

Η επαγγελματική έκθεση στους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες

Σοφία Καλεμάκη

Νοσηλεύτρια ΠΕ, MSc, Τμήμα Νοσηλευτικής, Πανεπιστήμιο Αθήνας, Αθήνα

Ευάγγελος Κωνσταντίνου

Νοσηλεύτης ΠΕ, MSc, PhD, Λέκτορας, Τμήμα Νοσηλευτικής, Πανεπιστήμιο Αθήνας, Αθήνα

Τμήμα Νοσηλευτικής, Πανεπιστήμιο Αθήνας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ Η επαγγελματική έκθεση του προσωπικού των χειρουργείων στους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες έχει συσχετιστεί με την εμφάνιση προβλημάτων υγείας. Σήμερα, η σχέση αυτή δεν έχει ακόμη επιβεβαιωθεί, καθώς κάποιες μελέτες υποστηρίζουν τη βλαπτική δράση των εισπνεόμενων αναισθητικών, ενώ άλλες απέτυχαν να αναδείξουν με τέτοια σχέση. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και η παρουσίαση αποτελεσμάτων σχετικά με την επαγγελματική έκθεση στους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες. Γίνεται αναφορά στους πιθανούς κινδύνους από τη χρήση των νέων πτητικών αναισθητικών και συγκεκριμένα τη χρήση του σεβοφλουρανίου. Χρησιμοποιήθηκαν 65 έρευνες και αποκλείστηκαν 12 από αυτές, λόγω μικρού μεγέθους δείγματος, μη διευκρίνησης των συνθηκών διεξαγωγής της μελέτης και σφαλμάτων κατά τη συλλογή των δεδομένων. Η χρόνια επαγγελματική έκθεση σε εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες ίσως αυξάνει την πιθανότητα ανάπτυξης προβλημάτων υγείας, ενώ η πιθανότητα αυτή αυξάνεται

Occupational exposure to inhalational anesthetic agents

Sofia Kalemaki

RN, MSc, Nursing Department, University of Athens, Athens, Greece

Evangelos Konstantinou

RN, MSc, PhD, Nursing Department, Lecturer, University of Athens, Athens, Greece

Nursing Department, University of Athens

ABSTRACT Occupational exposure to inhalation agents has been associated with adverse health effects. Nowadays this relationship has not been established although some researchers believe that there is a correlation between exposure to inhalation agents and adverse health effects and some others do not. The purpose of this article was to review the literature and the extraction of results corresponding to the occupational exposure to these agents. There are reports of the potential risks from the use of modern volatile anesthetics especially when used sevoflurane. Sixty five studies have been reviewed and 12 of them have been excluded because of the size of the sample, the research conditions and because of systematic errors. Chronic occupational exposure to inhalation agents may increase the possibility of adverse health effects and this becomes more intense in the absence of scavenging system or the trace amounts of these agents are high. N₂O is one of the agents that has blamed a lot. The use of modern more stable and safe anesthetics is

περισσότερο σε χώρους όπου δεν υπάρχει σύστημα απαγωγής των αερίων ή όταν τα επίπεδα των παραγόντων αυτών είναι πολύ υψηλά. Το πρωτοξείδιο του αζώτου (N_2O) φαίνεται να έχει κατηγορηθεί περισσότερο απ' όλους τους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες για πρόκληση προβλημάτων υγείας. Η σύνθεση σταθερότερων και ασφαλέστερων αναισθητικών αποτελεί επιτακτική ανάγκη, ενώ η χρήση συστημάτων ασφαλείας και η ενημέρωση του προσωπικού θεωρείται υποχρεωτική, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η έκθεση και να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των εργαζομένων.

Λέξεις-κλειδιά:

- Εισπνεόμενα αναισθητικά • Πτητικά αναισθητικά
- Επαγγελματική έκθεση • Τοξικότητα
- Σύστημα απαγωγής αερίων

Υπεύθυνος αλληλογραφίας

Σοφία Καλεμάκη

Εργάνης 20, 713 03 Ηράκλειο Κρήτης, Κρήτη

Τηλ. 2810-251 275, 694 57 27 590

E-mail: kalemakisofia@yahoo.gr

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερεύνηση της βλαπτικής δράσης των εισπνεόμενων αναισθητικών παραγόντων στο προσωπικό του χειρουργείου αποτελεί βασική ανάγκη, με απώτερο στόχο την προστασία αυτού και την εισαγωγή συστημάτων για τον περιορισμό της έκθεσης. Οι έρευνες σχετικά με την επαγγελματική έκθεση σε αναισθητικούς παράγοντες είναι σημαντικές κυρίως για τους νοσηλευτές (εργαλειοδότης, νοσηλευτής κίνησης, νοσηλευτής αναισθησίας, προϊστάμενος χειρουργείου/ανάληψης), καθώς η παρουσία τους τόσο μέσα στη χειρουργική αίθουσα όσο και στη μονάδα ανάληψης είναι συνεχής και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα εισπνεόμενα αναισθητικά χορηγούνται διά της εισπνοής στους πνεύμονες και αποβάλλονται από αυτούς κατά ένα μεγάλο ποσοστό, με αποτέλεσμα ο εκπνεόμενος αέρας του ασθενούς, ο οποίος περιέχει μεγάλες ποσότητες αναισθητικών φαρμάκων, να αποτελεί τον εισπνεόμενο αέρα του νοσηλευτή, γεγονός που οδηγεί σε συσσώρευση αναισθητικών ποσοτήτων στο οργανισμό και σε αύξηση του κινδύνου για πιθανά προβλήματα υγείας.¹

Όταν μιλάμε για εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες, εννοούμε τους παράγοντες που χορηγούνται

necessary while the use of security systems and training of the staff is an obligation in order to minimize the exposure and ensure the safety.

Key words:

- Inhalation anesthetics • Volatile anesthetics
- Occupational exposure • Toxicity
- Scavenging system

Corresponding author

Sofia Kalemaki

20 Erganis street, GR-713 03 Heraklion, Crete, Greece

Tel. +30 2810-251 275, 694 57 27 590

E-mail: kalemakisofia@yahoo.gr

στον ασθενή διά της εισπνοής, προκειμένου να επιτευχθεί η εισαγωγή στην αναισθησία αλλά και η διατήρηση αυτής κατά τη διάρκεια μιας χειρουργικής επέμβασης. Οι εισπνεόμενοι αναισθητικοί παράγοντες μπορεί να είναι αέρια [πρωτοξείδιο αζώτου (N_2O)] ή πτητικά αναισθητικά (ενφλουράνιο, σεβοφλουράνιο, δεσφλουράνιο, ισοφλουράνιο).^{2,3}

Με τον όρο επαγγελματική έκθεση εννοείται η έκθεση του προσωπικού σε κάποιους βλαπτικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της εργασίας του και, πιο συγκεκριμένα, η έκθεση ανά 8 ώρες ημερησίως.^{4,5} Σύμφωνα με το Διεθνές Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (NIOSH) καθώς και τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία (OSHA), οι εργαζόμενοι στους χώρους του χειρουργείου (συμπεριλαμβανομένης της αίθουσας ανάληψης) δεν θα πρέπει να εκτίθενται κατά ένα μέσο όρο 8 ωρών ημερησίως σε επίπεδα μεγαλύτερα των 2 ppm^{2,6,7} για τους αλογονωμένους παράγοντες (πτητικά αναισθητικά) και όχι μεγαλύτερα από 0,5 ppm όταν οι παράγοντες αυτοί χορηγούνται ταυτόχρονα με πρωτοξείδιο του αζώτου (N_2O), τα επίπεδα του οποίου δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 25 ppm.^{5,8}

Δυστυχώς, στην Ελλάδα, δεν έχουν καθοριστεί ακόμην ανώτατα επίπεδα έκθεσης για τους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες παρά μόνο για το αλοθάνιο (5 ppm) (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, ΕΛΙΝΥΑΕ), το οποίο πλέον δεν χρησιμοποιείται. Τα ανώτατα όρια έκθεσης για διάφορες χώρες παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Επομένως, χρόνια επαγγελματική έκθεση προκύπτει όταν τα επίπεδα των αναισθητικών παραγόντων ξεπερνούν τα διεθνή ανώτατα όρια έκθεσης για αρκετές ώρες της ημέρας και για αρκετά χρόνια, ενώ τα επίπεδα αυτά αυξάνονται επί απουσίας συστήματος απαγωγής αερίων και επί κακού αερισμού του χώρου.⁵

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Μετά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, επιλέχθηκαν για την ιστορική αναδρομή επιδημιολογικές μελέτες, μία διεθνής έρευνα, μία μετα-ανάλυση, αλλά και άλλες έρευνες οι οποίες κάνουν για πρώτη φορά αναφορά στα πιθανά προβλήματα υγείας που μπορεί να προκύψουν μετά την έκθεση σε εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες.⁸⁻¹² Μόλις το 1967 ο Vaisman⁹ ανέφερε για πρώτη φορά την ύπαρξη μιας ασυνήθιστης συχνότητας πονοκεφάλων, κόπωσης, ευερεθιστότητας, ναυτίας και κνησμού μεταξύ 303 Ρώσων αναισθησιολόγων, καθώς και 18 αυτόματες αποβολές σε 31 έγκυες αναισθησιολόγους. Μία από τις κυήσεις κατέληξε σε συγγενείς ανωμαλίες των παιδιών που γεννήθηκαν και δύο σε χαμηλού βάρους

νεογνά. Το 1968, οι Bruce et al⁸ δημοσίευσαν μια μελέτη για τις αιτίες θανάτων μεταξύ αναισθησιολόγων για μια περίοδο 20 ετών. Η μελέτη αυτή έδειξε αυξημένη συχνότητα θανάτων από δικτυοενδοθηλιακές και λεμφικές νεοπλασίες, ενώ οι θάνατοι στους οποίους βασίστηκε η μελέτη ανέρχονταν σε 441. Οι Askrog και Harvald,¹⁰ το 1970, ανέφεραν ότι 20% των κυήσεων αναισθησιολόγων κατέληγαν σε αυτόματες αποβολές.

Σύμφωνα με μια διεθνή έρευνα που διεξήχθη από τον Αμερικανικό Σύλλογο Αναισθησιολόγων το 1974,¹¹ οι γυναίκες αναισθησιολόγοι, οι νοσηλεύτριες αναισθησίας και οι νοσηλεύτριες χειρουργείου, που κατά το πρώτο τρίμηνο της εγκυμοσύνης τους είχαν εκτεθεί σε εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες, εμφάνιζαν αυξημένο σχετικό κίνδυνο αυτόματων αποβολών, που εκτιμήθηκε στο 1,3, σε αντίθεση με μη εκτιθέμενες σε αναισθητικούς παράγοντες εργαζόμενες. Ο κίνδυνος συγγενών ανωμαλιών στους απογόνους του εκτιθέμενου προσωπικού ήταν επίσης αυξημένος (ποσοστό 60%, $P < 0,01$) σε σχέση με το μη εκτιθέμενο προσωπικό. Ο σχετικός κίνδυνος ανάπτυξης λευχαιμίας και λεμφώματος στο εκτιθέμενο προσωπικό ήταν 1,3 ($P = 0,05$). Ο σχετικός κίνδυνος αυτοάνοσης ηπατίτιδας ανερχόταν σε 1,3–2,2 στο εκτιθέμενο προσωπικό, με στατιστικά σημαντική διαφορά ($P = 0,04$) σε σχέση με το μη εκτιθέμενο προσωπικό. Η μελέτη διεξήχθη με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από 49.585 εκτεθειμένα άτομα, ενώ την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν 23.911 επαγγελματίες υγείας.¹¹

Πίνακας 1. Ανώτατα όρια έκθεσης

	N ₂ O (ppm)*	Αλοθάνιο (ppm)*	Ενφλουράνιο (ppm)*	Ισοφλουράνιο (ppm)*	Σεβοφλουράνιο (ppm)*	Δεσφλουράνιο (ppm)*
Αυστρία	–	5	–	–	–	–
Δανία	100	5	2	–	–	–
Γαλλία	–	2	–	–	–	–
Γερμανία	100	5	20	–	–	–
Μεγάλη Βρετανία	100	10	50	50	–	–
Ιταλία	100	–	–	–	–	–
Νορβηγία	100	5	2	2	–	–
Σουηδία	100	5	10	10	–	–
Ελβετία	100	5	10	10	–	–
Αμερική (US-NIOSH)	25	2	2	2	2	2
Ελλάδα	–	5	–	–	–	–

* part per million: μέρη στο εκατομμύριο

Μια μετα-ανάλυση επιδημιολογικών μελετών, που δημοσιεύθηκε το 1997, ανέδειξε την ύπαρξη αυξημένου ρυθμού αποβολών στις γυναίκες που είχαν εκτεθεί στους παράγοντες αυτούς (RR: 1,48, 95% CL: 1,40–1,58).¹²

Οι παραπάνω μελέτες έχουν κατηγορηθεί για ελλείψεις και περιορισμούς στη μεθοδολογία, για τη χρήση μόνο ερωτηματολογίων για τον προσδιορισμό της έκθεσης, για την έλλειψη κριτηρίων αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, για σφάλματα επιλογής, για έλλειψη εγκυρότητας, καθώς και για έλλειψη ελέγχου των δυνητικών συγχυτικών παραγόντων.^{13–15}

ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΥΝ ΤΗ ΜΗ ΥΠΑΡΞΗ ΘΕΤΙΚΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΕΙΣΠΝΕΟΜΕΝΟΥΣ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Μια μεγάλη πρόδρομη μελέτη, που διεξήχθη την περίοδο 1977–1984¹⁵ με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από 12.086 γυναίκες αναισθησιολόγους, δεν έδειξε την ύπαρξη σχέσης ανάμεσα στην επαγγελματική έκθεση σε αναισθητικούς παράγοντες και τις αυτόματες αποβολές, αφού τα αποτελέσματα ήταν αρνητικά για 10.000 κήσεις. Στα ίδια αποτελέσματα, με τον ίδιο τρόπο συλλογής του δείγματος, κατέληξαν δύο ακόμη ερευνητικές μελέτες.^{16,17}

Όσον αφορά στην πιθανότητα συγγενών ανωμαλιών (εμβρυοτοξικότητα) στους απογόνους των ατόμων που εκτίθενται για αρκετά χρόνια σε εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες, μελέτες που έγιναν το διάστημα 1977–1986 δεν έδειξαν την ύπαρξη θετικής συσχέτισης.^{18–21} Μια ακόμη μελέτη από τους Bozkurt et al²² το 2002 ανέφερε την απουσία συσχέτισης μεταξύ της επαγγελματικής έκθεσης και της μετάλλαξης των χρωμοσωμάτων στα λεμφικά κύτταρα, αν και το δείγμα τόσο της ομάδας έκθεσης όσο και της ομάδας ελέγχου ήταν αρκετά μικρό (n=16 για κάθε ομάδα).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ ΠΟΥ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΘΕΤΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΗ ΧΡΟΝΙΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΕΙΣΠΝΕΟΜΕΝΟΥΣ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Όσον αφορά στο κεντρικό νευρικό σύστημα, έχουν αναφερθεί κόπωση, ευερεθιστότητα, πονοκέφαλος,

ζάλη, ναυτία, ερεθισμός των οφθαλμών, δυσκολία συγκέντρωσης, διαταραχές ισορροπίας, καθώς και διαταραχές συμπεριφοράς μετά από έκθεση σε N₂O > 500 ppm ημερησίως,^{23–25} αλλά και μετά από έκθεση σε σεβοφλουράνιο, ενώ έκπτωση των επαγγελματικών δεξιοτήτων έχει παρατηρηθεί μετά από έκθεση στο αλοθάνιο, το ενφλουράνιο και το N₂O. Μια μελέτη αναφέρει την εμφάνιση βρογχικού άσθματος μετά από έκθεση σε ενφλουράνιο.²⁵

Προβλήματα έχουν επίσης αναφερθεί από το περιφερικό νευρικό σύστημα, καθώς έχουν παρατηρηθεί περιφερική νευροπάθεια, παραισθησίες, μυϊκή αδυναμία και αιμωδίες μετά από έκθεση σε N₂O.²⁵ Η επαφή των υγρών αναισθητικών φαρμάκων, όπως το αλοθάνιο, το ισοφλουράνιο και το σεβοφλουράνιο, με το δέρμα για εύλογο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει αλλεργικό έκζεμα, ξηρότητα και ερυθρότητα. Το N₂O έχει από παλιά ενοχοποιηθεί για πρόκληση βλαβών στο αιμοποιητικό σύστημα, όπως καταστολή του μυελού των οστών, μεγαλοβλαστική αναιμία, λευκοπενία, θρομβοκυτταροπενία και αύξηση των επιπέδων ομοκυστεΐνης.²⁶ Μετά από μακροχρόνια έκθεση ατόμων σε N₂O και σε αλοθάνιο έχει παρατηρηθεί επίσης μείωση του αριθμού των Β-κυττάρων και των κυττάρων-φυσικών φονέων (Natural Killers cells),^{25,27} καθώς και λεμφοπενία.^{28,29}

Ο κίνδυνος ηπατοτοξικότητας αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα σχετικά με τους κινδύνους από τη χρήση των αναισθητικών φαρμάκων, με το αλοθάνιο να αποτελεί τον πλέον ενοχοποιημένο παράγοντα για πρόκληση τοξικής ηπατίτιδας, ικτέρου, ηπατομεγαλίας, ανάπτυξης αντοχής στο αλκοόλ, καθώς και ηπατοευαισθησίας, ενώ παρόμοιες αναφορές έχουν γίνει και για το N₂O.^{25,27,28} Εκτός από την ηπατοτοξικότητα, σημαντική θεωρείται και η νεφροτοξικότητα από τη χορήγηση εισπνεόμενων αναισθητικών. Ωστόσο, αυτού του είδους οι τοξικές καταστάσεις αφορούν κυρίως στους ασθενείς, οι οποίοι λαμβάνουν μεγάλες ποσότητες των ανωτέρω παραγόντων, ενώ για το εκτιθέμενο προσωπικό δεν έχει ακόμα τεκμηριωθεί μια τέτοια δράση.^{25,30}

Η εμβρυοτοξικότητα και η καρκινογένεση αποτελούν επίσης σημαντικά θέματα αναφορικά με την έκθεση του προσωπικού, καθώς έχουν γίνει αναφορές για πιθανές χρωμοσωμιακές μεταλλάξεις στα λεμφοκύτταρα, για συγγενείς ανωμαλίες στους απογόνους του εκτιθέμενου προσωπικού (έκθεση σε N₂O και σε σεβοφλουράνιο),^{29,31–35} καθώς και για εμφάνιση λευχαιμίας και νεοπλασμάτων του λεμφικού ιστού.⁹

Όσον αφορά στο αναπαραγωγικό σύστημα, έχουν αναφερθεί αυτόματες αποβολές, στειρότητα και διαταραχές του εμμηνορρυσιακού κύκλου (έκθεση σε N_2O).^{25,27,28,31,36-38} Είναι γνωστό ότι το N_2O προκαλεί αναστολή της σύνθεσης της μεθειονίνης, άρα μείωση της σύνθεσης του DNA λόγω της μη αναστρέψιμης αναστολής της δράσης της κοβαλαμίνης (βιταμίνη B_{12}) και αυτός ο μηχανισμός φαίνεται να ευθύνεται για την πιθανή μεταλλαξιγόνο δράση του.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Το σύστημα που απάγει τα αναισθητικά αέρια από το χώρο του χειρουργείου προς το περιβάλλον (scavenging system) έκανε την εμφάνισή του στα χειρουργεία τη δεκαετία του 1980. Μελέτες έχουν καταδείξει την ύπαρξη διαφορών στις ποσότητες των αναισθητικών αερίων στους χώρους του χειρουργείου πριν και μετά την εφαρμογή του συστήματος αυτού. Επί απουσίας του συστήματος απαγωγής των αερίων οι ποσότητες N_2O ανέρχονταν σε 400–3000 ppm και με την εφαρμογή του υποχωρούσαν στα 70–100 ppm, σημειωνόταν δηλαδή μια μείωση της τάξης του 90%. Αντίστοιχα, για τα πτητικά αναισθητικά διαπιστώνεται μείωση κατά 86,25% (από 10–70 ppm σε 0,5–10 ppm). Επομένως, η έκθεση σε αυτούς τους παράγοντες μειώνεται σημαντικά με τη χρήση συστήματος απαγωγής αερίων, με συνακόλουθο αποτέλεσμα τη μείωση της πιθανότητας ανάπτυξης προβλημάτων υγείας, όπως αυτών που είχαν παρατηρηθεί σε μεγάλο βαθμό πριν από τη δεκαετία του 1980.^{9,39,40}

ΣΕΒΟΦΛΟΥΡΑΝΙΟ

Οι ουσίες που προκαλούν τοξικότητα, άρα προβλήματα στην υγεία, δεν είναι τόσο οι ίδιοι οι αναισθητικοί παράγοντες όσο τα προϊόντα του μεταβολισμού τους. Έτσι, το ιδανικό αναισθητικό θα ήταν εκείνο που δεν θα μεταβολιζόταν καθόλου και δεν θα απελευθέρωνε τοξικούς μεταβολίτες [ανόργανο φθόριο, ουσία A (compound A) από το μεταβολισμό σεβοφλουρανίου].^{9,41} Το σεβοφλουράνιο είναι ένα από τα νεότερα πτητικά αναισθητικά και διακρίνεται για τη μεγάλη του σταθερότητα, καθώς υφίσταται μικρού βαθμού μεταβολισμό, γεγονός που συνεπάγεται μειωμένη τοξική επίδραση στα διάφορα όργανα.

Κατά την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για το σεβοφλουράνιο βρέθηκαν κάποιες ερευνητικές μελέτες που

αναφέρουν υψηλά επίπεδα έκθεσης του προσωπικού, τα οποία ξεπερνούν τα συνιστώμενα από το Διεθνές Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας όρια (2 ppm).^{32,39,42} Κάποιες από αυτές είχαν μικρό μέγεθος δείγματος, άλλες δεν ανέφεραν τον αριθμό του δείγματος, ενώ μία από αυτές υποστήριζε την ύπαρξη αυξημένου κινδύνου εμφάνισης σκλήρυνσης κατά πλάκας στους νοσηλευτές αναισθησίας. Ωστόσο, η τελευταία αυτή μελέτη έχει αμφισβητήσιμη εγκυρότητα, καθώς η συλλογή του δείγματος (ερωτηματολόγια που είχαν δημοσιευτεί σε περιοδικά), ο αριθμός του δείγματος ($n=13$), αλλά και η μεθοδολογία, παρουσίαζαν ελλείψεις.^{43,44}

Αντίθετα, άλλες ερευνητικές μελέτες αναφέρουν χαμηλά επίπεδα έκθεσης στο σεβοφλουράνιο (<2 ppm).^{39,40-42,45-49} Μία από αυτές τις μελέτες δεν αναφέρει το μέγεθος του δείγματος, ενώ 7 είχαν χρησιμοποιήσει μικρό μέγεθος δείγματος (<30) και αποκλείστηκαν της ανάλυσης. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η διεξαγωγή ορισμένων από τις παραπάνω έρευνες έγινε κάτω από ιδανικές συνθήκες, δηλαδή με την εφαρμογή 15–20 αλλαγών του αέρα/ώρα, την ύπαρξη συστήματος απαγωγής αερίων, τη διεκπεραίωση μίας μόνο επέμβασης κάθε μέρα, ενώ η εισαγωγή στην αναισθησία γινόταν με ενδοφλέβιους παράγοντες, συνθήκες οι οποίες σίγουρα μειώνουν τα επίπεδα έκθεσης αλλά δεν ανταποκρίνονται στην καθημερινή κλινική πραγματικότητα.^{39,40,42,46,47}

Τέλος, δεν βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε σεβοφλουράνιο και της μεταβολής των τιμών διάφορων βιολογικών δεικτών σε μια έρευνα που έγινε σε χειρουργεία παιδιατρικών ασθενών, όπου η έκθεση είναι αρκετά μεγαλύτερη λόγω της μη ύπαρξης ενδοτραχειακού αεροθαλάμου. Αντίθετα, σε προηγούμενη έρευνα είχε διαπιστωθεί η ύπαρξη μιας κάποιας σχέσης.^{44,50}

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΟΝΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΑΝΑΙΣΘΗΤΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΑΥΞΑΝΟΥΝ ΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Δύο ερευνητικές μελέτες σχετικά με την επαγγελματική έκθεση στους αναισθητικούς παράγοντες τονίζουν την ύπαρξη και άλλων παραγόντων, οι οποίοι αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων υγείας όταν το προσωπικό έχει εκτεθεί και σε αυτούς. Τέτοιοι παράγοντες είναι η ιονίζουσα ακτινοβολία, το κάπνισμα, το άγχος, η έκθεση σε καρκινογόνες ουσίες (polybromated biphenyls) και οι διαταραχές του κερκιδίου κύκλου.^{51,52}

ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Παρά τα αντικρουόμενα αποτελέσματα των διαφόρων μελετών, είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων προστασίας για τη διατήρηση των επιπέδων έκθεσης κάτω από τα όρια που συνιστά το Διεθνές Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας. Τα αναγκαία αυτά μέτρα είναι τα εξής:

- Η χρήση μηχανημάτων και συσκευών όπως το σύστημα απαγωγής αερίων (scavenging system), ο ξεχωριστός αερισμός του χώρου σε κάθε χειρουργική αίθουσα (air condition) χωρίς να γίνεται ανακυκλοφορία του αέρα, η εφαρμογή 12–15 αλλαγών αέρα/ώρα στην αίθουσα του χειρουργείου, από τις οποίες οι 3 να είναι φρέσκος αέρας, και η διατήρηση κατάλληλης θερμοκρασίας (22 °C).^{9,34,51,53,54}
- Η χρήση κατάλληλων πρακτικών και τεχνικών του ιατρονοσηλευτικού και τεχνικού προσωπικού, όπως είναι η σωστή επιλογή και εφαρμογή των συσκευών αερισμού με σωστό αερισμό του ασθενούς, η επαρκής πλήρωση του ενδοτραχειακού αεροθαλάμου ή της λαρυγγικής μάσκας, η προσεκτική πλήρωση των εξαερωτήρων χωρίς απώλειες των υγρών αναισθητικών και σε καλά αεριζόμενο χώρο με προσοχή ώστε να μην έρχονται σε επαφή με το δέρμα και τα μάτια, αλλά και η εισαγωγή στην αναισθησία με ενδοφλέβιους παράγοντες. Επιβάλλεται ο έλεγχος του μηχανήματος αναισθησίας πριν από κάθε χρήση, η σωστή και προγραμματισμένη συντήρησή του, ο έλεγχος του συστήματος απαγωγής αερίων, ενώ απαγορεύεται η χορήγηση των αναισθητικών παραγόντων πριν από την άμεση εφαρμογή των αναπνευστικών συσκευών στον ασθενή και επιβάλλεται η διακοπή των ροών πριν την απομάκρυνση των συσκευών από τον ασθενή.^{9,35,51,53}
- Στους διοικητικούς ελέγχους περιλαμβάνεται η εφαρμογή προγραμμάτων εκπαίδευσης και εποπτείας του άμεσα και δυνητικά εκτιθέμενου προσωπικού, η εφαρμογή πρωτοκόλλων ελέγχου και συντήρησης των μηχανημάτων καθώς και διαχείρισης των αναισθητικών αποβλήτων, ενώ είναι απαραίτητη η γνώση και η συμμόρφωση με τους υπάρχοντες κανονισμούς ασφαλείας.^{9,35,51,53}
- Ο ατομικός προστατευτικός εξοπλισμός περιλαμβάνει γάντια, γυαλιά, μάσκες και ρούχα προστασίας από χημικούς παράγοντες, ενώ οι ατομικοί αναπνευ-

στήρες είναι απαραίτητοι όταν τα επίπεδα έκθεσης είναι αρκετά αυξημένα ή όταν ο χρόνος έκθεσης είναι πολύ μεγάλος ή όταν η αποτελεσματικότητα του συστήματος απαγωγής αερίων και αερισμού του χώρου είναι αμφίβολη.^{9,35,51,53}

- Η παρακολούθηση της λειτουργίας των συστημάτων (monitoring) περιλαμβάνει τη λήψη δείγματος αέρα από την αναπνευστική ζώνη του εκτιθέμενου προσωπικού, δείγματος ούρων και δείγματος αίματος (personal sampling) και την ανάλυση αυτών με ειδικό φασματογράφο μάζας. Η λήψη του δείγματος θα πρέπει να γίνεται από καθορισμένο και σταθερό σημείο του χώρου εργασίας (area sampling), ενώ δείγματα θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται και από το κύκλωμα αναισθησίας (μεταξύ των ενώσεων) και από το σύστημα απαγωγής αερίων για ανίχνευση τυχόν διαρροών (source sampling).^{9,35,51,53}

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ενώ η χορήγηση των αναισθητικών παραγόντων χρονολογείται από το 1840, μόλις το 1967 έγινε η πρώτη μελέτη για την πιθανή τοξικότητά τους. Ακολούθησαν εκατοντάδες δημοσιεύσεις, που είτε υποστηρίζουν την ύπαρξη θετικής συσχέτισης μεταξύ έκθεσης και «νόσου» είτε όχι.

Θα πρέπει βέβαια να τονισθεί το γεγονός ότι στις μελέτες που έγιναν πριν από το 1980, δηλαδή πριν από την εισαγωγή του συστήματος απαγωγής των αναισθητικών αερίων στις αίθουσες των χειρουργείων, η διαπιστωθείσα στις περισσότερες από αυτές θετική συσχέτιση μεταξύ νόσου και επαγγελματικής έκθεσης οφειλόταν πιθανότατα στην απουσία του παραπάνω συστήματος. Με την εισαγωγή του συστήματος ο κίνδυνος αυτός έχει μειωθεί και έτσι οι νεότερες μελέτες αποτυγχάνουν να αναδείξουν την ύπαρξη θετικής συσχέτισης.

Αν και η έκθεση του προσωπικού σε εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες είναι αρκετά μικρότερη από αυτή των ασθενών, ο κίνδυνος αυξάνει λόγω της μακροχρόνιας έκθεσης, ενώ κάποιοι συμπαράγοντες, όπως το άγχος, το κάπνισμα κ.ά., αυξάνουν την έκφραση της «νόσου». Η εφαρμογή συστήματος απαγωγής αερίων, ο καλός αερισμός του χώρου του χειρουργείου, καθώς και τα προαναφερθέντα μέτρα ελέγχου είναι απαραίτητα, έτσι ώστε να διατηρούνται τα επίπεδα των αερίων σε χαμηλά όρια, σύμφωνα με τις διεθνείς συστάσεις.

Ο σχετικός κίνδυνος αυτόματων αποβολών γυναικών που εκτίθενται κατά τη διάρκεια κυρίως του πρώτου τριμήνου της εγκυμοσύνης τους (οργανογένεση) στους εισπνεόμενους αναισθητικούς παράγοντες φαίνεται να είναι αρκετά υψηλός, γι' αυτό και οι γυναίκες αυτές ίσως θα πρέπει να απέχουν από την εργασία κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τους.^{25,27,36-38}

Η σημαντικότητα της παρούσας μελέτης, και όλων των σχετικών με αυτό το θέμα μελετών, για τη Νοσηλευτική έγκειται στο γεγονός ότι οι νοσηλεύτριες αποτελούν την πλειοψηφία του προσωπικού στο χώρο του χειρουργείου και έρχονται σε στενή επαφή με τον ασθενή αλλά και με το μηχάνημα αναισθησίας για πολλές ώρες και σε χώρους του χειρουργείου όπου τα αέρια δεν απάγονται (ανάληψη), με αποτέλεσμα ο κίνδυνος γι' αυτούς να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να απαιτείται η λήψη μέτρων προφύλαξης. Μελλοντικές έρευνες για τη δράση των εισπνεόμενων αναισθητικών παραγόντων είναι απαραίτητες για την εξαγωγή σταθερών και αξιόπιστων συμπερασμάτων, ενώ η συνεχιζόμενη σύνθεση νέων πτητικών αναισθητικών επιβάλλει τη συνεχή μελέτη για τον καθορισμό της δράσης τους τόσο στους ασθενείς όσο και στο προσωπικό που εκτίθεται σε αυτά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Henderson KA, Matthews IP. An environmental survey of compliance with Occupational Exposure Standards (OES) for anaesthetic gases. *Anesthesia* 1999, 54:941-947
- Stoelting RK, Miller RD. *Βασικές αρχές Αναισθησιολογίας*. Πανεπιστήμιο Αθήνας, 1991:51
- Ασκητοπούλου Ε. *Γενικές αρχές Αναισθησιολογίας*. 5η έκδοση. Πανεπιστήμιο Κρήτης, 1999:49-82
- Κουτσελίνης Α. *Τοξικολογία*. Τόμος Α'. Εκδόσεις Παρισιάνου, Αθήνα, 2004:153-160
- Anesthetic Gases. Guidelines For Workplace Exposures. OSHA Directore for Technical Assessment, 2000
- Control of Substances Hazardous to Health (COSHH) Regulations. Approved Codes of Practice. London, HMSO 1994, ISBN 0 7176 0819 0
- Rodgers B. Exposure to waste anesthetic gase. *Am Assoc Occup Health Nurse J* 1996, 34:574-579
- Bruce DL, Eide KA, Linde HW. Causes of death among anesthesiologists. A twenty year survey. *Anesthesiology* 1968, 29:565-569
- Vaisman AI. Working conditions in surgery and their effect on the health of anesthesiologists. *Eksp Khir Anestheziol* 1967, 3:44-49
- Askrog V, Harvald B. Teratogen effect af inhalations-anestetika. *Saertyk Nord Med* 1970, 3:490-500
- Occupational disease among operating room personnel: Report of an Ad Hoc Committee on the effect of trace anesthetics on the health of operating room personnel. American Society of Anesthesiologists. *Anesthesiology* 1974:41
- Boivin JF. Risk of spontaneous abortion in women occupationally exposed to anaesthetic gases: a metanalysis. *Occup Environ Med* 1997, 54:541-548
- Ferstanding LL. Trace concentrations of anesthetic gases: a critical review of their disease potential. *Anesth Analg* 1978, 57:328-345
- Vessey MP. Epidemiological studies of the occupational hazards of anaesthesia-a review. *Anaesthesia* 1978, 33: 430-438
- Ebi KL, Rice SA. Reproductive and developmental toxicity of anesthetics in humans. In: Rice SA, Fish KJ (eds) *Anesthetic toxicity*. New York, Raven Press, 1994:175-198
- Rosenberg PH, Kalio H. Operating-theatre gas pollution and chromosomes. *Lancet* 1977:452-453
- Husum B, Niebuhr E, Wulf HC, Norgaard I. Sister chromatid exchanges and structural chromosome aberrations in lymphocytes in operating room personnel. *Acta Anaesthesiol Scand* 1983, 27:262-265
- Lamberti L, Bigatti P, Ardito G, Armellino F. Chromosome analysis in operating room personnel. *Mutagenesis* 1989, 4:95-97
- Husum B, Wulf HC, Mathiassen F, Niebuhr E. Sister-chromatid exchanges in lymphocytes of dentists and chairside assistants: no indication of a mutagenic effect exposure to waste nitrous oxide. *Commun Dent Oral Epidemiol* 1986, 14:148-151
- Hoerauf KH, Schrogendorfer KF, Wiesner G. Sister chromatid exchange in human lymphocytes exposed to isoflurane and nitrous oxide *in vitro*. *Br J Anaesthes* 1999, 82:268-270
- Bozkurt G, Memis D, Karabogaz G, Pamukcu Z, Ture M, Karamanlioglou B et al. Genotoxicity of waste anaesthetic gases. *Anaesth Intensive Care* 2002, 30:597-602
- Matsuoka H, Kurosawa S, Horinouchi T. Inhalation anesthetics induce apoptosis in normal peripheral lymphocytes *in vitro*. *Anesthesiology* 2001, 95:1467-1472
- ISSA International section on the prevention of occupational risks in health services No 2042. Safety in the use of anesthetic gases
- Sandras S, Aygum N, Gamli M. Use of alkaline comet assay to detect DNA damages in lymphocytes of operating room personnel occupationally exposed to anaesthetic gases. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 1998, 418, 2-3:93-100
- Matsuoka, Kurosawa, Horinouchi. Inhalation anesthetics induce apoptosis in normal peripheral lymphocytes *in vitro*. *Anesthesiology* 2001, 95:1467-1472

26. Zanardo V, Caroni G, Burlina A. Higher homocysteine concentrations in women undergoing caesarean section under general anesthesia 2003, 112:33–36
27. Eger E, Michael J, Winegar R, Han Christine BS, Gong DBS. Compound A induces sister chromatid exchanges in Chinese hamster ovary cells. *Anesthesiology* 1997, 86:918–922
28. Hoerauf KH, Weisner G. Waste anaesthetic gases induce sister chromatid exchanges in lymphocytes of operating room personnel. *Br J Anaesth* 1999, 82:764–766
29. Marx T. Pollution of the work environment by volatile anesthetics and nitrous oxide. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 1997, 32:532–540
30. Henderson KA, Matthews IP. Staff exposure to anaesthetic gases in theatre and non theatre areas. *European J of Anaesthesiology* 2000, 17:149–151
31. Matsuoka Hiroshi, Kurosawa Shim, Horinouchi Takashi, Kato Massato, Hashimoto Yasuk. Inhalation anesthetics induce apoptosis in normal peripheral lymphocytes *in vitro*. *Anesthesiology* 2001, 95:1467–1472
32. Donaldson D, Meehan JG. The hazards of chronic exposure to nitrous oxide: an update. *Br Dent J* 1995, 178:95–100
33. Aasmoe L, Olsen OH. Exposure to anesthetic gases. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1995, 112:2652–2655
34. Koda S, Kumaaj S, Toytomo M, Yasuda N, Ohara H. A study of waste anesthetic gases monitoring and working environmental controls in hospital operating rooms. *Sangyo Eiseigaku Zasshi* 1997, 39:38–45
35. Barker JP, Abdelatti MO. Anaesthetic pollution, potential sources, their identification and control. Edwave General Hospital, Edwave, Middlessex HA8 0AD, UK, 1997
36. Hobbhahn J, Wiesner G, Taeger K. Occupational exposure and environmental pollution: the role of inhalation anesthetics with special consideration of sevoflurane. *Anaesthetics* 1998, (Suppl 1):S77–S86
37. Hoerauf KH, Wiesner G, Schroegendorfer KF, Jobst BP, Spacek A, Harth M et al. Waste anaesthetic gases induce sister chromatid exchanges in lymphocytes of operating room personnel. *Br J Anaesth* 1999, 82:764–766
38. Pasguini R, Scassellati-Sforzolini G, Fatigoni C, Marcarelli M, Monarca S, Donato F et al. Sister chromatid exchanges and micronuclei in lymphocytes of operating room personnel occupationally exposed to enflurane and nitrous oxide. *Environ Pathol Toxicol Oncol* 2001, 20:119–126
39. Summer G, Lirk P, Hoerauf K, Raifer H, Deibl M, Reider J et al. Sevoflurane in exhaled air of operating room personnel. *Int Anesthes* 2003, 97:1070–1073
40. Westphal K, Byhahn C, Stouhal U, Wilke HJ, Lischke V, Behne M. Exposure of recovery room personnel to inhalation anesthetics. *Anesthesiol Reamin* 1998, 23:157–160
41. Takeda J, Sato M, Shimada M, Ochiai R, Takahashi J, Fukushima K et al. Air pollution by sevoflurane in operating room and serum and urine inorganic fluoride of anesthetists. *Masui* 1995, 44:1041–1045
42. Gentili A, Accorsi A, Pigna A, Bachiooco V, Domenichini I, Baroncini S et al. Exposure of personnel to sevoflurane during paediatric anaesthesia: influence of professional role and anaesthetic procedure. *Eur J Anaesthesiol* 2004, 21:638–645
43. Flodin U, Landtblom A-M, Axelson O. Multiple sclerosis in nurse anaesthetists. *Occup Environ Med* 2003, 60:66–68
44. Gentili A, Accorsi A, Pigna A. Exposure of personnel to sevoflurane during paediatric anaesthesia: influence of professional role and anaesthetic procedure. *Eur J Anaesthesiol* 2004, 21:638–645
45. Trevisan A, Borella Venturini M, Carrieri M. Biological indices of kidney involvement in personnel exposed to sevoflurane in surgical areas. *Am J Industr Med* 2003, 44:474–480
46. Hoerauf K, Wiesner G, Funk W, Schroegendorfer K, Hobbhahn J. Biological monitoring during exposure to the anesthetics isoflurane and sevoflurane. *Zentralbl Hyg Umweltmed* 1998, 200:521–529
47. Virgilla A, Scapellato ML, Maccea I, Perini M, Carrieri M, Gori G et al. Occupational exposure to anaesthetic gases at several hospitals. *G Ital Med Lav Ergon* 2002, 24:447–450
48. Imbriani M, Zadra P, Nergi S, Alessio A, Maestri L, Ghittori S. Biological monitoring of exposure to sevoflurane. *Med Lan* 2001, 92:173–180
49. Stoelting RK, Hillier SC, Lavoisier Fr. *Pharmacology and physiology in anesthetic practice*. 2nd ed. 2006:45–79
50. Raj N, Henderson KA, Hall JE, Aguilera IN. Evaluation of personal, environmental and biological exposure of paediatric anaesthetists to nitrous oxide and sevoflurane. *Anaesthesia* 2003, 58:630–636
51. Byhahn C, Westphal K, Strouhal U. Maternal protection law and exposure of personnel in the recovery room and surgical intensive care unit by inhalation anesthetics. *Gesundheitswesen* 1998, 61:155–156
52. Hasei M, Hirata T, Nishihara H, Tanigami H, Takashina M, Mori T. Occupational exposure of operating room staff to anesthetic gases during inhaled induction—a comparison with intravenous anesthesia induction. *Masui* 2003, 52:394–398
53. Byhahn C, Wilke HJ, Westphal K. Occupational exposure to volatile anesthetics: epidemiology and approaches to reducing the problem. *CNS Drugs* 2001, 15:197–215
54. Henderson AK, Matthews IP. Staff exposure to anaesthetic gases in theatre and non theatre areas. *Eur J Anaesthesiol* 2000, 17:149–151

Υποβλήθηκε: 20/04/2007

Επανυποβλήθηκε: 29/11/2007

Εγκρίθηκε: 30/11/2007