

Το Σύγχρονο Μηχάνημα Αναισθησίας

ΕΙΡΗΝΗ ΚΟΤΖΑΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ, ΕΙΡΗΝΗ ΖΟΥΜΠΕΛΟΥΛΗ,
ΦΑΝΗ ΓΙΑΚΟΥΜΗ, ΕΛΕΝΗ ΒΟΛΑΚΛΗ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κύριος σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να βοηθήσει τους αναγνώστες-νοσηλευτές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες για τη σωστή χρήση του μηχανήματος αναισθησίας (ΜΑ) που αποτελεί τον θεμέλιο λίθο για την χορήγηση ασφαλούς αναισθησίας. Λόγω της πληθώρας των τύπων των ΜΑ που είναι σε χρήση όλες οι γενικές πληροφορίες που θα δοθούν θα πρέπει να προσαρμοστούν στην τοπική κλινική πρακτική και έλεγχο του κάθε ιδρύματος.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΑΝΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Όλα τα ΜΑ διαθέτουν συστήματα παροχής και μέτρησης της σύνθεσης των αερίων όπως του οξυγόνου (O_2) που είναι απαραίτητο για τη ζωή, των αναισθητικών αερίων που είναι απαραίτητα για την αναισθησία και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που αποτελεί απεκκρινόμενο προϊόν του μεταβολισμού. Εάν γίνει κατανοητή αυτή η βασική αρχή λειτουργίας του ΜΑ τότε αυτό που απομένει είναι να διαπιστωθεί πως ένα συγκεκριμένο μηχάνημα επιτυγχάνει αυτές τις λειτουργίες και ποιος είναι ο σωστός τρόπος ελέγχου για την ασφαλή χρήση του. Η παρουσίαση του ΜΑ θα ακολουθήσει το μοντέλο παροχής (supply-S), επεξεργασίας (processing-P), διανομής (delivery-D) και απομάκρυνσης (disposal-D), SPDD (πίνακας 1).

Το μοντέλο βοηθά στην κατανόηση της πορείας των αερίων από την άφιξή τους στην χειρουργική αίθουσα μέχρι την απομάκρυνσή τους από αυτή (σχήμα 1). Η ροή των αερίων είναι από τα αριστερά (παροχές) προς τα δεξιά (συστήματα αποχέτευσης). Η μεγάλη κάθετη γραμμή διαχωρίζει τα εσωτερικά ή/και ενσωματωμένα τμήματα του μηχανήματος μέχρι την κοινή έξοδο των αερίων (ΚΕΑ), από τα εξωτερικά που ξεκινούν μετά την ΚΕΑ. Κεντρική

θέση στο μοντέλο κατέχει το O_2 με τα 5 καθήκοντα που επιτελεί ως το πλέον ουσιώδες αέριο. Το μοντέλο οργανώνει τις πληροφορίες βασισμένο στον τρόπο χρήσης των επιμέρους τμημάτων και όχι πάνω στις πιέσεις που είναι εκτεθειμένο. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του ΜΑ που βασιζόταν στα συστήματα πιέσεων ως επιμέρους συστήματα υψηλών, μετρίων και χαμηλών πιέσεων όπως αναλύεται στον πίνακα 2, τείνει να εγκαταλειφθεί.

Η εισαγωγή νέων σύγχρονων ΜΑ στην καθημερινή πρακτική θέτει ερωτηματικά σχετικά με την επάρκεια και ασφαλή χρήση των παλαιότερων μοντέλων. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να εξετασθεί υπό το πρίσμα του πόσο καλύπτει ένα παλαιό μοντέλο τις ανάγκες της καθημερινής πρακτικής και πόσο κοντά στις προδιαγραφές ασφαλείας είναι, από την δυνατότητα επισκευών και από την παρουσία των ελάχιστων απαραίτητων χαρακτηριστικών ασφαλείας. Οι τρέχουσες προδιαγραφές ενός σύγχρονου σταθμού αναισθησίας που συμπεριλαμβάνει και το ΜΑ σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρία Ελέγχου και Υλικών (ASTM F1850) αποδίδονται στον πίνακα 3.

ΠΑΡΟΧΕΣ

Κεντρικές παροχές αερίων

Στα ελληνικά νοσοκομεία η πίεση των αερίων μετριέται σε atm ή bar, οι δε πιέσεις των αεραγωγών στα ΜΑ σε mbar ή cm H_2O , γι'αυτό κρίνεται σκόπιμο να δοθούν αρχικά οι μετατροπές των μονάδων των αερίων.

1 kPa = 0,01 atm

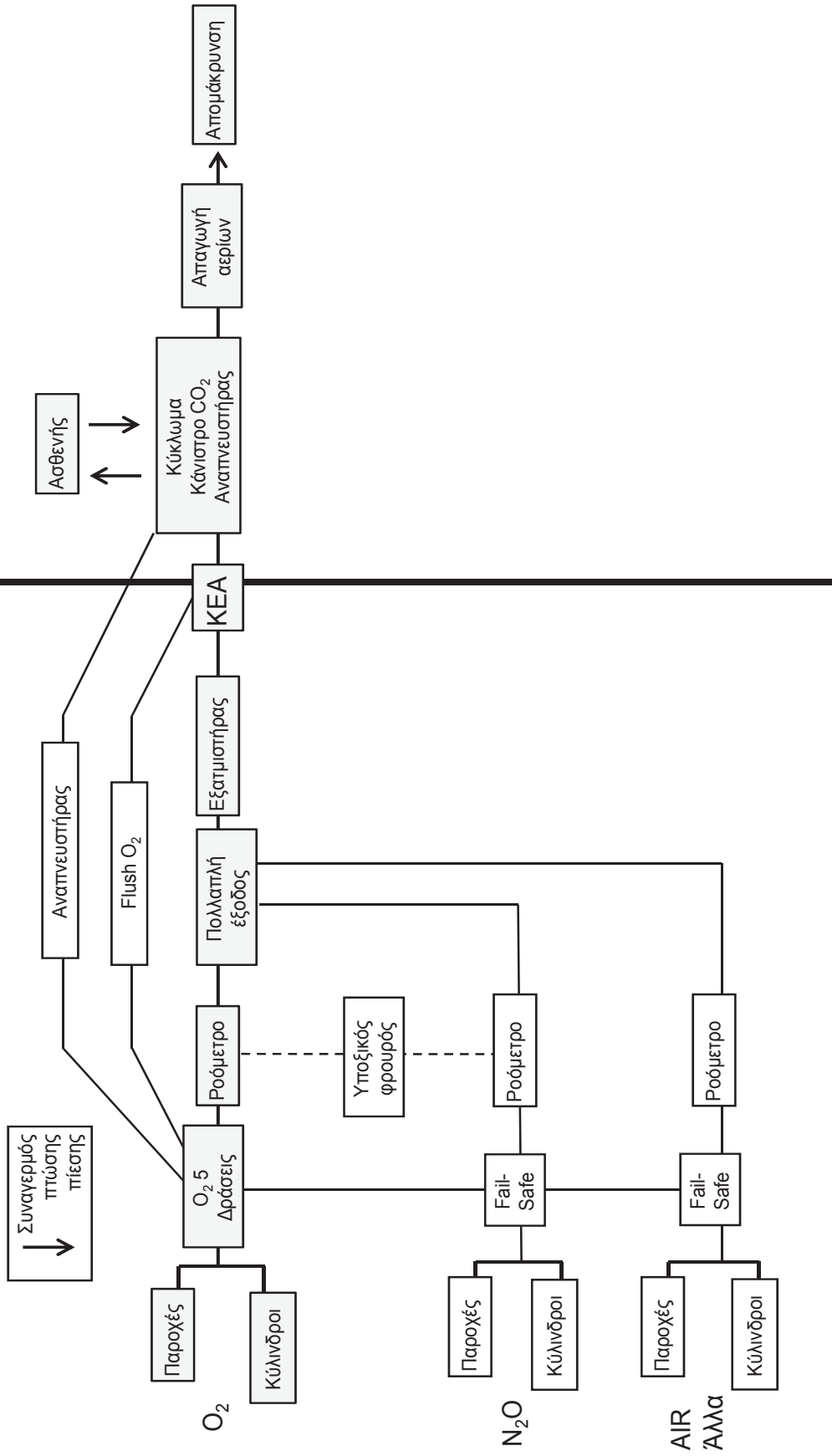
1 psi = 6,89 kPa = 0,0689 atm, συνεπώς 50 psi = ~ 3,5 atm

1 atm = 1 bar = 760 mm Hg = 98,1kPa

1 atm = 1 bar = 10 m H_2O , 1000 mbar = 1000 cm H_2O , 1

mbar = 1 cm H_2O

Το O_2 παράγεται με την κλασματική απόσταξη του αέρα και μεταφέρεται στα νοσοκομεία σε υγρή μορφή στους



Σχήμα 1. Το μηχανήματα αναπνοής κατά SPDD. ΚΕΑ: Κοινή έξοδος αερίων.

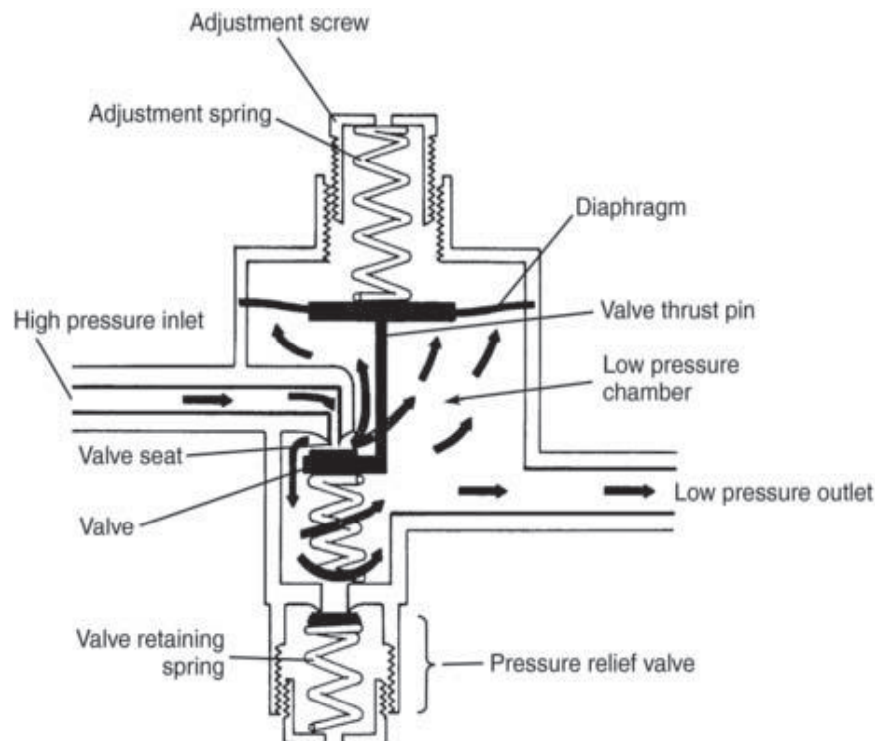
-184°C. Το υγρό O₂ μετατρέπεται σε αέριο και φθάνει στις κεντρικές παροχές με πίεση 50 psi (344 kPa ή ~ 3,5 atm ή bar). Κατά τη διαδρομή του και μέσα στην χειρουργική αίθουσα υπάρχουν κύριοι και βοηθητικοί διακόπτες απομόνωσης για να απομονώσουν περιοχές με τυχόν διαφυγές, να διακόψουν την παροχή σε περίπτωση πυρκαγιάς ή για να επιτρέψουν επισκευές. Οι επιτοίχιες παροχές ή οι παροχές οροφής είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να υποδέχονται ταχείας σύνδεσης, μη ανταλλάξιμους ζεύκτες NIST (Non Interchangeable Screw Treaded) που επιτρέπουν την ταχεία σύνδεση χωρίς εργαλεία. Όμως, τα ελατήρια και οι ελαστικοί δακτύλιοι που διαθέτουν παρέχουν μια σύνδεση πιο ευάλωτη συγκρινόμενη με τις κλασικές συνδέσεις που σφίγγονται με κλειδί, έτσι μπορεί να αποτελούν μια συνήθη αιτία διαφυγών.

Τα συστήματα κεντρικής παροχής του N₂O είναι παρόμοια με τη διαφορά ότι το N₂O παρέχεται στο νοσοκομείο μέσα σε μεγάλους κυλίνδρους (μεγέθους H) που συνδέονται σε ένα σύστημα πολλαπλών εισαγωγών. Υπάρχουν ρυθμιστές (μειωτήρες) πίεσης που ρυθμίζουν την πίεση εξόδου στα 50 psi (~3,5 atm ή bar), όπως απεικονίζεται στο σχήμα 2. Συνεπώς το MA δουλεύει με πίεση 50 psi (3,5 atm). Οι επιτοίχιες παροχές συνδέονται με το MA μέσω ασφαλών συνδέσεων του συστήματος DISS (Diameter Index Safety System) που επιβεβαιώνουν ότι

μόνο το σωστής διαμέτρου καλώδιο παροχής του συγκεκριμένου αερίου θα προσαρμοστεί στις υποδοχές που βρίσκονται στο πίσω μέρος του MA για το συγκεκριμένο αέριο (σχήμα 3). Οι υποδοχές του MA για το κάθε αέριο, πέρα από το σύστημα DISS διαθέτουν επίσης φίλτρα για την προστασία του μηχανήματος από τυχόν ξένα σώματα, βαλβίδες αντεπιστροφής (σχήμα 4) και μανόμετρα. Οι βαλβίδες αντεπιστροφής επιβεβαιώνουν την μονόδρομη και μόνο πορεία των αερίων προς το MA ώστε σε περίπτωση δυσλειτουργίας, όταν η λειτουργία του MA βασίζεται στους κυλίνδρους και οι κεντρικές παροχές είναι αποσυνδεδεμένες, να μην υπάρχει δυνατότητα διαρροών από το MA (πίνακας 3). Οι κεντρικές παροχές όλων των αερίων και τα συνδετικά καλώδια σύμφωνα με τις ελληνικές και ευρωπαϊκές προδιαγραφές είναι χρωματικά κωδικοποιημένες (O₂ άσπρο, N₂O μπλε, Air άσπρο/μαύρο, κενό πράσινο-παλαιότερα κόκκινο) και διαθέτουν πάντα μη ανταλλάξιμους ζεύκτες.

Πιθανά προβλήματα κεντρικών παροχών

Μερικά από τα προβλήματα που σχετίζονται με τις κεντρικές παροχές μπορεί να αποβούν πολύ επικίνδυνα γιατί δεν γίνονται αμέσως αντιληπτά. Υπάρχουν αναφορές για απώλεια πίεσης, ανάπτυξη υπερβολικής πίεσης, λανθασμένες συνδέσεις, μόλυνση, διαφυγές ακόμα και κλοπές



Σχήμα 2. Μειωτήρας πίεσης.

ΠΑΡΟΧΗ είσοδος αερίων στο MA**Θέση: πίσω μέρος του MA***Επιτοίχιες παροχές*

- Έξοδοι παροχών
- Συνδετικά καλώδια
- Φίλτρα - βαλβίδες αντεπιστροφής
- Μανόμετρα

Κύλινδροι

- Ζυγός ανάρτησης
- Φίλτρα – βαλβίδες αντεπιστροφής
- Μανόμετρα
- Ρυθμιστές (μειωτήρες) πίεσης

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ προετοιμασία αερίων**Θέση: εντός του MA κοντά στην ΚΕΑ**

- Fail-safe (προφύλαξη από πτώση πίεσης O₂)
- Ροόμετρα
- Flush O₂
- Συναγερμός πτώσης πίεσης O₂
- Οδηγό αέριο αναπνευστήρα
- Υποξικός φρουρός
(αναλογικά συστήματα)
- Ρυθμιστής O₂ 2^{ου} σταδίου
- Εξατμιστήρες
- Βαλβίδες αντεπιστροφής μετά τους εξατμιστήρες
- Κοινή έξοδος αερίων - ΚΕΑ

ΔΙΑΝΟΜΗ αλληλεπίδραση αερίων – ασθενή – συσκευών παρακολούθησης**Θέση: αναπνευστικό κύκλωμα**

- Είσοδος ΚΕΑ στο κύκλωμα
- Αναπνευστικό κύκλωμα
- Μη επανεισπνοή
- Κυκλικό
- Κάνιστρα απορρόφησης CO₂
- Αναπνευστήρας
- Ενσωματωμένα monitors
- Αναλυτής O₂
- Συναγερμός αποσύνδεσης
- Σπιρομέτρηση (όγκοι και ροές)
- Καπνογραφία
- Μανόμετρο πιέσεων αεραγωγών
- Συναγερμοί αναπνευστήρα
- Προσθήκη PEEP
- Μέσο ύγρανσης - ανταλλάκτης θερμότητας/υγρασίας (φίλτρο ασθενή)

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ εκπνεομένων αερίων**Θέση: συσκευές απομάκρυνσης**

- Ανοικτό σύστημα
- Κλειστό σύστημα (ενεργητικό ή παθητικό)
- Ροόμετρο απομάκρυνσης

MA: μηχανήμα αναισθησίας, ΚΕΑ: κοινή έξοδος αερίων, PEEP: θετική τελοεκπνευστική πίεση

Πίνακας 1 Σύστημα ανάλυσης μηχανήματος αερίων κατά SPDD

Σύστημα υψηλών πιέσεων (εκτιθέμενο στις πιέσεις των Κυλίνδρων)

- Ζυγός ανάρτησης (PISS)
- Φίλτρα - βαλβίδες αντεπιστροφής
- Μανόμετρα
- Ρυθμιστές (μειωτήρες) πίεσης

Σύστημα ενδιάμεσων πιέσεων (εκτιθέμενο στις πιέσεις των κεντρικών παροχών-50 psi ή 3-5 Atm)

- Παροχές, DISS, βαλβίδες αντεπιστροφής, μανόμετρα
- Έξοδος παροχής αναπνευστήρα
- Συναγερμοί πτώσης πίεσης O₂
- Βαλβίδες ροομέτρων
- Ρυθμιστής O₂ 2^{ου} σταδίου (αν υπάρχει)
- Flush O₂

Σύστημα χαμηλών πιέσεων (εκτιθέμενο σε χαμηλές πιέσεις, μετά τα ροόμετρα – εξαμιστήρες)

- Ροόμετρα (σωληνώδες μεταβλητής διατομής τμήμα)
- Εξαμιστήρες
- Βαλβίδες αντεπιστροφής (αν υπάρχουν)
- Κοινή έξοδος αερίων - ΚΕΑ

Πίνακας 2 Στοιχεία των συστημάτων υψηλών, ενδιάμεσων και χαμηλών πιέσεων στο μηχανήμα αναισθησίας

N₂O για ψυχαγωγική χρήση. Σε περίπτωση προβλημάτων σοβαρές επιπλοκές μπορεί να συμβούν εάν δεν υπάρχει ή δεν λειτουργεί σωστά ο αναλυτής O₂, γι' αυτό πάντα να εμπιστεύεστε έναν αναλυτή O₂ που δείχνει χαμηλή συγκέντρωση εισπνεόμενου O₂ (FiO₂) μέχρι να αποδειχθεί το αντίθετο.

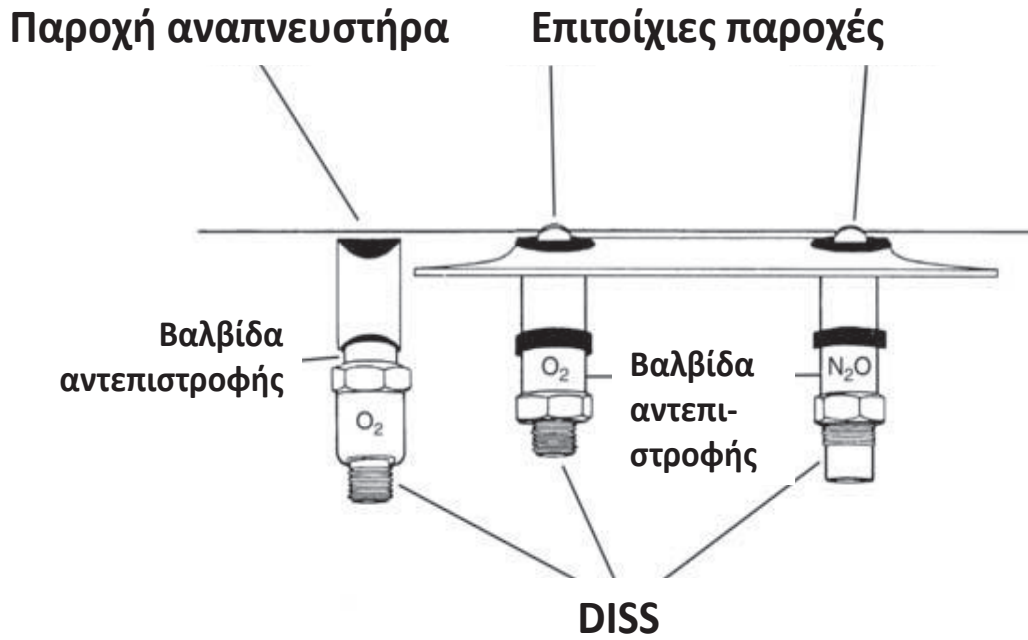
Απώλεια πίεσης κεντρικών παροχών O₂

Μικρή απώλεια πίεσης θα γίνει αντιληπτή από το μανόμετρο το οποίο θα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά. Εάν η πτώση πίεσης είναι > 50% (δηλαδή επίπεδα < 27-33 psi) τότε θα ενεργοποιηθεί ο συναγερμός χαμηλής πίεσης O₂ και οι βαλβίδες ασφαλείας (fail-safe valves) θα διακόψουν την παροχή των άλλων αερίων για προφύλαξη από τη δημιουργία υποξικού μίγματος (σχήμα 5) και ταυτόχρονα θα ενεργοποιηθεί και ο συναγερμός χαμηλής πίεσης O₂. Μερι-

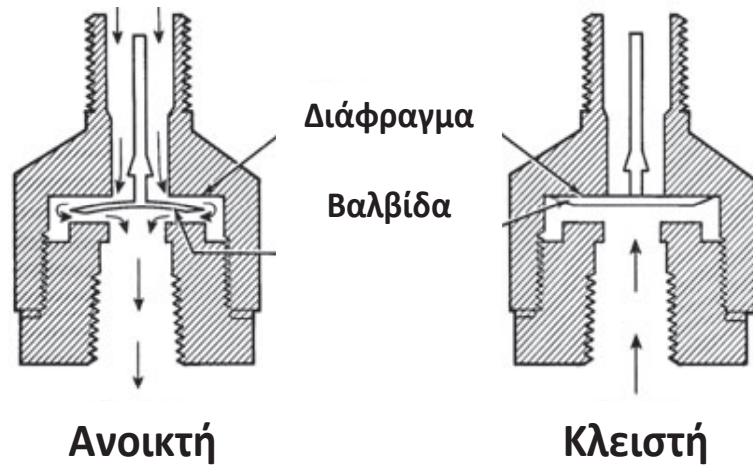
κά νεότερα ΜΑ θα διακόψουν επίσης την τροφοδοσία του αναπνευστήρα με O₂ και θα την “γυρίσουν” στον αέρα. Με τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς συναγερμούς μπορεί να υπάρξει μια σχετικά καθυστερημένη ανταπόκριση σχετικά καθυστερημένη ανταπόκριση συγκριτικά με τους παλαιότερους μηχανικούς μηχανισμούς τύπου σφυρίχτρας που παράγουν τον χαρακτηριστικό γνωστό δυνατό ήχο. Τα ασφαλή βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν σε περίπτωση πτώσης πίεσης O₂ είναι η διατήρηση της οξυγόνωσης και του αερισμού, η διαφύλαξη του βάθους αναισθησίας και η επιβεβαίωση της ασφαλούς αποκατάστασης της πτώσης πίεσης με το σωστό αέριο. Η ανάπτυξη υψηλών πιέσεων δεν θα ενεργοποιήσει κάποιο συναγερμό στο ΜΑ θα πρέπει όμως να ενεργοποιηθεί συναγερμό στο τμήμα μηχανικών εγκαταστάσεων των νοσοκομείων διότι οι υψηλές πιέσεις μπορεί να προκαλέσουν βλάβες στο ΜΑ ή και σε άλλα μηχανήματα που συνδέονται με αυτές.

<p>Μπαταρία διάρκειας τουλάχιστον 30 min</p> <p>Συναγερμοί</p> <ul style="list-style-type: none"> Υψηλοί, ενδιάμεσοι, χαμηλοί Υψηλοί αδυναμία απενεργοποίησης > 2 min <p>Αυτόματη ενεργοποίηση με το άνοιγμα του μηχανήματος ή κατά τη διάρκεια ελέγχου</p> <ul style="list-style-type: none"> Μανόμετρου πιέσεων αεραγωγών Αναλυτή O₂ Εκπνεόμενου όγκου Τελοεκπνευστικού διοξειδίου EtCO₂ <p>Συναγερμοί υψηλής προτεραιότητας</p> <ul style="list-style-type: none"> Υπέρβαση ορίων Συνεχής ανίχνευση υψηλών πιέσεων Ανίχνευση αρνητικών πιέσεων <p>Συναγερμοί αποσύνδεσης να βασίζονται σε</p> <ul style="list-style-type: none"> Χαμηλή πίεση αεραγωγών Χαμηλό εκπνεόμενο όγκο Χαμηλό τελοεκπνευστικό EtCO₂ <p>Απαραίτητο monitoring</p> <ul style="list-style-type: none"> Εκπνεόμενος όγκος Εισπνεόμενη συγκέντρωση οξυγόνου FiO₂ συναγερμός υψηλής προτεραιότητας εντός 30 sec σε πτώση του FiO₂ < 18% Ελάττωση πίεσης παροχής O₂ Υποξικός φρουρός-εγγύηση FiO₂ 21% σε περίπτωση χρήσης N₂O Συγκέντρωση πτητικών αναισθητικών Σφυγμικό οξύμετρο Ηλεκτροκαρδιοσκόπιο ECG Μέτρηση αρτηριακής πίεσης <p>Μέγιστο επίπεδο πιέσεων 12,5kPa (125cmH₂O)</p> <p>Το καλώδιο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος να μην είναι αποσπώμενο ή πολύ ανθεκτικό σε αποσύνδεση</p>	<p>Κύλινδροι</p> <ul style="list-style-type: none"> Τουλάχιστον 1 κύλινδρος ανά MA Ζυγός ανάρτησης – PISS, σύνδεση ανθεκτική σε διαρροές – φίλτρα Μανόμετρο Βαλβίδα αντεπιστροφής για αποτροπή “μετάγγισης” αερίων Ρυθμιστές (μειωτήρες) πίεσης Χρήση κατά προτεραιότητα κεντρικών παροχών εάν η πίεση σε αυτές είναι > 50 psi (350kPa) <p>Ροόμετρα</p> <ul style="list-style-type: none"> Μονήρης έλεγχος κάθε αερίου Διακόπτης ελέγχου κοντά στον δείκτη Διακριτός διακόπτης O₂ (αφή-χρώμα) Ελεγχόμενος τερματισμός βαλβίδας Είσοδος O₂ πάντα δεξιά των υπολοίπων Είσοδος O₂ πάντα κατωφερέστερα άλλων αερίων Επιθυμητό το βοηθητικό ροόμετρο O₂ <p>Flush O₂ ικανό για 35-75 lit/min παρακάμπτοντας τους εξατμιστήρες</p> <p>Εξατμιστήρες</p> <ul style="list-style-type: none"> Βαθμονόμηση συγκέντρωσης Αποκλεισμός λανθασμένης σύνδεσης Κλειδώμα γειμίσματος Ένδειξη πλήρωσης Πρόληψη υπερπλήρωσης - διαρροής πτητικών ακόμα και σε μέγιστες ροές <p>Μόνο μια κοινή έξοδος αερίων ΚΕΑ 22 mm εξωτερικής και 15 mm εσωτερικής διαμέτρου σχεδιασμού αποφυγής αποσύνδεσης</p> <p>Κεντρικές παροχές αερίων</p> <ul style="list-style-type: none"> Τουλάχιστον O₂ και N₂O, DISS Μανόμετρο Φίλτρα - βαλβίδες αντεπιστροφής <p>Απαραίτητη αυτόματη ή χειροκίνητη λίστα ελέγχου</p> <p>Απαραίτητη η ψηφιακή διασύνδεση δεδομένων</p>
--	---

Πίνακας 3 Προδιαγραφές του σταθμού αναισθησίας κατά ASTM F1850



Σχήμα 3. Σύστημα ασφαλείας DISS (Diameter Index Safety System).

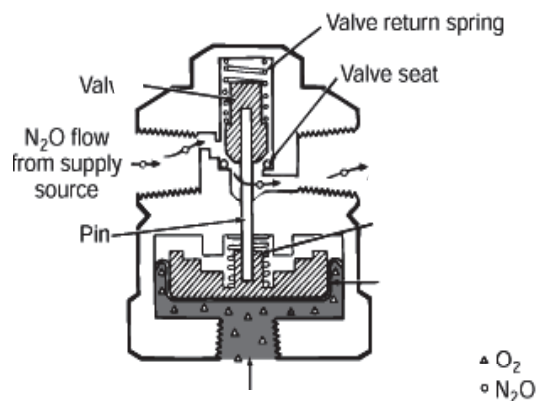


Σχήμα 4. Valvída antepiastrofís.

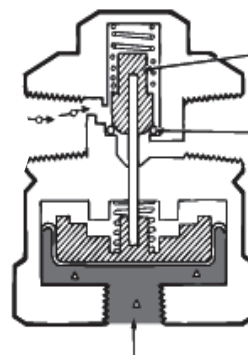
Λανθασμένες συνδέσεις αερίων (cross-connection of gases)

Λανθασμένες συνδέσεις μπορεί να συμβούν σε όλη την πορεία των αερίων, στην παροχή του υγρού οξυγόνου, στις σωληνώσεις, στις κεντρικές παροχές, στα καλώδια, στη σύνδεση με το ΜΑ. Κοινό σημείο όμως όλων των προβλημάτων που συνδέθηκε με την κακή έκβαση των ασθενών ήταν η μη σωστή χρήση του αναλυτή O₂. Σε περίπτωση λανθασμένων συνδέσεων το FiO₂ θα αρ-

χίσει να πέφτει. Οι ενδεικνυόμενες ενέργειες είναι το άνοιγμα των εφεδρικών κυλίνδρων O₂, η αποσύνδεση των κεντρικών παροχών και η χρήση χειροκίνητου (manual) αερισμού με χαμηλές ροές φρέσκων αερίων. Η αποσύνδεση των κεντρικών παροχών είναι επιβεβλημένη γιατί οι κεντρικές παροχές λειτουργούν σε υψηλότερο επίπεδο πίεσης (50 psi) από τους κυλίνδρους (45 psi) και αν παραμείνουν συνδεδεμένες το ΜΑ θα συνεχίσει να τροφοδοτείται από αυτές ακόμα και αν ο κύλινδρος του O₂ εί-



Παροχή $O_2 > 20$ psi
Fail-safe βαλβίδα ανοικτή



Παροχή $O_2 < 20$ psi
Fail-safe βαλβίδα κλειστή

Σχήμα 5. Βαλβίδα ασφαλείας Fail-safe valve.

ναί τέρμα ανοικτός, γεγονός που θα έχει ολέθριες συνέπειες σε περίπτωση π.χ. λανθασμένου αερίου. Οι κύλινδροι είναι κατασκευασμένοι να απελευθερώνουν τα αέρια τους στα 45 psi για να μην υπάρχουν διαρροές αν κατά λάθος μείνουν ανοικτοί μετά τον αρχικό έλεγχο.

Παροχές μέσω κυλίνδρων

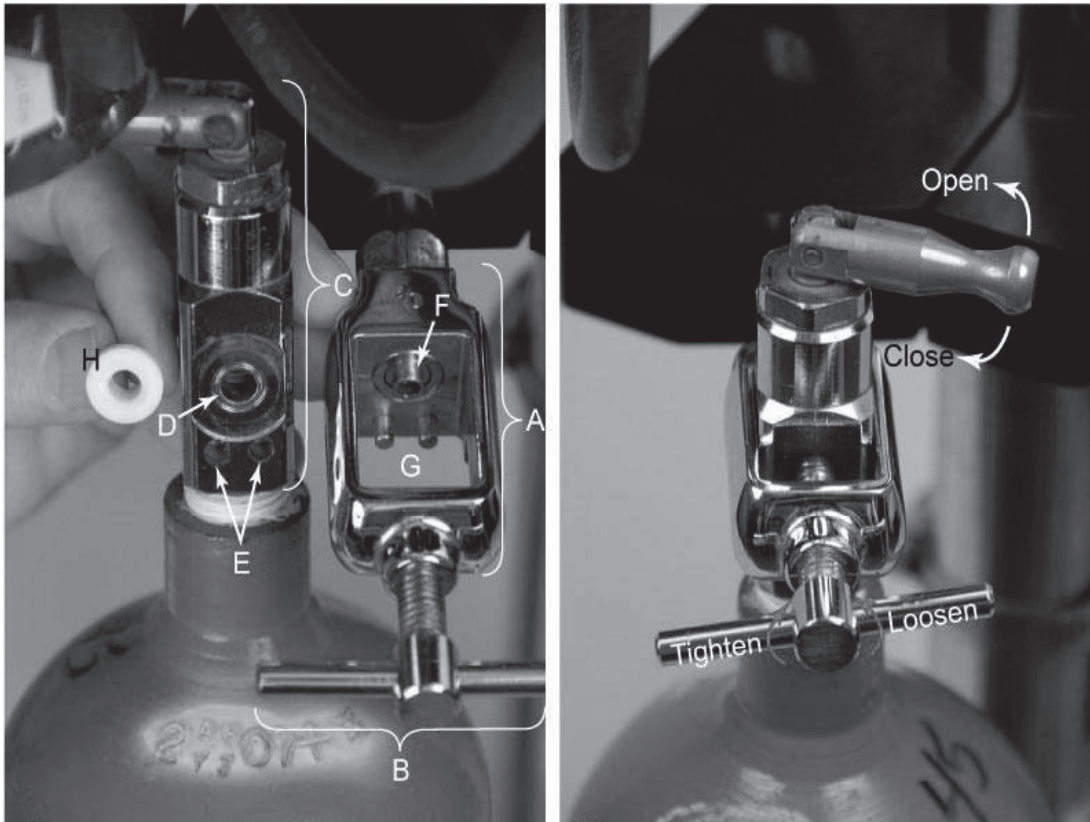
Οι κύλινδροι λειτουργούν στο MA ως αποθεματικό για επείγουσα χρήση σε περίπτωση προβλημάτων με τις κεντρικές παροχές. Έτσι πρέπει να είναι ανοικτοί μόνο κατά τον αρχικό έλεγχο ή όταν για κάποιο λόγο δεν λειτουργούν οι κεντρικές παροχές. Είναι κατασκευασμένοι από ατσάλι, υλικό που είναι ασύμβατο με τους μαγνητικούς τομογράφους όπου πρέπει να χρησιμοποιούνται κύλινδροι αλουμινίου. Φέρονται σε διάφορα μεγέθη, επισημαίνονται (label), σημαίνονται (mark) και είναι χρωματικά κωδικοποιημένοι. Συνήθως τα MA δέχονται κύλινδρους μεγέθους E με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: O_2 (όγκος 660 lit, πίεση 1900 psi), N_2O (όγκος 1590 lit, πίεση 745 psi), και αέρας (όγκος 625 lit, πίεση 1900 psi).

Η βαλβίδα του κυλίνδρου είναι το πλέον ευάλωτο τμήμα του και θα πρέπει να προστατεύεται κατά τη μεταφορά. Αποτελείται από το σώμα, την πύλη εξόδου του αερίου, μια κωνική προεξοχή για το ασφαλές βίδωμα, τις σπές ασφαλείας PISS, και τη βαλβίδα ασφαλείας η οποία απελευθερώνει ελεγχόμενα το περιεχόμενο του κυλίνδρου σε περίπτωση υπερπίεσης (π.χ. θέρμανσης). Σύμφωνα με το **PISS (Pin Index Safety System)** κάθε βαλβίδα κυλίνδρου διαθέτει έναν μοναδικό συνδυασμό σπών για κάθε αέριο που προσαρμόζονται στις “καρφίδες” του ζυγού ανάρτησης για αποτροπή σύνδεσης λανθασμένου κυλίνδρου (σχήμα 6).

Οι ζυγοί ανάρτησης προσανατολίζουν τον κύλινδρο, παρέχουν έναν αεροστεγή φραγμό και διαθέτουν φίλτρα και βαλβίδα αντεπιστροφής που εξασφαλίζει την μονόδρομη μόνο πορεία των αερίων προς το MA προστατεύοντας έτσι από φαινόμενα “μετάγχισης” όταν είναι συνδεδεμένοι δύο κύλινδροι στη σειρά ή διαρροών προς την ατμόσφαιρα. Το μανόμετρο των κυλίνδρων είναι τύπου Bourdon. Μεταξύ του κυλίνδρου και του MA παρεμβάλλεται **ρυθμιστής (μειωτήρας πίεσης)** που μετατρέπει την υψηλή αλλά μεταβαλλόμενη πίεση των κυλίνδρων σε σταθερή πίεση εξόδου 45 psi (310 kPa) η οποία είναι εσκεμμένως ελαφρώς λιγότερη από την πίεση των κεντρικών παροχών (50 psi) για προφύλαξη από σιωπηλή εκκένωση αυτών αν κατά λάθος αφεθούν ανοικτοί μετά τον αρχικό έλεγχο και η πίεση των κεντρικών παροχών είναι ελαττωμένη (σχήμα 2).

Τα αέρια των κυλίνδρων διαθέτουν τεράστια δυναμική ενέργεια η οποία μπορεί να αποβεί καταστροφική εάν απελευθερωθεί χωρίς έλεγχο, γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τον χειρισμό τους. Ποτέ δεν πρέπει να μένει ένας κύλινδρος όρθιος χωρίς περίδεση ασφαλείας, εάν δεν υπάρχει περίδεση είναι προτιμότερο να παραμένει σε οριζόντια θέση. Επειδή ο ρόλος των κυλίνδρων είναι εφεδρικός πρέπει πάντοτε να γνωρίζουμε για πόσο χρόνο μπορούν να καλύψουν τις τρέχουσες ανάγκες. Για παράδειγμα, εάν ένας κύλινδρος E που όταν είναι γεμάτος περιέχει 660 L υπό πίεση 1900 psi, κατά τον έλεγχο έχει πίεση 500 psi σημαίνει ότι έχει περιεχόμενο $V = 660 \text{ L} \times 500 \text{ psi} / 1900 \text{ psi} = 174 \text{ L}$, τα οποία εάν χρησιμοποιούνται με ρυθμό 2 L/min μπορούν να εξασφαλίσουν κάλυψη για $174/2 = 87 \text{ min}$.

Η παραπάνω σχέση δεν ισχύει για αέρια που αποθηκεύονται και μεταφέρονται με τη μορφή υγρού όπως το N_2O



Α: ζυγός ανάρτησης, Β: σφιγκτήρας, C: βαλβίδα κυλίνδρου, D: έξοδος αερίου, E: οπές PISS, F: είσοδος αερίου στο MA, G: καρφίδες PISS, H: φλάντζα

Σχήμα 6. Σύστημα ασφαλείας PISS (Pin Index Safety System).

και το CO₂. Ειδικότερα, αναφορικά με το N₂O, η πίεση του μανομέτρου (745 psi) αντιπροσωπεύει την πίεση ατμών του σε θερμοκρασία δωματίου. Η πίεση του μανομέτρου μένει σταθερή στα 745 psi όσο υπάρχει N₂O σε υγρή μορφή, μετά αρχίζει να πέφτει κατακόρυφα, γι' αυτό ο κύλινδρος του N₂O θα πρέπει να αλλάζει εάν η πίεση κατά τον έλεγχο είναι < 745 psi. Χαμηλότερα επίπεδα πίεσης υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχει απόθεμα N₂O σε υγρή μορφή και ότι ο κύλινδρος είναι σχεδόν (κατά τα ¾) άδειος.

Παροχή ηλεκτρικής ενέργειας

Όλα τα μηχανήματα πρέπει να διαθέτουν καλώδιο σύνδεσης με το ηλεκτρικό ρεύμα, μη αποσπώμενο ή ανθεκτικό σε ατυχηματική αποσύνδεση και **εφεδρική λειτουργία μπαταρίας διάρκειας τουλάχιστον 30 min**. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος θα πρέπει οι χρήστες να γνωρίζουν ποια συστήματα παραμένουν σε λειτουργία με τη μπαταρία, ανάλογα με το εγχειρίδιο του εκάστοτε κατασκευαστή.

Στην οπίσθια επιφάνεια του MA συνήθως υπάρχουν βο-

ηθητικές πρίζες με αυτόματους διακόπτες και ασφάλειες για σύνδεση με τα μόνιτορ και διάφορες άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Δεν θα πρέπει να συνδέουμε σε αυτές συσκευές υψηλής έντασης που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα (π.χ. ηλεκτρικές κουβέρτες, διαθερμία) γιατί μπορεί να ενεργοποιήσουν την ασφάλεια η οποία ενδέχεται να διακόψει την παροχή και σε άλλα τμήματα του MA και να χαθεί πολύτιμος χρόνος προσπαθώντας να αποκαταστήσουμε τη βλάβη.

Απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας

Σε περίπτωση διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος συνήθως αναλαμβάνουν οι εφεδρικές γεννήτριες του ιδρύματος. Οι μπαταρίες όπως προαναφέρθηκε μπορούν στα σύγχρονα MA να καλύψουν μέχρι 30 min χρήσης, συνήθως χωρίς υποστήριξη των μόνιτορ και του αναπνευστήρα. Τα πνευματικά τμήματα του MA (fail-safe valve, υποξικός φρουρός, ροόμετρα, εξατμιστήρες, μανόμετρα) εξακολουθούν να λειτουργούν ακόμη και μετά την εξάντληση της μπαταρίας. Εάν τα MA διαθέτουν μηχανικά ροόμετρα και

εξατμιστήρες μεταβλητής παράκαμψης τότε η λειτουργία τους συνεχίζεται απρόσκοπτα. Τα νεότερα μηχανήματα με τα ηλεκτρονικά ροόμετρα ή τα ροόμετρα με ψηφιακές ενδείξεις διαθέτουν και εφεδρικά μηχανικά ροόμετρα τουλάχιστον για τα φρέσκα αέρια. Προβλήματα θα προκύψουν με τους εξατμιστήρες δεσφλουρανίου (Tec 6) και τους εξατμιστήρες που ελέγχονται ηλεκτρονικά μετά την εξάντληση και της μπαταρίας.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Στο στάδιο αυτό τα διάφορα τμήματα του MA προετοιμάζουν το μίγμα των φρέσκων αερίων για τη μεταφορά τους στον ασθενή.

Πορεία των αερίων μέσα στο MA

Το O₂, το N₂O και ο αέρας ακολουθούν παρόμοια πορεία μέσα στο MA από τις παροχές μέχρι τα ροόμετρά τους (σχήμα 1). Όλα τα αέρια πλην του O₂ (και του αέρα στα νεότερα MA) πριν την άφιξή τους στα ροόμετρα περνούν από τη βαλβίδα ασφαλείας (**fail-safe valve**) η οποία για να επιτρέψει τη ροή τους απαιτεί μία ελάχιστη πίεση ασφαλείας του O₂ για προφύλαξη δημιουργίας υποξικού μίγματος (σχήμα 5). Μετά από τη διόδό τους από τα ροόμετρα τα αέρια ενώνονται για πρώτη φορά σε κοινή έξοδο, περνούν από τον επιλεγόμενο εξατμιστήρα και αφού εμπλουτισθούν με πτητικό αναισθητικό κατευθύνονται προς την **κοινή έξοδο των φρέσκων αερίων (KEA)** από όπου μεταφέρονται στο αναπνευστικό κύκλωμα με ένα συνδεδεμένο καλώδιο ασφαλούς σύνδεσης.

Το αναπνευστικό κύκλωμα και ο αναπνευστήρας μεταφέρουν τα φρέσκα αέρια στον ασθενή. Μία ποσότητα αερίων ίση με τα μεταφερόμενα προς τον ασθενή (μείον τα αέρια που καταναλώνονται συν τα αέρια που παράγονται) απομακρύνεται από το αναπνευστικό κύκλωμα προς τα συστήματα απαγωγής αερίων.

Τα 5 καθήκοντα του O₂

Το O₂ επιτελεί 5 καθήκοντα στο MA

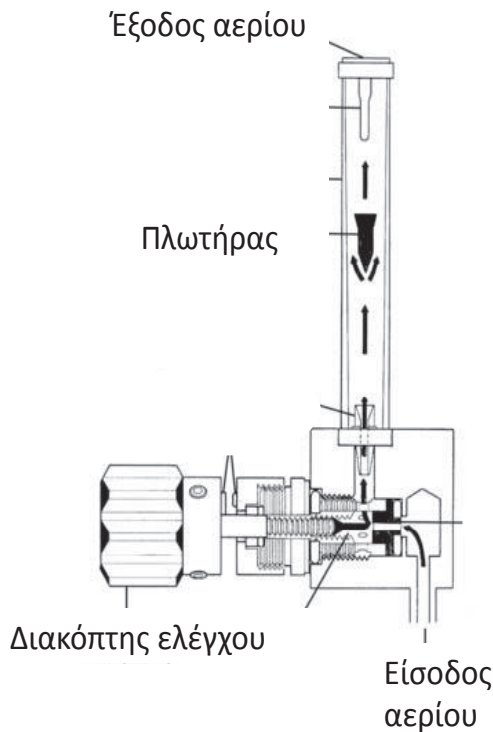
- Ροόμετρο O₂ - παρέχει O₂ στο ροόμετρο του O₂
- Flush O₂ - παρέχει O₂ υπό πίεση
- Fail-safe valve - ελέγχει τη λειτουργία της βαλβίδας ασφαλείας
- Συναγερμός χαμηλής πίεσης O₂ - ενεργοποιείται σε πτώση πίεσης
- Αναπνευστήρας - παρέχει το οδηγό αέριο για τη λειτουργία της φουσόνας

1. Ροόμετρο O₂

Τα ροόμετρα διαθέτουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά όπως ο **διακόπτης ελέγχου ροής**, η **βαλβίδα ελέγχου**, η **βαλβίδα τερματισμού** (όχι σε όλα), ο **κάθετος γυάλινος σωλήνας** και το **φλοτέρ ανάγνωσης** (σχήμα 7). Τα ροόμετρα κάθε αερίου είναι μη ανταλλάξιμα, βαθμονομημένα σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου στο επίπεδο της θάλασσας και η ακρίβειά τους κυμαίνεται π.χ. για το O₂ + 5% (ή + 20 ml/min). Ο **διακόπτης του O₂ είναι πάντα χαρακτηριστικός σε χρώμα και αφή** ώστε να είναι εύκολα διακριτός ακόμα και σε συνθήκες ελλιπούς φωτισμού. Οι γυάλινοι σωλήνες (Thorpe tube) είναι μεταβαλλόμενης διατομής (variable orifice), στενότεροι στη βάση τους και ευρύτεροι προς την κορυφή τους επιτρέποντας μεγαλύτερο άνοιγμα γύρω από το φλοτέρ σε υψηλότερες ροές. Η ανάγνωση της ροής γίνεται στην επάνω επιφάνεια σε περίπτωση επίπεδου φλοτέρ τύπου σφήνας (παλαιότερα MA Datex-Ohmeda) και στο κέντρο του φλοτέρ σε περίπτωση στρόγγυλου φλοτέρ τύπου μπίλιας (Drager). Τα ροόμετρα στα περισσότερα MA τοποθετούνται κάθετα το ένα δίπλα στο άλλο με **το ροόμετρο του O₂ να τοποθετείται πάντοτε δεξιότερα ή κατωφερότερα των άλλων ροομέτρων** για την ελαχιστοποίηση δημιουργίας υποξικού μίγματος σε περίπτωση κεντρικότερων διαρροών. Μοναδική εξαίρεση η οριζόντια τοποθέτηση ροομέτρων στο Fabius GS.

Στα τρέχοντα MA το ροόμετρο είναι μηχανικά, υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις, π.χ. υπάρχουν MA που διαθέτουν ηλεκτρονική ανάγνωση ροής όπου η ροή απεικονίζεται με τη μορφή κάθετων έγχρωμων μπαρών και ψηφιακά αριθμητικά στην οθόνη του MA (ADU, Fabius GS, Aisys, Apollo). Το Narcomed 6400 διαθέτει και τις δύο δυνατότητες. Τα μηχανήματα αυτά διαθέτουν ένα κοινό ροόμετρο στην κοινή έξοδο αερίων για να μετρά την συνολική ροή σε περίπτωση ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής βλάβης. Ορισμένα MA διαθέτουν εξολοκλήρου ηλεκτρονική διαχείριση τόσο των διακοπών όσο και της απεικόνισης (Avance, Aisys), σε αυτά ο χειριστής επιλέγει το επιθυμητό FiO₂, το οδηγό αέριο και την συνολική ροή των φρέσκων αερίων και το MA καθορίζει το μίγμα των ροών.

Τα ροόμετρα αποτελούν το πλέον εύθραυστο τμήμα του MA και είναι ευάλωτα σε ραγίσματα, διαρροές και ανακρίβειες ανάγνωσης λόγω σκόνης ή στατικού ηλεκτρισμού. **Τα κλασσικά μηχανικά ροόμετρα πρέπει να είναι κλειστά πριν τη σύνδεση των κεντρικών παροχών και των κυλίνδρων και το άνοιγμα του γενικού διακόπτη του MA, διαφορετικά τυχόν απότομη αύξηση των ροών μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο φλοτέρ ανάγνωσης. Στο τέλος της ημέρας πρέπει επίσης τα ροόμετρα να κλεί-**



Σχήμα 7. Ροόμετρο μεταβλητής διόδου (variable orifice).

σουν καλά γιατί τυχόν υπολειπόμενη ροή μπορεί να προκαλέσει ξήρανση της νατρασβέστου η οποία ευθύνεται όχι μόνο για την γρηγορότερη εξάντλησή της αλλά και για την αυξημένη αποδόμηση των πτητικών αναισθητικών, τη γένεση CO και τη δυνητική πρόκληση ανάφλεξης των κανίστρων.

2. Flush O₂

Το Flush O₂ παρέχει υψηλή ροή O₂ (35-75 L/min) κατευθείαν στην ΚΕΑ, παρακάμπτοντας το ΜΑ (τα ροόμετρα και τους εξατμιστήρες), για να γεμίσει γρήγορα το κύκλωμα του ασθενούς με O₂ όταν οι συνθήκες το απαιτούν. Η βαλβίδα του είναι έτσι κατασκευασμένη (συχνά με προστατευτικό χείλος) ώστε για τη λειτουργία του να απαιτείται συνεχής πίεση από τον χειριστή, για αποφυγή ατυχηματικής ενεργοποίησης. Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση του κατά την εισπνευστική φάση του αναπνευστήρα γιατί τότε η βαλβίδα εκτόνωσης του αναπνευστήρα είναι κλειστή αποκλείοντας έτσι τη διαφυγή τυχόν πλεοναζόντων αερίων στο σύστημα απαγωγής. Όταν χρειάζεται η ενεργοποίησή της πρέπει να γίνεται με μικρά επαναλαμβανόμενα βήματα κατά τη φάση της εκπνοής. Η προσθήκη 100% O₂ στο αναπνευστικό κύκλωμα ελαττώνει τις μερικές πιέσεις του N₂O και των πτητικών αναισθητικών και μπορεί να οδηγήσει σε ελάττωση του βάθους αναισθησίας.

3. Λειτουργία βαλβίδας ασφαλείας (Fail-safe valve)

Όλα τα μηχανήματα αναισθησίας διαθέτουν την βαλβίδα ασφαλείας (fail-safe valve) η οποία σε περίπτωση πτώσης της πίεσης του O₂ διακόπτει τη ροή των άλλων αερίων για προφύλαξη δημιουργίας υποξικού (FiO₂ < 21%) μίγματος (σχήμα 5). Αυτό επιτυγχάνεται τοποθετώντας έναν ουδό για τη λειτουργία των άλλων αερίων που δεν είναι άλλος από μία ελάχιστη προκαθορισμένη πίεση O₂ η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία τους. Έτσι, σε περίπτωση πτώσης της πίεσης O₂ η ροή του N₂O θα διακοπεί (Avance, Fabius GS) ή θα ελαττωθεί ανάλογα (Aestiva, ADU).

Στα παλαιότερα μηχανήματα fail-safe valve τοποθετούνταν πριν από τη έξοδο όλων των αερίων συμπεριλαμβανομένου και του αέρα. Αυτό στα σύγχρονα μηχανήματα τείνει να εγκαταλειφθεί, αφενός γιατί η χορήγηση αέρα δεν μπορεί να κάνει το μίγμα υποξικό και αφετέρου γιατί είναι επιθυμητή η ύπαρξη αέρα σε περίπτωση πτώσης της πίεσης του O₂ (π.χ. “γύρισμα” της λειτουργίας της φυσούνας του αναπνευστήρα από το O₂ στον αέρα).

Η fail-safe valve αναγνωρίζει μόνο πιέσεις, δεν προφυλάσσει σε περίπτωση λανθασμένου αερίου στις κεντρικές παροχές!

4. Συναγερμός πτώσης πίεσης O₂

Στα παλαιότερα μηχανήματα αναισθησίας ο συναγερμός πτώσης πίεσης O₂ αποτελούνταν από έναν περιέκτη με μία σφυρίχτρα στο άνοιγμά του που κρατιόταν κλειστός από την επαρκή πίεση του O₂ όταν άνοιγε ο κεντρικός διακόπτης του μηχανήματος. Αν η πίεση του O₂ ελαττωνόταν κάτω από τα 28 psi ή όταν το μηχανήμα έκλεινε τότε ακουγόταν ένας δυνατός χαρακτηριστικός ήχος σφυρίχτρας. Τα σύγχρονα ΜΑ αντί αυτού διαθέτουν μια ποικιλία οπτικών και ακουστικών συναγερμών.

5. Κινητήριο οδηγό αέριο αναπνευστήρα

Στα παλαιότερα μοντέλα το O₂ αποτελούσε συνήθως το κινητήριο οδηγό αέριο για τη φυσούνα του αναπνευστήρα (pneumatically driven bellow ventilators) γιατί είναι εύκολα διαθέσιμο, ξηρό και σχετικά φθινό (Julian, Leon Plus, όλα τα ΜΑ της GE Healthcare, το ADU ειδικότερα “γυρίζει” στον αέρα σε πτώση πίεσης O₂).

Τα αρχαιότερα ΜΑ (Drager AV-E και AV-2) χρησιμοποιούσαν O₂ που ενεργοποιούσε με ένα σύστημα Ventouri την τροφοδοσία και με αέρα του περιβάλλοντος μέσω μιας ειδικής σπής, γεγονός που χρειαζόταν ιδιαίτερη προσοχή για τη διατήρηση σε καλή κατάσταση της σπής (κίνδυνος ανεπαρκούς πλήρωσης σε απόφραξη κατά την εισπνοή,

κίνδυνος βαροτραύματος σε απόφραξη κατά την εκπνοή). Τα νεότερα ΜΑ χρησιμοποιούν αναπνευστήρες τύπου εμβόλου (electrically driven piston ventilators) όπου ένας ηλεκτρικός κινητήρας πιέζει το έμβολο και χορηγεί τον αναπνεόμενο όγκο (Narcomed 6000/6400, Fabius GS, Apollo). Οι αναπνευστήρες τύπου εμβόλου πλεονεκτούν διότι η λειτουργία τους είναι ανεξάρτητη των πιέσεων των κεντρικών παροχών και μπορεί να συνεχίζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα βασιζόμενη μόνο στις παροχές των κυλίνδρων.

Υποξικός φρουρός – αναλογικά συστήματα

Όλα τα σύγχρονα ΜΑ είναι εφοδιασμένα με αναλογικά συστήματα σχεδιασμένα για την αποφυγή χορήγησης υποξικού μίγματος. Όλα συνδέουν τις ροές N_2O και O_2 με τέτοιο τρόπο ώστε η αναλογία του N_2O προς το O_2 να μην είναι ποτέ μεγαλύτερη από 3:1 εξασφαλίζοντας έτσι ένα ελάχιστο FiO_2 23-25%.

Ένα παράδειγμα αποτελεί το Link-25 (Aestiva και Aespire) όπου τα ροόμετρα είναι συνδεδεμένα με αλυσίδα με αποτέλεσμα να αυξάνεται παράλληλα και η ροή του O_2 κάθε φορά που επιχειρείται αύξηση της ροής του N_2O (σχήμα 8). Στα σύγχρονα μηχανήματα ο έλεγχος γίνεται ηλεκτρονικά, π.χ. η Drager (Apollo, Fabius, Narcomed 6000) ονομάζει τα αναλογικά της συστήματά της S-ORC (sensitive oxygen ratio controller – εξασφάλιση $FiO_2 > 23\%$).

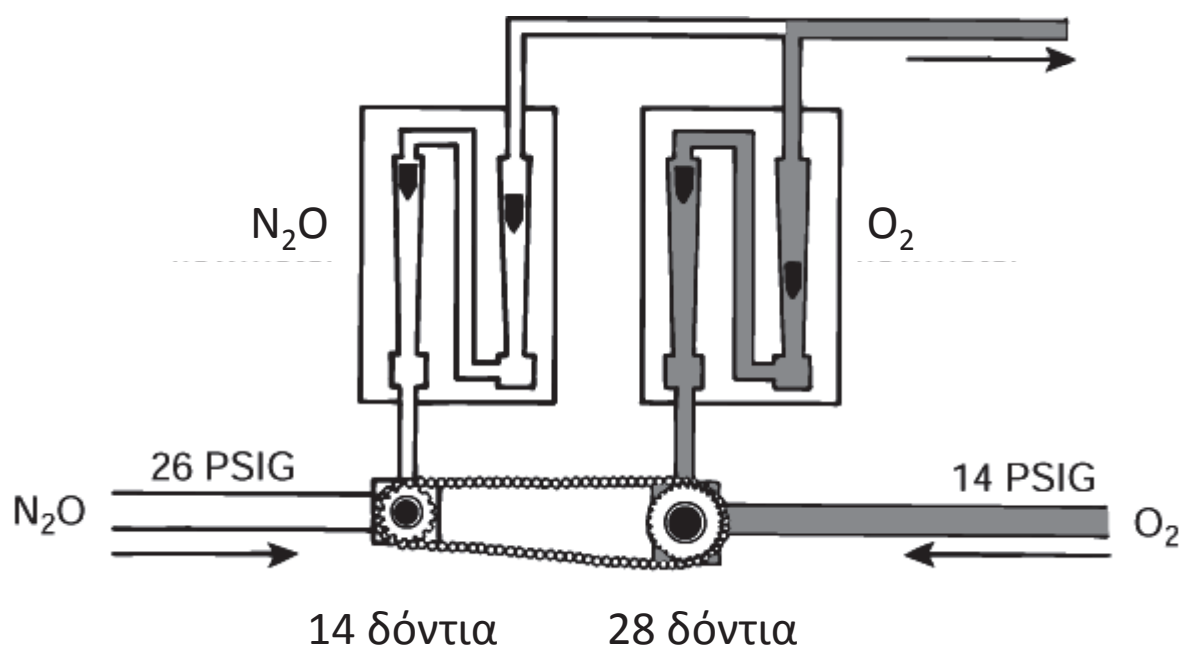
Τα αναλογικά συστήματα ελέγχουν μόνο την αναλογία N_2O/O_2 και όχι κάθε αερίου που συνδέεται με το μηχά-

νημα. Χορήγηση υποξικού μίγματος μπορεί να συμβεί για άλλους λόγους π.χ., λανθασμένη σύνδεση αερίου όπου ένα διαφορετικά αέριο συνδέεται στην παροχή του O_2 , χορήγηση αδρανούς αερίου ή βλάβη μετά τα ροόμετρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις το μόνο που πραγματικά διαφυλάσσει από τη χορήγηση υποξικού μίγματος είναι ένας αξιόπιστος αναλυτής O_2 .

Αναλυτής O_2

Όλα τα προαναφερθέντα συστήματα προφύλαξης δημιουργίας υποξικού μίγματος βασίζονται στις πιέσεις με τις οποίες κυκλοφορεί το O_2 εντός του ΜΑ και όχι στην ανίχνευση του είδους του αερίου. Κανένα δεν εξασφαλίζει ότι μέσα στις κεντρικές παροχές O_2 πράγματι κυκλοφορεί O_2 εκτός από τον αναλυτή O_2 . Η ύπαρξη των αναλυτών O_2 είναι υποχρεωτική σε όλα τα ΜΑ και ο έλεγχος και παρακολούθηση του FiO_2 πρέπει να γίνεται σε κάθε αναισθησιολογική πράξη (γενική ή/και τοποπεριοχική αναισθησία).

Στην τρέχουσα πρακτική χρησιμοποιούνται δύο τύποι αναλυτών O_2 , οι ηλεκτροχημικοί και οι παραμαγνητικοί. Οι ηλεκτροχημικοί ή γαλβανικοί (Julian, Leon Plus, Aestiva, Aespire) τοποθετούνται συνήθως σε κάποιο σημείο του αναπνευστικού κυκλώματος και έχουν σχετικά μακρό χρόνο ανταπόκρισης. Οι παραμαγνητικοί αρχίζουν και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο γιατί έχουν γρήγορη απάντηση, χαμηλό κόστος και εξαιρετικά χαμηλές απαιτήσεις συντήρησης. Εάν τοποθετηθούν κοντά



Σχήμα 8. Αναλογικό σύστημα προφύλαξης υποξικού μίγματος Link-25.

στο Υ συνδυαζόμενο επιτρέπουν την ανάλυση και του τελο-εκπνευστικού O_2 (EtO_2). Παραμαγνητικοί αναλυτές χρησιμοποιούνται επίσης συχνά και στα μόνιτορ ανάλυσης αερίων (ανίχνευση και πτητικών αναισθητικών, CO_2).

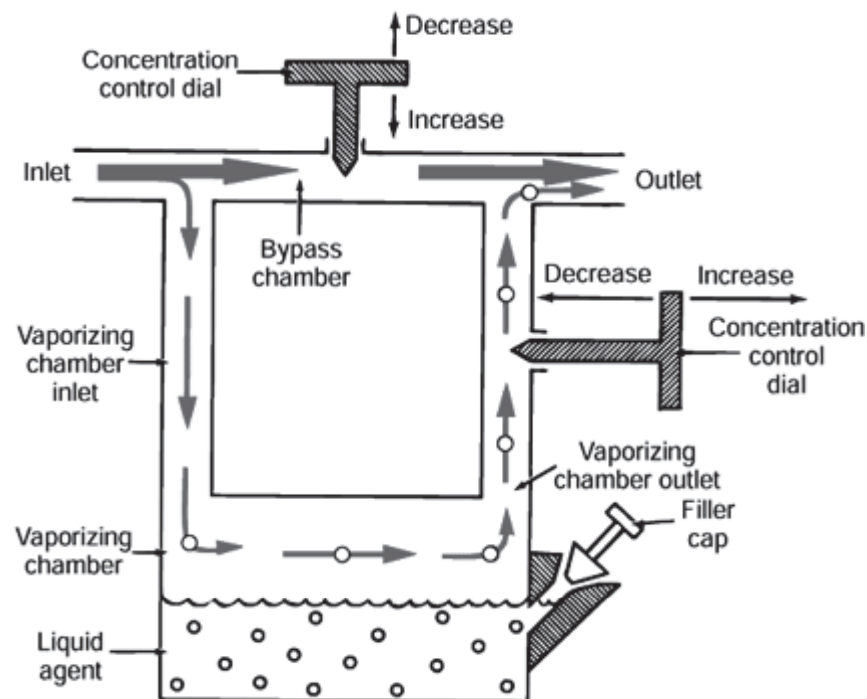
Εξατμιστήρες – βασικές αρχές

Ως ατμός ορίζεται το σύνολο των μορίων της αέριας φάσης μιας ουσίας που σε συνθήκες θερμοκρασίας δωματίου και πίεση 1 atm βρίσκεται σε υγρή μορφή. Η εξάτμιση εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του υγρού και από τη θερμοκρασία. Ο ρυθμός εξάτμισης εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία, την πίεση ατμών του υγρού και την μερική πίεση των ατμών πάνω από την επιφάνεια του πτητικού υγρού, ενώ δεν εξαρτάται από τη μερική πίεση των υπόλοιπων αερίων που ενδεχόμενα βρίσκονται στον χώρο εξάτμισης. Με την εξάτμιση το εναπομένει υγρό και ο περιέκτης κρύνουν γιατί θερμική ενέργεια μεταφέρεται από το περιβάλλον στα ενεργητικά μόρια του ατμού (**λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης**) με αποτέλεσμα να ελαττώνεται ο ρυθμός της περαιτέρω εξάτμισης. Για να διατηρείται ο ρυθμός της εξάτμισης σταθερός οι εξατμιστήρες είναι κατασκευασμένοι από χαλκό που διαθέτει μεγάλη θερμοαγωγιμότητα (για να μεταφέρεται εύκολα η θερμότητα του περιβάλλοντος στους ατμούς) και υψηλή θερμοχωρητική ικανότητα (για να σταθεροποιείται η θερμοκρασία του υγρού πτητικού παράγοντα).

Μεταβλητής παράκαμψης (Variable-Bypass)

Όλοι οι σύγχρονοι εξατμιστήρες (Datex-Ohmeda Tec 4, 5, 7, ADU Aladin, Drager Vapor 19, 2000) εμπλουτίζουν τα φρέσκα αέρια με επαρκή πίεση ατμών ώστε να προκύπτουν κλινικά χρήσιμες συγκεντρώσεις πτητικού αναισθητικού. Σε θερμοκρασία $20^\circ C$ και σε επίπεδο ατμοσφαιρικής πίεσης 1 atm η κορεσμένη πίεση ατμών του ισοφλουρανίου είναι 238 mmHg που αντιστοιχεί σε μία πάρα πολύ υψηλή συγκέντρωση $\sim 31\%$ (238 mmHg/760mm Hg $\times 100$). Το πρόβλημα είναι να διατηρηθούν οι συγκεντρώσεις αυτές σταθερές στα επιθυμητά όρια. Αυτό επιτυγχάνεται με το πέρασμα μόνο ενός μικρού ποσοστού ροής φρέσκων αερίων επάνω από την επιφάνεια του πτητικού παράγοντα ενώ το μεγαλύτερο μέρος της ροής παρακάμπτει τον εξατμιστήρα (**Variable-Bypass**) όπως απεικονίζεται στο σχήμα 9. Ο διακόπτης ελέγχου καθορίζει την εσωτερική αντίσταση στη ροή και προσδιορίζει το ποσοστό της ροής (**splitting ratio**) που θα περάσει από τον πτητικό παράγοντα για να εμπλουτισθεί, καθορίζοντας έτσι την επιθυμητή συγκέντρωση.

Οι εξατμιστήρες μεταβλητής παράκαμψης είναι διαφορετικά σχεδιασμένοι για κάθε πτητικό παράγοντα, ειδικά βαθμονομημένοι, και τοποθετούνται εκτός κυκλώματος (**out of circuit**). Διαθέτουν **αντιστάθμιση θερμότητας** δι-οχετεύοντας μεγαλύτερη ποσότητα φρέσκων αερίων όταν



Σχήμα 9. Εξατμιστήρας μεταβλητής παράκαμψης.

ψύχονται, για αποφυγή ελάττωσης της συγκέντρωσης του πτητικού αναισθητικού κατά τη διάρκεια χρήσης. Ελέγχονται μηχανικά από τον διακόπτη ελέγχου που περιστρέφεται όπως και τα ροόμετρα αντίθετα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Μερικοί νεότεροι εξατμιστήρες αυτού του τύπου ελέγχονται ηλεκτρονικά (ADU και Aisys).

Tec 6 Injector-Desflurane

Εντελώς διαφορετικής τεχνολογίας εξατμιστήρας, θερμαινόμενος, διπλού κυκλώματος ειδικά σχεδιασμένος για τη χορήγηση δεσφλουρανίου. Το δεσφλουράνιο έχει πολύ χαμηλή θερμοκρασία βρασμού, κοντά στη θερμοκρασία δωματίου, και είναι αδύνατη η χρήση του με τους συμβατικούς εξατμιστήρες γιατί θα κατέληγε σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις 100%. Έτσι σχεδιάστηκε ο Tec 6 που διαθέτει δύο παράλληλα κυκλώματα. Η ροή των φρέσκων αερίων σε καμία φάση δεν έρχεται σε επαφή με το υγρό δεσφλουράνιο. Το δεσφλουράνιο θερμαίνεται στους 39°C για να παρέχει μια σταθερή πίεση κορεσμένων ατμών ~1500 mmHg από τους οποίους απελευθερώνεται η επιθυμητή ποσότητα ανάλογα με τον διακόπτη ελέγχου ο οποίος είναι συνδεδεμένη και με τη ροή των φρέσκων αερίων.

Χρήση εξατμιστήρων

Η σύνδεση με το MA γίνεται μέσω πολλαπλών συλλεκτών που διαθέτουν μηχανισμό αποκλεισμού (**interlock device**). Ο μηχανισμός αποκλεισμού διασφαλίζει το άνοιγμα ενός και μόνο εξατμιστήρα τη φορά, την διόδο των φρέσκων αερίων μόνο από τον εξατμιστήρα που είναι ανοικτός, το κλείδωμα των υπολοίπων και την ελάχιστη απώλεια ατμών όταν ο εξατμιστήρας είναι κλειστός. Η πλήρωση των εξατμιστήρων γίνεται μέσω **ειδικών συσκευών πλήρωσης** τύπου χωνιού ή τύπου κλειδιού που είναι και οι ασφαλέστερες, ενώ υπάρχει ειδική συσκευή πλήρωσης του Tec 6 με μη ανταλλάξιμο ειδικές κασέτες πλήρωσης του Aladin (ADU και Aisys). **Κατά την πλήρωσή τους οι εξατμιστήρες πρέπει να είναι κλειστοί και να πληρούνται μέχρι την συγκεκριμένη ένδειξη** αποφεύγοντας την υπερπλήρωση.

Οι εξατμιστήρες είναι ευάλωτοι σε ακραίες ροές φρέσκων αερίων, σε ακραίες θερμοκρασίες η ανάπτυξη παλίνδρομης πίεσης (back pressure) από το αναπνευστικό κύκλωμα και τον αναπνευστήρα η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της συγκέντρωσης του πτητικού αναισθητικού. **Όλοι οι σύγχρονοι εξατμιστήρες διατηρούν σχετικά σταθερή απόδοση σε ροές 0,2-15 L/min και θερμοκρασίες 17-35°C, και ιδανικά διαθέτουν βαλβίδες αντεπιστροφής** (ενσωματωμένες ή στο MA) για προφύλαξη από το φαινόμενο της παλίνδρομης πίεσης.

Νεότεροι παράγοντες και αναισθησία χαμηλών ροών

Η διατήρηση της αναισθησίας με την τεχνική των χαμηλών ροών δεν θα πρέπει να αρχίζει πρόωρα όταν χρησιμοποιείται σεβοφλουράνιο και δεσφλουράνιο γιατί υπάρχει ο κίνδυνος επίγνωσης κατά τη διάρκεια της αναισθησίας εάν δεν επιτευχθεί πρώτα η ισορροπία του πτητικού αναισθητικού στα διάφορα διαμερίσματα (κυκλικό σύστημα, συνδετικά, λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα πνευμόνων, εγκέφαλος). Η ισορροπία επιτυγχάνεται γρηγορότερα με χρήση υψηλότερων ροών αρχικά κατά την εισαγωγή (5-8 l/min) ακολουθούμενη από χαμηλότερες ροές (1-2 L/min) κατά τη συντήρηση. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στη διατήρηση θερμότητας και υγρασίας στο τραχειοβρογχικό δέντρο και στην εξοικονόμηση αερίων και πτητικών αναισθητικών. Αντίστροφη πορεία πρέπει να ακολουθηθεί για την επιτάχυνση της ανάνηψης όπου θα πρέπει και πάλι να αυξηθούν οι ροές των φρέσκων αερίων.

ΔΙΑΝΟΜΗ

Το στάδιο αυτό περιγράφει και παρακολουθεί (monitoring) την ελεγχόμενη ροή των φρέσκων αερίων από το MA προς τον ασθενή και αντίστροφα.

Αναπνευστικά κυκλώματα – Θεμελιώδεις αρχές

Ο σκοπός όλων των αναπνευστικών κυκλωμάτων (ΑΚ) είναι η παροχή του O₂ και των αναισθητικών αερίων και η απομάκρυνση του CO₂. Το CO₂ απομακρύνεται είτε με επαρκείς ροές ή μέσω απορρόφησης από την νατράσβεστο.

Όλα τα ΑΚ δημιουργούν κάποια αντίσταση στη ροή. **Οι αντιστάσεις ελαττώνονται με την ελάττωση του μήκους και την αύξηση της διαμέτρου των σωληνώσεων, ελαχιστοποιώντας τις βαλβίδες μιας κατεύθυνσης, αποφεύγοντας τις γωνιάσεις και διατηρώντας γραμμική ροή.** Είναι σημαντικό να διατηρούνται οι αντιστάσεις όσο το δυνατόν χαμηλότερες γιατί οι αυξημένες αντιστάσεις ελαττώνουν την άνεση του ξύπνιου ασθενή ενώ στον κατασταλαμένο αυξάνουν το έργο της αναπνοής γεγονός που αν δεν μπορεί να αντιρροπισθεί θα οδηγήσει σε υποαερισμό. Οι αντιστάσεις των ΑΚ τυπικά είναι χαμηλές (χαμηλότερες από αυτές του ενδοτραχειακού σωλήνα).

Αντίθετα από τα ΑΚ των αναπνευστήρων των μονάδων εντατικής θεραπείας που δεν προκαλούν καθόλου επανεισπνοή, **όλα τα αναισθησιολογικά ΑΚ, με τυπικό εκπρόσωπό τους το κυκλικό σύστημα, προκαλούν άλλοτε άλλου βαθμού επανεισπνοή.** Η επανεισπνοή είναι μέχρις ενός σημείου επιθυμητή, π.χ., βοηθά στη διατήρηση θερμότητας και υγρασίας στο τραχειοβρογχικό δέντρο, ελατ-

τώνει την κατανάλωση και το κόστος των αναισθητικών αερίων και βοηθά στην προστασία του προσωπικού των χειρουργείων και του περιβάλλοντος μέσω ελαττωμένης έκθεσής τους στα εκπνεόμενα αέρια. **Όσο ψηλότερες είναι οι ροές των φρέσκων αερίων τόσο μικρότερη είναι η επανεισπνοή, και τόσο γρηγορότερα θα φθάσει η επιθυμητή συγκέντρωση στον ασθενή, γεγονός που είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά την εισαγωγή στην αναισθησία.**

Οι ασθενείς επανεισπνέουν συστατικά των εκπνεομένων αερίων, π.χ. O_2 , N_2 , N_2O , CO_2 , και πτητικά αναισθητικά, το καθένα από τα οποία μπορεί να προκαλέσει διαφορετικές επιδράσεις. Η επανεισπνοή του O_2 δεν δημιουργεί προβλήματα, η επανεισπνοή του N_2 μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερημένη εισαγωγή και αυτή του CO_2 σε υπερκαπνία και αναπνευστική οξέωση. Αντίθετα, η επανεισπνοή του N_2O και των πτητικών μπορεί να είναι επιθυμητή για οικονομικούς και οικολογικούς λόγους. Επειδή οι υψηλές ροές επιτυγχάνουν γρηγορότερα την εξισορρόπηση της συγκέντρωσης των αερίων είναι επιθυμητές επίσης και κατά τη φάση της ανάνηψης. **Μηδενίζοντας το N_2O και τα πτητικά στο τέλος της επέμβασης και χρησιμοποιώντας υψηλές ροές που ελαχιστοποιούν την επανεισπνοή επιταχύνεται η αποβολή τους από τον ασθενή.**

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η συσχέτιση της επανεισπνοής με τον νεκρό χώρο (VD) που ορίζεται ως το μέρος του κατά λεπτό αερισμού (VE) που δεν παίρνει μέρος στην ανταλλαγή των κυψελιδικών αερίων (VA), όπου $VE = VD + VA$. **Ο νεκρός χώρος τελειώνει εκεί που διαχωρίζεται το εισπνευστικό από το εκπνευστικό σκέλος του ΑΚ, στην άκρη του Υ συνδετικού.** Η χρήση προσωπίδας αυξάνει περισσότερο τον VD σε σχέση με τον ενδοτραχειακό σωλήνα, όπως επίσης και κάθε εξάρτημα που παρεμβάλλεται μεταξύ του τραχειοσωλήνα/προσωπίδας και του Υ συνδετικού. Αντίθετα, η χρήση μακρύτερου εισπνευστικού και εκπνευστικού σκέλους δεν αυξάνει τον VD μπορεί όμως να προκαλέσει απώλειες ευενδοτότητας. **Κάθε αύξηση του VD αυξάνει την επανεισπνοή του CO_2 και για τον λόγο αυτό ο αναπνεόμενος όγκος στα ΜΑ τίθεται υψηλότερα από τον όγκο της αυτόματης αναπνοής. Επίσης, κάθε αύξηση του VD που δεν μπορεί να αντιρροπισθεί από αύξηση του VE (π.χ. αναισθητοποιημένος ασθενής) αυξάνει τον κίνδυνο υποαερισμού, υπερκαπνίας και αναπνευστικής οξέωσης.**

Το ΜΑ χρησιμοποιεί ξηρά αέρια για να ελαχιστοποιηθούν τα φαινόμενα διάβρωσης του εσωτερικού του μηχανήματος και επιμόλυνσης με βακτήρια. Η παροχή όμως ξηρών αερίων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο τραχειοβρογχικό δέντρο των ασθενών, για την αποφυγή των οποίων χρησιμοποιούνται παθητικά συστήματα ύγρανσης - θέρμανσης όπως οι ανταλλάκτες θερμότητας και

υγρασίας (φίλτρα) και χαμηλές ροές. Η χρήση ενεργητικών συστημάτων ύγρανσης με θερμαινόμενους υγραντήρες αποφεύγεται γιατί είναι λιγότερο αποτελεσματική στην αποφυγή υποθερμίας (συγκρινόμενη με τις θερμαινόμενες κουβέρτες) και επειδή η πλεονάζουσα υγρασία μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην νατράσβεστο, απόφραξη των μηχανημάτων ανάλυσης αερίων και δυσλειτουργία των εισπνευστικών και εκπνευστικών βαλβίδων μιας κατεύθυνσης.

Ταξινόμηση

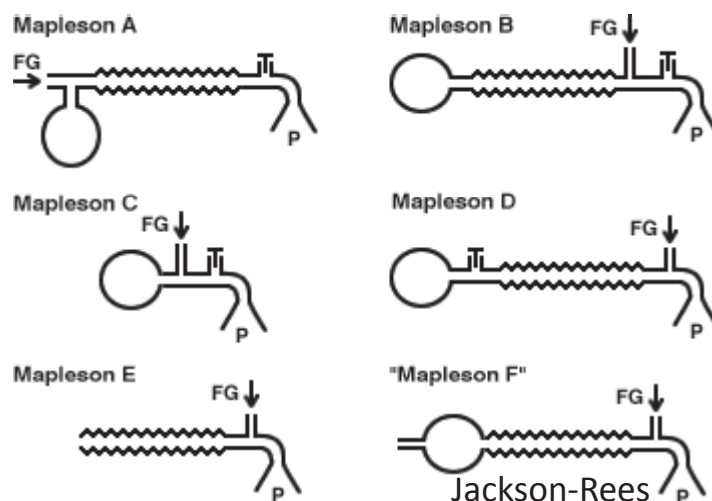
Το πιο απλό ανοικτό σύστημα μπορεί να θεωρηθεί η απλή μάσκα O_2 χωρίς αποθεματικό ασκό η οποία δεν επιτρέπει καθόλου επανεισπνοή. Όλα τα υπόλοιπα συστήματα διαθέτουν αποθεματικό ασκό για να επιτρέπουν υψηλότερες ροές κατά την εισπνευστική φάση και προκαλούν άλλοτε άλλου βαθμού επανεισπνοή ανάλογα με τη ροή των φρέσκων αερίων. **Εάν οι ροές είναι μικρότερες του κατά λεπτό αερισμού (VE) τότε σίγουρα συμβαίνει κάποιου βαθμού επανεισπνοή.**

Μη επανεισπνοής - ανοικτά συστήματα

Ο Mapleson (1954) ταξινόμησε τα συστήματα αυτά σε κατηγορίες που ισχύουν μέχρι σήμερα (σχήμα 10). Ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά των ανοικτών κυκλωμάτων είναι ότι δε διαθέτουν βαλβίδες μονής κατεύθυνσης, άρα χαρακτηρίζονται από ελάχιστη αντίσταση στη ροή, και ότι συνοδεύονται από αποθεματικό ασκό. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάθε ηλικία από πρόωρα νεογνά μέχρι ενήλικες. Οι ροές των φρέσκων αερίων που απαιτούνται για αποφυγή επανεισπνοής είναι 2-3 φορές του VE. Στην πράξη χρησιμοποιούνται κατ' ελάχιστο 5 L/min. **Το Mapleson F με τον ανοικτό αποθεματικό ασκό περιγράφεται και ως τροποποίηση κατά Jackson-Rees του Ayre's T-piece και έχει ιδιαίτερη εφαρμογή στην παιδοναισθησία.** Στα πλεονεκτήματα των ανοικτών συστημάτων πέρα από την ελάχιστη αντίσταση στη ροή συγκαταλέγονται και η ευκολία χειρισμού και συντήρησης ενώ τα περισσότερα μειονεκτήματά τους σχετίζονται με την ανάγκη χρήσης υψηλών ροών (ξήρανση αεραγωγών, κίνδυνος υποθερμίας, αυξημένο κόστος, ρύπανση περιβάλλοντος).

Επανεισπνοής - κυκλικό σύστημα (Circle system)

Το κυκλικό σύστημα (ΚΣ) είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο σύστημα στις μέρες μας παγκοσμίως (σχήμα 11). Αποτελείται από το Υ συνδετικό, το εισπνευστικό και εκπνευστικό σκέλος με τις αντίστοιχες βαλβίδες μιας κατεύθυνσης, το κάνιστρο της νατρασβέσου, την είσοδο των φρέσκων αερίων (εισπνευστικό σκέλος), την σύνδεση με



FG: φρέσκα αέρια, P: ασθενής

Σχήμα 10. Συστήματα Mapleson.

τον αναπνευστήρα (εκπνευστικό σκέλος) το μανόμετρο πίεσης αεραγωγών, την βαλβίδα υπερπίεσης ή εκτόνωσης (APL valve - adjustable pressure-limiting valve), τον αποθεματικό ασκό και την βαλβίδα επιλογής χειροκίνητου αερισμού/αναπνευστήρα. Το ΚΣ ακόμη και σε πολύ χαμηλές ροές, εάν οι βαλβίδες μιας κατεύθυνσης και η νατράσβεστος λειτουργούν κανονικά, δεν επιτρέπει την επανεισπνοή του CO₂ ενώ επιτρέπει την επανεισπνοή όλων των άλλων αναισθητικών αερίων.

Τα φρέσκα αέρια από την ΚΕΑ εισέρχονται στο εισπνευστικό σκέλος του ΚΣ και εξέρχονται είτε από τη βαλβίδα APL (χειροκίνητος αερισμός) ή μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης του αναπνευστήρα προς το σύστημα απαγωγής. Οι βαλβίδες μια κατεύθυνσης προάγουν την κίνηση των εκπνεομένων αερίων μέσω της νατρασβέστου για την εξουδετέρωση του CO₂. Δυσλειτουργίες μπορεί να προκύψουν από διαφυγές λόγω κακών συνδέσεων ή “κολλήματα” των βαλβίδων, ιδιαίτερα της εκπνευστικής (υγρασία, σκόνη, καταστροφή, ξένα σώματα) γι’ αυτό επιβάλλεται καθημερινός έλεγχος του μηχανήματος και του ΚΣ και τακτική συντήρηση αυτού.

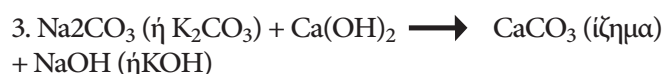
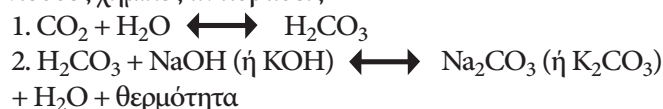
Σε περίπτωση επανεισπνοής CO₂ πρέπει αμέσως να αποκλεισθεί η εξάντληση της νατρασβέστου και να ελεγχθεί η ακεραιότητα των βαλβίδων μιας κατεύθυνσης. Η δυσλειτουργία των βαλβίδων μπορεί να μετατρέψει μεγάλο μέρος του ΚΣ σε νεκρό χώρο με τις επακόλουθες συνέπειες. Εάν στον καπνογράφο ανιχνευτεί επανεισπνοή (π.χ., εισπνεόμενο CO₂ >1-3mmHg) αυξάνουμε τις ροές στα 5-8 L/min και εάν το πρόβλημα αποκατασταθεί αυτό υποδηλώνει εξάντληση της νατρασβέστου η οποία θα πρέπει

να αντικατασταθεί. Αντίθετα, εάν το πρόβλημα επιμένει αυτό υποδηλώνει βλάβη στις βαλβίδες μιας κατεύθυνσης οι οποίες θα πρέπει να επιθεωρηθούν.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του κυκλικού συστήματος είναι η διατήρηση της θερμότητας και υγρασίας του ασθενή, η ελάττωση του κόστους και η προστασία του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα με τη δυνατότητα που δίνει για την εφαρμογή χαμηλών ροών. Τα κυριότερο μειονέκτημά του είναι ότι διαθέτει πολλές συνδέσεις που είναι εύαλωτες σε αποσύνδεση, απόφραξη και διαφυγές. Για την ελαχιστοποίηση λαθών κατά τη συναρμολόγησή του όλες οι συνδέσεις του ΚΣ είναι συμβατές μόνο με συνδετικά 15 mm / 22 mm που είναι ασύμβατα με τα συνδετικά 19 mm και 30 mm των συστημάτων απαγωγής.

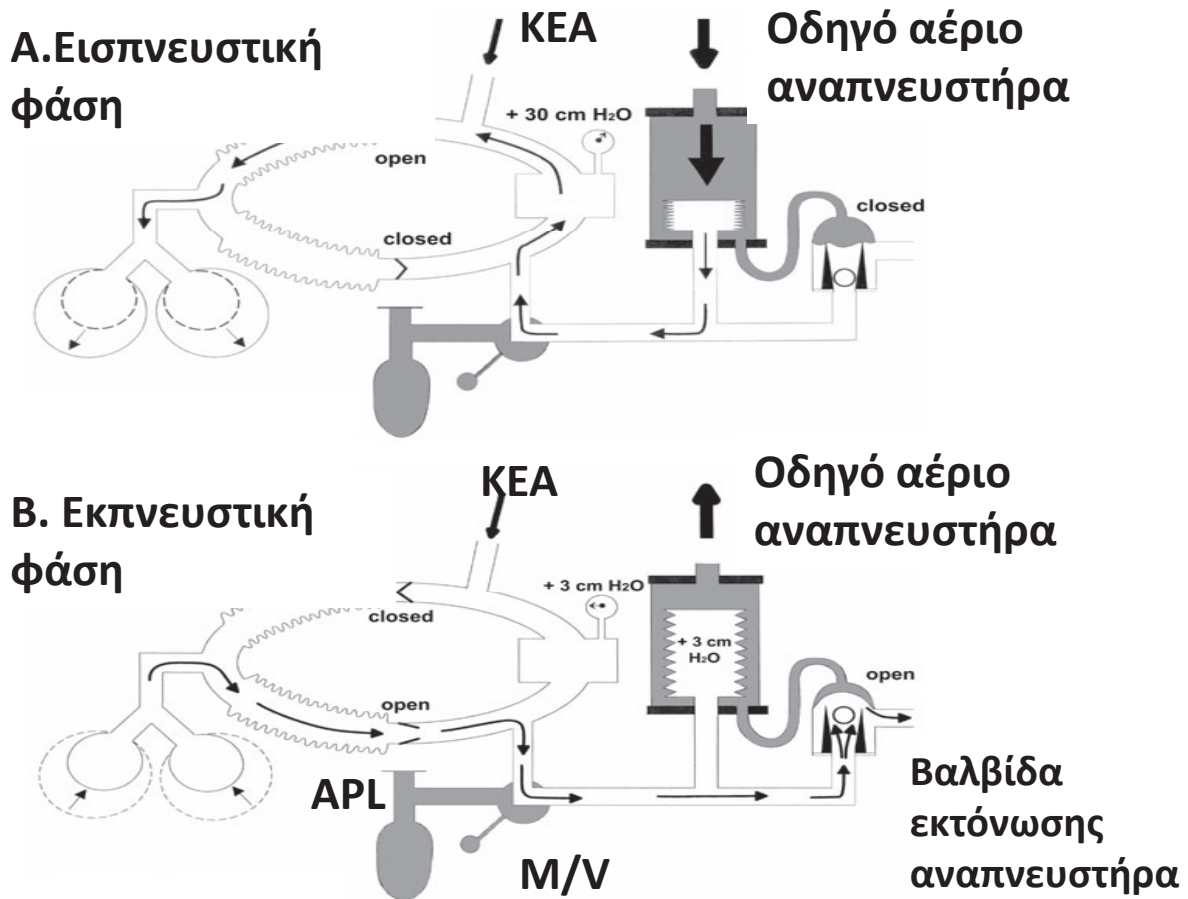
Απορρόφηση CO₂

Η απορρόφηση του CO₂ συμβαίνει σύμφωνα με τις ακόλουθες χημικές αντιδράσεις



Νατράσβεστος

Η νατράσβεστος αποτελείται κυρίως από κοκκία Ca(OH)₂ σε ποσοστό > 80%, ενεργοποιητή NaOH ~ 1-3% (το KOH τείνει να εγκαταλειφθεί λόγω αυξημένου κινδύνου δημιουργίας συμπλόκου A και CO από την αποδόμηση των



Σχήμα 11. Το κυκλικό σύστημα. **A.** Κατά την εισπνοή καθώς το οδηγό αέριο πιέζει τη φουσούνα του αναπνευστήρα προωθείται τα φρέσκα αέρια μέσω του εισπνευστικού σκέλους και της μονόδρομης εισπνευστικής βαλβίδας προς τον ασθενή. Παράλληλα, η πίεση που αναπτύσσεται από το οδηγό αέριο κλείνει την βαλβίδα εκτόνωσης του αναπνευστήρα (η οποία αποτελεί τη δίοδο προς το σύστημα απαγωγής). **B.** Κατά την εκπνοή τα εκπνεόμενα αέρια προωθούνται μέσω του εκπνευστικού σκέλους και της μονόδρομης εκπνευστικής βαλβίδας. Το σύστημα είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε αρχικά να απαιτείται μια ελάχιστη πίεση ~ 3 cm H₂O για να υπερνικήσει την αντίσταση (μπιλία) της βαλβίδας εκτόνωσης του αναπνευστήρα, κατά το στάδιο αυτό γεμίζει πρώτα η φουσούνα του αναπνευστήρα και αργότερα, καθώς αναπτύσσεται περισσότερη πίεση, ανοίγει η βαλβίδα εκτόνωσης του αναπνευστήρα και τα εκπνεόμενα αέρια διαφεύγουν μέσω αυτής προς το σύστημα απαγωγής. Η είσοδος των φρέσκων αερίων στην ΚΕΑ είναι συνεχής και η κίνηση γίνεται προς μία κατεύθυνση πάντα μέσω των μονόδρομων βαλβίδων, έτσι ώστε να προάγεται η μετακίνηση των εκπνεομένων αερίων προς την νατράσβεστο (N). ΑΠΛ: βαλβίδα ρυθμιζόμενης πίεσης, Μ/Υ: διακόπτης επιλογής χειροκίνητου αερισμού (M) / αναπνευστήρα (V).

πτητικών αναισθητικών), νερό (13-20%), σκληρυντικά (πυρίτιο) και δείκτη (ιώδες του αιθυλενίου). Αρχικά ο δείκτης δεν έχει χρώμα (λευκό), καθώς όμως το pH γίνεται λιγότερο αλκαλικό σε ένα κρίσιμο όριο pH < 10,3 αρχίζει να αποκτά το χαρακτηριστικό ιώδες χρώμα. Από τις αντιδράσεις παράγεται ενέργεια (13.000 kcal / 1 mole CO₂ που απορροφάται) γι' αυτό η νατράσβεστος θερμαίνεται με την πάροδο του χρόνου. Το μέγεθος των κοκκίων είναι 4-8 mesh (μπορούν να περνούν από οθόνες που διαθέτουν 4-8 οπές / 1 inch), τέτοιο ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη εξουδετέρωση του CO₂ με την ελάχιστη αντίσταση στην ροή. Οι ιοντικές αντιδράσεις συμβαίνουν στην υγρή

επιφάνεια των κοκκίων. Η μέγιστη εξουδετερωτική ικανότητα της νατρασβέστου είναι 26 L CO₂ / 100 gr κοκκίων, ελαττώνεται όμως σε περίπτωση "αφυδάτωσης" της και από τη δημιουργία πόρων-καναλιών. Η σημασία της χρήσης της και η διάρκεια ζωής της είναι αντιστρόφως ανάλογη της ροής των φρέσκων αερίων. Ένα ΚΣ με ροές 0,3-0,5 L / min βασίζεται εξολοκλήρου στη δραστηριότητα της νατρασβέστου η οποία και θα εξαντληθεί σχετικά γρήγορα. Αντιθέτως, σε ένα ΚΣ με ροές > 5-8 L / min όπου λόγω των υψηλών ροών γίνεται επαρκής "έκπλυση" του CO₂ προς το σύστημα απαγωγής η εξάρτηση από τη νατράσβεστο είναι αμελητέα και η διάρκεια ζωής της παρατείνεται.

Επειδή κατά τη διάρκεια “ανάπαυσης” της νατρασβέστου μπορεί να δημιουργηθεί κάποια αναστροφή χρώματος του δείκτη η εκτίμηση για την ανάγκη αλλαγής πρέπει να γίνεται στο τέλος της ημέρας και όχι το πρωί της επομένης. Ορισμένοι κατασκευαστές συνιστούν την αλλαγή της μετά από περίοδο μη χρήσης 48 ωρών ή τουλάχιστον 1 φορά την εβδομάδα στις περιπτώσεις που η χρήση της δεν είναι συχνή για δύο κυρίως λόγους. Ο πρώτος είναι η πιθανή απενεργοποίηση του δείκτη κατά μήκος των τοιχωμάτων του κανίστρου σε συνθήκες ξηρασίας και έκθεσης σε έντονο φως, και ο δεύτερος οι αυξημένες πιθανότητες ξήρανσης στις παραπάνω συνθήκες που ελαττώνουν την αποτελεσματικότητά της και αυξάνουν την πιθανότητα δημιουργίας CO (αποδόμηση δεσφλουρανίου) και συμπλόκου A (αποδόμηση σεβοφλουρανίου). Με την τρέχουσα κλινική πρακτική εξοικονόμησης πόρων και προστασίας του περιβάλλοντος και τη χρήση ολοένα και χαμηλότερων ροών θα πρέπει να αυξηθεί η επαγρύπνηση για τον συχνότερο έλεγχο και αλλαγή της.

Αναπνευστήρες

Αναπνευστήρες με μηχανισμό Φυσούνας (Electronically controlled - Pneumatically driven Bellow ventilators)

Οι αναπνευστήρες με μηχανισμό φυσούνας, είναι διπλού κυκλώματος, ηλεκτρονικά ελεγχόμενοι αναπνευστήρες πίεσης/όγκου. Επειδή ελέγχονται ηλεκτρονικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς ρεύμα ή μπαταρίες. Η φυσούνα συνδέεται με το ΚΣ, περιέχει τα εισπνεόμενα και εκπνεόμενα αέρια του ασθενή, και είναι τοποθετημένη μέσα σε ένα “διάφανο κύλινδρο” το οποίο γεμίζει με το οδηγό αέριο (συνήθως O₂, σπανιότερα αέρα) που αποτελεί και την κινητήρια δύναμη της φυσούνας. Θα μπορούσαμε να παρομοιάσουμε τη φυσούνα με τον ασκό και το οδηγό αέριο με το χέρι του αναισθησιολόγου σε περίπτωση χειροκίνητου αερισμού.

Η ροή των φρέσκων αερίων είναι συνεχής και τυχόν περίσσεια αυτών απομακρύνεται προς το σύστημα απαγωγής μέσα από την **βαλβίδα εκτόνωσης του αναπνευστήρα (spill valve ή relief valve) η οποία ανοίγει μόνο κατά την εκπνοή**. Ανάλογα με την κίνηση της φυσούνας ταξινομούνται σε **ανερχόμενης φυσούνας όταν η φυσούνα ανέρχεται κατά την εκπνοή** και **κατερχόμενης** όταν κατέρχεται. Οι αναπνευστήρες ανερχόμενης φυσούνας θεωρούνται ασφαλέστεροι διότι σε περίπτωση αποσύνδεσης η διαρροών η ανερχόμενη φυσούνα δεν θα ανέβει, ενώ η κατερχόμενη θα κατέβει λόγω της βαρύτητας.

Αναπνευστήρες με μηχανισμό Εμβόλου (Electronically controlled – Electrically driven Piston ventilators)

Οι αναπνευστήρες με μηχανισμό εμβόλου χρησιμοποι-

ούν έναν ηλεκτρικό κινητήρα για συμπίεσει ένα άκαμπτο έμβολο που θα οδηγήσει τα αέρια στον ασθενή κατά τη φάση της εισπνοής. Δεν χρησιμοποιούν οδηγό αέριο και έτσι δεν εξαντλούν τους κυλίνδρους σε περίπτωση πτώσης της πίεσης O₂.

Η κίνηση του εμβόλου μπορεί να είναι οριζόντια ή κάθετη ορατή ή μη εξωτερικά, π.χ. Narcomed 6000/6400 Divan (αόρατη/οριζόντια) – Fabius/Primus (ορατή/κάθετη). Οι αναπνευστήρες αυτού του τύπου συνοδεύονται από βαλβίδες εκτόνωσης τόσο θετικής (75 ± 7 cm H₂O) όσο και αρνητικής πίεσης (-8 cm H₂O). Χορηγούν τον αναπνεόμενο όγκο πιο αξιόπιστα γιατί το άκαμπτο έμβολό τους είναι λιγότερο ευάλωτο σε απώλειες ευενδοτότητας που πιθανά συνοδεύουν τους αναπνευστήρες φυσούνας. Για τον ίδιο λόγο επιτρέπουν την τοποθέτηση του αισθητήρα ροής κοντά στο έμβολο, αποφεύγοντας τη χρήση ογκωδών αισθητήρων κοντά στο Υ συνδετικό και τον ασθενή κάνοντας έτσι το monitoring ασφαλέστερο. Ένα πιθανό μειονέκτημά τους είναι η καθυστερημένη αναγνώριση της αποσύνδεσης επειδή δεν διαθέτουν την επισκόπηση της φυσούνας, γεγονός όμως που έχει αντιρροπισθεί μέσω της δυνατότητας για **αποσύζευξη των φρέσκων αερίων (fresh gas decoupling)**.

Συναγερμοί αναπνευστήρα

Ο πιο σημαντικός συναγερμός αναπνευστήρα είναι ο συναγερμός αποσύνδεσης που στους σύγχρονους αναπνευστήρες ενεργοποιείται με τη μη ανίχνευση της πρώτης αναπνοής (ανίχνευση χαμηλής πίεσης αεραγωγών, αδυναμία μέτρησης εκπνεόμενου όγκου). Άλλοι σημαντικοί συναγερμοί είναι πίεσης (ανώτερο επιτρεπτό όριο υψηλής πίεσης/προστασίας από βαρότραυμα), όγκου (υψηλού και χαμηλού αναπνεόμενου όγκου και κατά λεπτό αερισμού), και αναπνευστικής συχνότητας (χαμηλό, υψηλό όριο).

Μοντέλα αερισμού

Όλοι οι σύγχρονοι αναπνευστήρες διαθέτουν μοντέλα αερισμού πίεσης και όγκου, πλήρως ελεγχόμενα (Pressure Controlled Ventilation-PCV / Volume Controlled Ventilation-VCV) ή επιτρέποντας τον συγχρονισμό του ασθενή (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation-SIMV), με ή χωρίς υποστήριξη πίεσης (Pressure Support), για να ικανοποιούν τις ανάγκες της σύγχρονης αναισθησίας. Ορισμένα μοντέλα μάλιστα διαθέτουν και πιο εξειζητημένους τύπους αερισμού όπως ο αερισμός πίεσης με εξασφάλιση όγκου (Pressure Controlled Ventilation with Volume Guarantee / PCV-VG / Aisys / Avance).

Χαρακτηριστικά ασφαλείας

Ευελιξία

Η δυνατότητα για διάφορους τύπους αερισμού προσέδωσε μεγάλη ευελιξία στα σύγχρονα MA. Η προσθήκη PCV επιτρέπει τον ασφαλέστερο αερισμό ασθενών με ελαττωμένη ευενδοτότητα (ARDS-παθολογική παχυσαρκία) και περιπτώσεων όπου πρέπει να αποφεύγονται οι υψηλές πιέσεις (νεογνά-βρέφη-εμφυσηματικοί ασθενείς). Ο αερισμός σε SIMV με ή χωρίς PS επιτρέπει τη διατήρηση της αυτόματης αναπνοής (π.χ., επιθυμητή σε χρήση λαρυγγικής μάσκας).

Ακρίβεια χαμηλών όγκων – ασφαλής χρήση κυκλικού συστήματος στα παιδιά

Η μεγάλη απόκλιση μεταξύ των επιλεγόμενων και χορηγούμενων αναπνεόμενων όγκων είναι ιδιαίτερα συχνή στους παιδιατρικούς ασθενείς λόγω απωλειών ευενδοτότητας στον μεγάλο συμπιεστό όγκο του ΚΣ, διαφυγών γύρω από ενδοτραχειακούς σωλήνες χωρίς αεροθάλαμο, προσαύξησης του αναπνεόμενου όγκου από τη ροή των φρέσκων αερίων και αδυναμίας ρύθμισης χαμηλών όγκων στους αναπνευστήρες φυσούνας.

Οι σύγχρονοι αναπνευστήρες διαθέτουν μια πρωτοφανή ακρίβεια σε μεγάλο εύρος αναπνεόμενων όγκων διότι διαθέτουν ηλεκτρονικούς μηχανισμούς ελέγχου ευενδοτότητας και διαφυγών και αντιστάθμισης του αναπνεόμενου όγκου, όπως επίσης και μεταβολών στη ροή των φρέσκων αερίων. Έτσι μπορούν να αερίσουν με ακρίβεια και ασφάλεια σε πολύ χαμηλούς αναπνεόμενους όγκους (10 ml Narcomed 6000, 20 ml (Leon Plus, Primus, Apollo, Aestiva, ADU, Avance και Aisys) με την προϋπόθεση αλλαγής και τοποθέτησης του παιδιατρικού ΚΣ (15 mm) σε βάρος σώματος < 20Kg. Όταν αλλάζονται οι αισθητήρες η το ΚΣ για χρήση σε παιδιατρικούς ασθενείς και αντιστρόφως, είναι απαραίτητος ο επανέλεγχος του τμήματος ελέγχου ευενδοτότητας και διαφυγών.

Έλεγχος ευενδοτότητας / απωλειών – αντιστάθμιση αναπνεόμενου όγκου

Η τοποθέτηση αισθητήρα ελέγχου ευενδοτότητας και απωλειών και αντιστάθμισης του αναπνεόμενου όγκου συνοδεύεται από σημαντικές επιπτώσεις. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τη θέση του αισθητήρα στο ΚΣ και να πραγματοποιούμε σωστά τους προβλεπόμενους ελέγχους σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Αποσύζευξη ροών φρέσκων αερίων (fresh gas decoupling) έναντι αντιστάθμισης αναπνεόμενου όγκου (tidal volume compensation)

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό ακρίβειας και ασφαλείας των σύγχρονων αναπνευστήρων είναι ότι αντισταθμίζουν τον αναπνεόμενο όγκο σε περίπτωση μεταβολών των ροών των φρέσκων αερίων. Στα παλαιότερα μοντέλα ο αναπνεόμενος όγκος αποτελούνταν από τον όγκο της φυσούνας συν τον όγκο των φρέσκων αερίων κατά την εισπνευστική φάση του αναπνευστήρα γεγονός που μπορούσε να οδηγήσει σε μεγάλες αποκλίσεις. Για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό σχεδιάστηκαν δύο προσεγγίσεις. Οι αναπνευστήρες Drager (Narcomed 6000, Fabius, Primus, Apollo) και Heinen/Lowenstein (Leon Plus) ξεπερνούν το πρόβλημα με την **αποσύζευξη των φρέσκων αερίων (fresh gas decoupling)** απομονώνοντας με ειδική βαλβίδα τα φρέσκα αέρια κατά την εισπνοή διοχετεύοντάς τα προς τον αποθεματικό ασκό. Κατά την εκπνοή η βαλβίδα ανοίγει και τα συσσωρευμένα αέρια κατευθύνονται προς το σύστημα απαγωγής μαζί με τα εκπνεόμενα αέρια του αναπνευστήρα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί μια παράδοξη κίνηση του ασκού ο οποίος γεμίζει κατά την εισπνοή και αδειάζει κατά την εκπνοή, επιβεβαιώνοντας έτσι την έλλειψη διαφυγών. Η δεύτερη προσέγγιση ονομάζεται **αντιστάθμιση του αναπνεόμενου όγκου (tidal volume compensation)**. Εφαρμόζεται στους αναπνευστήρες της GE (Aestiva, ADU, Aisys, Avance) μέσω ειδικών αισθητήρων ροής / όγκου που προσαρμόζουν τον αναπνεόμενο όγκο έτσι ώστε να είναι πάντα σταθερός και ίσος με τον επιλεγόμενο, ανεξάρτητα από τη ροή των φρέσκων αερίων.

Ηλεκτρονική επιλογή PEEP

Στα παλαιότερα μοντέλα εάν ήταν επιθυμητή η **θετική τελοεκπνευστική πίεση (PEEP)** τότε έπρεπε να τοποθετηθεί μια εξωτερική βαλβίδα στο εκπνευστικό σκέλος μεταξύ του Υ συνδετικού και της εκπνευστικής βαλβίδας, γεγονός που μπορούσε να οδηγήσει σε δυνητικά προβλήματα. Η ηλεκτρονική τοποθέτηση PEEP στους σύγχρονους αναπνευστήρες προσφέρει αυτή την επιλογή ευκολότερα και ασφαλέστερα.

Κρίσιμα συμβάματα σχετιζόμενα με τον Μηχανικό Αερισμό

Το πιο κρίσιμο σύμβαμα που σχετίζεται με τον MA είναι η αδυναμία αερισμού, συνήθως λόγω αποσύνδεσης ή άλλων τεχνικών προβλημάτων. Εάν το πρόβλημα δεν αφορά πλήρη αποσύνδεση (συνήθως στο Υ συνδετικό) τότε θα πρέπει να ανιχνευθούν όλα τα πιθανά αίτια χαμηλής πίεσης αεραγωγών (διαφυγές, κόλλημα βαλβίδων, λάθη συναρμολόγησης, απώλεια πίεσης αερίων, κ.α.). Το κυριότερο κλινικό monitoring επάρκειας του μηχανικού αε-

ρισμού είναι η συνεχής παρουσία αναπνευστικού ψιθυρίσματος στο προκάρδιο ή οισοφάγιο στηθοσκόπιο και η συνεχής παρακολούθηση της έκπτυξης του θώρακα γιατί όλοι οι υπόλοιποι ηλεκτρονικοί συναγερμοί μπορεί να δυσλειτουργήσουν. Σε περίπτωση χαμηλής πίεσης αεραγωγών η ενδεικνυόμενη ενέργεια είναι ο έλεγχος της δυνατότητας χειροκίνητου αερισμού μέσω του αποθεματικού ασκού και εάν αυτό δεν είναι εφικτό τότε επιβάλλεται η άμεση χρησιμοποίηση της AMBU.

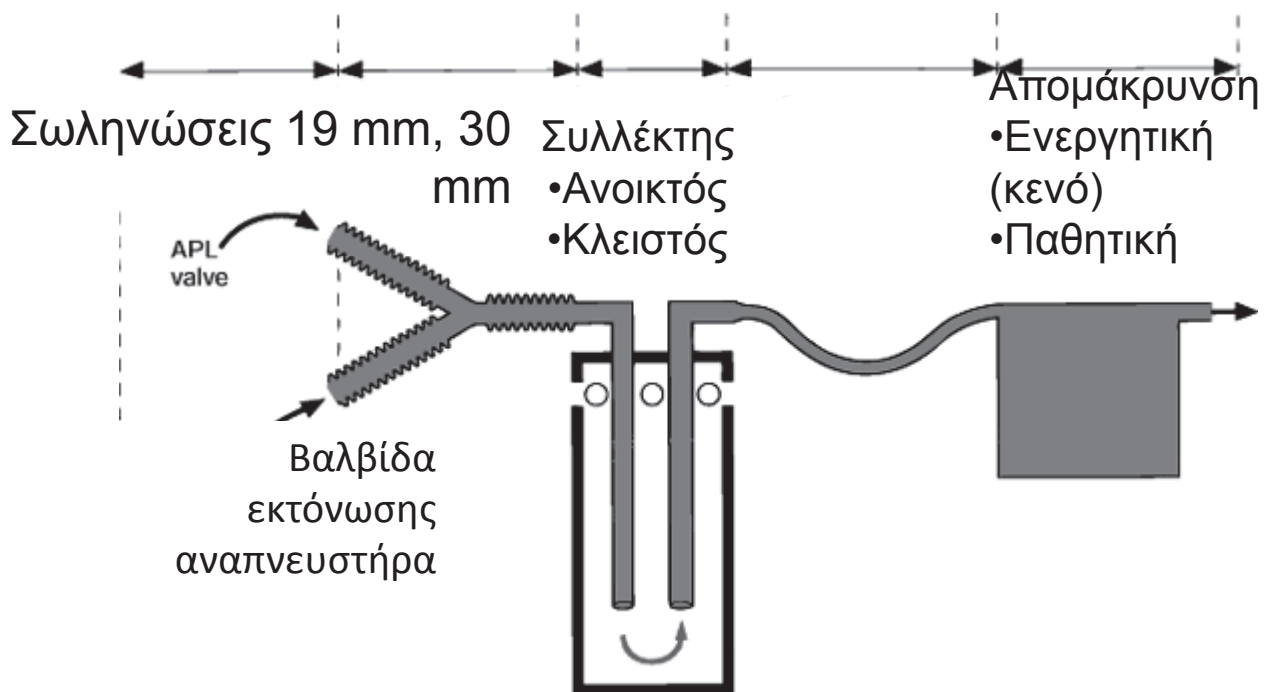
Τα προβλήματα ανάπτυξης αυξημένων πιέσεων στους αεραγωγούς είναι σπανιότερα αλλά πολύ πιο επικίνδυνα γιατί μπορούν να οδηγήσουν πολύ γρήγορα σε ανάπτυξη ενδογενούς PEEP με ότι αυτό συνεπάγεται (ελαττωμένη φλεβική επαναφορά, καρδιαγγειακή κατάρριψη, πνευμοθώρακα, μαζικό υποδόριο εμφύσημα και θάνατο). Εάν δεν οφείλονται σε εμφανή τσακίσματα ή αποφράξεις του ΚΣ ή του ενδοτραχειακού σωλήνα τότε συνήθως οφείλονται σε δυσλειτουργία της βαλβίδας εκτόνωσης του αναπνευστήρα, κόλλημα της εκπνευστικής βαλβίδας μιας κατεύθυνσης, ή δυσλειτουργία της βαλβίδας εκτόνωσης (APL valve) και του συστήματος απαγωγής. Σε περίπτωση αυξημένων πιέσεων δοκιμάζουμε τον χειροκίνητο αερισμό με τον αποθεματικό ασκό και εάν το πρόβλημα επιλυθεί τότε οφείλεται πιθανότατα σε δυσλειτουργία του αναπνευστήρα που θα πρέπει να επιδιορθωθεί. Εάν ο χειροκίνητος αερισμός δεν λύνει το πρόβλημα τότε επιβάλλε-

ται η άμεση χρησιμοποίηση της AMBU η οποία θα μας βοηθήσει επιπλέον να διαπιστώσουμε εάν οι αυξημένες πιέσεις οφείλονται στο ΜΑ ή τον ασθενή (π.χ. βρογχόσπασμος).

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ

Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν την συγκέντρωση των αποβαλλόμενων αναισθητικών αερίων στην χειρουργική αίθουσα όπως ο βαθμός αερισμού, το είδος της αναισθητικής τεχνικής, η κατάσταση του ΜΑ και η καλή ή όχι λειτουργία του συστήματος απαγωγής. Το σύστημα απαγωγής (ΣΑ) παραλαμβάνει την περίσσεια των φρέσκων αερίων από την βαλβίδα εκτόνωσης (APL valve) του ΚΣ και του αναπνευστήρα (relief valve) και τα απομακρύνει (σχήμα 12).

Το πιο σημαντικό τμήμα του ΣΑ είναι ο συλλέκτης (interface) γιατί προστατεύει τον ασθενή από ανάπτυξη τόσο θετικών όσο και αρνητικών πιέσεων. Τα παλαιότερα ΜΑ διέθεταν κλειστό σύστημα συλλέκτη αλλά πλέον τα περισσότερα σύγχρονα ΜΑ διαθέτουν ανοικτό σύστημα συλλέκτη που είναι και το ασφαλέστερο. Τα ανοικτά συστήματα απαγωγής συνοδεύονται από δικό τους σύστημα αναρρόφησης το οποίο πρέπει να είναι πάντα ανοικτό (να ακούγεται συνεχώς ο χαρακτηριστικός συριγμός), διαφορετικά τα συλλεγόμενα αέρια θα διαφεύγουν και πάλι πίσω στην χειρουργική αίθουσα.



Σχήμα 12. Σύστημα απαγωγής.

	ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ	ΠΡΙΝ ΚΑΘΕ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟ
1.	Έλεγχε AMBU και βοηθητικούς κυλίνδρους O ₂	-
2.	Έλεγχε καθαριότητα και λειτουργία αναρρόφησης	NAI
3.	Ανοίξε το MA και έλεγχε παροχή ρεύματος	-
4.	Έλεγχε monitors και συναγερμούς (alarms)	NAI
5.	Έλεγχε πίεση εφεδρικών κυλίνδρων (MA)	
6.	Έλεγχε πίεση κεντρικών παροχών ≥ 50 psi (~3,5 Atm)	
7.	Έλεγχε εξαμιστήρες (πλήρωση, αποφυγή υπερπλήρωσης, καλό σφίξιμο του στομίου πλήρωσης)	NAI
8.	Έλεγχε για διαρροές μεταξύ ροομέτρων και ΚΕΑ	-
9.	Έλεγχε λειτουργία συστήματος απαγωγής	-
10.	Βαθμονόμησε / Έλεγχε τον αναλυτή O ₂ και το alarm χαμηλής συγκέντρωσης O ₂	-
11.	Έλεγχε επάρκεια νατρασβέστου	NAI
12.	Έλεγχε το κυκλικό σύστημα για πίεση και διαφυγές	NAI
13.	Επιβεβαίωσε την ομαλή λειτουργία του ΚΣ κατά την εισπνοή και την εκπνοή (βαλβίδες μιας κατεύθυνσης)	NAI
14.	Έλεγχε τη λειτουργία του αναπνευστήρα και τοποθέτησε τις αντίστοιχες ρυθμίσεις και συναγερμούς	NAI
15.	Κατέγραψε την ολοκλήρωση του ελέγχου	NAI

Πίνακας 4 Έλεγχος μηχανήματος αναισθησίας κατά ASA 2008

Έλεγχος μηχανήματος αναισθησίας (MA)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία στα σύγχρονα MA στα οποία οι έλεγχοι είναι αυτοματοποιημένοι, καμία οδηγία δεν μπορεί πλέον να καλύψει εξολοκλήρου όλα τα MA. Έτσι, οι σύγχρονες κατευθυντήριες οδηγίες ελέγχου, δίνουν κατευθύνσεις-δηλώσεις αρχών του **τι πρέπει να ελέγχεται και ποιος πρέπει να κάνει τον έλεγχο** και όχι πως ακριβώς γίνεται ο έλεγχος που μπορεί

να διαφέρει από μηχανήμα σε μηχανήμα (πίνακας 4).

Ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει εάν το MA που διαχειρίζεται ελέγχεται αυτοματοποιημένα ηλεκτρονικά (ADU, Aisys, Fabius, Primus, Apollo, Leon Plus) ή χρειάζεται χειροκίνητο έλεγχο (Aestiva). Οι ηλεκτρονικοί έλεγχοι καλύπτουν συνήθως όλες τις απαραίτητες λειτουργίες, ανιχνεύουν τυχόν διαφυγές και μετρούν την ευενδοτότη-

τα του κυκλώματος (π.χ το ADU και το Fabius προειδοποιούν εάν υπάρχει διαφυγή >150ml/min).

Σε περίπτωση επειγόντων που ενδεχομένως δεν υπάρχει χρόνος για τον πλήρη έλεγχο ο ελάχιστος έλεγχος πρέπει να συμπεριλαμβάνει τον έλεγχο της AMBU, της αναρρόφησης και τον έλεγχο διαφυγών υψηλών πιέσεων του ΚΣ. Κατά τη διάρκεια της προοξυγόνωσης παρατηρείστε εάν ο αποθεματικός ασκός ακολουθεί τις αναπνευστικές κινήσεις, γεγονός που υποδηλώνει την καλή εφαρμογή της μάσκας, την ακεραιότητα του κυκλώματος και την επαρκή ροή οξυγόνου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντί περίληψης δίνεται μία σύνοψη του ΜΑ όπως περιγράφεται στην ελληνική νομοθεσία που είναι σε ισχύ από 1/1/2006. Οι προδιαγραφές αυτές [μαζί με τις αντίστοιχες προδιαγραφές: (1) του ιατρικού αναπνευστήρα για αναισθησία, και (2) του εξοπλισμού για συνεχή παρακολούθηση των ασθενών, που υπάρχουν στην ίδια υπουργική απόφαση] είναι σχεδόν πλήρως εναρμονισμένες με τις προδιαγραφές που ισχύουν για τους σταθμούς αναισθησίας στην Ευρώπη (παλαιότερα EN 740 και πρόσφατα EN ISO 80601-2-13:2012) και τη Βόρειο Αμερική (ASTM F1850).

Το Μηχάνημα Αναισθησίας περιλαμβάνει το σύνολο των οργάνων και συσκευών που έχουν σκοπό την παροχή με ασφάλεια προεπιλεγμένου μείγματος ιατρικών αερίων (O₂, αέρα για ιατρική χρήση, N₂O) και ατμών (πτητικών αναισθητικών), σε μεταβλητή και με ακρίβεια ροή και συγκέντρωση. Αποτελείται κατ' ελάχιστον από τα ακόλουθα:

1. Τροφοδοσία με ιατρικά αέρια υπό πίεση: Κάθε Μηχάνημα Αναισθησίας πρέπει να μπορεί να τροφοδοτηθεί με ιατρικά αέρια, σύμφωνα με τις ελληνικές προδιαγραφές (ΤΟΤΕΕ 2491/86 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος), από δύο υποχρεωτικές πηγές.

A. Εξωτερική πηγή:

- είτε από κεντρική δεξαμενή O₂, N₂O και αέρα για ιατρική χρήση με δίκτυο διανομής,
- είτε από δύο μεγάλες οβίδες O₂ και μία N₂O σε περίπτωση έλλειψης δικτύου

B. Σύστημα αυτοφερόμενων στο μηχάνημα δύο μικρών οβίδων O₂

2. Συσκευή προστασίας από ανεπάρκεια της παροχής O₂ και Διακοπής N₂O: Σε περίπτωση μείωσης της πίεσης τροφοδοσίας του O₂ λόγω ανεπάρκειας στην παροχή O₂, πρέπει να υπάρχει ηχητικός συναγερμός (O₂ failure alarm) με ταυτόχρονη διακοπή του N₂O (Fail-Safe System).

3. Ροόμετρα ακρίβειας.

4. Εξατμιστήρας πτητικών αναισθητικών με αντιστάθμιση θερμοκρασίας και υπερπίεσης και αποφυγή υπερχειλίσης.

5. Αναλυτής εισπνεόμενης συγκέντρωσης O₂ με ηχητικούς συναγερμούς χαμηλών ορίων (για αποφυγή χορήγησης υποξικού μείγματος).

6. Αναπνευστικά συστήματα: με επανεισπνοή και νατράσβεστο (κυκλικό) καθώς και μη επανεισπνοής.

7. Μέτρηση Εκπνεόμενου Όγκου: εφόσον ο ασθενής έχει δική του αναπνοή πρέπει να υπάρχει δυνατότητα παρακολούθησης (μέτρησης) του εκπνεόμενου όγκου (σπιρόμετρο).

8. Οι οβίδες, οι σωλήνες σύνδεσης μεταξύ αναισθησιολογικού μηχανήματος και τροφοδοσίας ιατρικών αερίων **και τα ροόμετρα** πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές (χρώμα, διαστάσεις και συνδετικό) που περιγράφονται από την ΤΟΤΕΕ αρ. 2491/86, η οποία πρόσφατα έχει αντικατασταθεί από τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN ISO 7396-1-2 και ΕΛΟΤ ENV 737-6.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Michael P Dosch. Anesthesia Equipment. In: John J Nagelhout, Karen L Plaus (Ed):Nurse Anesthesia, 5th Edition, Elsevier Saunders, USA, 2014, pp 242-291.
2. American Society for Testing and Materials. Standard Specification for Particular Requirements for Anesthesia Workstations and their Components [F1850-00]. Philadelphia: ASTM; 2005.
3. Υπουργείο Υγείας,Πρόνοιας, Υπουργική Απόφαση Αριθ.Υ4α/3952/96: Καθορισμός [ελάχιστων] ορίων προδιαγραφών για Ασφαλή Χορήγηση Αναισθησίας. Εφημερίς της Κυβερνήσεως [Τεύχος Δεύτερο] αρ. φύλλου 1044. 25/11/1997.
4. ASA Committee on Equipment and Facilities. Recommendations for Pre-Anesthesia Checkout Procedures. 2008. <http://www.asahq.org/ForMembers/Clinical-Information>
5. Checklist for anaesthetic Equipment 2012. Anesthesia 2012; 66:662-663.