάτων, γεωργικών φαρμάκων, απορρυπαντικών, φαρμάκων, καλλυντικών, οι εργαζόμενοι σε βιομηχανίες κατασκευής πυρίμαχων υλικών, οι εργαζόμενοι στην παραγωγή χρωμάτων, βερνικιών και σε κλωστήρια, υφαντήρια, φινιριστήρια, οι απασχολούμενοι σε βιοτεχνία ελαστικού και παραγωγής ελαστικού, υγρών συσσωρευτών μολύβδου, εκρηκτικών υλών και πυρίτιδων.^{3-5,8-10}

Επαγγελματική έκθεση: Επιπτώσεις στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα

Καρκίνος

Τα βαρέα μέταλλα είναι πλέον γνωστά για την καρκινογόνο δράση τους, καθώς άμεσα ή έμμεσα προκαλούν βλάβες στο DNA (γονοτοξικότητα) (πίν. 2).¹¹ Συνήθως, στον εργασιακό χώρο είναι

Πίνακας 2. Κατάταξη της IARC για το βαθμό καρκινικότητας των βαρέων μετάλλων.

Μέταλλο	Κατηγοριοποίηση IARC
Αρσενικό Νικέλιο Κάδμιο Χρώμιο Αλουμίνιο Βηρύλλιο Πυρίτιο	Ομάδα 1 Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι καρκινογόνος στον άνθρωπο
Κοβάλτιο με καρβίδιο του βολφραμίου Ενώσεις μολύβδου (ανόργανες)	Ομάδα 2Α Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι πιθανόν καρκινογόνος στον άνθρωπο
Βανάδιο Κοβάλτιο και ενώσεις κοβαλτίου	Ομάδα 2Β Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι ενδεχόμενα καρκινογόνος στον άνθρωπο
Ενώσεις χρωμίου Ενώσεις μολύβδου (οργανικές)	Ομάδα 3 Η ουσία, μίγμα κ.λπ. δεν μπορεί να ταξινομηθεί ως προς την ικανότητα καρκινογένεσης

IARC: International Agency for Research on Cancer (Διεθνής Επιτροπή Ερευνών Καρκίνου)

πιο πιθανή η ταυτόχρονη έκθεση σε περισσότερα από ένα βαρέα μέταλλα. Τα βαρέα μέταλλα δρουν μέσω ποικίλων μηχανισμών και σε ένα ή περισσότερα βήματα της καρκινογένεσης. Οι μηχανισμοί αυτοί περιλαμβάνουν άμεσες αντιδράσεις του μετάλλου με το DNA ή άλλους έμμεσους μηχανισμούς που περιλαμβάνουν βλάβες στην επιδιόρθωση του DNA, στη μεθυλίωση του DNA, καθώς και στις μεταβολικές διαδικασίες που εμπλέκονται στο διπλασιασμό και στην έκφραση του DNA.¹² Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε και μια άλλη μελέτη, σύμφωνα με την οποία η έκθεση σε Cd, Cr και Ni των εργαζομένων σε χυτήρια προκαλεί βλάβες στο DNA και καρκινογένεση.¹³ Επίσης, υποστηρίζεται ο σημαντικός ρόλος της ταυτόχρονης έκθεσης των εργαζομένων σε Cd, κοβάλτιο (Co) και παλλάδιο (Pd) για τη δημιουργία γενετικών βλαβών και ανάπτυξη καρκίνου.^{14,15} Γονοτοξικότητα διαπιστώνεται και από τη μελέτη 66 εργαζομένων σε εργοστάσιο συσσωρευτών στην Πολωνία, οι οποίοι έρχονταν σε επαφή με μολύβδο και κάδμιο.¹⁶

Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι ο συχνότερα εμφανιζόμενος καρκίνος που σχετίζεται με έκθεση σε βαρέα μέταλλα στο εργασιακό περιβάλλον. Σε γαλλική βιομηχανία κατά το χρονικό διάστημα 1968–1991, το ποσοστό των θανάτων που προκλήθηκαν από καρκίνο του πνεύμονα ήταν σημαντικό συγκριτικά με το συνολικό αριθμό των θανάτων.¹² Κατά τα τελευταία 10 χρόνια, ο κίνδυνος για καρκίνο του πνεύμονα διπλασιάστηκε σε εργαζόμενους που εκτέθηκαν ταυτόχρονα σε κοβάλτιο και βολφράμιο.⁸ Επίσης, ο καρκίνος του πνεύμονα εμφανίζεται συχνότερα σε εργαζόμενους στις βιομηχανίες χημικών χρωμίου λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης στο χρώμιο. Συγκεκριμένα, υψηλότερα επίπεδα χρωμίου βρέθηκαν στους πνεύμονες που περιείχαν ιστό όγκου και στην τραχεία των εργαζομένων αυτών, ακόμη και αν είχαν έλθει σε επαφή με χρώμιο πολλά χρόνια πριν μελετηθούν οι ιστοί.^{9,17} Στην ανασκόπησή τους, οι Wiwanitkit et al αναφέρουν σχετική μελέτη σε 6 εργάτες βιομηχανίας χημικών χρωμίου που πέθαναν από καρκίνο του πνεύμονα, η οποία έδειξε ότι το χρώμιο παρέμεινε

στους πνεύμονές τους –κυρίως στους άνω λοβούς– για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά από την έκθεσή τους.³ Αναφέρεται ακόμη ότι υπάρχει υψηλός κίνδυνος για καρκίνο του αναπνευστικού συστήματος σε συγκεκριμένες ομάδες εργατών που εκτίθενται σε νικέλιο, όπως οι απασχολούμενοι σε επινικέλωση ή ηλεκτροεπικάλυψη με νικέλιο και εργάτες σε εργοστάσια συσσωρευτών.³ Βάσει παλαιότερης βιβλιογραφίας, οι Krantz et al υποστηρίζουν ότι υπάρχει 2,6 φορές μεγαλύτερος κίνδυνος για καρκίνο του πνεύμονα και 40 φορές μεγαλύτερος κίνδυνος για καρκίνο του ρινοφάρυγγα σε εργάτες απασχολούμενους στην τήξη νικελίου και τη διεργασία εξευγενισμού μετάλλων (ραφινάρισμα). Στην ίδια μελέτη, για τον καρκίνο του πνεύμονα ενοχοποιείται και η μακροχρόνια εργασιακή έκθεση σε βηρύλλιο.⁴ Σε μελέτη ασθενών-μαρτύρων για τη σχέση μεταξύ πυριτίου και καρκίνου του πνεύμονα διαπιστώθηκε αύξηση του κινδύνου για καρκίνο του πνεύμονα σε καπνιστές εργαζόμενους σε επεξεργασία κασίτερου, χαλκού και σιδήρου με χρήση πυριτίου.⁸ Μελέτη θνησιμότητας στο Illinois των ΗΠΑ για επτά τύπους καρκίνου που σχετίζονται με την εργασία έδειξε ότι ο κίνδυνος για καρκίνο του πνεύμονα είναι πενταπλάσιος για εργαζόμενους στην εξόρυξη και στην επεξεργασία μετάλλων, καθώς και σε μηχανικούς οχημάτων.⁵

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, υπάρχει αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου του πεπτικού συστήματος. Συγκεκριμένα, εργάτες επεξεργασίας τούβλων ή πέτρας και βαφείς που εκτέθηκαν σε βαφές ή διαλυτικά εμφάνισαν αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο του στομάχου. Η ίδια τάση παρατηρήθηκε και σε εργάτες που χρησιμοποιούν υγρά κοπής λαδιού ή νερού για την κοπή μετάλλων (ταγιάρισμα). Αυξημένο κίνδυνο για καρκίνο του παγκρέατος εμφάνισαν εργάτες κατασκευής μετάλλων, κυρίως κατασκευαστές μεταλλικών ελασμάτων και ειδών από φύλλα μετάλλου. Πενταπλάσιος είναι ο κίνδυνος για καρκίνο παγκρέατος των εργαζομένων σε βιομηχανίες ηλεκτρικής ισχύος (ηλεκτρολόγοι, χειριστές μηχανημάτων, μηχανικοί).⁵

Επί πλέον, οι εργάτες επεξεργασίας χημικών ουσιών και οι μηχανικοί, κυρίως κατασκευαστές μηχανών οχημάτων, εμφανίζουν συχνότερα καρκίνο του προστάτη, ενώ ο κίνδυνος για καρκίνο της ουροδόχου κύστης πενταπλασιάζεται σε εργαζόμενους στα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και σε εργαζόμενους στην κατασκευή προϊόντων από γυαλί.⁵

Μικρή αύξηση του κινδύνου για κακοήθεις όγκους εγκεφάλου παρατηρήθηκε σε εργαζόμενους στις βιομηχανίες επεξεργασίας μεταλλικών ελασμάτων, ενώ σε εργάτες βιομηχανίας τηλεπικοινωνιών τριπλασιάζεται ο κίνδυνος λόγω της έκθεσης σε χαμηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Επίσης, τριπλάσιος είναι ο κίνδυνος για τους εργαζόμενους στην κατασκευή προϊόντων από γυαλί, καθώς αυτοί εκτίθενται σε ποικιλία χημικών, όπως αρσενικό, μόλυβδο, νικέλιο και χρώμιο, οπότε είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ο ακριβής αιτιολογικός παράγοντας.⁵

Οι Szymanska et al μέτρησαν τους καρκινικούς δείκτες σε εργαζόμενους που εκτίθεντο σε Cd, Pd και As. Συγκεκριμένα, μέτρησαν τα επίπεδα του καρκινοεμβρυϊκού αντιγόνου (CEA), του πολυπεπτιδικού ιστικού αντιγόνου (TPA) και του ειδικού πολυπεπτιδικού αντιγόνου (TPS). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ συγκεντρώσεων καδμίου στο αίμα και CEA, καθώς και της χρονικής διάρκειας της εργασίας υπό έκθεση. Οι καρκινικοί δείκτες TPA και TPS, για τον καρκίνο των ωσθηκών και του παγκρέατος, αντίστοιχα, επηρεάζονται από την έκθεση στον εργασιακό χώρο σε αρσενικό, κάδμιο και μόλυβδο.¹⁸

Νοσήματα του αναπνευστικού συστήματος

Η επίδραση των βαρέων μετάλλων στο αναπνευστικό σύστημα αναφέρεται συχνά στη βιβλιογραφία. Στη μελέτη περιπτώσεων-μαρτύρων σε συγκολλητές που εκτίθεντο σε νικέλιο, χαλκό και ψευδάργυρο (συγκόλληση τόξου και συγκόλληση με αντίσταση) παρατηρήθηκε αυξημένο ποσοστό διαταραχών του αεραγωγού, τόσο περιοριστικού όσο και αποφρακτικού τύπου, συγκριτικά με εργάτες μη απασχολούμενους σε αυτόν τον τομέα. Επίσης, παρατηρήθηκε σημαντική σχέση διάρκειας έκθεσης και ενοχλητικών συμπτωμάτων του αναπνευστικού, όπως βήχας, παραγωγή πτυέλων, χρόνια βρογχίτιδα και αίσθημα σύσφιξης στο θώρακα.¹⁹ Οι Wiwanitkit et al αναφέρουν ότι διαταραχές του αναπνευστικού συστήματος μπορεί να προκληθούν και από εισπνοή αλουμινίου στον εργασιακό χώρο.³ Τρεις νόσοι του πνεύμονα μπορεί να είναι αποτέλεσμα της εργασιακής έκθεσης στο βηρύλλιο: Οξεία πνευμονίτιδα, χρόνια βηρυλλίωση και καρκίνος του πνεύμονα.⁴ Χρόνια επαγγελματική έκθεση σε βηρύλλιο σχετίζεται και με κοκκιωματώδεις νόσους του πνεύμονα, όπως η σαρκοείδωση.⁴ Στη μελέτη αυτή, εμφανίζεται επίσης συσχέτιση των βαρέων μετάλλων –χρώμιο, κοβάλτιο, νικέλιο, λευκόχρυσος και σπανιότερα αλουμίνιο, ψευδάργυρος και βανάδιο– με την αυξημένη επίπτωση άσθματος σε εργάτες ποικίλων βιομηχανιών.⁴ Επί πλέον, ευρήματα οξείας ή χρόνιας αναπνευστικής νόσου απαντώνται σε εργαζόμενους στην επεξεργασία μετάλλου ή συγκόλληση, οι οποίοι εκτίθενται σε μεταλλικούς ατμούς πολύ συχνότερα σε σύγκριση με εργαζόμενους σε άλλους τομείς.⁴ Μελετώντας τις συνέπειες της επαγγελματικής έκθεσης στον ψευδάργυρο κατά τη

διαδικασία επιψευδαργύρωσης χαλυβδοσωλήνων, διαπιστώθηκε ότι επηρεάζει την αναπνευστική λειτουργία.²⁰ Παρόμοια συμπεράσματα προέκυψαν, όταν εξετάστηκε η έκθεση σε As, Be, Pd, Cr, βανάδιο (V) και τιτάνιο (Ti) αερογενώς κατά τον αμμοβολισμό, χρησιμοποιώντας ως λειαντικό μέσο το χαλκό.²¹

Νευρολογικά νοσήματα

Οι Krantz et al αναφέρουν μια σειρά από νευρολογικά συμπτώματα σε εργάτες που έρχονταν σε συχνή επαφή με μόλυβδο, σε παλαιότερη βιβλιογραφία. Αυτά περιελάμβαναν ευερεθιστότητα, κόπωση, δυσκολία συγκέντρωσης, έκπτωση μνήμης, προφορικού λόγου και κινητικής δεξιότητας, καθώς και σημεία περιφερικής νευροπάθειας. Οι ίδιοι αναφέρουν την εμφάνιση παρκινσονικού συνδρόμου σε ηλεκτροσυγκολλητή με χρόνια έκθεση στο μαγγάνιο.⁴ Στο άρθρο ανασκόπησης των Wiwanitkit et al αναφέρονται μελέτες σε εργάτες εκτιθέμενους σε μαγγάνιο, στους οποίους διαπιστώθηκε αύξηση της συχνότητας εμφάνισης νευρολογικών και ψυχιατρικών διαταραχών σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου, ενώ υποστηρίζεται η ύπαρξη ενός νευρολογικού συνδρόμου χαρακτηρισζόμενου από ασυνέργεια, ασθενή μνήμη και κατάθλιψη σε εργαζόμενους που εκτέθηκαν στο αλουμίνιο, το οποίο εμπλέκεται πιθανόν στην αιτιοπαθογένεια της νόσου Alzheimer και άλλων νευροεκφυλιστικών διαταραχών.³ Επίσης, αναφέρεται σημαντική στατιστική συσχέτιση μεταξύ οσφρητικής έκπτωσης και επιπέδων καδμίου στο αίμα και τα ούρα των εργαζομένων σε βιομηχανία χρωμάτων.³ Σχέση αίτιου-αιτιατού μεταξύ καδμίου και πλάγιας μυατροφικής σκλήρυνσης ανέδειξαν οι Bar-Sela et al μετά από μελέτες σε εργάτες που ανέφεραν κνησμό, απώλεια όσφρησης, ρινική συμφόρηση και ρινορραγίες, χρόνια βήχα και δύσπνοια, πονοκεφάλους, οστικά άλγη και μυϊκή αδυναμία.²²

Αιματολογικές διαταραχές και διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος

Σε μια μελέτη για τη θνησιμότητα εργαζομένων σε βιομηχανίες στο Illinois των ΗΠΑ διαπιστώθηκε αυξημένος κίνδυνος για non-Hodgkin λέμφωμα, πολλαπλούν μυέλωμα και λευχαιμία σε τυπογράφους, ιδίως φωτοχαράκτες και λιθογράφους, καθώς και εργάτες κατασκευών, όπως ξυλουργοί, υδραυλικοί, ηλεκτρολόγοι και βαφείς, σε σχέση με το γενικό πληθυσμό.⁵

Η επίδραση του χρωμίου σε υποκατηγορίες λεμφοκυττάρων και στις ανοσοσφαιρίνες σε εκτιθέμενους εργάτες μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το ανοσοποιητικό σύστημα σε σχέση με το μη εκτιθέμενο πληθυσμό.³ Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και μελέτες σε εργάτες βυρσοδεψίας, καθώς και σε εργάτες στην επιμετάλλωση με χρώμιο.²³

Άλλα σπανιότερα νοσήματα

Μελετώντας εργαζόμενους στην κατασκευή ατμομηχανών, μηχανών οχημάτων και συσσωρευτών μόλυβδου αναδείχθηκε σημαντική συσχέτιση μεταξύ δερματικών νόσων και Cr, Mn, Fe και Cu, υπέρτασης και Mn, Cd και Cu, ψυχικών διαταραχών και Cd,

Ld, Mn, Ni και Zn, διαβήτη και Cr, Mn και Ni, θωρακικού πόνου και Ld, αναπνευστικών διαταραχών και Cr, Mn, Fe, Ni, Zn, φυματίωσης και Zn, και οφθαλμικών προβλημάτων και Mn, Fe, Ni και Zn.²⁴

Σε μελέτη για παροδικά ή επίμονα δερματικά συμπτώματα σε εργάτες μεταλλουργίας, οι οποίοι έρχονταν σε επαφή με μεταλλουργικά υγρά λαδιού που περιείχαν βαρέα μέταλλα, διαπιστώθηκε ότι το 10% των εργατών αυτών εμφάνισαν δερματικά συμπτώματα όταν εκτέθηκαν για τουλάχιστον 4 ημέρες την εβδομάδα.²⁵ Η δερματική έκθεση σε βαρέα μέταλλα, και συγκεκριμένα στο χρώμιο, μπορεί να προκαλέσει σοβαρή συστηματική βλάβη.²⁶

Οι Poreba et al, για να προσδιορίσουν τις διαταραχές του κυκλοφορικού συστήματος που σχετίζονται με την επίδραση των βαρέων μετάλλων, κυρίως του μολύβδου, υπέβαλαν σε ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) 60 εργάτες μεταλλουργείου ή διυλιστηρίου. Οι 27 από τους 60 εργάτες που εκτίθεντο στο εργασιακό τους περιβάλλον σε μολύβδο εμφάνισαν παθολογικά ευρήματα στο ΗΚΓ.²⁷ Οι Krantz et al αναφέρουν σχέση έκθεσης σε μολύβδο και υπέρτασης, καθώς και θνησιμότητα από αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια σε εργάτες που χρησιμοποιούν μολύβδο, καθώς και έκπτωση της νεφρικής λειτουργίας σε εργάτες που έρχονται σε επαφή με βαρέα μέταλλα.⁴

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Εργαστηριακά ευρήματα – μετρήσεις βαρέων μετάλλων σε σωματικά υγρά και ιστούς

Μελέτες που σχετίζονται με μετρήσεις βαρέων μετάλλων στα σωματικά υγρά ή στους ιστούς εργαζομένων στη βιομηχανία, ως βιολογικοί δείκτες του κινδύνου νοσηρότητας, είναι συνήθεις, όπως η μελέτη των Vitayavirasuk et al, οι οποίοι μέτρησαν τα επίπεδα Pb στο αίμα, και Cr και Cd στα ούρα βαρέων που χρησιμοποιούν ψεκαστήρα, και διαπίστωσαν σημαντικά υψηλότερες τιμές σε σχέση με την ομάδα ελέγχου.²⁸ Μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις Mn, Cu και Mo στην αναπνευστική ζώνη των εργατών συγκόλλησης μετάλλων και διαπιστώθηκε κίνδυνος εμφάνισης αναπνευστικών προβλημάτων, που ήταν ανάλογος με τη συγκέντρωση και τη διάρκεια της έκθεσης.²⁹ Παρόμοιες επιπτώσεις στο αναπνευστικό έδειξε και η μελέτη των Kim et al, οι οποίοι μέτρησαν τις συγκεντρώσεις Cr, V, Ni, Mn, Cu και Ld σε δείγματα ούρων λεβητοποιιών που εκτέθηκαν σε κατάλοιπα πτητικής τέφρας πετρελαίου.³⁰

Οι Afridi et al μέτρησαν τις συγκεντρώσεις Pd, Cd, Ni, Cr,³¹ As, Cu, Co και Mn³² στο αίμα, στα ούρα και στις τρίχες των εργατών επεξεργασίας χάλυβα (ατσαλιού). Οι τιμές αυτές ήταν υψηλότερες και στα τρία βιολογικά δείγματα της ομάδας των εργατών σε σχέση με την ομάδα αναφοράς. Μετρήσεις συγκεντρώσεων Ni, Cu, Zn και Pb στο τριχωτό της κεφαλής πραγματοποιήθηκαν σε 281 εργάτες, σε 10 βιομηχανίες στη Συρία. Τα αποτελέσματα της ομάδας των

εργαζομένων σε εργοστάσια συσσωρευτών έδειξαν ότι η συγκέντρωση μολύβδου ήταν υψηλότερη από αυτή της ομάδας ελέγχου, ενώ ορισμένες μη φυσιολογικές συγκεντρώσεις χαλκού, ψευδαργύρου και νικελίου παρατηρήθηκαν σε εργαζόμενους στις βιομηχανίες παραγωγής καλωδίων, τυπογραφικές βιομηχανίες και εργοστάσια συσσωρευτών, αντίστοιχα.³³

Αναλογική σχέση μεταξύ έκθεσης και συγκέντρωσης, καθώς και ότι τα υψηλά επίπεδα των βαρέων μετάλλων στα ούρα συνδέονται με διαφόρων ειδών νόσους, προέκυψε μετά από μετρήσεις συγκεντρώσεων στα ούρα Cd, Co, Pd και Ni σε εργάτες παραγωγής χάλυβα,³⁴ Cu, Ni και Co σε εργάτες διυλιστηρίου χαλκού³⁵ και Zn, Cu και Ni σε συγκολλητές οχημάτων.³⁶

Σε μελέτη περιπτώσεων-μαρτύρων, όπου μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις Pd και Cd στο αίμα εργατών απασχολούμενων σε συσσωρευτές μολύβδου και αλκαλικούς συσσωρευτές, αντίστοιχα, βρέθηκαν ότι ήταν υψηλότερες σε σύγκριση με τους μάρτυρες.³⁷

Οι Gerhardsson et al υπολόγισαν τις συγκεντρώσεις Cd, Cu και Zn σε δείγματα ιστών ήπατος, πνεύμονα, νεφρών και εγκεφάλου εργατών σε χυτήρια χαλκού και μολύβδου, οι οποίες, τελικά, ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις αντίστοιχες των μαρτύρων.³⁸ Επιβλαβείς επιδράσεις στη νεφρική και στην ηπατική λειτουργία διαπιστώθηκε και σε βιοχημικό έλεγχο (ουρία, κρεατινίνη, ALT, AST, αλκαλική φωσφατάση, άμεση και ολική χολερυθρίνη) εργατών στη βιομηχανία χρωμάτων που εκτέθηκαν σε Cd, Ni και Pb.³⁹

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι η διεθνής βιβλιογραφία ασχολείται κυρίως με τη χρήση μετρήσεων βαρέων μετάλλων σε σωματικά υγρά και ιστούς εργαζομένων που εκτίθενται σε αυτά στο εργασιακό τους περιβάλλον, ως βιολογικούς δείκτες, και τους συσχετίζει με νοσηρότητα. Εξετάζεται η ταυτόχρονη έκθεση σε περισσότερα από ένα μέταλλα, τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στον οργανισμό, η διάρκεια και ο τρόπος έκθεσης ως πιθανά αίτια για την εμφάνιση συγκεκριμένων παθήσεων, όπως οι καρκίνοι. Επίσης, ορισμένες κατηγορίες επαγγελματιών συνδέονται με έκθεση σε συγκεκριμένα μέταλλα ή και με την εμφάνιση συγκεκριμένων νόσων. Ωστόσο, δεν υπάρχουν δεδομένα που να αποδεικνύουν τη σαφή σχέση μεταξύ έκθεσης των εργαζομένων σε βαρέα μέταλλα στον εργασιακό τους χώρο και της θνησιμότητας από συγκεκριμένες νόσους.

Το θέμα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα λύματα των βιομηχανικών και των βιοτεχνικών μονάδων έχει τεράστιο κοινωνικό και επιστημονικό ενδιαφέρον. Μέγιστης σημασίας είναι η επαγγελματική έκθεση σε όλους αυτούς τους τοξικούς παράγοντες στο χώρο εργασίας, δηλαδή

στην πηγή εκπομπής των ρύπων. Το ζήτημα αποδεικνύεται φλέγον κοινωνικά υπό το πρίσμα της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης, κάτω από το βάρος της οποίας η κοινωνική πίεση για διατήρηση της εργασίας καθιστά τους εργαζόμενους ευάλωτους σε καθεστώτα που επιμηκύνουν την παραμονή τους στο χώρο εργασίας –αυξάνοντας και

το βαθμό έκθεσης στους βλαπτικούς παράγοντες– κάτω από συνθήκες που δεν διασφαλίζουν την προστασία της υγείας τους. Στόχος επόμενης μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης της επαγγελματικής έκθεσης σε βαρέα μέταλλα στη θνησιμότητα.

ABSTRACT

The effects of occupational heavy metal exposure on morbidity and mortality

P. KOUROUTOU,¹ S. KALES,² K. HADJISTAVROU,¹ A. LINOS^{1,3}

¹Department of Hygiene, Epidemiology and Medical Statistics, Medical School, National and Kapodistrian University of Athens, Athens, ²Harvard School of Public Health, Boston, MA, USA, ³Institute of Preventive Medicine, Environmental and Occupational Health, "Prolepsis", Athens, Greece

Archives of Hellenic Medicine 2012, 29(1):70–76

Heavy metals are widely used in industry and are strongly related not only to severe environmental pollution, but also to health problems caused to industry workers. The exposure of industry workers is typically higher than that of the general population, since workers are close to the source of toxic emissions, and the toxic agents come into contact with the workers in various ways and at different rates, before they are expelled into the environment. Great emphasis is placed in the international literature on the impact of heavy metals on people's health, especially on those who work in fields concerned with such metals, including scientific studies in which the effects of heavy metal exposure on the morbidity and mortality of workers are analyzed in depth. Accordingly, there is documentation of correlation between industrial exposure to harmful agents and mortality from certain types of diseases. Apart from mortality, chronic health problems and acute incidents are also documented in connection with heavy metals such as lead, arsenic, nickel, copper, manganese, berillium, cadmium, aluminum and chromium. The most important types of exposure-related disease are cancer (mostly cancer of the respiratory and digestive system, but also brain cancer), severe blood disorders and disorders of the immune system, respiratory diseases and neurological disorders, and less frequently there is documentation of dermatological effects and systemic diseases.

Key words: Cancer, Chromium, Heavy metals, Mortality, Occupational exposure

Βιβλιογραφία

- DUFFUS JH. Heavy metals – a meaningless term? *Pure Appl Chem* 2002, 74:793–807
- McGEER J, HENNINGSEN G, LANNO R, FISHER N, SAPPINGTON K, DREXLER JW. *Issue paper on the bioavailability and bioaccumulation of metals*. Eastern Research Group, Inc, Lexington, MA, 2004
- WIWANITKIT V. Minor heavy metal: A review on occupational and environmental intoxication. *Indian J Occup Environ Med* 2008, 12:116–121
- KRANTZ A, DOREVITCH S. Metal exposure and common chronic diseases: A guide for the clinician. *Dis Mon* 2004, 50:220–262
- MALLIN K, RUBIN M, JOO E. Occupational cancer mortality in Illinois white and black males, 1974–1984, for seven cancer sites. *Am J Ind Med* 1989, 15:699–717
- ΒΑΛΑΒΑΝΙΔΗΣ Α. *Οικοτοξικολογία και περιβαλλοντική τοξικολογία*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, 2007
- ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΥ Ε. *ΔΠΜΣ επιστήμη και τεχνολογία υδατικών πόρων. Διαχείριση βιομηχανικών αποβλήτων*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2005
- MOULIN JJ, WILD P, ROMAZINI S, LASFARGUES G, PELTIER A, BOZEC C ET AL. Lung cancer risk in hard-metal workers. *Am J Epidemiol* 1998, 148:241–248
- KISHI R, TARUMI T, UCHINO E, MIYAKE H. Chromium content of organs of chromate workers with lung cancer. *Am J Ind Med* 1987, 11:67–74
- CHEN W, BOCHMANN F, SUN Y. Effects of work related confounders on the association between silica exposure and lung cancer: A nested case-control study among Chinese miners and pottery workers. *Int Arch Occup Environ Health* 2007, 80:320–326
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Agents classified by the IARC monographs. WHO, Lyon, 2011, vol 1–102. Available at: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>
- MADDEN EF. The role of combined metal interactions in metal

- carcinogenesis: A review. *Rev Environ Health* 2003, 18:91–109
13. LIU HH, LIN MH, LIU PC, CHAN CI, CHEN HL. Health risk assessment by measuring plasma malondialdehyde (MDA), urinary 8-hydroxydeoxy-guanosine (8-OH-dG) and DNA strand breakage following metal exposure in foundry workers. *J Hazard Mater* 2009, 170:699–704
 14. GLAHN F, SCHMIDT-HECK W, ZELLMER S, GUTHKE R, WIESE J, GOLKA K ET AL. Cadmium, cobalt and lead cause stress response, cell cycle deregulation and increased steroid as well as xenobiotic metabolism in primary normal human bronchial epithelial cells which is coordinated by at least nine transcription factors. *Arch Toxicol* 2008, 82:513–524
 15. HENGSTLER JG, BOLM-AUDORFF U, FALDUM A, JANSSEN K, REIFENRATH M, GÖTTE W ET AL. Occupational exposure to heavy metals: DNA damage induction and DNA repair inhibition prove co-exposures to cadmium, cobalt and lead as more dangerous than hitherto expected. *Carcinogenesis* 2003, 24:63–73
 16. PALUS J, RYDZYŃSKI K, DZIUBALOWSKA E, WYSZYŃSKA K, NATARAJAN AT, NILSSON R. Genotoxic effects of occupational exposure to lead and cadmium. *Mutat Res* 2003, 540:19–28
 17. FENG Z, HU W, ROM WN, COSTA M, TANG MS. Chromium(VI) exposure enhances polycyclic aromatic hydrocarbon-DNA binding at the p53 gene in human lung cells. *Carcinogenesis* 2003, 24:771–778
 18. SZYMAŃSKA-CHABOWSKA A, ANTONOWICZ-JUCHNIEWICZ J, ANDRZEJAK R. The concentration of selected cancer markers (TPA, TPS, CYFRA 21-1, CEA) in workers occupationally exposed to arsenic (As) and some heavy metals (Pb, Cd) during a two-year observation study. *Int J Occup Med Environ Health* 2007, 20:229–239
 19. LUO JC, HSU KH, SHEN WS. Pulmonary function abnormalities and airway irritation symptoms of metal fumes exposure on automobile spot welders. *Am J Ind Med* 2006, 49:407–416
 20. EL SAFTY A, EL MAHGOUB K, HELAL S, ABDEL MAKSOUND N. Zinc toxicity among galvanization workers in the iron and steel industry. *Ann NY Acad Sci* 2008, 1140:256–262
 21. STEPHENSON D, SPEART, SEYMOUR M, CASHELL L. Airborne exposure to heavy metals and total particulate during abrasive blasting using copper slag abrasive. *Appl Occup Environ Hyg* 2002, 17:437–443
 22. BAR-SELA S, REINGOLD S, RICHTER ED. Amyotrophic lateral sclerosis in a battery-factory worker exposed to cadmium. *Int J Occup Environ Health* 2001, 7:109–112
 23. KATIYAR S, AWASTHI SK, SAHU RK. Suppression of IL-6 level in human peripheral blood mononuclear cells stimulated with PHA/LPS after occupational exposure to chromium. *Sci Total Environ* 2008, 390:355–361
 24. MEHRA R, JUNEJA M. Fingernails as biological indices of metal exposure. *J Biosci* 2005, 30:253–257
 25. MIRABELLI MC, ZOCK JP, BIRCHER AJ, JARVIS D, KEIDEL D, KROMHOUT H ET AL. Metalworking exposures and persistent skin symptoms in the ECRHS II and SAPALDIA 2 cohorts. *Contact Dermatitis* 2009, 60:256–263
 26. LIN CC, WU ML, YANG CC, GER J, TSAI WJ, DENG JF. Acute severe chromium poisoning after dermal exposure to hexavalent chromium. *J Chin Med Assoc* 2009, 72:219–221
 27. POREBA R, POREBA M, GAĆ P, STEINMETZ-BECK A, BECK B, PILECKI W ET AL. Electrocardiographic changes in workers occupationally exposed to lead. *Ann Noninvasive Electrocardiol* 2011, 16:33–40
 28. VITAYAVIRASUK B, JUNHOM S, TANTISAERANEE P. Exposure to lead, cadmium and chromium among spray painters in automobile body repair shops. *J Occup Health* 2005, 47:518–522
 29. BALKHYOUR MA, GOKNIL MK. Total fume and metal concentrations during welding in selected factories in Jeddah, Saudi Arabia. *Int J Environ Res Public Health* 2010, 7:2978–2987
 30. KIM JY, HAUSER R, WAND MP, HERRICK RF, HOUK RS, AESCHLIMAN DB ET AL. Association of expired nitric oxide with urinary metal concentrations in boilermakers exposed to residual oil fly ash. *Am J Ind Med* 2003, 44:458–466
 31. AFRIDI HI, KAZITG, JAMALI MK, KAZI GH, ARAIN MB, JALBANI N ET AL. Evaluation of toxic metals in biological samples (scalp hair, blood and urine) of steel mill workers by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Toxicol Ind Health* 2006, 22:381–393
 32. AFRIDI HI, KAZI TG, KAZI NG, JAMALI MK, ARAIN MB, SIRAJUDDIN ET AL. Evaluation of arsenic, cobalt, copper and manganese in biological samples of steel mill workers by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Toxicol Ind Health* 2009, 25:59–69
 33. KHUDER A, BAKIR MA, HASAN R, MOHAMMAD A. Determination of nickel, copper, zinc and lead in human scalp hair in Syrian occupationally exposed workers by total reflection X-ray fluorescence. *Environ Monit Assess* 2008, 143:67–74
 34. HORNG CJ, HORNG PH, HSU JW, TSAI JL. Simultaneous determination of urinary cadmium, cobalt, lead, and nickel concentrations in steel production workers by differential pulse stripping voltammetry. *Arch Environ Health* 2003, 58:104–110
 35. NIEBOER E, THOMASSEN Y, ROMANOVA N, NIKONOV A, ODLAND JØ, CHASCHIN V. Multi-component assessment of worker exposures in a copper refinery. Part 2. Biological exposure indices for copper, nickel and cobalt. *J Environ Monit* 2007, 9:695–700
 36. LUO JC, HSU KH, SHEN WS. Inflammatory responses and oxidative stress from metal fume exposure in automobile welders. *J Occup Environ Med* 2009, 51:95–103
 37. WASOWICZ W, GROMADZIŃSKA J, RYDZYŃSKI K. Blood concentration of essential trace elements and heavy metals in workers exposed to lead and cadmium. *Int J Occup Med Environ Health* 2001, 14:223–229
 38. GERHARDSSON L, ENGLYST V, LUNDSTRÖM NG, SAMDBERG S, NORDBERG G. Cadmium, copper and zinc in tissues of deceased copper smelter workers. *J Trace Elem Med Biol* 2002, 16:261–266
 39. ORISAKWE OE, NWACHUKWU E, OSADOLOR HB, AFONNE OJ, OKOCHA CE. Liver and kidney function tests amongst paint factory workers in Nkpor, Nigeria. *Toxicol Ind Health* 2007, 23:161–165

Corresponding author:

P.M. Kouroutou, 30 Korinis street, GR-320 09 Schimatari, Viotia, Greece
 e-mail: vivikouroutou@hotmail.com, vkouroutou@med.uoa.gr