

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ REVIEW

# Οι επιπτώσεις της έκθεσης των επαγγελματιών υγείας στα πτητικά αναισθητικά αέρια

Ένας παράγοντας έκθεσης των επαγγελματιών υγείας με σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία τους είναι η χρήση πτητικών αναισθητικών αερίων. Η έκθεση σε πτητικά αναισθητικά μπορεί να είναι είτε άμεση λόγω απώλειας αναισθητικών κατά την αναισθησία, είτε έμμεση λόγω αποβολής αναισθητικών μέσω της εκπνοής του ασθενούς στο χώρο της ανάνηψης. Τα δεδομένα επιδημιολογικών μελετών αναφορικά με το συγκεκριμένο θέμα καταλήγουν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Οι πιο συχνές επιπτώσεις στην υγεία των εκτιθέμενων εργαζομένων είναι ημικρανίες, χρόνια κεφαλαλγία, κατάθλιψη, αναιμία, περιφερική νευροπάθεια, νεφροτοξικότητα, ηπατοτοξικότητα και πολλαπλή σκλήρυνση. Επί πλέον, ορισμένες μελέτες σε εγκύους που εκτίθενται αναφέρονται σε μεγάλο κίνδυνο αποβολών, συγγενών ανωμαλιών των εμβρύων και δυσμενή έκβαση της εγκυμοσύνης, γενικά. Παρ' όλο που το σύστημα εξαερισμού και το σύστημα αποβολής αναισθητικών αερίων έχουν περιορίσει σημαντικά την έκθεση των επαγγελματιών υγείας, η αποτελεσματική προστασία της υγείας των εργαζομένων προϋποθέτει τη συμμετοχή των αρμόδιων οργανισμών επαγγελματικής ασφάλειας και την περαιτέρω έρευνα, με στόχο τη διερεύνηση της σχέσης της έκθεσης στα πτητικά αναισθητικά με τις επιπτώσεις στην υγεία των επαγγελματιών υγείας. Τα αποτελεσματικά μέτρα πρόληψης της επαγγελματικής έκθεσης στα αναισθητικά περιλαμβάνουν την ενημέρωση και την εκπαίδευση του προσωπικού, τους μηχανικούς και τους διοικητικούς ελέγχους, τις περιοδικές μετρήσεις, την ατομική προστασία και την υποκατάσταση των επιβλαβών αναισθητικών από ασφαλέστερες ουσίες.

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι επαγγελματίες υγείας που εργάζονται στο χώρο του χειρουργείου πρέπει να γνωρίζουν τις επαγγελματικές εκθέσεις και τους κινδύνους που ελλοχεύουν στο χώρο εργασίας τους. Ένας παράγοντας έκθεσης των εργαζομένων στο χώρο του χειρουργείου με σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία τους είναι τα πτητικά αναισθητικά που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια των χειρουργικών επεμβάσεων.

Το 1946, ο William Morton μετά από σειρά μελετών απέδειξε τις αναισθητικές ιδιότητες του διαιθυλαιθέρα ( $C_4H_{10}O$ ), προκαλώντας καινοτομία στην ιατρική επιστήμη. Τα επόμενα χρόνια χρησιμοποιήθηκαν στην κλινική πράξη αναισθητικά όπως το υποξείδιο του αζώτου ( $N_2O$ ), το χλωροφόρμιο ( $CHCl_3$ ) και το αιθυλένιο ( $C_2H_4$ ), η χρήση των οποίων διακόπηκε λόγω τοξικότητας. Το 1957 εισήχθη σε κλινική εφαρμογή η χρήση του αλοθανίου ( $C_2HBrClF_3$ ), με μεγάλη αποτελεσματικότητα στην αναισθησία κατά τη

διάρκεια χειρουργικών επεμβάσεων.<sup>1</sup> Το 1960 συντέθηκε το μεθοξυφλουράνιο ( $C_3H_4Cl_2F_2O$ ), η εφαρμογή του οποίου διήρκεσε πολύ βραχύ χρονικό διάστημα λόγω νεφροτοξικότητας και ηπατοτοξικότητας. Η σύνθεση πτητικών ουσιών με αναισθητικές ιδιότητες εξελισσόταν διαρκώς κι έτσι, στις αρχές της δεκαετίας του 1960, συντέθηκε το ενφλουράνιο ( $C_3H_2ClF_5O$ ) και το ισοφλουράνιο ( $C_3H_2ClF_5O$ ), ενώ στα τέλη της ίδιας δεκαετίας συντέθηκε το σεβοφλουράνιο ( $C_4H_5F_7O$ ) και το δεσφλουράνιο ( $C_3H_2F_6O$ ). Μόλις όμως το 1990 εγκρίθηκε η χρήση του σεβοφλουρανίου στην κλινική πράξη στις ΗΠΑ, χωρίς να παρατηρείται νεφροτοξικότητα. Σήμερα, η χρήση του  $N_2O$  έχει περιοριστεί και σε ορισμένες χώρες έχει απαγορευτεί λόγω των ανεπιθύμητων ενεργειών που προκαλεί.<sup>2</sup>

Η γνώση και η εκπαίδευση του προσωπικού όσον αφορά στις επιπτώσεις των πτητικών αναισθητικών στην υγεία τους μπορεί να αποτελέσει θεμέλιο λίθο για τον περιορισμό της έκθεσης, την εφαρμογή εναλλακτικών μεθόδων αναι-

ΑΡΧΕΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ 2012, 29(1):23-28  
ARCHIVES OF HELLENIC MEDICINE 2012, 29(1):23-28

Α. Πατελάρου,  
Ε. Μελιδονιώτης,  
Ε. Πατελάρου

Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο  
Ηρακλείου, Ηράκλειο

The effects of exposure of health  
care professionals to volatile  
anesthetic gases

Abstract at the end of the article

### Λέξεις ευρετηρίου

Επαγγελματική έκθεση  
Πτητικά αναισθητικά  
Υγεία

Υποβλήθηκε 22.8.2011  
Εγκρίθηκε 11.9.2011

σθησίας και το σχολαστικό έλεγχο για πιθανές απώλειες. Η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων συνιστούν αγαθά που οφείλουν πρώτοι από όλους οι ίδιοι οι εργαζόμενοι να διεκδικήσουν και να διασφαλίσουν.

Η παρούσα ανασκόπηση της βιβλιογραφίας στοχεύει στη σύνοψη και στην παρουσίαση των κινδύνων από την έκθεση στα πτητικά αναισθητικά στο χώρο τόσο της χειρουργικής αίθουσας όσο και της ανάνηψης, πλήττοντας την υγεία των επαγγελματιών υγείας. Επιπρόσθετα, στο παρόν άρθρο παρατίθενται προτάσεις για τον έλεγχο του προβλήματος και την κατά το δυνατόν πιο αποτελεσματική διασφάλιση της υγείας του εκτιθέμενου προσωπικού.

## 2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΩΝ ΥΓΕΙΑΣ

Η έκθεση σε πτητικά αναισθητικά μπορεί να είναι είτε άμεση, λόγω διαφυγής των αναισθητικών αερίων κατά τη διαδικασία της αναισθησίας, είτε έμμεση, λόγω αποβολής αναισθητικών μέσω της εκπνοής του ασθενούς στο χώρο της Μονάδας Μεταναισθητικής Φροντίδας (ΜΜΑΦ). Τα επιτρεπόμενα και συνιστώμενα επίπεδα έκθεσης έχουν οριστεί. Ωστόσο, δεν έχουν διασαφηνιστεί οι επιπτώσεις στην υγεία από μακρόχρονη έκθεση. Γεγονός είναι όμως ότι το σύστημα εξαερισμού και το σύστημα απαγωγής αερίων (gas-scavenging system) έχουν περιορίσει σημαντικά την έκθεση των επαγγελματιών υγείας.

Σύμφωνα με μια ανασκόπηση των Nilsson et al, οι οποίοι προσπάθησαν να διερευνήσουν αν η υγεία των νοσηλευτών επιβαρύνεται από τα πτητικά αναισθητικά, φάνηκε ότι, ακόμη και σε περιπτώσεις άρτιας λειτουργίας του συστήματος απαγωγής αερίων, το προσωπικό εκτίθεται σημαντικά στα πτητικά αναισθητικά.<sup>3</sup> Μεγάλος αριθμός μελετών εστιάζει στην έμμεση έκθεση του προσωπικού μέσω της εκπνοής του ασθενούς τόσο κατά τη διαδικασία αφύπνισης, όσο και κατά την παραμονή του στο χώρο της ανάνηψης. Σε μια πρόσφατη μελέτη, οι Krenzickek et al μέτρησαν τα επίπεδα πτητικών αναισθητικών στο περιβάλλον του χειρουργείου και κατέγραψαν τα αυτοαναφερόμενα συμπτώματα του προσωπικού.<sup>4</sup> Στόχος τους ήταν η συσχέτιση της έκθεσης στα πτητικά αναισθητικά με την εκδήλωση συγκεκριμένων συμπτωμάτων στους εργαζόμενους. Μολονότι η σχετική μελέτη δεν έδειξε σημαντική διαφορά μεταξύ των συμπτωμάτων πριν από την έκθεση και των συμπτωμάτων μετά από την έκθεση, οι ερευνητές κατέληξαν σε ιδιόζυγες σημασίας συμπεράσματα. Μετρήσεις των επιπέδων των απολεσθέντων πτητικών αερίων κατά την εισαγωγή και κάθε 1 ώρα μετά από την εισαγωγή στην αναισθησία έδειξαν ότι η μεγαλύτερη απώλεια πτητικών αερίων πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία της αφύπνισης και όχι κατά την εισα-

γωγή στην αναισθησία, όπως ήταν το αναμενόμενο. Αυτό οφείλεται στην αύξηση του βάθους της αναπνοής όσο ο ασθενής πλησιάζει προς την αφύπνιση και στη μεταπήδηση από τη διαδικασία αερισμού με προσωπίδα στην παροχή οξυγόνου με απλή μάσκα ή ρινική κάνουλα.

Οι Krenzickek et al επίσης μέτρησαν τα επίπεδα έκθεσης σε πτητικά αναισθητικά μεταξύ ασθενών στην ανάνηψη. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι ασθενείς που υποβλήθηκαν μόνο σε επισκληρίδια αναισθησία και μεταφέρθηκαν στην ανάνηψη, πλησίον ασθενούς που υποβλήθηκε σε γενική αναισθησία, εκτέθηκαν και εκείνοι στα εκπνεόμενα πτητικά αναισθητικά.<sup>4</sup>

Σε μια άλλη μελέτη, οι Core et al έκαναν μετρήσεις των επιπέδων αλογόνων αερίων στην ανάνηψη μέσω μετρήσεων και αναλύσεων των εκπνεόμενων όγκων των νοσηλευτών αναισθησίας.<sup>5</sup> Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τόσο πριν από την έκθεση όσο και μετά από αυτή, με στόχο τη διερεύνηση του κατά πόσο τα επίπεδα ισοφλουρανίου που ανιχνεύονται στην αναπνοή των νοσηλευτών αναισθησίας οφείλονται στην έκθεση ή ανιχνεύονται ακόμη και χωρίς να υπάρχει έκθεση. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι νοσηλευτές αναισθησίας κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας τους συσσωρεύουν σημαντικές ποσότητες ισοφλουρανίου στους πνεύμονες και οι συγκεκριμένες συγκεντρώσεις παραμένουν στον οργανισμό και ανιχνεύονται αρκετές ώρες μετά στην αναπνοή τους –σε μικρότερες συγκεντρώσεις– χωρίς να παρατηρηθεί επί πλέον έκθεση. Όλες οι μελέτες επιτείνουν την προσοχή των αρμόδιων οργανισμών επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας και τονίζουν ομόφωνα την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα ώστε να διερευνηθεί η σχέση των πτητικών αναισθητικών με την υγεία των εκτιθέμενων επαγγελματιών υγείας.

Ορισμένες από τις πλέον σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία του προσωπικού που εκτίθεται στα αναισθητικά είναι οι καρκινογενέσεις, η αλληλεπίδραση  $N_2O$  με το μεταβολισμό της Β12, τα προβλήματα αναπαραγωγής, καθώς και η ηπατική και η νεφρική τοξικότητα.<sup>6</sup> Προβλήματα όπως η μειωμένη αντίληψη, η κεφαλαλγία, η υπνηλία και η ευερεθιστότητα έχουν συσχετιστεί με την έκθεση στα αναισθητικά αέρια.<sup>7-10</sup> Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι λίγες οι επιδημιολογικές μελέτες που ενοχοποιούν τα πτητικά αναισθητικά σε προβλήματα αναπαραγωγής.<sup>11,12</sup> Ορισμένοι ερευνητές έχουν δείξει ότι η έκθεση στα πτητικά αναισθητικά έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση του γενετικού υλικού, τη γονιδιακή τοξικότητα, τις αλλαγές στα χρωμοσώματα των λεμφοκυττάρων, καθώς και τις αυτόματες αποβολές σε εγκύους.<sup>13,14</sup>

Οι Buring et al εκπόνησαν μια μετα-ανάλυση, με στόχο τον υπολογισμό του σχετικού κινδύνου (ΣΚ) της έκθεσης στα

πητητικά αναισθητικά.<sup>15</sup> Ο μεγαλύτερος ΣΚ παρατηρήθηκε στις εγκύους νοσηλεύτριες και ιατρούς που εργάζονταν στη χειρουργική αίθουσα. Οι συγκεκριμένοι επαγγελματίες υγείας εμφάνιζαν 1,3 φορές μεγαλύτερο κίνδυνο να αποβάλλουν σε σχέση με εγκύους που δεν εκτίθεντο στο συγκεκριμένο παράγοντα κινδύνου. Στην ίδια μελέτη φάνηκε ότι ο κίνδυνος για εκδήλωση ηπατικών νοσημάτων ήταν αυξημένος για τους άνδρες (ΣΚ 1,6) και τις γυναίκες (ΣΚ 1,5) μετά από χρόνια έκθεση στα πτητικά αναισθητικά.<sup>15</sup>

Σε μια μελέτη του Εθνικού Ιδρύματος Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH) των ΗΠΑ για την επαγγελματική έκθεση των νοσηλευτών στα αναισθητικά αέρια, 168 νοσηλευτές ανέφεραν ότι εκτίθενται στα αναισθητικά και έχουν εκδηλώσει μια σειρά από προβλήματα υγείας. Όλο το δείγμα των νοσηλευτών δήλωσε ότι εμφανίζει παρόμοια προβλήματα, όπως ημικρανίες, χρόνιες κεφαλαλγίες, κατάθλιψη, αναιμία, περιφερική νευροπάθεια, αλλεργία, δερματίτιδα και πολλαπλή σκλήρυνση.<sup>16</sup> Όταν οι μελετητές συνέκριναν το δείγμα των νοσηλευτών με μεγάλη έκθεση έναντι εκείνων που εκτίθενται λίγο ή καθόλου στα πτητικά αναισθητικά, τα άτομα με υψηλή έκθεση ανέφεραν 58% υψηλότερα ποσοστά ημικρανίας, 77% υψηλότερα ποσοστά κατάθλιψης και 79% μεγαλύτερη συχνότητα αναιμίας.<sup>16</sup> Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, σε σύγκριση νοσηλευτών με περιορισμένη ή καθόλου έκθεση, οι νοσηλεύτριες με υψηλή έκθεση κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης τους ανέφεραν 113% μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης συγγενών ανωμαλιών κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ), 506% υψηλότερα ποσοστά συγγενών ανωμαλιών ουροποιητικού και 824% υψηλότερα ποσοστά συγγενών μυοσκελετικών ανωμαλιών.

Οι Landtblom και Tondel μελέτησαν σε νοσηλευτές αναισθησιολογικού τμήματος τη συχνότητα εμφάνισης πολλαπλής σκλήρυνσης.<sup>17</sup> Παρατήρησαν ότι η εκδήλωση της πολλαπλής σκλήρυνσης ήταν πολύ πιο συχνή σε νοσηλευτές αναισθησιολογικού τμήματος σε σύγκριση με νοσηλευτές άλλων ειδικοτήτων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι νοσηλευτές που εργάζονταν με παιδιατρικούς ασθενείς εμφάνιζαν πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο ανάπτυξης της νόσου, ενώ μετά από την έκθεση ανέφεραν συμπτώματα όπως κεφαλαλγία, ναυτία, αδυναμία.<sup>17</sup>

Σύμφωνα με μελέτες, οι γυναίκες εργαζόμενες ή οι σύζυγοι ανδρών που εργάζονται σε χώρους με χρόνια χαμηλή έκθεση σε πτητικά αναισθητικά έχουν αυξημένο κίνδυνο για αποβολές, βρεφική θνησιμότητα και επιπλοκές κατά τη γέννηση. Μελέτες σε πειρατόζωα έδειξαν ότι η έκθεση σε αλοθάνιο οδηγεί σε αλλαγές στη συμπεριφορά, στη μάθηση και σε άλλες γνωστικές λειτουργίες.<sup>18</sup> Σε μια άλλη μελέτη,

στην οποία οι αναισθησιολόγοι εκτίθεντο σε αλοθάνιο και σεβοφλουράνιο, παρατηρήθηκαν αλλοιώσεις στα περιφερικά λεμφοκύτταρα, οι οποίες εξακολουθούσαν να ανιχνεύονται δύο μήνες μετά την απομάκρυνση των εργαζομένων από το χώρο του χειρουργείου.<sup>19</sup> Επίσης, υπάρχουν αναφορές για μείωση του αριθμού των λεμφοκυττάρων κατά 60–70% μετά από την έκθεση σε ισοφλουράνιο και Ν<sub>2</sub>Ο. Η εν λόγω μείωση παρατηρείται στον οργανισμό ακόμη και μερικές ημέρες μετά από την έκθεση.

Τα σύγχρονα πτητικά αναισθητικά, όπως το ισοφλουράνιο, το δεσφλουράνιο και το σεβοφλουράνιο, αποβάλλονται μέσω της αναπνοής χωρίς να μεταβολίζονται ή μεταβολίζονται μερικώς. Ποσοστό μόλις 5–8% από το σεβοφλουράνιο και 0–0,2% από το ισοφλουράνιο μεταβολίζονται από τον οργανισμό.<sup>20,21</sup> Το υπόλοιπο ποσοστό αποβάλλεται μέσω της εκπνοής από τον ασθενή και με αυτόν τον τρόπο τα αναισθητικά διαχέονται στην ατμόσφαιρα της χειρουργικής αίθουσας, αλλά και στην ανάνηψη.

Τα τελευταία χρόνια, τίθεται σε πειραματική εφαρμογή η χρήση ευγενών αερίων με αναισθητικές ιδιότητες.<sup>22–27</sup> Πρόκειται για το ξένο (Xe) και το ήλιο (He), τα πλέον ασφαλή μέχρι στιγμής αναισθητικά αέρια για την υγεία τόσο των ασθενών όσο και των επαγγελματιών υγείας που εκτίθενται σε αυτά.<sup>28</sup> Τροχοπέδη στη μετάβαση από την έρευνα στην κλινική πράξη και στην καθιέρωση της ευρείας χρήσης τους στην αναισθησία θα αποτελέσει το πολύ μεγάλο κόστος των ευγενών αερίων, υπερβαίνοντας κατά πολύ το κόστος των ήδη χρησιμοποιούμενων αναισθητικών αερίων.<sup>29–32</sup>

### 3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε μια δημοσίευση του NIOSH επισημαίνεται ότι, παρ' όλο που μεταξύ άλλων έχουν διεξαχθεί κάποιες μελέτες, οι οποίες δεν ενοχοποιούν τα πτητικά αναισθητικά για επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων, κρίνεται σκόπιμη η ανάγκη για άμεση λήψη μέτρων και η εφαρμογή ρυθμίσεων για τη χρήση τους.<sup>33</sup>

#### 3.1. Εκπαίδευση των επαγγελματιών υγείας

3.1.1. *Ενημέρωση για τους επαγγελματικούς κινδύνους και για τα δικαιώματα των εργαζομένων.* Οι επαγγελματίες υγείας οφείλουν να ενημερώνονται για τους κινδύνους που ελλοχεύουν στο χώρο εργασίας τους και να καταφεύγουν στην αναζήτηση πληροφοριών για θέματα όπως η σχέση των πτητικών αναισθητικών με την υγεία, δεδομένου ότι μέσω συγκεκριμένων ιστοσελίδων παρέχονται λεπτομερή στοιχεία για νέα δεδομένα που αφορούν σε επαγγελματικούς κινδύνους και την ασφάλεια στο χώρο εργασίας. Επίσης,

η παρακολούθηση σεμιναρίων, συνεδρίων, ομιλιών που διαπραγματεύονται το θέμα της ασφάλειας των πτητικών αναισθητικών μπορεί να προσφέρει την απαιτούμενη γνώση για τους επαγγελματίες υγείας. Η ίδια η υπηρεσία στην οποία υπάγονται οι εργαζόμενοι οφείλει να διεξάγει προγράμματα ενημέρωσης του προσωπικού, με στόχο τη διασφάλιση της υγείας των εργαζομένων. Το διαδίκτυο μπορεί να αποτελέσει μια από τις πλέον κατάλληλες πηγές πληροφόρησης για τους επαγγελματίες υγείας.

### 3.2. Σωστή εκπαίδευση σχετικά με τις τεχνικές αναισθησίας

Η τεχνική με το μεγαλύτερο κίνδυνο διαφυγής αερίων είναι η χορήγηση αναισθησίας με απλή προσωπίδα. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτεί η καλή εφαρμογή της προσωπίδας στο πρόσωπο του ασθενούς, χωρίς να αφήνει τα περιθώρια για τυχόν απώλειες πτητικών αναισθητικών.<sup>34,35</sup> Η λαρυγγική μάσκα, η οποία άρχισε να χρησιμοποιείται στην κλινική πράξη το 1983, εφαρμόζει καλύτερα στον ασθενή και αποτελεί την ιδανική εναλλακτική οδό σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται αναισθησία με απλή μάσκα. Σύμφωνα με τους Buchahn et al, όταν ένας αναισθησιολόγος έχει να επιλέξει μεταξύ αναισθησίας με απλή προσωπίδα και λαρυγγικής μάσκας, η λαρυγγική μάσκα είναι η καλύτερη και ασφαλέστερη επιλογή, μειώνοντας την έκθεση του προσωπικού στα αναισθητικά αέρια.

### 3.3. Μηχανικοί έλεγχοι εξαερισμού και συστήματος απαγωγής αναισθητικών αερίων από την τεχνική υπηρεσία και από την αναισθησιολογική ομάδα

Η εφαρμογή μηχανικών ελέγχων συνιστά ένα από τα πλέον σημαντικά βήματα στην προσπάθεια περιορισμού της έκθεσης στα αναισθητικά αέρια. Η σωστή λειτουργία του συστήματος εξαερισμού μπορεί να απομακρύνει τα επικίνδυνα για την υγεία των εργαζομένων αέρια. Ο NIOSH συνιστά την εγκατάσταση ειδικού συστήματος εξαερισμού στο χώρο της ανάνηψης, μέσω του οποίου θα πραγματοποιούνται τουλάχιστον έξι ανταλλαγές αέρα ανά ώρα και το λιγότερο δύο εμπλουτισμοί της ατμόσφαιρας με φρέσκο αέρα ανά ώρα.<sup>36</sup> Ευθύνη όμως για τον έλεγχο του συστήματος απαγωγής αναισθητικών αερίων φέρει και η αναισθησιολογική ομάδα, δεδομένου ότι οφείλει, πριν από την εισαγωγή στην αναισθησία, να ελέγχει το σύστημα με προσοχή και να αναφέρει άμεσα πιθανές βλάβες στην τεχνική υπηρεσία.

### 3.4. Διοικητικοί έλεγχοι

Οι διοικητικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν μέτρα, όπως η

κατάρτιση του προσωπικού που χρησιμοποιεί τα αναισθητικά, ο περιοδικός έλεγχος και η προσπάθεια αντικατάστασης των επικίνδυνων πτητικών αερίων από ασφαλέστερες ουσίες.<sup>36</sup> Ένας άλλος τρόπος περιορισμού της έκθεσης είναι η εναλλαγή των νοσηλευτών αναισθησίας στο χώρο της ανάνηψης κατά τη διάρκεια του ωραρίου εργασίας, ιδιαίτερα στην περίπτωση ανάνηψης παιδιατρικών ασθενών. Με τη μέθοδο αυτή περιορίζεται το χρονικό διάστημα έκθεσης του νοσηλευτή αναισθησίας στα εκπνεόμενα στο χώρο της ανάνηψης αναισθητικά.

### 3.5. Ατομική προστασία

Εκτός από τους ελέγχους και τις μετρήσεις της τεχνικής υπηρεσίας, ο εργαζόμενος που εκτίθεται οφείλει να λάβει μέτρα για τη δική του προστασία πρωτίστως μέσω ελέγχου του συστήματος απαγωγής αναισθητικών αερίων πριν από τη διαδικασία της εισαγωγής στην αναισθησία.<sup>36</sup> Η αποφυγή της πολύ στενής επαφής με τον ασθενή στο χώρο της ανάνηψης, όποτε αυτό δεν είναι αναγκαίο, πιθανόν, επίσης, να προστατεύσει ως ένα βαθμό την υγεία των εργαζομένων. Από την πλευρά των αναισθησιολόγων, η ορθολογική χρήση των πτητικών αναισθητικών και η χρήση των εναλλακτικών, όταν αυτό είναι εφικτό, αποτελούν τρόπους ατομικής προστασίας, αλλά και μεθόδους προστασίας όλων των εκτιθέμενων συνεργατών.

### 3.6. Περιορισμός χρήσης πτητικών αναισθητικών – υποκατάσταση

Η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση των αναισθησιολόγων για τις επιπτώσεις των πτητικών αναισθητικών στην υγεία των επαγγελματιών υγείας αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τον περιορισμό της ευρείας χρήσης τους και την αντικατάστασή τους από ενδοφλέβια αναισθητικά, όποτε αυτό είναι εφικτό. Οι Zestos et al, σε μια προσπάθεια ελαχιστοποίησης της έκθεσης, εφάρμοσαν ένα συνδυασμό πτητικού αναισθητικού με προποφόλη στις βρογχοσκοπήσεις σε παιδιά.<sup>37</sup> Ο περιορισμός της έκθεσης κατά τη διαδικασία της αναισθησίας ήταν σημαντικός, αλλά και πάλι μετρήσεις έδειξαν ότι παρατηρήθηκε υπέρβαση των επιτρεπόμενων από τον NIOSH ορίων. Αναγκαία φαίνεται λοιπόν ότι είναι η εστίαση των μελετών προς εύρεση μιας ασφαλέστερης εναλλακτικής μεθόδου.

## 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση των πτητικών αναισθητικών επιβαρύνει και επιμολύνει την ατμόσφαιρα τόσο στο χώρο της χειρουργικής αίθουσας όσο και στην ανάνηψη, με αποτέλεσμα την έκθεση των επαγγελματιών υγείας και την επιβάρυνση

της υγείας τους. Πρόσφατα δεδομένα μελετών ενισχύουν την άποψη ότι η καλή λειτουργία των συστημάτων απομάκρυνσης πτητικών αερίων και του εξαερισμού μπορούν να περιορίσουν σημαντικά την έκθεση. Συμπερασματικά,

λοιπόν, η εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων πρόληψης θεωρείται σκόπιμη και προϋποθέτει την ευαισθητοποίηση της υπηρεσίας, αλλά και των ίδιων των εργαζομένων.

## ABSTRACT

### The effects of exposure of health care professionals to volatile anesthetic gases

A. PATELAROY, E. MELIDONIOTIS, E. PATELAROY

University Hospital of Heraklion, Heraklion, Crete, Greece

*Archives of Hellenic Medicine* 2012, 29(1):23–28

One of the exposures of health care professionals that may have serious adverse effects on their health is from the use of volatile anesthetic gases. Exposure to volatile anesthetic gases can be either direct, from the wastage of gases during administration of anesthesia, or indirect, from the elimination of anesthetics through patients' exhalation following surgery. Current epidemiological evidence in this field is contradictory. The most common health effects of exposure to anesthetic gases among health care workers that have been documented are: Migraine, chronic headache, depression, anemia, peripheral neuropathy, neurotoxicity, hepatotoxicity, and multiple sclerosis. In addition, studies of exposed pregnant women have shown a high risk of miscarriage, congenital fetal abnormalities and overall adverse pregnancy outcome. Although ventilation and gas-scavenging systems have reduced significantly the exposure of health care professionals, the optimal protection of their health demands, the participation of the relevant organizations of occupational safety and further research on the relationship between exposure to volatile anesthetics and adverse health effects. Effective preventive measures against occupational exposure to anesthetics include informing and educating the health personnel, effective engineering and administrative control, periodic measurements in the workplace, personal protection, and the substitution of harmful anesthetics by safer substances.

**Key words:** Health, Occupational exposure, Volatile anesthetics

## Βιβλιογραφία

1. SUCKLING CW. Some chemical and physical factors in the development of fluothane. *Br J Anaesth* 1957, 29:466–472
2. TORRI G. Inhalation anesthetics: A review. *Minerva Anestesiol* 2010, 76:215–228
3. NILSSON R, BJÖRDAL C, ANDERSSON M, BJÖRDAL J, NYBERG A, WELIN B ET AL. Health risks and occupational exposure to volatile anaesthetics – a review with a systematic approach. *Iss Clin Nurs* 2005, 14:173–186
4. KRENZISCHEK DA, SCHAEFER J, NOLAN M, BUKOWSKI J, TWILLEY M, BERNACKI E ET AL. Phase I collaborative pilot study: Waste anesthetic gas levels in the PACU. *J Perianesth Nurs* 2002, 17:227–239
5. COPE KA, MERRITT WT, KRENZISCHEK DA, SCHAEFER J, BUKOWSKI J, FOSTER WM ET AL. Phase II collaborative pilot study: Preliminary analysis of central neural effects from exposure to volatile anesthetics in the PACU. *J Perianesth Nurs* 2002, 17:240–250
6. LUMB M, PERRY J, DEACON R, CHANARIN I. Recovery of tissue folates after inactivation of cobalamin by nitrous oxide. The significance of dietary folate. *Am J Clin Nutr* 1981, 34:2418–2422
7. BRUCE DL, BACH MJ, ARBIT J. Trace anesthetic effects on perceptual, cognitive, and motor skills. *Anesthesiology* 1974, 40:453–458
8. BRUCE DL, BACH MJ. Effects of trace anaesthetic gases on behavioural performance of volunteers. *Br J Anaesth* 1976, 48:871–876
9. BRUCE DL, BACH MJ. Psychological studies of human performance as affected by traces of enflurane and nitrous oxide. *Anesthesiology* 1975, 42:194–205
10. UDASIN IG. Health care workers. *Prim Care* 2000, 27:1079–1102
11. COHEN EN, GIFT HC, BROWN BW, GREENFIELD W, WU ML, JONES TW ET AL. Occupational disease in dentistry and chronic exposure to trace anesthetic gases. *J Am Dent Assoc* 1980, 101:21–31
12. ROWLAND AS, BAIRD DD, SHORE DL, WEINBERG CR, SAVITZ DA, WILCOX AJ. Nitrous oxide and spontaneous abortion in female dental assistants. *Am J Epidemiol* 1995, 141:531–538
13. BOIVIN JF. Risk of spontaneous abortion in women occupationally exposed to anaesthetic gases: A meta-analysis. *Occup Environ Med* 1997, 54:541–548
14. WIESNER G, HOERAUF K, SCHROEGENDORFER K, SOBZYNSKI P, HARTH M, RUEDIGER HW. High-level, but not low-level, occupational exposure to inhaled anesthetics is associated with genotoxicity in the micronucleus assay. *Anesth Analg* 2001, 92:118–122
15. BURING JE, HENNEKENS CH, MAYRENT SL, ROSNER B, GREENBERG ER,

- COLTON T. Health experiences of operating room personnel. *Anesthesiology* 1985, 62:325–330
16. ENVIRONMENTAL WORKING GROUP. *Nurses' health and workplace exposures to hazardous substances*. Available at: [http://www.ewg.org/sites/nurse\\_survey/analysis/summary.php](http://www.ewg.org/sites/nurse_survey/analysis/summary.php)
  17. LANDTBLOM AM, TONDEL M, HJALMARSSON P, FLODIN U, AXELSON O. The risk for multiple sclerosis in female nurse anaesthetists: A register-based study. *Occup Environ Med* 2006, 63:387–389
  18. TOXNET. *2-bromo-2-chloro-1,1,1-trifluoroethane*. Available at: <http://www.toxnet.nlm.nih.gov>
  19. EROGLU A, CELEP F, ERCIYES N. A comparison of sister chromatid exchanges in lymphocytes of anesthesiologists to non-anesthesiologists in the same hospital. *Anesth Analg* 2006, 102:1573–1577
  20. MCKAY R, SONNER J, MCKAY W. Inhaled anesthetics. In: Stoelting RK, Miller RD (eds) *Basics of anesthesia*. 5th ed. Churchill Livingstone (Elsevier), Philadelphia, 2007:79
  21. SMITH RA. What you don't know can hurt you: Health hazards in the work environment. *J Perianesth Nurs* 2009, 24:75–80
  22. CATTANO D, WILLIAMSON P, FUKUI K, AVIDAN M, EVERS AS, OLNEY JW ET AL. Potential of xenon to induce or to protect against neuroapoptosis in the developing mouse brain. *Can J Anaesth* 2008, 55:429–436
  23. PAGEL PS, KROLIKOWSKI JG, SHIM YH, VENKATAPURAM S, KERSTEN JR, WEIHRAUCH D ET AL. Noble gases without anesthetic properties protect myocardium against infarction by activating prosurvival signaling kinases and inhibiting mitochondrial permeability transition *in vivo*. *Anesth Analg* 2007, 105:562–569
  24. PAGEL PS, KROLIKOWSKI JG, PRATT PF Jr, SHIM YH, AMOUR J, WARTIER DC ET AL. The mechanism of helium-induced preconditioning: A direct role for nitric oxide in rabbits. *Anesth Analg* 2008, 107:762–768
  25. PAGEL PS, KROLIKOWSKI JG, PRATT PF Jr, SHIM YH, AMOUR J, WARTIER DC ET AL. Inhibition of glycogen synthase kinase or the apoptotic protein p53 lowers the threshold of helium cardioprotection *in vivo*: The role of mitochondrial permeability transition. *Anesth Analg* 2008, 107:769–775
  26. PAGEL PS, KROLIKOWSKI JG, PRATT PF Jr, SHIM YH, AMOUR J, WARTIER DC ET AL. Reactive oxygen species and mitochondrial adenosine triphosphate-regulated potassium channels mediate helium-induced preconditioning against myocardial infarction *in vivo*. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2008, 22:554–559
  27. HEINEN A, HUHNN R, SMEELE KM, ZUURBIER CJ, SCHLACK W, PRECKEL B ET AL. Helium-induced preconditioning in young and old rat heart: Impact of mitochondrial Ca<sup>2+</sup>-sensitive potassium channel activation. *Anesthesiology* 2008, 109:830–836
  28. DE HERT SG, PRECKEL B, SCHLACK WS. Update on inhalational anaesthetics. *Curr Opin Anaesthesiol* 2009, 22:491–495
  29. PRECKEL B, WEBER NC, SANDERS RD, MAZE M, SCHLACK W. Molecular mechanisms transducing the anesthetic, analgesic, and organ-protective actions of xenon. *Anesthesiology* 2006, 105:187–197
  30. RŮZICKÁ J, BENES J, BOLEK L, MARKVARTOVÁ V. Biological effects of noble gases. *Physiol Res* 2007, 56(Suppl 1):S39–S44
  31. DERWALL M, COBURN M, REX S, HEIN M, ROSSAINT R, FRIES M. Xenon: Recent developments and future perspectives. *Minerva Anesthesiol* 2009, 75:37–45
  32. HARRIS PD, BARNES R. The uses of helium and xenon in current clinical practice. *Anaesthesia* 2008, 63:284–293
  33. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Waste anesthetic gases – occupational hazards in hospitals. Department of Health and Human Services (DHHS) & National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), USA. Publication no 2007:151. Available at: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-151/pdf>
  34. JENSTRUP M, FRUERGAAARD KO, MORTENSEN CR. Pollution with nitrous oxide using laryngeal mask or face mask. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999, 43:663–666
  35. BYHAHN C, WILKE HJ, WESTPPHAL K. Occupational exposure to volatile anaesthetics: Epidemiology and approaches to reducing the problem. *CNS Drugs* 2001, 15:197–215
  36. OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION. *Waste anesthetic gases*. Available at: <http://osha.gov/SLTC/wasteanestheticgases/standards.html>
  37. ZESTOS MM, BHATTACHARYA D, RAJAN S, KEMPER S, HAUPERT M. Propofol decreases waste anesthetic gas exposure during pediatric bronchoscopy. *Laryngoscope* 2004, 114:212–215

*Corresponding author:*

A. Patelarou, Department of Anesthesiology, University Hospital of Heraklion, GR-710 03 Heraklion, Crete, Greece  
e-mail: athina.patararou@gmail.com