

# Μηχανικός Αερισμός σε Επεμβάσεις Θώρακα

M. ΚΑΡΕΚΛΑΣ - Β. ΓΡΟΣΟΜΑΝΙΔΗΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι θωρακοχειρουργικές επεμβάσεις έχουν ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία πενήντα χρόνια. Σε σύγκριση με την περίοδο πριν το 1940 όπου είχαν αναφερθεί τρεις πνευμονεκτομές και τριάντα οισοφαγεκτομές διεθνώς, σήμερα γίνεται με επιτυχία καθημερινά μεγάλος αριθμός επεμβάσεων σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι δύο παγκόσμιοι πόλεμοι και κυρίως ο δεύτερος με τις χιλιάδες πολεμικά τραύματα έδωσε νέα ώθηση στην ανάπτυξη της θωρακοχειρουργικής. Πολλά πράγματα τα οποία σήμερα είναι αυτονόητα δεν ήταν γνωστά και για μεγάλο χρονικό διάστημα, αν και ήταν γνωστή η διασωλήνωση και ο μηχανικός αερισμός, οι θωρακοχειρουργικές επεμβάσεις γινόταν με μάσκα και αυτόματη αναπνοή. Η αλματώδης πρόοδος της αναισθησιολογίας, η κατανόηση από αναισθησιολόγους των φυσιολογικών μεταβολών που συμβαίνουν με την τοποθέτηση του ασθενούς σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση και η βαθειά γνώση εννοιών όπως ο αερισμός ενός πνεύμονα επέβαλε τον σωστό τρόπο αερισμού των ασθενών αυτών. Την περίοδο 1920 - 1930 το εμπύημα και η φυματίωση ήταν οι κύριες ενδείξεις για θωρακοχειρουργικές επεμβάσεις. Η ανακάλυψη νέων φαρμάκων (αντιφυματικά, αντιβιοτικά) και η καταπολέμηση πολλών παθήσεων άλλαξε το είδος και το αποτέλεσμα των επεμβάσεων. Η εφαρμογή του θετικού αερισμού στο χειρουργείο, η ανακάλυψη του σωλήνα διπλού αυλού, η χρήση PEEP και CPAP, καθώς επίσης και η δημιουργία και στελέχωση των μονάδων εντατικής θεραπείας βελτίωσαν την επιβίωση των ασθενών αυτών.

Η κατανόηση των παρακάτω προϋποθέτει την γνώση βασικών αρχών μηχανικού αερισμού κατά την διάρκεια αναισθησίας.

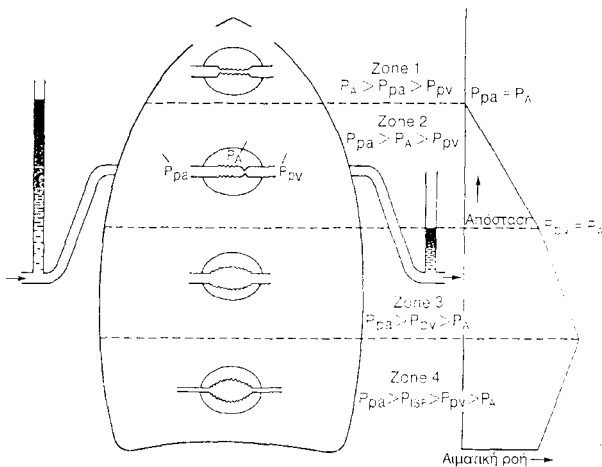
## ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΝΑΠΝΟΗΣ ΣΕ ΠΛΑΓΙΑ ΚΑΤΑΚΕΚΛΙΜΕΝΗ ΘΕΣΗ

Οι ασθενείς που υποβάλλονται σε θωρακοχειρουργικές επεμβάσεις συχνά έχουν προϋπάρχουσα νόσο του αναπνευστικού (ΧΑΠ), είναι καπνιστές και κατά την διάρκεια του χειρουργείου συνήθως τοποθετούνται σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση σε συνθήκες γενικής αναισθησίας υπό μυοχάλαση και έχουν ανοικτό ημιθώρακιο. Μετά το χειρουργείο έχουν έναν πνεύμονα λιγότερο, πονάνε και έχουν εκκρίσεις τις οποίες δεν μπορούν να αποβάλουν. Σε σύγκριση με φυσιολογικές καταστάσεις (ασθενής ξύπνιος σε όρθια θέση) δημιουργούνται μεταβολές στην κατανομή της αιμάτωσης (Q), του αερισμού (V), και στην σχέση αερισμού αιμάτωσης (V/Q).

### Ασθενής σε όρθια θέση

Σε κάθε συστολή της δεξιάς κοιλίας προωθείται ποσότητα αίματος ίση με τον όγκο παλμού στην πνευμονική αρτηρία, ενώ μεγάλο μέρος της κινητικής ενέργειας ξοδεύεται για την υπερνίκηση της κλίσης πίεσης που δημιουργείται από την διαφορά ύψους. Σε άτομα σε όρθια θέση η αιμάτωση των πνευμόνων ελαττώνεται γραμμικά από την βάση προς την κορυφή. Η πίεση στην πνευμονική αρτηρία (Ppa) ελαττώνεται 1cm H<sub>2</sub>O για κάθε cm απόστασης από την βάση και εάν σκεφτούμε ότι η διαφορά ύψους μεταξύ κορυφής και βάσης είναι περίπου 30 cm, η διαφορά υδροστατικής πίεσης είναι 30cm H<sub>2</sub>O. Η τιμή αυτή αποτελεί μεγάλη διαφορά πίεσης για ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων όπως είναι η πνευμονική κυκλοφορία. Σε ορισμένο ύψος πάνω από την καρδιά η Ppa γίνεται μηδενική, και ακόμη ψηλότερα η Ppa γίνεται αρνητική. Σε αυτή την περιοχή η κυψελιδική πίεση (PA) ξεπερνά την Ppa και την πίεση στις πνευμονικές φλέβες (Ppv).

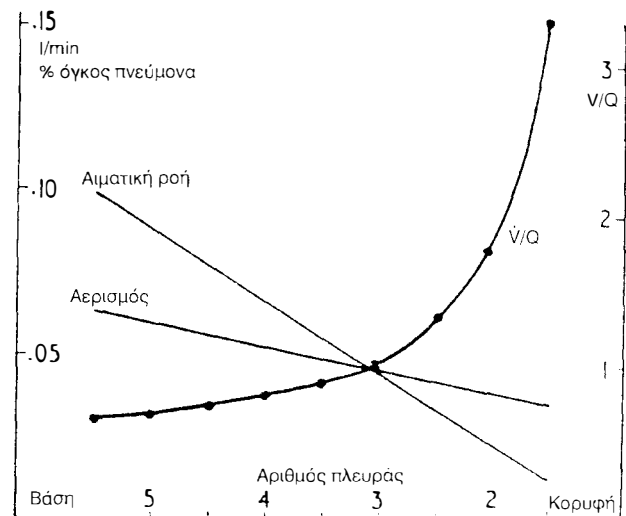
Αφού η πίεση έξω από τα αγγεία είναι μεγαλύτερη από την πίεση μέσα στα αγγεία, αυτά συμπιπτον και δεν έχουμε ροή (ζώνη 1 κατά West,  $P_A > P_{pa} > P_{pv}$ ). Εφόσον δεν έχουμε αιμάτωση, δεν είναι δυνατόν να γίνει ανταλλαγή αερίων και η περιοχή αυτή αποτελεί τον κυψελιδικό νεκρό χώρο. Σε φυσιολογικές συνθήκες δεν παρατηρείται ζώνη 1, ή καταλαμβάνει πολύ μικρό μέρος, γιατί η πνευμονική αρτηριακή πίεση είναι επαρκής για την ανύψωση του αίματος μέχρι την κορυφή του πνεύμονα. Όμως μπορεί να παρατηρηθεί η ύπαρξη ζώνης 1 κατά West όταν η  $P_{pa}$  ελαττωθεί σημαντικά (υποογκαιμικό Shock), η αυξηθεί η  $P_A$  (μηχανικός αερισμός). Σε χαμηλότερα επίπεδα η  $P_{pa}$  αυξάνεται και η αιματική ροή αρχίζει όταν ξεπεράσει την  $P_A$  (ζώνη 2 κατά West  $P_{pa} > P_A > P_{pv}$ ). Η  $P_{pv}$  όμως είναι ακόμη πολύ χαμηλή και μικρότερη από την  $P_A$ , και η αιματική ροή καθορίζεται από την διαφορά  $P_{pa} - P_A$ , και όχι όπως συνήθως από την αρτηριοφλεβική διαφορά. Στην ζώνη 2 η συσχέτιση αιματικής ροής-κυψελιδικής πίεσης έχει τα χαρακτηριστικά καταρράκτη. Ακόμη χαμηλότερα η  $P_{pv}$  αυξάνεται και ξεπερνά την  $P_A$  και η αιματική ροή καθορίζεται από την αρτηριοφλεβική διαφορά πίεσεως (ζώνη 3 κατά West  $P_{pa} > P_{pv} > P_A$ ). Σε αυτή την περιοχή τα πνευμονικά τριχοειδή είναι διαρκώς ανοικτά και η ροή είναι συνεχόμενη. Τέλος κάτω από ορισμένες καταστάσεις είναι δυνατό να έχουμε εξοδο υγρού από τα πνευμονικά τριχοειδή στον διάμεσο χώρο, η πίεση του οποίου PISF είναι δυνατόν να ξεπεράσει την  $P_{pv}$  (ζώνη 4 κατά West  $P_{pa} > PISF > P_{pv} > P_A$ ) και η αιματική ροή να καθορίζεται από την διαφορά ( $P_{pa} - PISF$ ), η οποία είναι μικρότερη από την διαφορά  $P_{pa} - P_{pv}$ , και γι' αυτό στην ζώνη 4 έχουμε μικρότερη ροή από τη ζώνη 3 (σχ. 1).



Σχήμα 1. Κατανομή αιμάτωσης σε όρθια θέση

Η βαρύτητα προκαλεί μεταβολή στην υπεζωκοτική πίεση  $P_{pl}$  η οποία μεταβάλλει τοπικά τον όγκο των κυψελίδων και την ευενδοτότητα, με αποτέλεσμα να προκαλούνται διαφορές στον αερισμό. Η  $P_{pl}$  αυξάνεται κατά  $7.5 \text{ H}_2\text{O}$  από την κορυφή προς την βάση. Αφού η  $P_A$  είναι ίδια σε όλον τον πνεύμονα η κλίση πίεσεως προκαλεί τοπικές μεταβολές στην διαπνευμονική πίεση ( $P_A - P_{pl}$ ). Η  $P_{pl}$  είναι λιγότερο αρνητική στις κατωφερείς περιοχές του πνεύμονα (βάσεις) με αποτέλεσμα οι κυψελίδες στις περιοχές αυτές να συμπιέζονται και να είναι μικρότερες από την κορυφή. Οι κυψελίδες στην περιοχή της βάσης βρίσκονται σε πλεονεζτική θέση στην καμπύλη πίεσης όγκου και έχουν καλύτερη ευενδοτότητα.

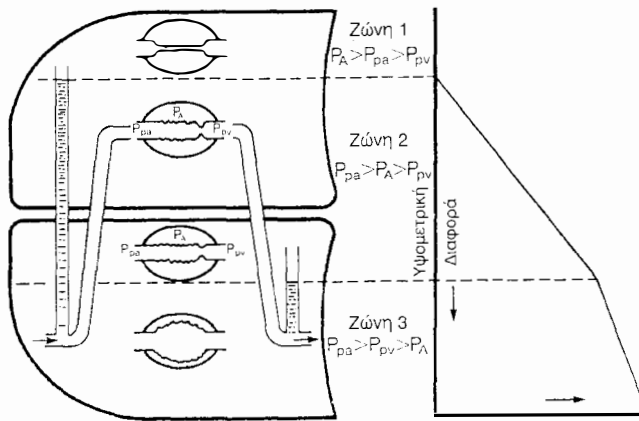
Ο αερισμός και η αιμάτωση αυξάνονται από την κορυφή προς την βάση, η αιμάτωση αυξάνεται πιο γρήγορα από τον αερισμό και έτσι η σχέση αερισμού αιμάτωσης ( $V/Q$ ) ελαττώνεται από την κορυφή προς τη βάση (σχ. 2).



Σχήμα 2. Μεταβολή της σχέσης  $V/Q$

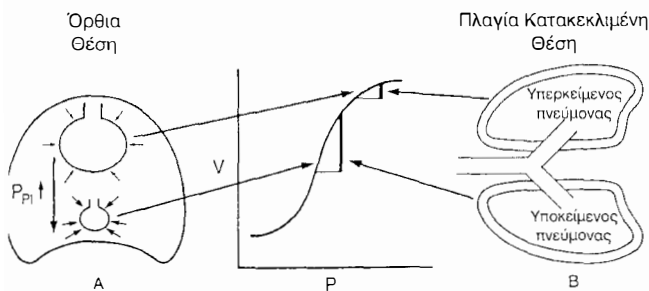
### Ασθενής ξύπνιος σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση

Η βαρύτητα προκαλεί κλίση πίεσεως η οποία επιδρά στην κατανομή τόσο του αερισμού όσο και της αιμάτωσης για τους ίδιους λόγους που αυτό συμβαίνει σε όρθια θέση αλλά σε μικρότερο βαθμό. Και εδώ έχουμε τις τρεις ζώνες κατά West, αλλά επειδή υπάρχει μικρότερη διαφορά πίεσεως στην πλάγια θέση θα έχουμε μικρότερη ζώνη 1 στον υπερκείμενο πνεύμονα (σχ. 3). Παρόλα αυτά η αιματική ροή στον υποκείμενο πνεύμονα παραμένει σημαντικά μεγαλύτερη από τον υπερκείμενο πνεύμονα. Η αιμάτωση του δεξιού πνεύμονα

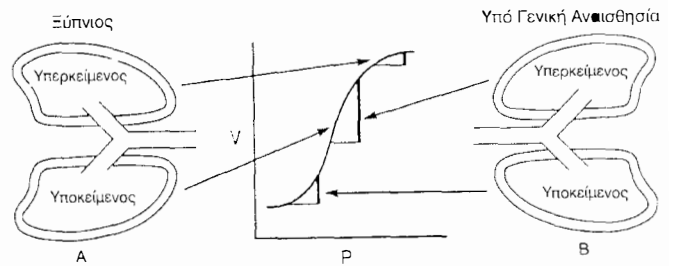


Σχήμα 3. Κατανομή αιμάτωσης σε πλάγια θέση.

είναι μεγαλύτερη από αυτή του αριστερού και αυτό οφείλεται στην μεγαλύτερη μάζα του. Στην πλάγια θέση όταν ο δεξιός πνεύμονας είναι υπερκείμενος λαμβάνει περίπου το 45% της ολικής αιμάτωσης σε αντίθεση με το 55% που λαμβάνει όταν ο ασθενής είναι όρθιος ή σε ύπια θέση. Όταν ο αριστερός πνεύμονας είναι ο υπερκείμενος λαμβάνει το 35% ενώ σε όρθια ή ύπια θέση λαμβάνει το 45%. Η βαρύτητα επίσης δημιουργεί διαφορά στην υπεζωκοτική πίεση όπως συμβαίνει και στην όρθια θέση. Έτσι ο αερισμός είναι σχετικά αυξημένος στον υποκείμενο πνεύμονα σε σύγκριση με τον υπερκείμενο. Ακόμη στην πλάγια κατακεκλιμένη θέση ο θόλος του διαφράγματος στον υποκείμενο πνεύμονα εισέρχεται περισσότερο μέσα στο ημιθωράκιο από ότι το διάφραγμα στον υπερκείμενο πνεύμονα. Έτσι στην πλάγια θέση σε ξύπνιο ασθενή (με αυτόματη αναπνοή) ο υποκείμενος πνεύμονας αερίζεται καλύτερα από τον υπερκείμενο πνεύμονα άσχετα από την πλευρά που βρίσκεται ο ασθενής (σχ. 4). Η αύξηση του αερισμού από τον υπερκείμενο στον υποκείμενο πνεύμονα είναι μικρότερη από την αύξηση της αιμάτωσης, έτσι η σχέση αερισμού αιμάτωσης (V/Q) ελαττώνεται από τον υπερκείμενο στον υποκείμενο πνεύμονα.



Σχήμα 4. Κατανομή αερισμού σε ξύπνιο ασθενή



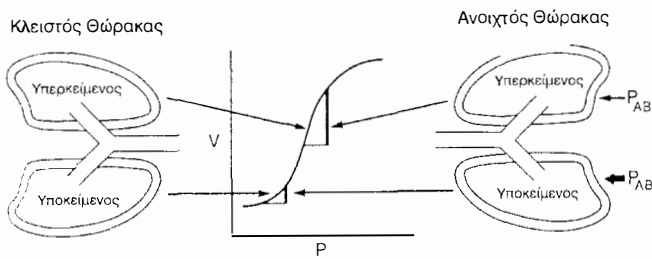
Σχήμα 5. Μεταβολή στην κατανομή του αερισμού με την εισαγωγή σε γενική αναισθησία.

### Ασθενής σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση υπό γενική αναισθησία και κλειστό θώρακα

Με την εισαγωγή στην αναισθησία δεν παρατηρούνται αλλαγές στην κατανομή της αιμάτωσης μεταξύ του υπερκείμενου και υποκείμενου πνεύμονα. Έτσι ο υποκείμενος πνεύμονας συνεχίζει να λαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της αιμάτωσης. Η εισαγωγή όμως στην αναισθησία επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην κατανομή του αερισμού (σχ. 5). Έτσι το μεγαλύτερο μέρος του αερισμού πηγαίνει στον υπερκείμενο πνεύμονα ο οποίος δέχεται το 55% του αναπνεόμενου όγκου (VT). Υπάρχουν αρκετοί αλληλοεξαρτώμενοι λόγοι γι' αυτή την μεταβολή. **Πρώτο:** με την εισαγωγή στη γενική αναισθησία έχουμε ελάττωση στην εκπνευστική εφεδρική χωρητικότητα (FRC), με αποτέλεσμα και οι δυο πνεύμονες να χάνουν όγκο και να αλλάζουν θέση στην καμπύλη πίεσης όγκου (PV). Ο υποκείμενος πνεύμονας μετακινείται σε λιγότερο πλεονεκτική θέση από τον υπερκείμενο κι έτσι έχει μικρότερη ευενδοτότητα. **Δεύτερο:** το βάρος των κοιλιακών τοιχωμάτων σπρώχνει το υπό μισοχάλαση διάφραγμα μέσα στην θωρακική κοιλότητα και ελαττώνει επιπλέον την FRC του υποκείμενου πνεύμονα. **Τρίτο:** το μεσοθωράκιο πιέζει τον υποκείμενο πνεύμονα. Έτσι σε συνθήκες γενικής αναισθησίας με ή χωρίς μισοχάλαση ο υπερκείμενος πνεύμονας είναι καλώς αεριζόμενος αλλά με φτωχή αιμάτωση, και ο υποκείμενος πνεύμονας έχει καλή αιμάτωση αλλά φτωχό αερισμό. Η εφαρμογή θετικής τελοεκπνευστικής πίεσης και στους δύο πνεύμονες επαναφέρει την πλειονότητα του αερισμού στον υποκείμενο πνεύμονα, προφανώς λόγω αλλαγής θέσης στην καμπύλη PV η οποία είναι περισσότερο ευνοϊκή.

### Ασθενής υπό γενική αναισθησία και ανοικτό ημιθωράκιο

Με την θωρακοτομή του υπερκείμενου ημιθωρακίου δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην κατανομή



Σχήμα 6. Κατανομή αερισμού σε ασθενή με ανοιχτό ημιθώρακιο.

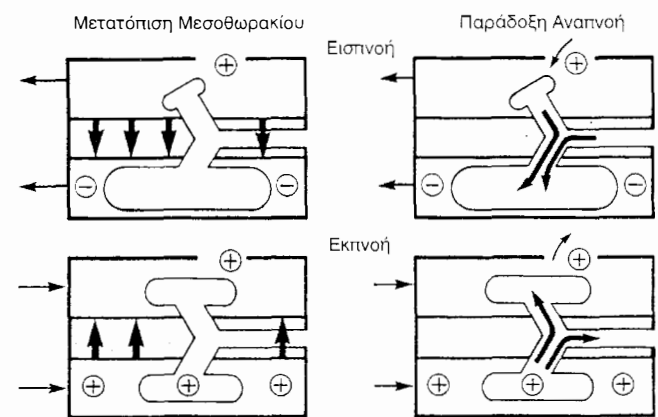
της αιμάτωσης και ο υποκείμενος πνεύμονας συνεχίζει να λαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της. Το άνοιγμα όμως του ημιθώρακιού και της υπεζωκοτικής κοιλότητας επιφέρει σημαντικές μεταβολές στην κατανομή του αερισμού (σχ. 6). Εφ' όσον ο υπερκείμενος πνεύμονας δεν περιορίζεται από το ημιθώρακιο και η ολική ευενδοτότητα ισούται με αυτή του πνευμονικού παρεγχύματος, αυτός μπορεί ελεύθερα να εκπνυχθεί, και μπορεί να έχουμε υπεραερισμό. Συνεπώς ο υποκείμενος πνεύμονας συνεχίζει να έχει καλή αιμάτωση και φτωχό αερισμό, σε αντίθεση με τον υπερκείμενο πνεύμονα όπου συμβαίνει το αντίθετο. Χειρουργικοί χειρισμοί στον πνεύμονα μπορεί να μεταβάλουν αυτή την εικόνα.

#### Ασθενής με ανοιχτό θώρακα και αυτόματη αναπνοή

Ο μόνος τρόπος για να έχουμε επαρκή ανταλλαγή αερίων είναι ο θετικός αερισμός και σήμερα πλέον δεν γίνονται επεμβάσεις με αυτόματη αναπνοή, πράγμα το οποίο ήταν πολύ διαδεδομένο στο παρελθόν. Όμως δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο αυτόματος αερισμός μπορεί να αποτελεί μέθοδο εκλογής στις περιπτώσεις που έχουμε μεγάλη μάζα στο μεσοθώρακιο. Η υπεζωκοτική πίεση σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση λόγω της βαρύτητας γίνεται λιγότερο αρνητική από τον υπερκείμενο πνεύμονα, όμως παραμένει αρνητική και στα δύο ημιθώρακια. Ακόμη το μεσοθώρακιο με το βάρος του πιέζει τον υποκείμενο πνεύμονα και συμβάλλει στην διαφορά πίεσης.

Όταν γίνει θωρακοτομή και ο υπερκείμενος πνεύμονας εκτεθεί στη ατμόσφαιρα παύει να υπάρχει αρνητική πίεση στο αντίστοιχο ημιθώρακιο και ο πνεύμονας συμπίπτει. Αυτή η διαφορά στην υπεζωκοτική πίεση μεταξύ των δύο ημιθωρακίων προκαλεί μετατόπιση του μεσοθωρακίου προς τα κάτω. Κατά την εισπνοή αέρας μετακινείται από τον υπερκείμενο πνεύμονα στον υποκείμενο, και από το περιβάλλον εισέρχεται στο ανοιχτό ημιθώρακιο προκαλώντας ακόμα μεγαλύτερη σύμπτυξη. Επί πλέον κατά την διάρκεια της

εισπνοής η ουραία μετακίνηση του ημιδιαφράγματος που αντιστοιχεί στον υποκείμενο πνεύμονα κάνει περισσότερο αρνητική την υπεζωκοτική πίεση του κάτω ημιθωρακίου και αυτό προκαλεί επιπλέον μετατόπιση του μεσοθωρακίου προς τα κάτω. Στη διάρκεια εκπνοής καθώς το διάφραγμα κινείται κεφαλικά η πίεση στον υποκείμενο πνεύμονα αρχίζει να γίνεται λιγότερο αρνητική το μεσοθώρακιο μετακινείται προς τα πάνω και ο αέρας μετακινείται από τον υποκείμενο πνεύμονα στον υπερκείμενο και από το ανοιχτό ημιθώρακιο στο περιβάλλον (σχ.7). Η παράδοση αναπνοής και η μετακίνηση του ημιθωρακίου είναι οι δύο μηχανισμοί οι οποίοι προκαλούν επιβάρυνση της αναπνοής σε πλάγια θέση με αυτόματη αναπνοή και ανοιχτό ημιθώρακιο. Όμως η μετατόπιση του μεσοθωρακίου μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στο κυκλοφορικό (ελάττωση της φλεβικής επιστροφής), και αντανακλαστικά από το αυτόνομο νευρικό σύστημα, με αποτέλεσμα να έχουμε κλινική εικόνα Shock.



Σχήμα 7. Αυτόματη αναπνοή σε ασθενή με ανοιχτό ημιθώρακιο.

#### ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΝΕΥΜΟΝΩΝ

Σήμερα οι θωρακοχειρουργικές επεμβάσεις γίνονται σε πλάγια κατακεκλιμένη θέση σε συνθήκες γενικής αναισθησίας και μυοχάλασης. Στην θέση αυτή όπως αναφέρθηκε έχουμε μεγάλες διαταραχές V/Q, οι οποίες οφείλονται αφ' ενός στην αύξηση του αερισμού και την ελάττωση της αιμάτωσης στον υπερκείμενο πνεύμονα, και αφ' ετέρου στην ελάττωση του αερισμού με ταυτόχρονη αύξηση της αιμάτωσης στον υποκείμενο πνεύμονα. Η διαταραχή αυτή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε βαρεία μορφή υποξυγοναιμίας. Για την αντιμετώπιση της διαταραχής αυτής τοποθετείται σωλήνας διπλού αυλού, διαχωρίζονται μηχανικά οι δύο πνεύμονες και εφαρμόζεται διαφορετικού τύπου αερισμός για

τον κάθε πνεύμονα. Ο πλήρης λειτουργικός διαχωρισμός των δύο πνευμόνων αποτελεί την σημαντικότερη αναισθησιολογική μέριμνα στην θωρακοχειρουργική αναισθησία

### Ενδείξεις διαχωρισμού

Διακρίνονται σε απόλυτες και σχετικές. Απόλυτες ενδείξεις είναι οι περιπτώσεις στις οποίες ο διαχωρισμός των πνευμόνων αποτελεί παρέμβαση σωτήρια για τη ζωή, ενώ οι σχετικές ενδείξεις, οι οποίες χωρίζονται περαιτέρω σε υψηλής και χαμηλής προτεραιότητας, στοχεύουν συνήθως στη διευκόλυνση των χειρουργικών χειρισμών μέσω της σύμπτωσης του πνεύμονα στο χειρουργούμενο ημιθώρακιο (πιν. 1).

Πίνακας 1.

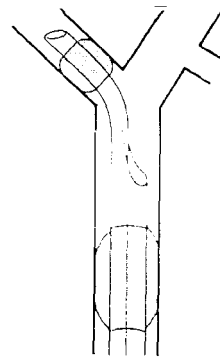
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	
<b>Απόλυτες</b>	
1. Κίνδυνος μετακίνησης υλικού (μολυσματικού, αιμορραγικού) από τον πάσχοντα στον υγιή πνεύμονα.	
2. Έλεγχος κατανομής αερισμού (ετερόπλευρη βλάβη)	
α) Βρογχοϋπεζωτικό συρόγριο (και εξωτεριζευμένο)	
β) Χειρουργική διάνοιξη μεγάλου αεραγωγού	
γ) Μεγάλη ετερόπλευρη πνευμονική κύστη ή φυσαλίδα (bulla)	
δ) Διατομή τραχειοβρογχικού δένδρου	
ε) Απειλητική υποξυγοναμία λόγω ετερόπλευρης πνευμονικής νόσου	
3) Ετερόπλευρη βρογχοπνευμονική πλίση (flap)	
<b>Σχετικές:</b>	
1) Υψηλής προτεραιότητας	
α) Ανεύροσμα θωρακικής αορτής	
β) Πνευμοεκτομή	
γ) Θωρακοσκόπηση	
δ) Εκτομές που απαιτούν μέση στεροτομική	
ε) Εκτομή άνω λοβού	
στ) Αποκάλυψη του μεσοθωρακίου	
2) Χαμηλής προτεραιότητας	
α) Εκτομή μέσον και κατώτερο λοβού και τμηματεκτομές	
β) Εκτομή οισοφάγου	
γ) Επεμβάσεις θωρακικής μοίρας ΣΣ	
3) Αφαίρεση πνευμονικού εμβόλου μετά από χορόνα απόφραξη (ετερόπλευρο πνευμονικό οίδημα)	
4) Σημαντική υποξυγοναμία από ετερόπλευρη πνευμονική νόσο	

### Τρόποι διαχωρισμού

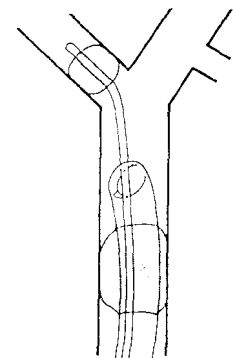
Για την πλειονότητα των περιπτώσεων διαχωρισμού των πνευμόνων ο σωλήνας διπλού αυλού (Double Lumen Tube DLT) θεωρείται μέθοδος επιλογής. Η χρήση βρογχικών αποκλειστών (Bronchial Blockers BB) μετά την παρουσίαση του σωλήνα Univent έχει αυξηθεί σημαντικά, ενώ η χρήση ενδοβρογχικών σωλήνων είναι πολύ περιορισμένη. Το σαφές πλεονέ-

κτημα του DLT σε σχέση με τον BB βρίσκεται στην ευελιξία των τρόπων αερισμού που μπορεί να παρέχει και κυρίως στη δυνατότητα ανεξάρτητης αμφοτερόπλευρης αναρρόφησης (σχ. 8). Έχει όμως και δύο μειονεκτήματα σε σχέση με τον BB: **1)** Ανατομικές ανωμαλίες του τραχειοβρογχικού δένδρου δυσχεραίνουν/αποκλείουν την τοποθέτησή του και **2)** απαιτείται η αλλαγή του με απλό ενδοτράχειο σωλήνα για μετεγχειρητικό μηχανικό αερισμό.

Ανεξάρτητη εφαρμογή	Ανεξάρτητη εφαρμογή	Ανεξάρτητη εφαρμογή	Ανεξάρτητη εφαρμογή
Collapse	Collapse	—	—
IPPV	IPPV	IPPV	IPPV
Sigh	Sigh	Sigh	Sigh
CPAP	CPAP	CPAP	CPAP
HFV	HFV	HFV	HFV
Suction	Suction	—	Suction
PEEP	PEEP	—	PEEP
Χειρουργούμενος πνεύμονας	Μη χειρουργούμενος πνεύμονας	Χειρουργούμενος πνεύμονας	Μη χειρουργούμενος πνεύμονας



Δίαιλος σωλήνας



Βρογχικός αποκλειστής

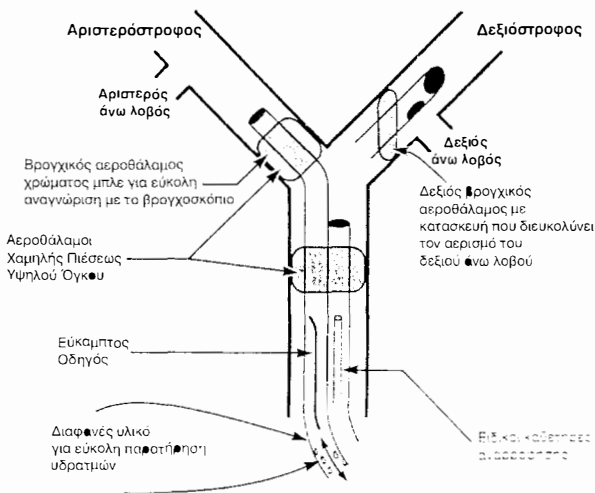
Σχήμα 8. Διαφορές μεταξύ DLT και BB

### Σωλήνες διπλού αυλού

Οι DLT χωρίζονται σε αριστερόστροφους και δεξιόστροφους, ανάλογα με τον κύριο βρόγχο στον οποίο εισάγεται το βρογχικό άκρο του σωλήνα. Υπάρχουν αρκετά είδη DLT που φέρουν το όνομα του κατασκευαστή τους (Carlens, White, Bryce-Smith, Robertshaw). Οι σύγχρονοι DLT κατασκευάζονται από διαφανές υλικό, πλαστικό, μη τοξικό, διαθέτουν έναν περιφερικό (βρογχικό) αεροθάλαμο (Cuff), που απομονώνει τους πνεύμονες μεταξύ τους, και έναν κεντρικό (τραχειακό) Cuff, που απομονώνει τους πνεύμονες από το περιβάλλον. Και οι δύο αεροθάλαμοι είναι χαμηλής πίεσης και έχουν διαφορετικό χρώμα ο καθένας. Οι δεξιόστροφοι DLT έχουν στο τμήμα του βρογχικού σωλήνα που εισάγεται στον δεξιό κύριο βρόγχο μία οπή, για τον αερισμό του δεξιού άνω λοβού.

Ο πιο διαδεδομένος σήμερα DLT είναι ο τύπου

Robertshaw, μιας χρήσεως, από PVC (Σχ. 9), ενώ διάφοροι άλλοι που κατά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν (Carlens, White, Bryce-Smith) έχουν περισσότερο ιστορική σημασία.



Σχήμα 9. Σωλήνας διπλού αυλού τύπου Robertshaw

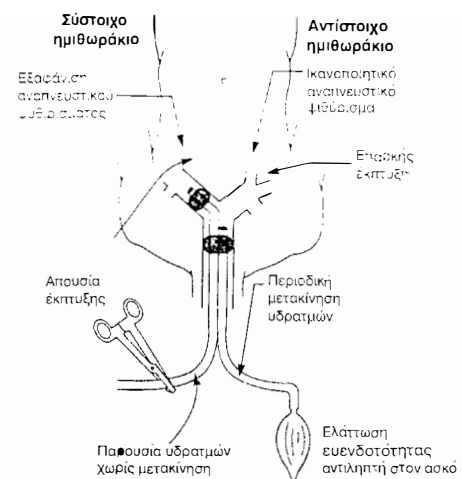
Όταν η εγχείριση πρόκειται να γίνει στον δεξιό πνεύμονα τοποθετείται αριστερόστροφος DLT, ενώ όταν χειρουργείται ο αριστερός πνεύμονας τοποθετούμε είτε δεξιόστροφο είτε αριστερόστροφο DLT. Ο αριστερόστροφος παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια από τον δεξιόστροφο, γιατί μικρή μετατόπιση του τελευταίου προς τα μέσα προκαλεί απόφραξη του δεξιού άνω λοβαίου βρόγχου και ατελεκτασία του δεξιού άνω λοβού. Σήμερα στα περισσότερα θωρακοχειρουργικά κέντρα χρησιμοποιείται κατά κανόνα αριστερόστροφος σωλήνας για όλες τις επεμβάσεις και αν χρειαστεί χειρουργικός αποκλεισμός του αριστερού κύριου βρόγχου, αποσύρεται ο σωλήνας στην τραχεία και χρησιμοποιείται σαν απλός ενδοτράχειος σωλήνας. Δεξιόστροφος DLT χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου αντενδείκνυται η χρήση του αριστερόστροφου DLT (εξωφυτική μάζα, στένωση ή συγγενής ανωμαλία του αριστερού κύριου βρόγχου).

Το κατάλληλο μέγεθος του DLT είναι αυτό με το οποίο ο ενδοβρογχικός αεροθάλαμος για να εξασφαλίσει στεγανότητα χρειάζεται όγκο μεταξύ 1 και 3 ml. Σαν αδρό κριτήριο επιλογής χρησιμοποιείται το ύψος και το βάρος, με το ύψος να φαίνεται ότι έχει τον καθοριστικό ρόλο.

Ο DLT τύπου Robertshaw διαθέτει δύο καμπές, που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία περίπου 90°. Μετά την λαρυγγοσκόπηση, ο σωλήνας εισάγεται με την περιφε-

ρική καμπή προς τα εμπρός σαν απλός ενδοτράχειος σωλήνας, και όταν η άκρη του περάσει τις φωνητικές χορδές, αφαιρείται ο οδηγός και περιστρέφεται κατά 90° προς την κατεύθυνση του βρόγχου που θα εισαχθεί, ενώ το λαρυγγοσκόπιο παραμένει στη θέση του κατά τον χειρισμό. Κατόπιν προωθείται μέχρι να συναντήσει μέτρια αντίσταση (καλή εφαρμογή στον βρόγχο) στο σημείο αυτό σταματάμε και στερεώνουμε τον σωλήνα. Σωστή τοποθέτηση υπάρχει όταν η άνω επιφάνεια του ενδοβρογχικού αεροθαλάμου βρίσκεται ακριβώς κατωφερέστερα του διχασμού της τρόπιδας. Κατά μέσο όρο, το βάθος εισαγωγής σε ασθενείς ύψους 170 cm είναι στα 29 cm, με περαιτέρω αυξομείωση κατά 1 cm για κάθε 10 cm αντίστοιχης μεταβολής του σωματικού ύψους.

Η επιβεβαίωση της σωστής τοποθέτησης του DLT γίνεται α) με την ακρόαση (υπάρχει ψιθύρισμα μόνο στον αεριζόμενο πνεύμονα και όχι σε αυτόν που αποκλείουμε), β) με την επισκόπηση και ψηλάφηση των δύο ημιθωρακίων (διαπιστώνεται έκπτυξη μόνο του αεριζόμενου πνεύμονα), γ) με την θολερότητα του αυλού από την κίνηση των αερίων (εμφανίζεται και εξαφανίζεται στον αυλό από τον οποίο αεριζούμε), και δ) από την ευενδοτότητα του αποθεματικού ασκού (σχ. 10).



Σχήμα 10. Έλεγχος καλής τοποθέτησης σωλήνα διπλού αυλού.

Ο έλεγχος πρέπει να γίνεται εναλλάξ και για τους δύο αυλούς. Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις κακής τοποθέτησης του αριστερόστροφου DLT: 1) να έχει προωθηθεί πολύ βαθιά στον αριστερό κύριο βρόγχο με αποτέλεσμα και τα δύο στόμια να βρίσκονται μέσα στον αριστερό βρόγχο, 2) να έχει τοποθετηθεί αρκετά έξω

με αποτέλεσμα και τα δύο στόμια να βρίσκονται μέσα στην τραχεία, και 3) να έχει προωθηθεί στον δεξιό κύριο βρόγχο.

Παρ' όλα αυτά, ακόμα και μετά από σχολαστική κλινική επιβεβαίωση, η ινοπτική βρογχοσκόπηση υποδεικνύει μη σωστή τοποθέτηση σε ποσοστό περίπου 40%. Το ινοπτικό βρογχοσκόπιο αποτελεί τον πιο αξιόπιστο τρόπο ελέγχου σωστής τοποθέτησης του DLT, και μερικές φορές μπορεί να χρησιμεύσει σαν οδηγός για την τοποθέτηση του. Επισημαίνεται ότι μετά την ύπια θέση, ο έλεγχος θέσης του σωλήνα πρέπει να επαναληφθεί και στην πλάγια κατακεκλιμένη θέση, επειδή κάθε αλλαγή θέσεως σώματος ή και μόνο της κεφαλής μπορεί να προκαλέσει μετακίνηση του DLT με κλινικά σημαντικά αποτελέσματα. Για την σωστή τοποθέτηση έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί η ακτινογραφία θώρακος, η καπνογραφία, η σύγκριση σπυρομετρικών παραμέτρων από σύγχρονα monitors και η άμεση ψηλάφηση από τον χειρουργό.

Οι επιπλοκές που οφείλονται στην χρήση του DLT δεν είναι συχνές, αλλά μπορεί να αποβούν πολύ σοβαρές (πιν. 2).

Πίνακας 2.

ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ DLT
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Κακή τοποθέτηση</li> <li>2) Τραυματική λαρυγγίτιδα</li> <li>3) Συρραφή του τοιχώματος του αυλού πάνω σε αεραγωγό ή αγγείο</li> <li>4) Βλάβη τραχειοβρογχικού δένδρου: Είναι η σοβαρότερη επιπλοκή, για την οποία έχουν ενοχοποιηθεί παράγοντες όπως η επίλογη μεγάλων μεγέθους DLT, οι εργώδεις χειρισμοί τοποθέτησης του, τυχόν ανατομικές ανωμαλίες που δεν έτυχαν προσοχής και η υπερβολική πίεση αέρα στους αεροθαλάμους, ιδιαίτερα του ενδοβρογχικού.</li> </ol>

Σχετικές αντενδείξεις χρήσεως DLT αποτελούν καταστάσεις που καθιστούν δυσχερή ή επικίνδυνη την τοποθέτηση του (πιν. 3).

Πίνακας 3.

ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΑΝΤΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ DLT
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ασθενείς με γεμάτο στομάχι (χρονοβόροι χειρισμοί στον αεραγωγό)</li> <li>2) Ανατομική ανωμαλία ή βλάβη στην πορεία του DLT</li> <li>3) Ιδιαίτερα δύσκολη διασωλήνωση (δυσχέρεια τοποθέτησης ή αλλαγής σε απλό ΕΤΣ στο τέλος της επέμβασης)</li> <li>4) Διασωληνωμένοι ασθενείς σε βαριά κατάσταση, που δεν θα ανεχτούν τη διαστολή του αερισμού για αλλαγή τραχειο-σωλήνα.</li> </ol>

### Βρογχικοί αποκλειστές (BB) με απλό ΕΤΣ

Ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος BB είναι ενσωματωμένος στον απλό σωλήνα Univent. Πρόκειται για ένα πολύ λεπτό σωλήνα με αεροθάλαμο στην άκρη, ο οποίος μπορεί να κινείται σε ειδικό κανάλι μέσα στον αυλό του κύριου ΕΤΣ. Ο κύριος ΕΤΣ τοποθετείται όπως ακριβώς και οι απλοί, ενώ ο BB προωθείται υπό την παρατήρηση ινοπτικού βρογχοσκοπίου από τον κεντρικό αυλό, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα λάθους τοποθέτησης και η πιθανότητα τραυματισμού από τις τυφλές προσπάθειες.

Πίνακας 4.

ΠΑΡΕΝΕΚΤΗΜΑΤΑ: Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ Β.Β. UNIVENT ΕΧΕΙ ΑΡΚΕΤΑ ΘΕΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ενζολία και ταχύτητα στην τοποθέτηση</li> <li>2) Ενχέρεια αερισμού κατά την προώθηση του BB</li> <li>3) Δεν χρειάζεται αλλαγή του ΕΤΣ για μετεγχειρητικό μηχανικό αερισμό</li> <li>4) Δεν χρειάζεται διεγχειρητική αλλαγή σε αλλαγές θέσεως</li> <li>5) Επιτρέπει εκλεκτικό αποκλεισμό λοβών</li> <li>6) Δεν στερείται δυνατότητας εφαρμογής CPAP στον μη-αερισμένο πνεύμονα.</li> </ol>

Σαφείς κλινικές ενδείξεις για τη χρήση του αποτελούν οι καταστάσεις όπου θέλουμε να αποφύγουμε για λόγους ασφάλειας την αλλαγή από DLT σε απλό ΕΤΣ διεγχειρητικά ή μετεγχειρητικά και οι σοβαρές ανωμαλίες του τραχειοβρογχικού δένδρου, όπου η τοποθέτηση DLT είναι αναποτελεσματική ή επικίνδυνη.

### BB ανεξάρτητοι από τον ΕΤΣ

Έχουν χρησιμοποιηθεί καθετήρες που διαθέτουν στην άκρη αεροθάλαμο ως BB (Fogarty, Folley, πνευμονικής). Μειονεκτήματά τους αποτελούν η έλλειψη δυνατότητας αναρρόφησης ή αερισμού περιφερικά του αποκλεισμού, αυξημένος χρόνος τοποθέτησης και η απόλυτη ανάγκη για ινοπτικό ή και άκαμπτο βρογχοσκόπιο για τη σωστή τοποθέτηση. Εξάλλου επειδή ο αεροθαλάμιός τους είναι σφαιρικός έχουν την τάση να υποχωρούν διεγχειρητικά από τον βρόγχο προς την τραχεία, με πολύ επικίνδυνες συνέπειες.

### Ενδοβρογχική τοποθέτηση απλού ΕΤΣ

Αποτελεί συχνά τον ευκολότερο και ταχύτερο τρόπο διαχωρισμού των πνευμόνων σε καταστάσεις επείγουσες λόγω ετερόπλευρης βλάβης, ιδιαίτερα του αριστερού πνεύμονα. Η τυφλή τοποθέτηση καταλήγει συνήθως στον δεξιό κύριο βρόγχο, με τον κίνδυνο αποκλει-

σμού του δεξιού άνω λοβού. Πρόσθετα μειονεκτήματα αποτελούν η αδυναμία αναρρόφησης του μη αεριζόμενου πνεύμονα και η δυσχέρεια καλής τοποθέτησης του ενδοβρογχικού αεροθαλάμου. Παρά την κατασκευή ειδικών ΕΤΣ για ενδοβρογχική τοποθέτηση, η χρήση τους δεν αποτελεί μέθοδο επιλογής. Είναι προφανές ότι η χρήση ινοπτικού βρογχοσκοπίου είναι αναπόσπαστο κομμάτι σε οποιαδήποτε μέθοδο επιχειρεί τον λειτουργικό διαχωρισμό των δύο πνευμόνων.

## ΑΝΤΑΛΛΑΓΗ ΑΕΡΙΩΝ ΣΤΟΝ ΑΕΡΙΣΜΟ ΕΝΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑ

Ο υπερκείμενος μη αεριζόμενος πνεύμονας έχει μηδενικό λόγο V/Q, δημιουργώντας ένα υποχρεωτικό Shunt από δεξιά προς τα αριστερά. Αυτό προκαλεί σημαντικό πρόβλημα στην οξυγόνωση και μικρότερο στην αποβολή του CO<sub>2</sub>. Οι αεριζόμενες κυψελίδες του υποκείμενου πνεύμονα μπορούν να αποβάλουν το CO<sub>2</sub> με αύξηση του αερισμού τους, ενώ δεν μπορούν να αυξήσουν ανάλογα την πρόσληψη O<sub>2</sub> λόγω της σιμοειδούς μορφής της καμπύλης σύνδεσης της αιμοσφαιρίνης.

Το Shunt που δημιουργείται με τον αερισμό ενός πνεύμονα στην πλάγια θέση είναι αναπόφευκτο, αλλά είναι πολύ μικρότερο από ότι θα αναμενόταν. Αυτό συμβαίνει γιατί διάφοροι μηχανικοί παράγοντες (βαρύτητα, χειρουργικοί χειρισμοί), και ενεργητικοί αγγειοσυσπαστικοί μηχανισμοί (Hypoxic Pulmonary Vasoconstriction -HPV) εκτρέπουν το αίμα από τον μη αεριζόμενο πνεύμονα στον αεριζόμενο.

Η υποξική πνευμονική αγγειοσύσπαση είναι ένας εκλεκτικός αντανakλαστικός, αγγειοσυσπαστικός

*Πίνακας 5.*

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΥΠΟΞΙΚΗ ΠΝΕΥΜΟΝΙΚΗ ΑΓΓΕΙΟΣΥΣΠΑΣΗ
1) Κατανομή της υποξίας (πιθανώς)
2) Χαμηλό V/Q σε συνδυασμό με ατελεκτασία (αμφισβητούμενο)
3) Αγγειοδιασταλτικά φάρμακα
4) Αναισθητικά φάρμακα
5) Καρδιακή παροχή, και πίεση στην πνευμονική κυκλοφορία
6) PVO <sub>2</sub>
7) FiO <sub>2</sub> του νορμοξικού παρεγγύματος
8) Αγγειοσπαστικά φάρμακα
9) Φάρμακα που αυξάνουν την υποξική αγγειοσύσπαση (παράγωγα του αραχιδονικού οξέος)
10) Μεταβολές στο PaCO <sub>2</sub> και pH
11) PEEP και κυψελιδικές πιέσεις
12) Συστηματικές παράμετροι (υπέρταση, ηλικία, φύλο, λαιμωξή)

μηχανισμός της πνευμονικής μικροκυκλοφορίας, ο οποίος συνίσταται στην αύξηση των αντιστάσεων στις υποξικές περιοχές με αποτέλεσμα την εκτροπή αίματος προς τις νορμοξικές, και κατά επέκταση μείωση του Shunt. Η διατήρηση της HPV κατά τον αερισμό ενός πνεύμονα είναι ζωτικής σημασίας λόγω των μικρών περιθωρίων διατήρησης ικανοποιητικής οξυγόνωσης, και οι παράγοντες που την επηρεάζουν πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν (πιν. 5).

Συγκεκριμένα όσον αφορά την επίδραση των παραμέτρων πίεση στην πνευμονική αρτηρία, PVO<sub>2</sub> PaCO<sub>2</sub> η μεγιστοποίηση της πνευμονικής αγγειοσύσπασης επιτυγχάνεται με την διατήρησή τους στα φυσιολογικά όρια, ενώ μεταβολές τους προς τα ανώτερα ή κατώτερα επίπεδα προκαλούν άμβλυνση της αποτελεσματικότητας της.

## ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΕΝΟΣ ΠΝΕΥΜΟΝΑ

Από τη στιγμή της εισαγωγής στη γενική αναισθησία και μέχρι τη διάνοιξη του υπεζωκότος διατηρείται ο θετικός αερισμός και των δύο πνευμόνων, ενώ μετά τη σύμπτωση του υπερκείμενου πνεύμονα, ώστε να διευκολυνθεί η έκθεση του χειρουργικού πεδίου, μεταπίπτουμε στον αερισμό ενός πνεύμονα. Στην φάση της σύμπτωσης του υπερκείμενου πνεύμονα πρέπει να αποσυνδεθεί ο σωλήνας από το μηχάνημα αναισθησίας, ώστε να επιτραπεί η ελεύθερη εκροή αέρα από τη σύνθλιψη του παρεγγύματος που διενεργεί ο χειρουργός.

Εξετάζοντας τις επιπτώσεις που προκαλεί η πλάγια κατακεκλιμένη θέση και η σύμπτωση του υπερκείμενου πνεύμονα, είναι σημαντικό να θυμόμαστε σαν γενική αρχή ότι επί σταθερής καρδιακής παροχής, οτιδήποτε αυξάνει την αιματική ροή στον ένα πνεύμονα συνήθως προκαλεί ελάττωσή της στον άλλο, και αντίστροφα. Ο υπερκείμενος μη αεριζόμενος πνεύμονας έχει μηδενικό λόγο V/Q, δημιουργώντας ένα υποχρεωτικό δεξιά-προς-αριστερό shunt. Ευτυχώς όμως συνήθως η αιμάτωσή του είναι μειωμένη λόγω παθητικών (βαρύτητα, χειρουργικοί χειρισμοί) και ενεργητικών (υποξική αγγειοσύσπαση) μηχανισμών.

Ο υποκείμενος αεριζόμενος πνεύμονας μπορεί να έχει ελαττωμένο όγκο και αναποτελεσματικό αερισμό για διάφορους λόγους:

1) Περιορίζεται δεχόμενος πιέσεις περιφερικά από το

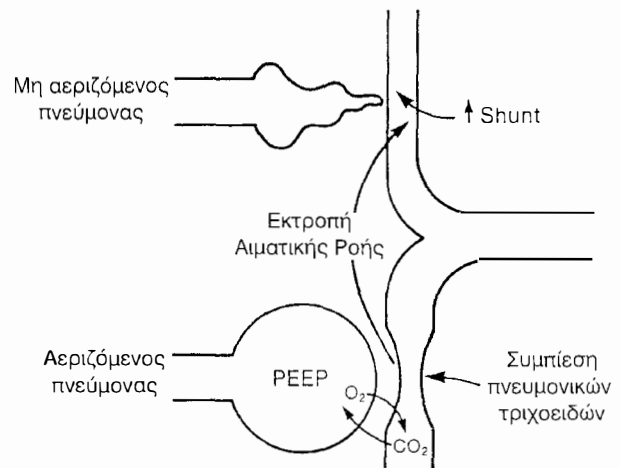


- μεσοθωράκιο, το κοιλιακό περιεχόμενο και την πιθανώς κακή τοποθέτηση.
- 2) Σε περιοχές χαμηλού V/Q υπάρχει κίνδυνος ατελεκτασίας από απορρόφηση του οξυγόνου, επί υψηλού FiO<sub>2</sub>.
  - 3) Δυσχέρεια στην αποβολή εκκρίσεων.
  - 4) Εξαγγείωση υγρού λόγω αυξημένων υδροστατικών πιέσεων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η μείωση του πνευμονικού όγκου προάγει τη δημιουργία περιοχών χαμηλού V/Q ή και ατελεκτασιών, με αποτέλεσμα την πρόκληση υποξικής αγγειοσύσπασης και την ανεπιθύμητη εκτροπή αιματικής ροής προς τον μη-αεριζόμενο πνεύμονα.

Εφ' όσον ο αερισμός ενός πνεύμονα περικλείει τον κίνδυνο σημαντικής υποξυγοναιμίας, πρέπει οι ρυθμίσεις στον αερισμό του υποκείμενου πνεύμονα να είναι άριστες. Η συγκέντρωση του εισπνεομένου οξυγόνου που χρησιμοποιούμε για τον αερισμό του υποκείμενου πνεύμονα συνήθως είναι 100%. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης πυκνότητας O<sub>2</sub> 100% υπερκαλύπτουν κατά πολύ τα μειονεκτήματα. Το υψηλό FiO<sub>2</sub> μπορεί να διατηρήσει το PaO<sub>2</sub> σε ασφαλή επίπεδα και να αυξήσει, μέσω αγγειοδιαστολής, τη χωρητικότητα της αγγειακής κοίτης. Η τοξικότητα του καθαρού O<sub>2</sub> δεν αναπτύσσεται μέσα στο χρονικό πλαίσιο της επέμβασης και η ατελεκτασία από απορρόφηση αντιμετωπίζεται με τροποποίηση των παραμέτρων αερισμού, αν και υπάρχει η πρόταση χρήσεως FiO<sub>2</sub> 0,8-0,9 αντί του 1 για την αποφυγή της.

Συνιστάται να ξεκινάει ο αερισμός με VT 10 ml/kg B.S. Μικρότερος όγκος μπορεί να οδηγήσει σε ατελεκτασίες, ενώ μεγαλύτερος σε εκτροπή αίματος (μέσω αύξησης πιέσεων αεραγωγών και αγγειακών αντιστάσεων) προς τον μη αεριζόμενο πνεύμονα. Έχει βρεθεί ότι μεταβολές όγκου από 8 έως 15 ml/kg έχουν απρόβλεπτη, αλλά συνήθως μη καθοριστική επίδραση στην οξυγόνωση.

Η αναπνευστική συχνότητα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να διατηρούμε νορμοκαπνία (PaCO<sub>2</sub> 40mmHg). Λόγω της μικρής μείωσης (περί το 20%) του αναπνεόμενου όγκου, συνήθως χρειάζεται αντίστοιχη αύξηση της συχνότητας ώστε να διατηρηθεί ο κατά λεπτόν αερισμός. Η υποκαπνία πρέπει να αποφεύγεται γιατί προϋποθέτει μεγάλες πιέσεις αεραγωγών στον υπεραεριζόμενο πνεύμονα και γιατί αναστέλλει την υποξική πνευμονική αγγειοσύσπαση. Καθόλου ή ελάχιστη PEEP χρησιμοποιείται, λόγω του κινδύνου αύξη-



Σχήμα 11. Αποτέλεσμα εφαρμογής PEEP στον υποκείμενο πνεύμονα.

σης των πνευμονικών αντιστάσεων (σχ. 11).

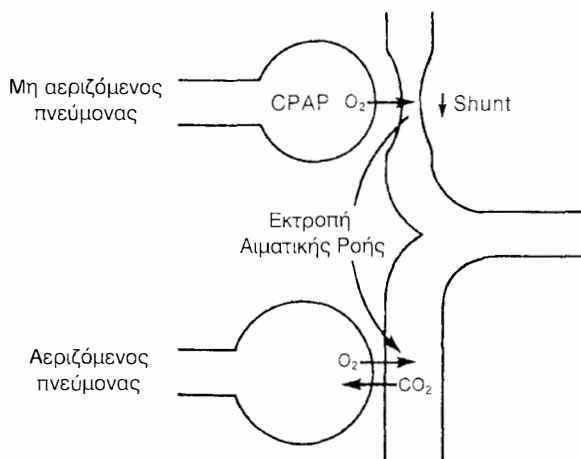
Αν, παρά τη βέλτιστη ρύθμιση των παραμέτρων, έχουμε εμμένουσα υποξυγοναιμία, τότε επιστρατεύουμε κάποια τεχνική διαφορικού αερισμού των πνευμόνων.

#### Διαφορικός αερισμός

**Διαλείπουσα έκπτυξη του υπερκείμενου πνεύμονα:** Η διαλείπουσα έκπτυξη με οξυγόνο έχει βρεθεί ότι βελτιώνει την αρτηριακή οξυγόνωση. Μειονεκτημάτά της είναι η προκαλούμενη δυσχέρεια των χειρουργικών χειρισμών και η ανάγκη καθορισμού των μεσοδιαστημάτων εμφύσησης από τον χειρουργό.

**Επιλεκτική PEEP υποκείμενου πνεύμονα:** Εφαρμόζεται με σκοπό την αύξηση της (συνήθως μειωμένης) FRC. Η επίδρασή της είναι το αποτέλεσμα της εξισορρόπησης μεταξύ του θετικού αποτελέσματος της αύξησης της πνευμονικής χωρητικότητας και του λόγου V/Q και του αρνητικού αποτελέσματος της εκτροπής αίματος στον μη-αεριζόμενο πνεύμονα. Φαίνεται ότι οι ασθενείς με προϋπάρχουσα δυσλειτουργία του αεριζόμενου πνεύμονα οφελούνται περισσότερο από την εφαρμογή PEEP σε σχέση με τους υγιείς (σχ. 11).

**Επιλεκτική CPAP υπερκείμενου πνεύμονα:** Μικρές τιμές CPAP στον μη αεριζόμενο πνεύμονα διατηρούν τη βατότητα των αεραγωγών επιτρέποντας την παρουσία οξυγόνου στην κυψελιδική επιφάνεια ανταλλαγής αερίων, χωρίς να επηρεάζουν το αγγειακό δίκτυο και το χειρουργικό πεδίο (σχ. 12). Φαίνεται ότι ο πιο αποτελεσματικός χειρισμός για τη βελτίωση της οξυγόνωσης στον αερισμό ενός πνεύμονα είναι η εφαρμογή 5 έως 10 cmH<sub>2</sub>O CPAP στον υπερκείμενο πνεύμονα. Πρέπει όμως να εφαρμόζεται στη φάση σύμπτυξης του



Σχήμα 12. Εφαρμογή CPAP στον υπερκείμενο πνεύμονα.

πνεύμονα, γιατί διαφορετικά (αν ο πνεύμονας έχει ήδη συμπέσει) θα χρειαστεί να υπερνικηθούν οι πιέσεις διάνοξης των αεραγωγών. Τα συστήματα εφαρμογής επιλεκτικής CPAP περιλαμβάνουν μία πηγή ροής οξυγόνου, μία βαλβίδα εκτόνωσης και ένα μανόμετρο, με απλούστερη και πιο προσιτή αυτοσχέδια λύση, ένα σύστημα Mapleson, στο οποίο προαιρετικά μπορούμε να προσθέσουμε ή ένα μανόμετρο, ή μια βαλβίδα σταθερού CPAP ώστε να ελέγχουμε την τιμή της παρεχόμενης πίεσης.

**Διαφορική PEEP & CPAP:** Φαίνεται τελικά ότι η βαθμιαία εφαρμογή διαφορικής CPAP/PEEP είναι ο ιδεώδης τρόπος βελτίωσης της οξυγόνωσης, επιτρέποντας τη βελτίωση των σχέσεων V/Q στον αεριζόμενο πνεύμονα και την οξυγόνωση του αίματος που αρδεύει τον υπερκείμενο πνεύμονα. Μ' αυτόν τον αερισμό, η κατανομή της αιματικής ροής έχει μικρότερη σημασία, γιατί όπου και να κατευθυνθεί το αίμα των πνευμονικών τριχοειδών έχει τη δυνατότητα να προσλάβει οξυγόνο.

**Επιλεκτικός υψίσυχνος αερισμός του υπερκείμενου πνεύμονα:** Η χρήση υψίσυχνου αερισμού δεν φαίνεται να υπερέχει ως προς τη βελτίωση της οξυγόνωσης από την απλή εφαρμογή CPAP, ενώ επιστρατεύει περίπλοκη τεχνολογία και έχει πολλαπλάσιο κόστος.

**Επανάκπτυξη του πνεύμονα:** Μονόπλευρο πνευμονικό οίδημα έχει περιγραφεί μετά από απότομη έκπτυξη ενός πνεύμονα που έχει συμπέσει, ακόμα και μετά από αιφνίδια άρση παθολογικών παραγόντων που τον περιορίζαν σημαντικά. Η επανάκπτυξη λοιπόν του συμπεπωκότος πνεύμονος πρέπει να γίνεται αργά (χρόνος άνω των 10 sec) και σταδιακά. Οφείλουμε πριν τη σύγκλιση του ημιθωρακίου να ελέγξουμε επισκοπικά την πλήρη έκπτυξη του πνεύμονα, γιατί η

Πίνακας 6.

### ΚΑΙΜΑΚΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ

1. Διατήρηση αερισμού δύο πνευμόνων όσο το δυνατόν περισσότερο (συνήθως μέχρι τη διάνοξη του υπεζωκότα)
2. Αερισμός υποκείμενου πνεύμονα
  - α) Χρησιμοποίηση  $FiO_2 = 1$  (0,8 - 0,9 ?)
  - β) Αερισμός υποκείμενου πνεύμονα με μεγάλους όγκους ( $VT = 10 \text{ ml/kg}$ )
  - γ) Ρύθμιση της αναπνευστικής συχνότητας έτσι ώστε να έχουμε Νορμοκαπνία ( $PaCO_2 = 40 \text{ mmHg}$ ), συνήθως χρειάζεται αύξηση 20% από αυτήν που εφαρμόζουμε στον συμβατικό αερισμό
  - δ) Εφαρμογή PEEP στον υποκείμενο (0 - 5  $\text{cmH}_2\text{O}$ )
3. Εάν συμβεί υποξυγοναιμία
  - α) Έλεγχος της θέσης των δίαυλων σωλήνα, κυρίως με ινοπτικό βρογχοσκόπιο
  - β) Έλεγχος αιμοδυναμικής κατάστασης
  - γ) CPAP (5-10  $\text{cmH}_2\text{O}$ ) στον υπερκείμενο πνεύμονα
  - δ) PEEP στον υποκείμενο πνεύμονα (ακολουθώντας τη CPAP του υπερκείμενου)
  - ε) Αερισμός δύο πνευμόνων (διαλείπων αερισμός υπερκείμενου)
  - στ) Χειρουργικός αποκλεισμός αντίστοιχης πνευμονικής αρτηρίας, όταν καταστεί δυνατόν (σε πνευμονοεκτομές).

παραμονή ατελεκτασίας συνιστά σημαντική επιπλοκή. Ανακεφαλαιώνοντας, μπορούμε να καταλήξουμε σε ένα συνοπτικό σχέδιο αερισμού (Πιν. 6).

Η εφαρμογή CPAP στον υπερκείμενο πνεύμονα γίνεται μετά από μία εμφύσηση ώστε να υπερνικηθούν οι πιέσεις διάνοξης αεραγωγών, και προηγείται πάντα της αύξησης της PEEP στον υποκείμενο πνεύμονα, ώστε κάθε εκτροπή αίματος να γίνεται προς τον αεριζόμενο (και υγιέστερο ?) πνεύμονα.

Περιπτώσεις υποξυγοναιμίας μετά την εφαρμογή κατάλληλης διαφορικής CPAP/PEEP είναι εξαιρετικά σπάνιες. Σαν τελευταίο μέσο, ο χειρουργικός αποκλεισμός της πνευμονικής αρτηρίας αποκόπτει λειτουργικά τον υπερκείμενο πνεύμονα και αποκαθιστά την διαταραχθείσα σχέση αερισμού-αιμάτωσης.

### ΥΨΙΣΥΧΝΟΣ - ΑΙΙΝΟΪΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Ο συμβατικός αερισμός θετικών πιέσεων μπορεί να δυσχεράνει τις χειρουργικές συνθήκες:

- 1) Απαιτεί ενδοτράχειους σωλήνες μεγάλης διαμέτρου, που παρεμποδίζουν τους χειρισμούς στους μεγάλους αεραγωγούς.
- 2) Η έκπτυξη ή κίνηση του υπερκείμενου πνεύμονα και κυρίως του υποκείμενου, προκαλεί ανεπιθύμητη

μετακίνηση του χειρουργικού πεδίου.

3) Η ανάπτυξη μεγάλων πιέσεων αεραγωγών στον αεριζόμενο πνεύμονα μπορεί να εκτρέψει αίμα προς τον μη αεριζόμενο (αύξηση shunt).

Θεωρητικά ο υψίσυχνος και ο απνοϊκός αερισμός δεν έχουν αυτά τα μειονεκτήματα. Χρησιμοποιούν καθετήρες μικρής διαμέτρου, οι πολύ μικροί διακινούμενοι όγκοι προκαλούν αμελητέα κίνηση στο πνευμονικό παρέγχυμα και δεν απαπτύσσουν μεγάλες πιέσεις στους αεραγωγούς, μειώνοντας έτσι σημαντικά τη διαφυγή αέρα σε καταστάσεις που έχουμε παθολογικά χαμηλές αντιστάσεις αεραγωγών (συρίγγιο, επέμβαση σε αεραγωγό).

**Υψίσυχνος αερισμός (HFV):** Σε αντίθεση με το συμβατικό αερισμό, εδώ οι αναπνεόμενοι όγκοι είναι πολύ μικροί (<2 ml/kg) με συχνότητες 60 έως 2400 αναπνοές/min, και ο μηχανισμός της ανταλλαγής αερίων με μετακίνηση αερίων μαζών αποκτά μικρότερη σημασία. Η μέθοδος αποσκοπεί στο να διατηρεί τον πνεύμονα διατεταμένο (οξυγόνωση, ελαχιστοποίηση shunt) χωρίς την επιβολή επιπλέον όγκου (και πιέσεως) για αποβολή CO<sub>2</sub>. Ο όρος υψίσυχνος αερισμός είναι γενικός, περιλαμβάνοντας αερισμούς που διαχωρίζονται με κριτήριο την αναπνευστική συχνότητα και τον τρόπο της παροχής αερίων.

**Απνοϊκός αερισμός:** Αποσκοπεί στην πλήρη ακινησία του χειρουργικού πεδίου. Η διατήρηση της οξυγόνωσης επιτυγχάνεται με την εφαρμογή 5 έως 10 cmH<sub>2</sub>O CPAP, αλλά το πρόβλημα εντοπίζεται στη σταδιακή αύξηση του PaCO<sub>2</sub> λόγω κατακράτησης CO<sub>2</sub>. Η χρήση μεγάλης ροής φρέσκων αερίων μπορεί να προσφέρει λύση βοηθώντας στην έκπλυση του CO<sub>2</sub> από τις κυψελίδες.

Η μέχρι σήμερα κλινική εμπειρία δεν μπορεί να υποστηρίξει τη χρήση αυτών των εναλλακτικών μορφών αερισμού ως ρουτίνα στην καθημερινή πρακτική της θωρακοχειρουργικής αναισθησίας.

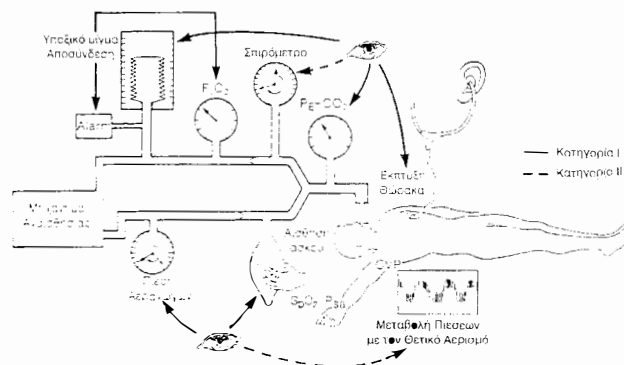
### MONITORING ΑΕΡΙΣΜΟΥ (πιν. 7)

Για την εφαρμογή του διεγχειρητικού monitoring λαμβάνουμε υπ' όψη δύο κύριες παραμέτρους: **α)** τη βαρύτητα της προϋπάρχουσας πνευμονικής νόσου (στα πλαίσια της γενικότερης φυσικής κατάστασης) και **β)** τις ιδιαιτερότητες/κινδύνους της κάθε επέμβασης. Ο συνδυασμός αυτών οδηγεί στην ανάγκη κλιμάκωσης του monitoring σε τρεις βαθμίδες.

**I. Βασικό monitoring:** Ασθενείς καλής κατάστασης για απλές σχετικά επεμβάσεις

**II. Ειδικό διαλείπον και/ή συνεχές monitoring:** Ασθενείς καλής κατάστασης για βαρύτερες επεμβάσεις ασθενείς με μέτρια προϋπάρχουσα νόσο για απλές σχετικά επεμβάσεις.

**III. Εξελιγμένο monitoring:** Ασθενείς με βαρεία προϋπάρχουσα νόσο για βαρύτερες επεμβάσεις (σχ. 13).



Σχήμα 13. Βασικό monitoring αναπνευστικού.

### ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΤΗΣ ΑΝΑΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΑ. ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗ

Είναι ξεκάθαρο ότι οι περισσότεροι ασθενείς αποδιασωληνώνονται στο χειρουργείο αμέσως μετά το τέλος της επέμβασης, ή στην ανάνηψη λίγες ώρες αργότερα (εάν υπάρχει υπολειματική δράση αναισθητικών παραγόντων). Υπάρχουν όμως και μερικές περιπτώσεις όπου απαιτείται μηχανική υποστήριξη αναπνοής μετεγχειρητικά, η διάρκεια της οποίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (πιν. 7).

Εάν αποφασίσουμε ότι ο ασθενής θα μεταφερθεί διασωληνωμένος στην μονάδα εντατικής θεραπείας, αντικαθιστούμε τον DLT, με απλό ΕΤΣ (εξαιρέση αποτελεί η περίπτωση όπου έχουμε μεγάλη βρογχοϋπεξοκωτική επικοινωνία), χορηγούμε ικανοποιητική αναλγησία, καταστολή (μυοχάλαση εάν κρίνεται απαραίτητη) και μετά αναχωρούμε από το χειρουργείο (πιν. 8).

Συνήθως ο τύπος αερισμού που επιλέγουμε στη ΜΕΘ είναι SIMV + PS, (δυνατότητα για τύπους αερισμού όπως MMV, PS, APRV, πιθανόν να φανεί χρήσιμη). Ακόμη και αν οι ασθενείς έχουν δικές τους αναπνοές (γεγονός επιθυμητό γιατί έχουμε μικρότερες πιέσεις στους αεραγωγούς) στην αρχή ξεκινάμε με πλήρη υποστήριξη της αναπνοής από τον αναπνευστήρα (πιν. 9). Ξεκινάμε με υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου FIO<sub>2</sub> = 1 και αφού σταθεροποιηθεί ο ασθενής και

Πίνακας 7.

ΚΑΙΜΑΚΩΣΗ ΤΟΥ MONITORING			
	ΚΑΤ. I	ΚΑΤ. II	ΚΑΤ. III
A. Μηχάνημα αναισθησίας	Πλήρης έλεγχος, μαζί με τον αναπνευστήρα	Όπως I	Όπως I
B. Παροχή O <sub>2</sub>	Αναλυτής εισπνεόμενου O <sub>2</sub>	Όπως I	Όπως I
Γ. Άπνοια	Στηθοσκόπιο, σύστημα συναγεριμού, επισκόπηση	Όπως I, επιπλέον τα Δ, Ε, ΣΤ, Ζ	Όπως II
Δ. Κατά λεπτόν αερισμός	Αναπνευστική συχνότητα, ασκός και κινήσεις θώρακα	Όπως I, επιπλέον σπιρόμετρο	Όπως II
Ε. Ανταλλαγή αερίων	Χρώμα αίματος χειρουργικού πεδίου κυάνωση.	Όπως I, επιπλέον αέρια αίματος και τελοεμπνευστικό CO <sub>2</sub> , οξυμετρία ή διαδερμικές πιέσεις αερίων	Όπως II, επιπλέον Qs:Qt, Vd/Vt, Qi, VO <sub>2</sub> , φασματοφωτομετρία μαζών
ΣΤ. Μηχανική πνεύμονα	Στηθοσκόπιο, αίσθηση αναπνευστικού ασκού	Compliance συνολικά και ενός πνεύμονος, ζωτική χωρητικότητα, μέγιστη εισπνευστική δύναμη (μετεχειρητικό)	Όπως II, επιπλέον αντιστάσεις αεραγωγών
Ζ. Καρδιαγγειακή λειτουργία	Ρυθμός, αρτηριακή πίεση, ΗΚσκόπιο	Όπως I, επιπλέον ακριβές ισοζύγιο υγρών και κεντρικές φλεβικές πιέσεις	Όπως II, επιπλέον πνευμονικές αγγειακές πιέσεις, καρδιακή παροχή, μέτρηση εξωαγγειακού ύδατος πνεύμονα
Η. Μυοχάλαση	Απλά κινητικά test, monitor νευρομυϊκού αποκλεισμού	Όπως I	Όπως I
Θ. Θερμοκρασία	Καθετήρας συνεχούς μέτρησης	Όπως I	Όπως I

Πίνακας 8.

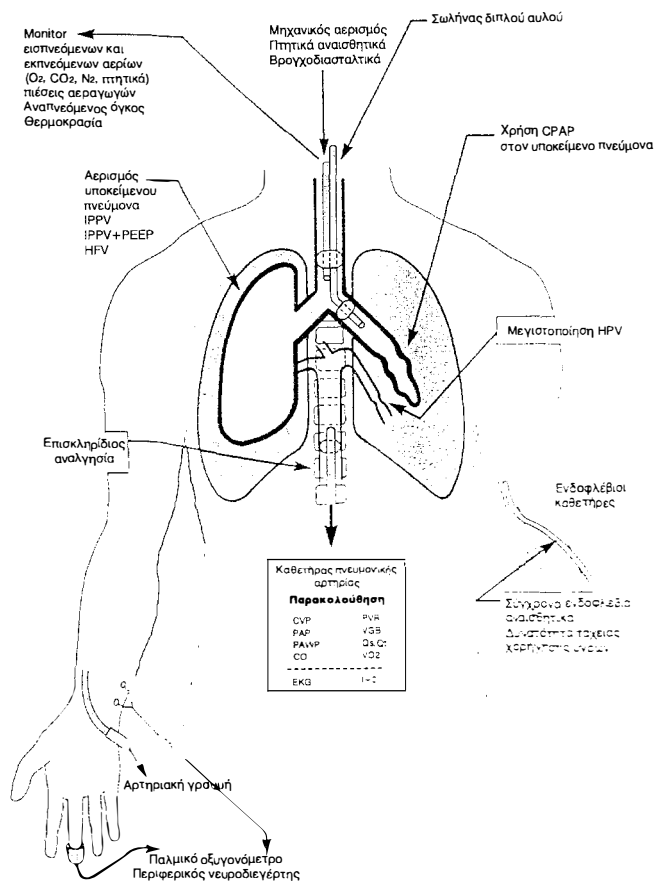
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟΥ ΜΕΤΕΓ ΧΕΙΡΗΤΙΚΑ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Βαριά προυπάρχουσα πνευμονική νόσος</li> <li>2) Συνυπάρχουσες παθήσεις όπως καρδιακή ανεπάρκεια</li> <li>3) Μεγάλη απώλεια αίματος, μαζική μετέγγιση</li> <li>4) Μεγάλη διαφυγή αέρα</li> <li>5) Ασταθής θώρακας</li> <li>6) Πολυτραυματίας</li> <li>7) Σήψη και πολυοργανική λειτουργική ανεπάρκεια</li> </ol>

Πίνακας 9.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΗΡΑ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Είδος αερισμού: SIMV+PS ή IMV</li> <li>2) VT 12ml/kg</li> <li>3) Αναπνευστική συχνότητα τέτοια ώστε PaCO<sub>2</sub> = 40mmHg (συνήθως 8 - 12 αναπ. λεπτό)</li> <li>4) FIO<sub>2</sub> = 1</li> <li>5) Σχέση εισπνοής/εκνοής I : E = 1:2 ή 1:3</li> <li>6) Εισπνευστική ροή χαμηλή (30λίτρα/λεπτό)</li> <li>7) Εφαρμογή PEEP 0-5 cm H<sub>2</sub>O</li> </ol>

κάνουμε την πρώτη μέτρηση αερίων αίματος την ελαττώνουμε σταδιακά, στόχος FIO<sub>2</sub> < 0.5 με αποδεκτό PaO<sub>2</sub>. Ο Vt 12ml/kg θεωρείται μεγάλος, όμως είναι αναγκαίος για την πρόληψη ατελεκτασιών. Μικροί όγκοι πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ασθενείς με

φυσάλιδες ή κυστική νόσο. Η αναπνευστική συχνότητα είναι τέτοια ώστε να έχουμε PaCO<sub>2</sub> = 40mmHg. Σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια πιθανόν να χρειασθεί τροποποίηση του I:E για να μην έχουμε υπερδιάταση του πνεύμονα. Η εφαρμογή



Σχήμα 14. Σύγχρονες αναισθησιολογικές παρεμβάσεις στη θωρακοχειρουργική.

PEEP είναι ωφέλιμη όμως πρέπει να γίνεται τιτλοποίηση. Σε ορισμένες καταστάσεις είναι δυνατόν ο συμβατικός αερισμός με εφαρμογή της ίδιας PEEP και στους δύο πνεύμονες να επιδεινώσει την κατάσταση του ασθενούς και να οδηγήσει σε υποξυγοναιμία. Σε αυτές τις καταστάσεις ο διαφορικός αερισμός είναι μέθοδος εκλογής. Η καλή φυσιοθεραπεία του αναπνευστικού, η επαρκής αναλγησία και καταστολή, ο έλεγχος της σωστής λειτουργίας των θωρακικών παροχετεύσεων (Büllau), καθώς επίσης και η συνέχιση του monitoring που είχαμε επιλέξει στο χειρουργείο θεωρούνται απαραίτητες προϋποθέσεις για την καλή έκβαση του ασθενούς.

Αφού σταθεροποιηθεί ο ασθενής, και έχουν εκλείψει ή αμβλυνθεί οι λόγοι για τους οποίους μεταφέρθηκε διασωληνωμένος στην μονάδα εντατικής θεραπείας, προχωρούμε στην αποδέυμευση από τον μηχανικό αερισμό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Benumof J. Anesthesia for Thoracic Surgery. W.B. Saunders 1987.
- 2) Benumof J. Anesthesia for Thoracic Surgery. W.B. Saunders 1995.
- 3) Kaplan J. Thoracic Anesthesia. Churchill Livingstone 1991.
- 4) Benumof J. Respiratory Physiology and Respiratory Function During Anesthesia. In Miller R. Anesthesia. Churchill Livingstone 1990.
- 5) Benumof J Alfery D. Anesthesia for Thoracic Surgery. In Miller R. Anesthesia. Churchill Livingstone 1990.
- 6) Σαρηγιάννης Γ. Αναισθησία σε επεμβάσεις θώρακος. Βιβλίο περιλήψεων μαθημάτων F.E.E.A. Θεσσαλονίκη 1993.
- 7) Μπαλαμούτσος Ν. Αναισθησία σε επεμβάσεις θώρακος. Βιβλίο περιλήψεων μαθημάτων F.E.E.A. Θεσσαλονίκη 1993.