

Ενδείξεις Μηχανικού αερισμού και οι  
επιπλοκές του

Αντωνία Κουτσούκου

# Ενδείξεις Μηχανικού Αερισμού

## Αναπνευστική ανεπάρκεια

- $SaO_2 < 90\%$  ή  $PaO_2 < 60$  mm Hg (παρά την χορήγηση  $O_2$ , βρογχοδιαστολής κλπ)

Συνήθεις κλινικές καταστάσεις: Πνευμονία, ARDS, παρόξυνση ΧΑΠ, κρίση βρογχικού άσθματος, καρδιογενές πνευμονικό οίδημα

# Ενδείξεις Μηχανικού Αερισμού

## Ανεπαρκής κυψελιδικός αερισμός (υπερκαπνική αναπνευστική ανεπάρκεια)

- αδυναμία των αναπνευστικών μυών (μυασθένεια, νόσοι του ΚΝΣ)
- καταστάσεις που επηρεάζουν το σχήμα και το μέγεθος του θώρακα (κυφοσκολίωση, πνευμονική υπερδιάταση)
- παρόξυνση ΧΑΠ κ.λπ

\*\*Η υπερκαπνία από μόνη της δεν απαιτεί άμεσα υποστήριξη, εάν το pH παραμένει σε αποδεκτά επίπεδα

# Ενδείξεις Μηχανικού Αερισμού

## Κυκλοφορική καταπληξία

Η αποφόρτιση του διαφράγματος από το έργο της αναπνοής εξοικονομεί το 15% περίπου της καρδιακής παροχής (καλύτερη άρδευση «ευγενών» οργάνων, όπως ο εγκέφαλος και οι νεφροί)

\*\*Προλαμβάνεται επικείμενη αναπνευστική ανακοπή

# Ενδείξεις Μηχανικού Αερισμού

**Κώμα.** Κλίμακα Γλασκώβης (Glasgow Coma Scale, GCS) < 8  
(για προστασία του αεραγωγού)

\*\* Εξαίρεση αποτελούν οι περιπτώσεις στις οποίες το κώμα μπορεί να αναστραφεί άμεσα, όπως η υπογλυκαιμία, η δηλητηρίαση από οπιούχα ή βενζοδιαζεπίνες, η ανεπάρκεια θειαμίνης και η οξεία μέθη

# Ενδείξεις Μηχανικού Αερισμού

## Καταστολή κι αναλγησία

Χειρουργικές επεμβάσεις που απαιτούν βαθιά καταστολή και αναλγησία γίνονται μόνο έπειτα από εκλεκτική διασωλήνωση του ασθενή και μηχανική υποστήριξη της αναπνοής του

# Κριτήρια έναρξης Μηχανικού Αερισμού

Όταν η αυτόματη αναπνοή του ασθενούς δεν επαρκεί να διατηρήσει τη ζωή

## ΚΛΙΝΙΚΑ:

- Διαταραχή του επιπέδου συνείδησης
- Σημεία κόπωσης αναπνευστικών μυών
- Παράδοξη κινητικότητα του θωρακικού και κοιλιακού τοιχώματος
- Υψηλή συχνότητα αναπνοών
- Ασταθής αιμοδυναμική κατάσταση

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ:

Εκτίμηση των αερίων αίματος (ανταλλαγή των αερίων) και της μηχανικής της αναπνοής  
(προερχόμενα κυρίως από τον λειτουργικό έλεγχο του αναπνευστικού)

# Κριτήρια έναρξης μηχανικού Αερισμού

<b>Μηχανική της αναπνοής</b>		Φυσιολογικά όρια
Αναπνοές (/min)	>35	12-20
Vt (ml/Kg)	<3	5-7
Pimax (cm H <sub>2</sub> O)	<-25	-75 εως-120
VC (ml/Kg)	<15	
VE (L/min)	>10	
<b>Ανταλλαγή των αερίων</b>		
PaO <sub>2</sub> mm Hg	<60 (FiO <sub>2</sub> ≥0.6)	80-100 (21%)
PaCO <sub>2</sub> mm Hg	>60 (δεν ισχύει στη ΧΑΠ)	35-45
A-a DO <sub>2</sub> mm Hg	>350 (FiO <sub>2</sub> =1.0)	25-65
Vd/Vt	>0,60	0,30-0,40



# Κλινικές εφαρμογές Μηχανικού Αερισμού

- Καρδιοαναπνευστική αναζωογόνηση
- Οξεία και οξεία επί χρόνιας αναπνευστική ανεπάρκεια.
- Γενική αναισθησία
- Αυξημένο έργο αναπνοής επί καρδιοαναπνευστικής ανεπάρκειας
- Ασταθής θώρακας (flail chest)
- Σοβαρή αριστερή καρδιακή ανεπάρκεια

# Κλινικές εφαρμογές Μηχανικού Αερισμού

## Μετεγχειρητική υποστήριξη σε:

- μεγάλες θωρακικές και κοιλιακές επεμβάσεις
- ασθενείς με νευρομυϊκές και σκελετικές ανωμαλίες
- ασθενείς αιμοδυναμικά ασταθείς
- κρανιοεγκεφαλικές κακώσεις

## Καταστάσεις που χρειάζεται αυξημένος κυψελιδικός αερισμός

- ενδοκράνια υπέρταση
- υπερμεταβολικές καταστάσεις.
- Σηπτικό σοκ

# Κύριοι στόχοι μηχανικού αερισμού

- **Βελτίωση της ανταλλαγής των αερίων**

Αναστροφή της υποξαιμίας.  
Αποτροπή της οξείας αναπνευστικής οξέωσης  
Αύξηση του όγκου του πνεύμονα

- **Αποτροπή της αναπνευστικής δυσπραγίας**

Μείωση της κατανάλωσης οξυγόνου από τους αναπνευστικούς μυς  
Αναστροφή της κόπωσης των αναπνευστικών μυών

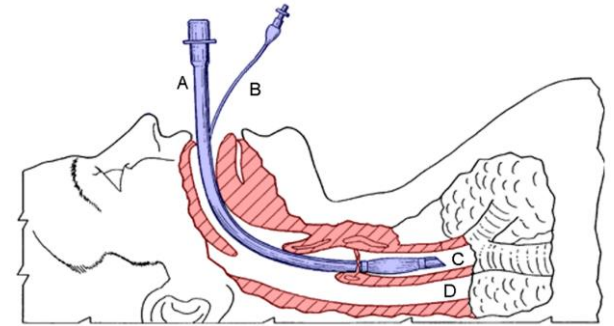
- **Βελτίωση της σχέσης αερισμού-αιμάτωσης**

Πρόληψη και αναστροφή ατελεκτασιών.  
Βελτίωση της ενδοτικότητας του πνεύμονα.

- **Αποτροπή περαιτέρω βλάβης**

VILI: ο μηχανικός αερισμός μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω βλάβη στον πνεύμονα

# Πλεονεκτήματα της ενδοτραχειακής διασωλήνωσης



Ο ενδοτραχειακός σωλήνας παρακάμπτει και απομονώνει τους ανώτερους αεραγωγούς ( έως το πρώτο τρίτο της τραχείας)

- Προστατεύει τους πνεύμονες από μεγάλη εισρόφιση
- Προστατεύει τους αεραγωγούς και το ΓΕΣ από τις θετικές πιέσεις
- Απελευθερώνει τους αεραγωγούς από απόφραξη
- Εξασφαλίζει εύκολη πρόσβαση για αναρρόφιση εκκρίσεων και βρογχοσκόπηση
- Μειώνει το νεκρό χώρο
- Εξασφαλίζει σταθερή και ασφαλή επικοινωνία ασθενούς-αναπνευστήρα

# **Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού**

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού



Επιπλοκές σχετιζόμενες με την διασωλήνωση



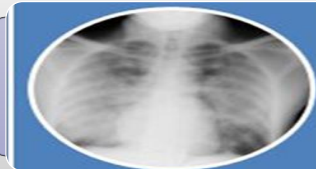
Επιπλοκές σχετιζόμενες με την ύπαρξη του τραχειοσωλήνα



Επίδραση του Μηχανικού αερισμού στο καρδιαγγειακό



VILI (Ventilator Induced Lung Injury)



Επιπλοκές σχετιζόμενες με το Οξυγόνο



Επιπλοκές σχετιζόμενες με τις Λοιμώξεις (VAP)

# Επιπλοκές κατά την Διασωλήνωση

Τραυματισμός ανώτερων αεραγωγών και ρινός

Κάκωση οδόντων

Ρήξη η αιμάτωμα φωνητικών χορδών

Μαζική αιμορραγία (τρώση ανωνύμου αρτηρίας)

Ρήξη τραχείας

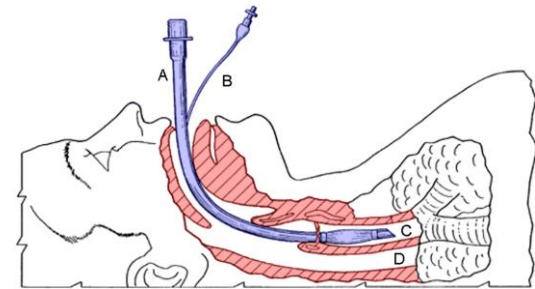
Διασωλήνωση οισοφάγου (υποξυγοναιμία)

Διασωλήνωση Δ. στελεχιαίου βρογχου (3-9%)

Εισρόφηση γαστρικού περιεχομένου (8-19%)

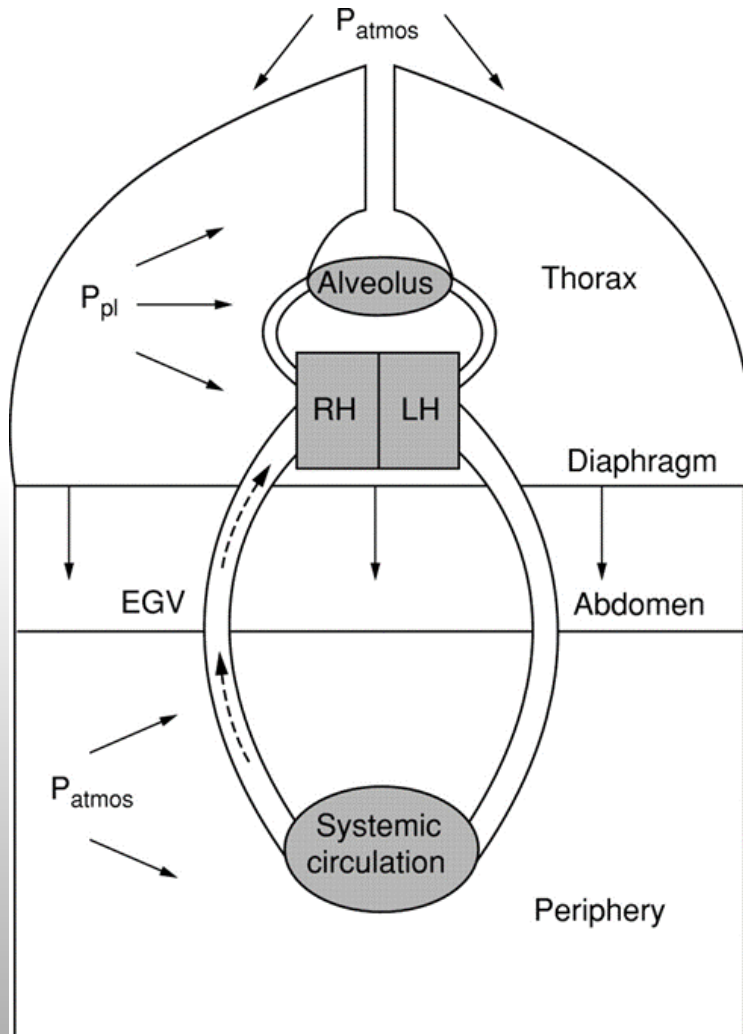
# Επιπλοκές της ύπαρξης του ενδοτραχειακού σωλήνα

- Μετατόπιση τραχειοσωλήνα
- Μερική ή πλήρης απόφραξη του σωλήνα από εκκρίσεις ή αίμα
- Πρόβλημα Στεγανότητας από το cuff
- Κήλη του cuff
- Τοπικός ερεθισμός από το σωλήνα
- Ισχαιμία, νέκρωση οπίσθιου λαρυγγικού τοιχώματος
- Παραρρινοκολπίτιδα
- Εξέλκωση λάρυγγα, κοκκιώματα λάρυγγα, πάρεση φωνητικών χορδών, λαρυγγικό οίδημα
- Στένωση, νέκρωση τραχείας
- Τραχειο-οισοφαγικό συρίγγιο





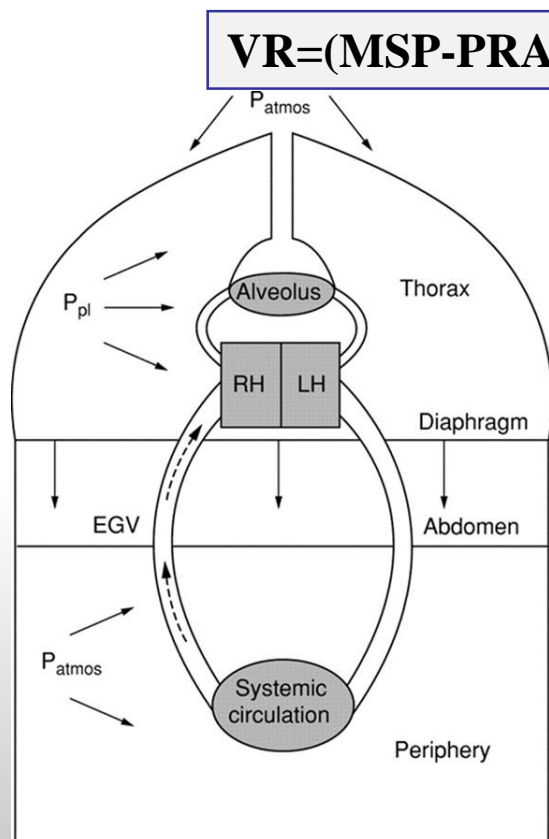
# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα



**Πτώση της αρτηριακής πίεσης (μείωση της καρδιακής παροχής)**

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα

Πτώση της αρτηριακής πίεσης (μείωση της καρδιακής παροχής)



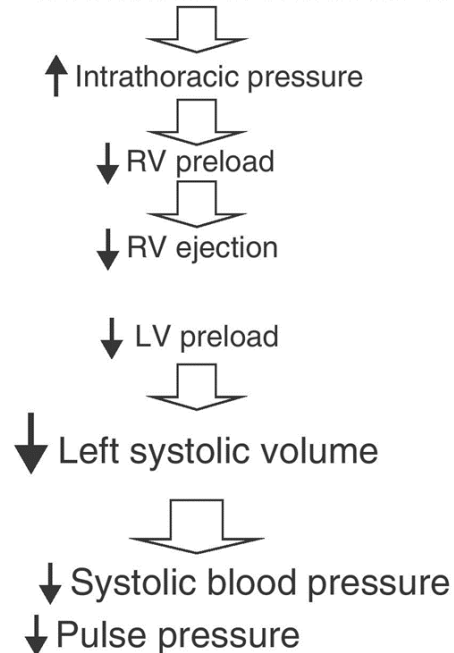
VR= Venus Return  
MSP= Mean Systemic Pressure  
PRA= Right Atrium Pressure  
R= Resistance

$$VR = (MSP - PRA) / R$$

## Μείωση του προφόρτιου ΔΚ:

Η θετική ενδοθωρακική πίεση ελαττώνει τη διαφορά πίεσης που ευνοεί τη φλεβική επάνοδο του αίματος στο θώρακα (μείωση της φλεβικής επιστροφής)

## Mechanical ventilation



# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα

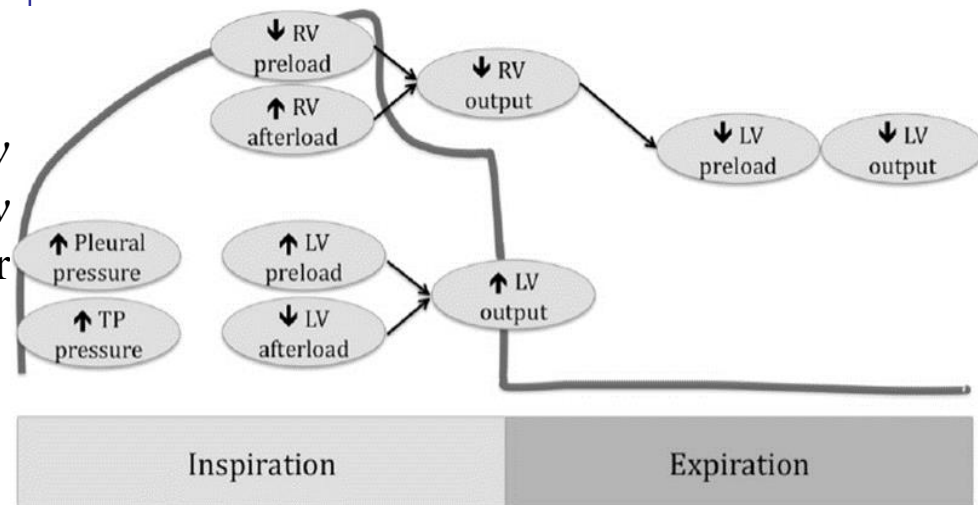
Πτώση της αρτηριακής πίεσης (μείωση της καρδιακής παροχής)

**Αύξηση του μεταφορτίου της ΔΚ και μείωση του προφόρτιου ΑΚ:**

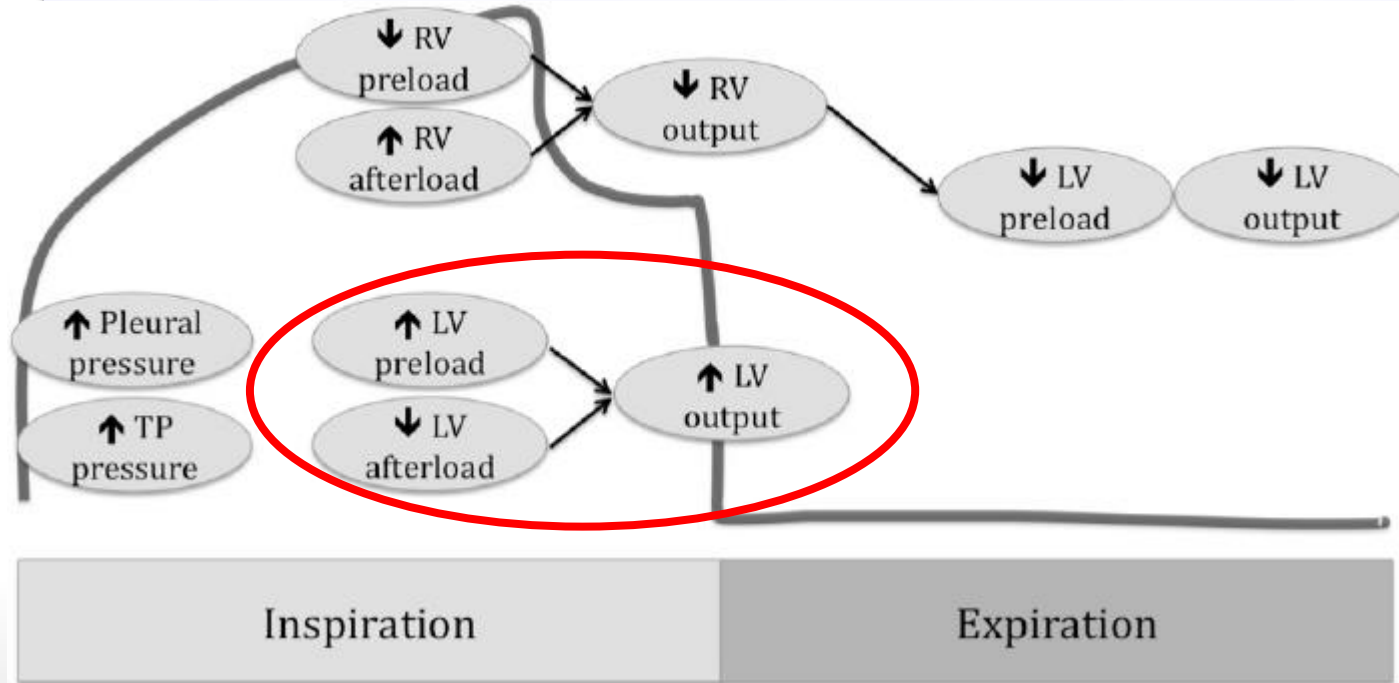
Η συμπίεση των πνευμονικών αγγείων παρεμποδίζει την εξώθηση αίματος από την δεξιά καρδιά (↑ RV afterload Ventricular interdependence)

**Μείωση του προφόρτιου των κοιλιών:**

Οποιαδήποτε αύξηση της θετικής πίεσης στην εξωτερική επιφάνεια των κοιλιών ελαττώνει την διατασιμότητα των κοιλιών και αυτό μειώνει την πλήρωσή τους κατά τη διάρκεια της διαστολής



# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα

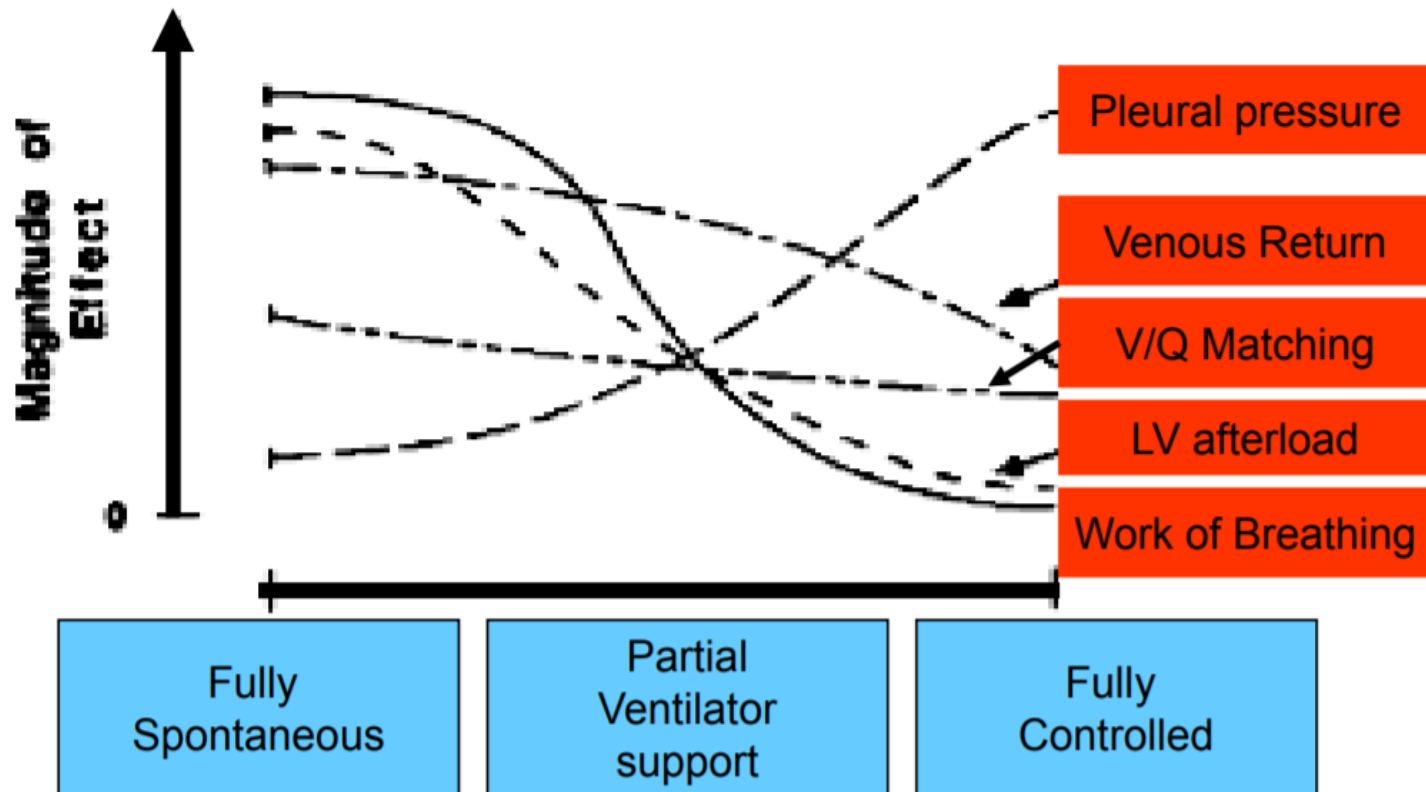


\*\*\*Σε περιπτώσεις σοβαρής αριστερής καρδιακής ανεπάρκειας, η εφαρμογή του μηχανικού αερισμού θετικής πίεσης όχι μόνο δεν μειώνει την καρδιακή απόδοση, αλλά, αντίθετα, μπορεί να την αυξήσει

Μείωση του μεταφορτίου της αριστερής κοιλίας και αύξηση του όγκου παλμού

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα

## Effects of PPV on hemodynamic



# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Αναπνευστικό σύστημα

- Πνευμονική βλάβη προκαλούμενη από μηχανική αναπνοή (ventilator induced lung injury, VILI, Ventilator Associated Lung Injury, VALI)



# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Αναπνευστικό σύστημα

Volutrauma

- Υπερδιάταση

Barotrauma

- Υψηλές πιέσεις

Biotrauma

- Απελευθέρωση κυτταροκινών

Atelectrauma

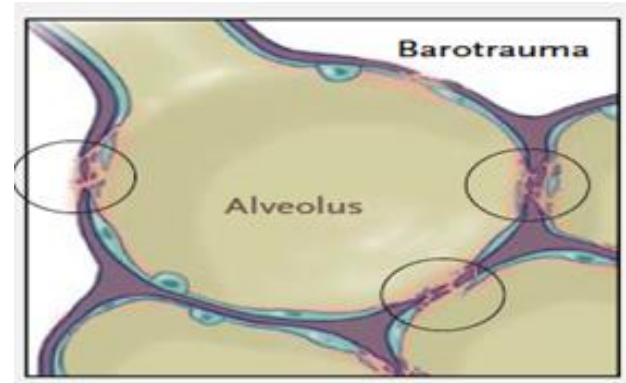
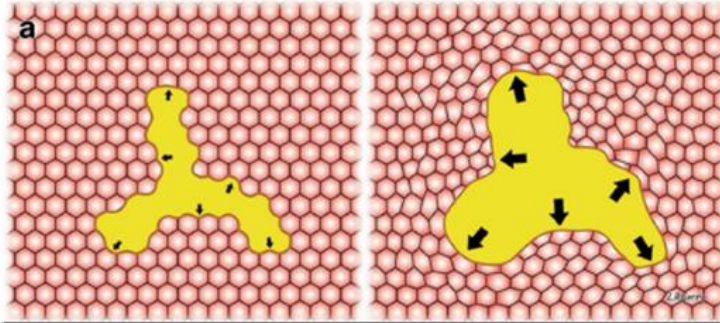
- Άνοιγμα κλείσιμο πν. περιοχών

Ventilator Induced  
Diaphragmatic Dysfunction

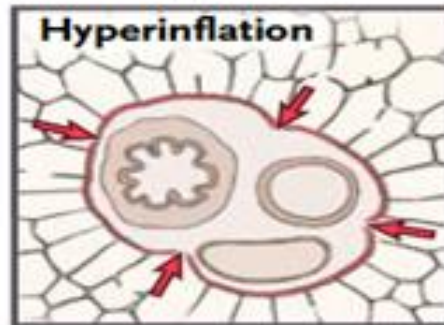
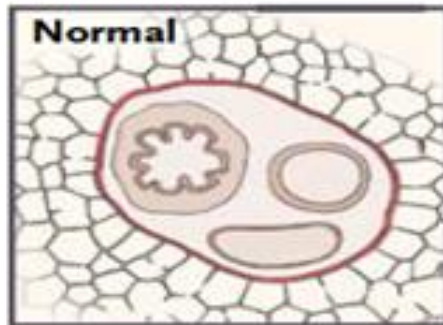
- Ατροφία του διαφράγματος

# Ventilation Induced Lung Injury

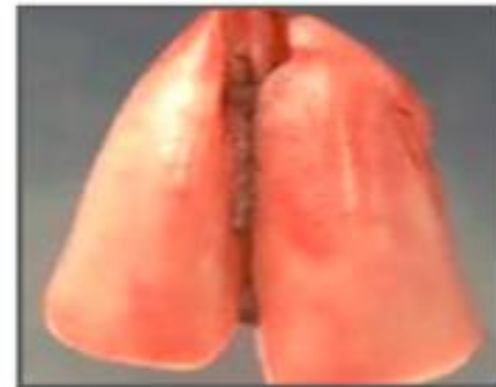
## Barotrauma: Βαρότραυμα



## B Ventilation at high lung volume



Air leaks

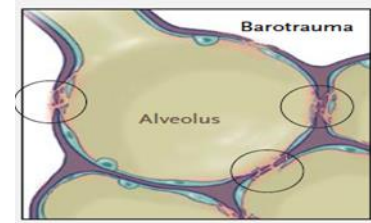


Overdistention

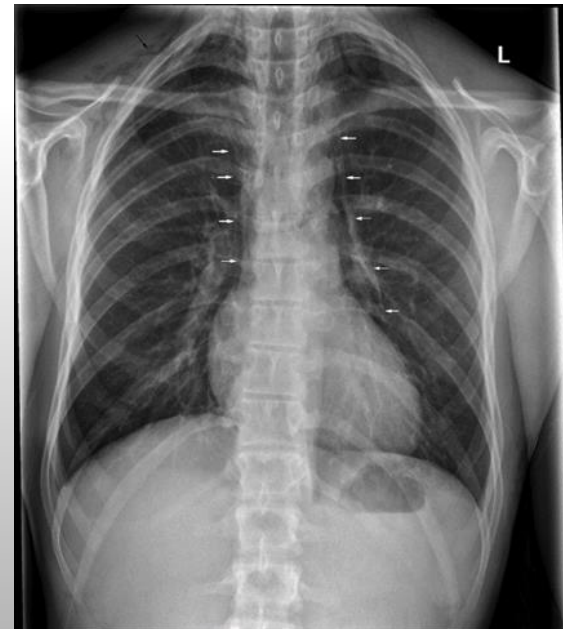
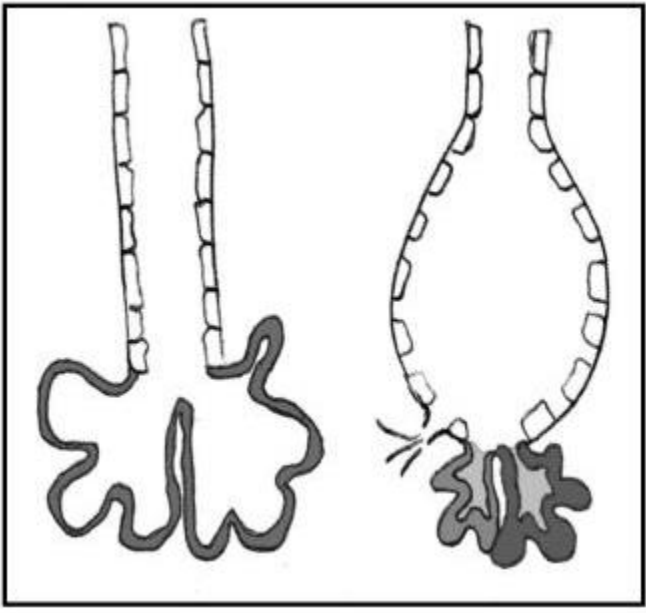


# Ventilation Induced Lung Injury

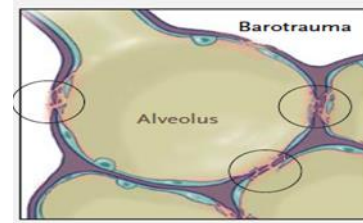
## Barotrauma: Βαρότραυμα



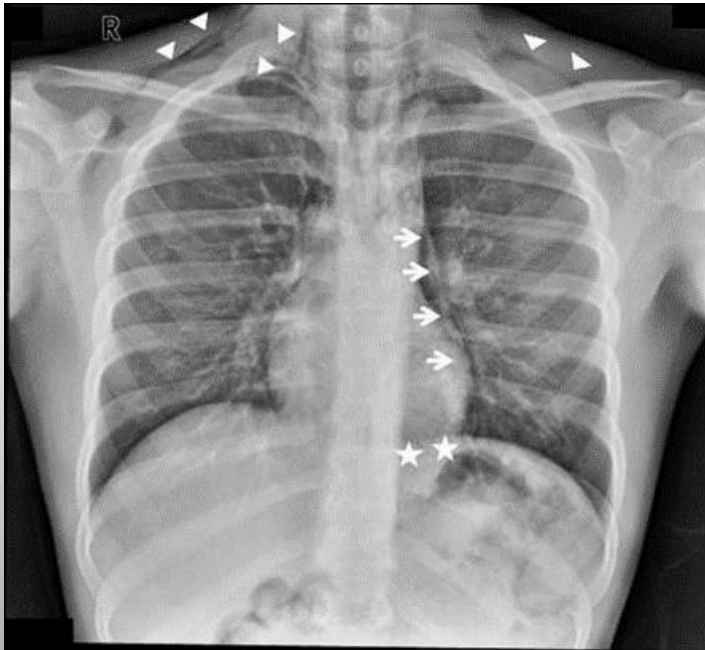
- Η αυξημένη πίεση εντός των κυψελίδων προκαλεί τη ρήξη τους με επακόλουθο τη διαφυγή αέρα στον διάμεσο ιστό.
- Ο αέρας ακολουθεί μια πορεία πέριξ των βρογχοαγγειακών σχηματισμών με κατεύθυνση προς το μεσοθωράκιο (διάμεσο εμφύσημα )
- Εάν ο αέρας φτάσει στο μεσοθωράκιο, προκαλείται πνευμομεσοθωράκιο



# Βαρότραυμα



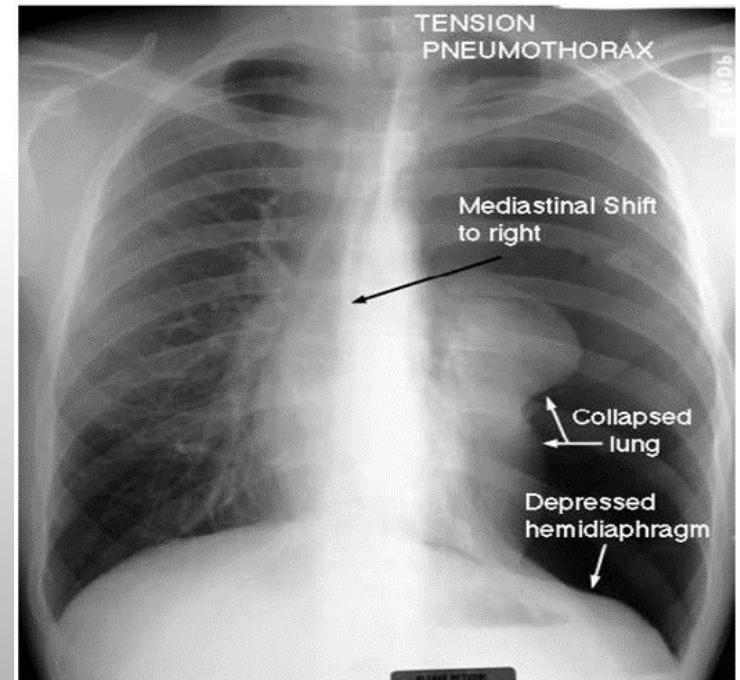
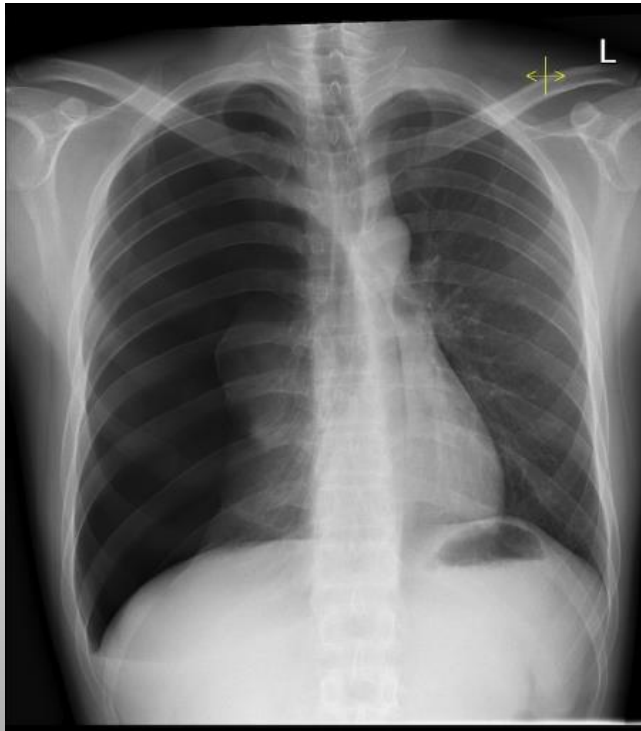
Σε απουσία παθολογικών καταστάσεων στο μεσοθωράκιο, ο αέρας περνάει ανάμεσα από τις περιτονίες και φτάνει στον τράχηλο (υποδόριο εμφύσημα) ή στο οπίσθιο περιτόναιο (πνευμοπεριτόναιο).



# Βαρότραυμα

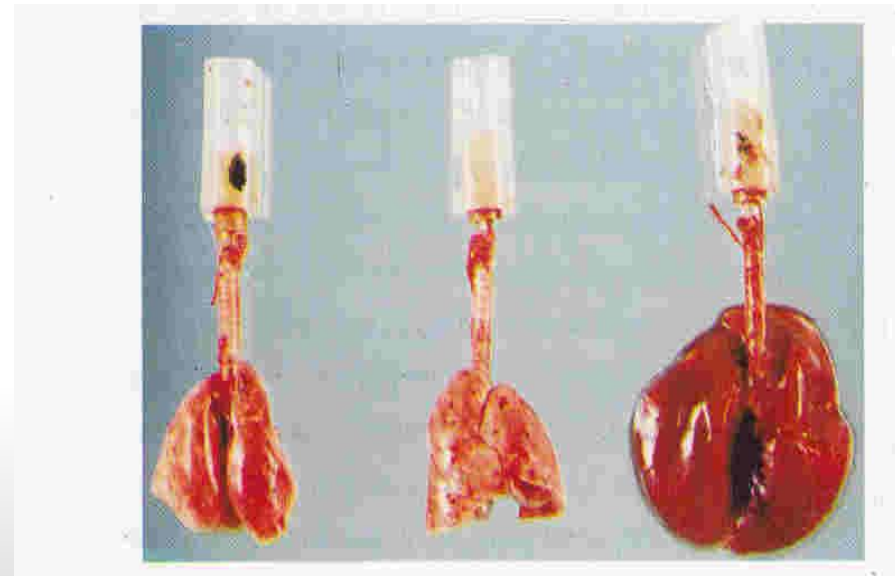
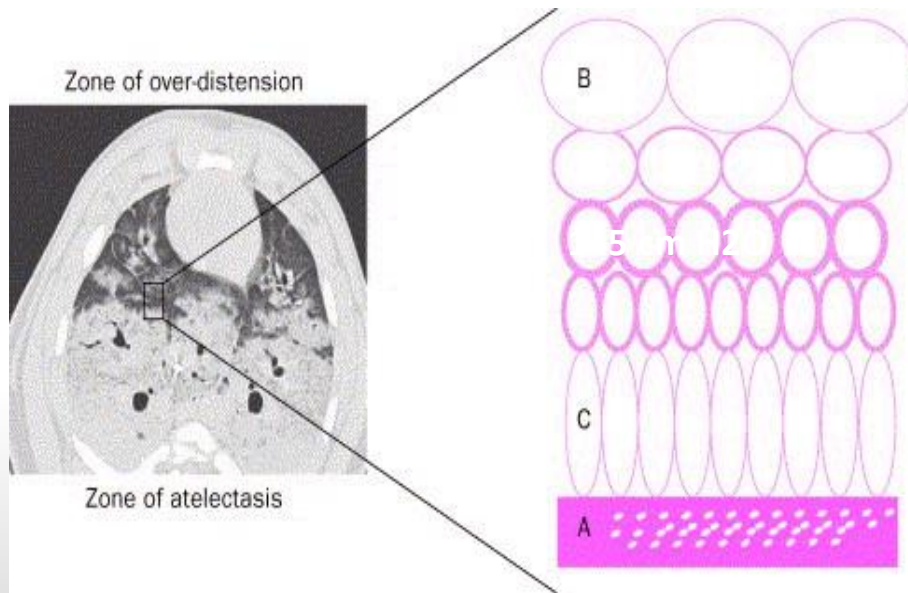
Ο πνευμοθώρακας συμβαίνει στο 20-30 %, όταν το πνευμονικό παρέγχυμα ρήγνυται και έρχεται σε επικοινωνία με τον πλευρικό χώρο.

Βαρότραυμα  
Προσοχή  
Πνευμοθώρακας υπό τάση!!!!



# Ventilation Induced Lung Injury

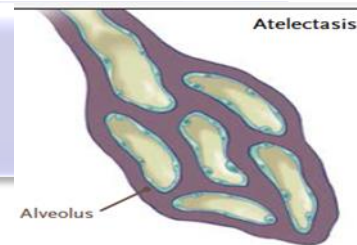
## •Volutrauma- Περιοχική υπερδιάταση





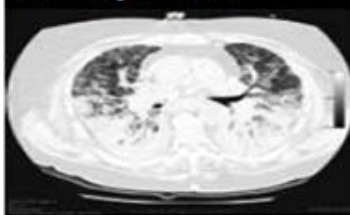
# Ventilation Induced Lung Injury

## Atelectetrauma



### A Ventilation at low lung volume

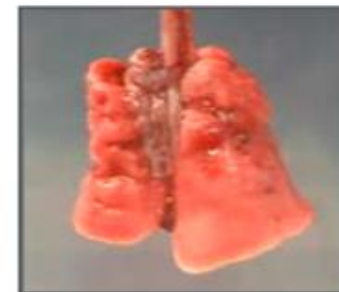
End expiration



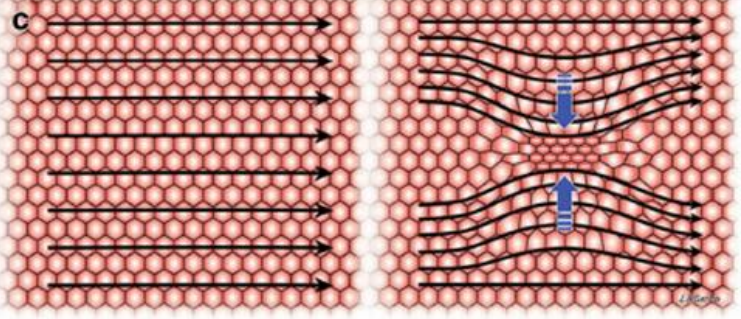
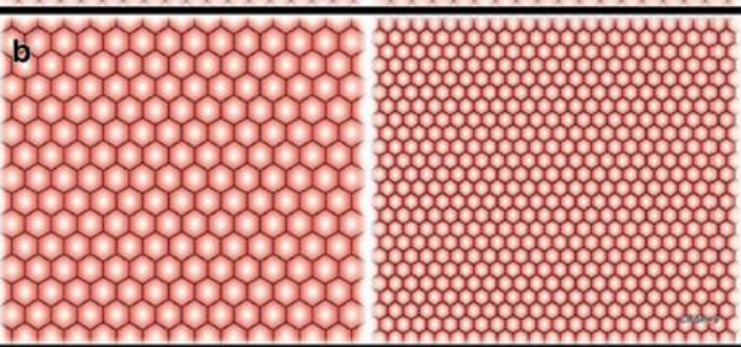
End inspiration



Atelectrauma

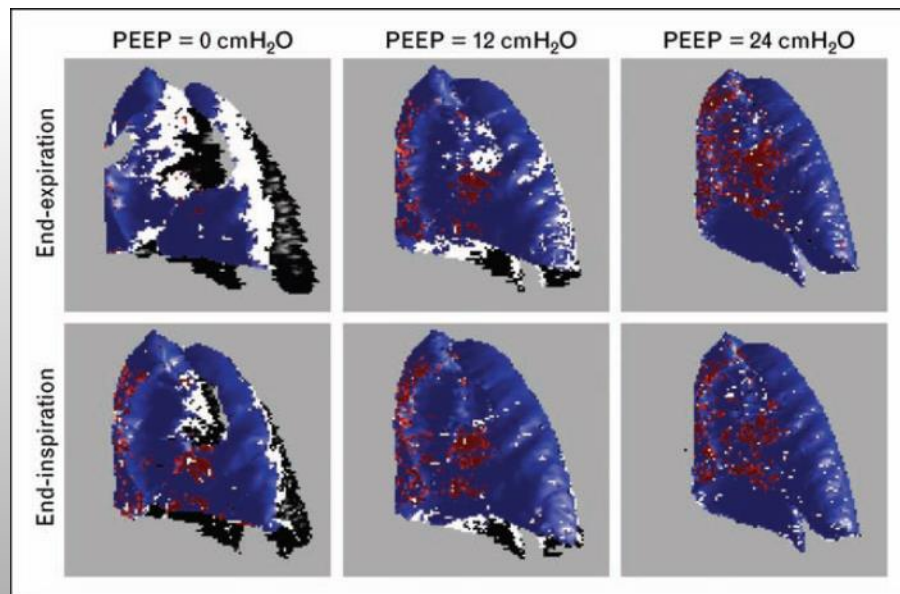


Lung inhomogeneity



**Stress raisers or concentrators**

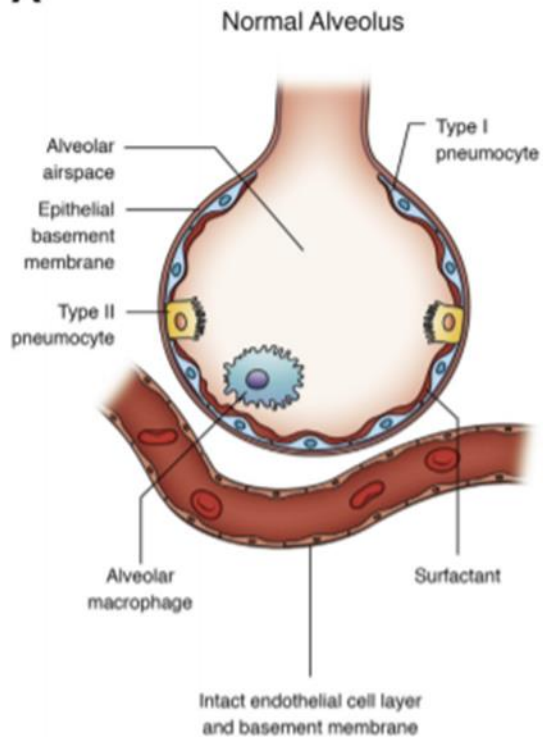
(Πολλαπλασιαστικές επαπτόμενες δυνάμεις)



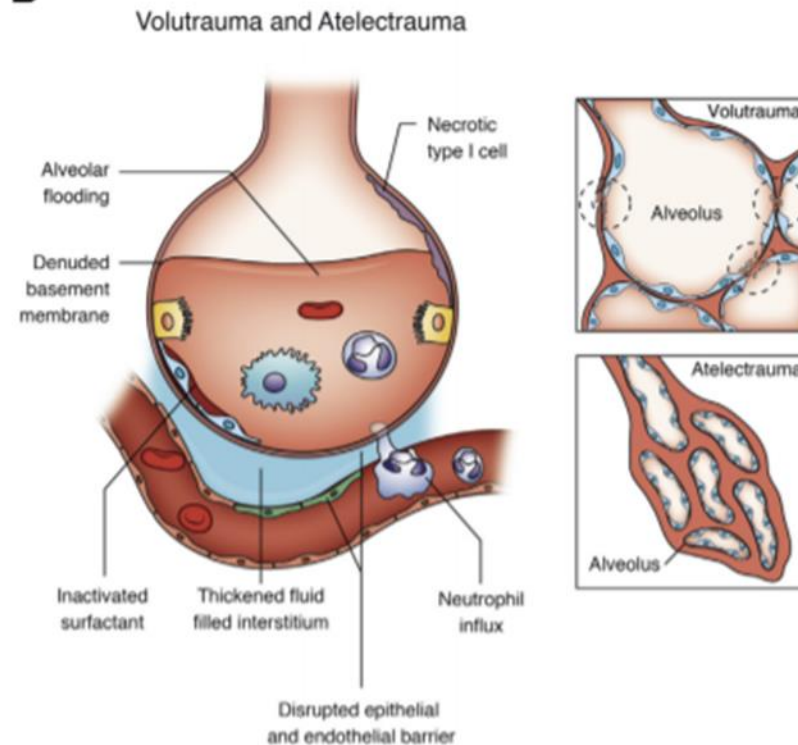
# Ventilation Induced Lung Injury

## Volutrauma-Atelectetrauma

**A**

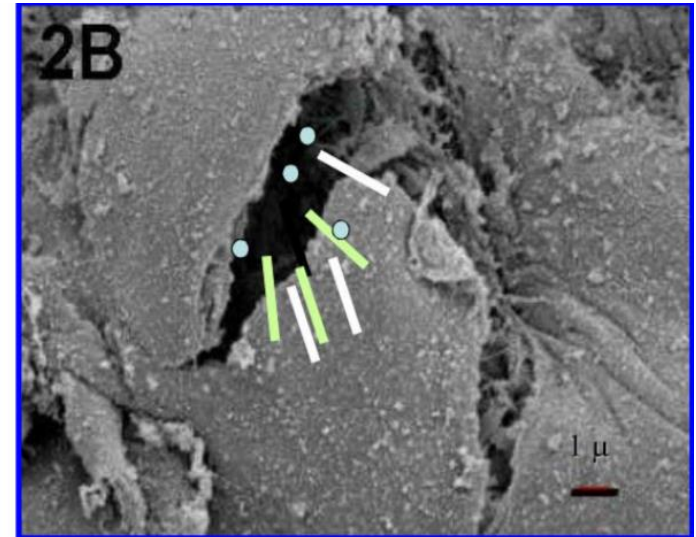
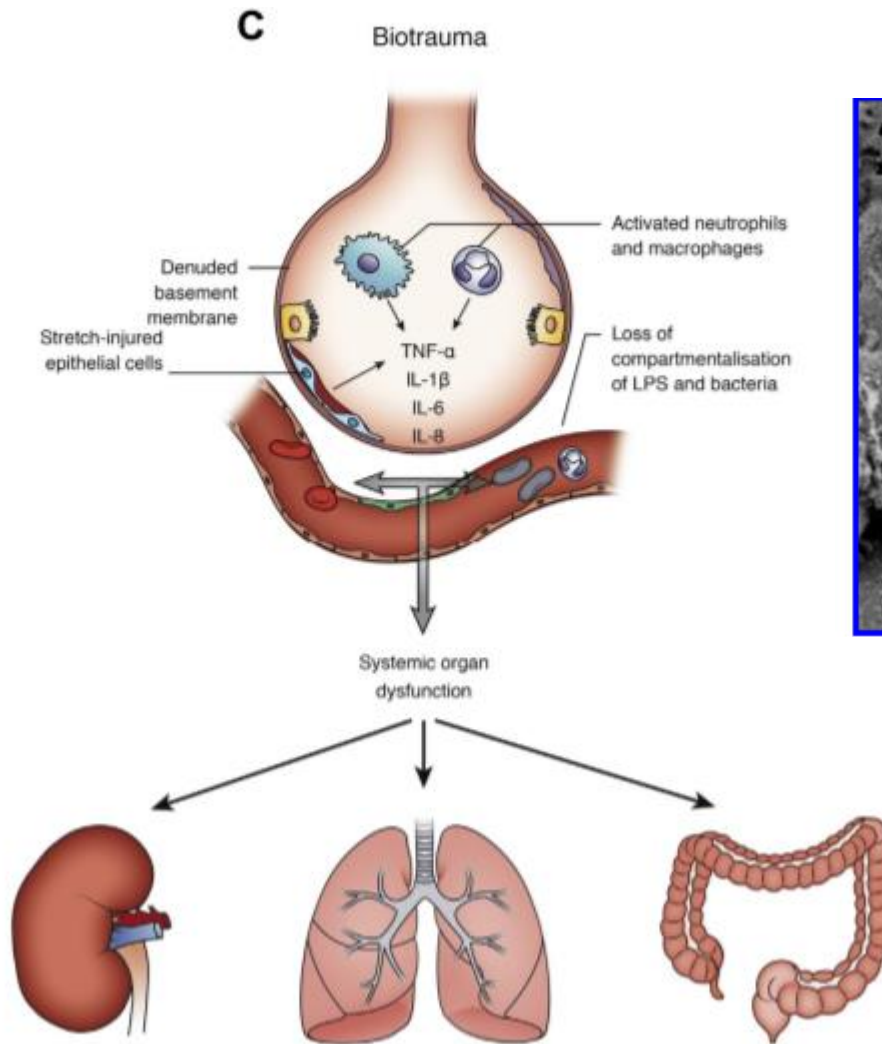


**B**



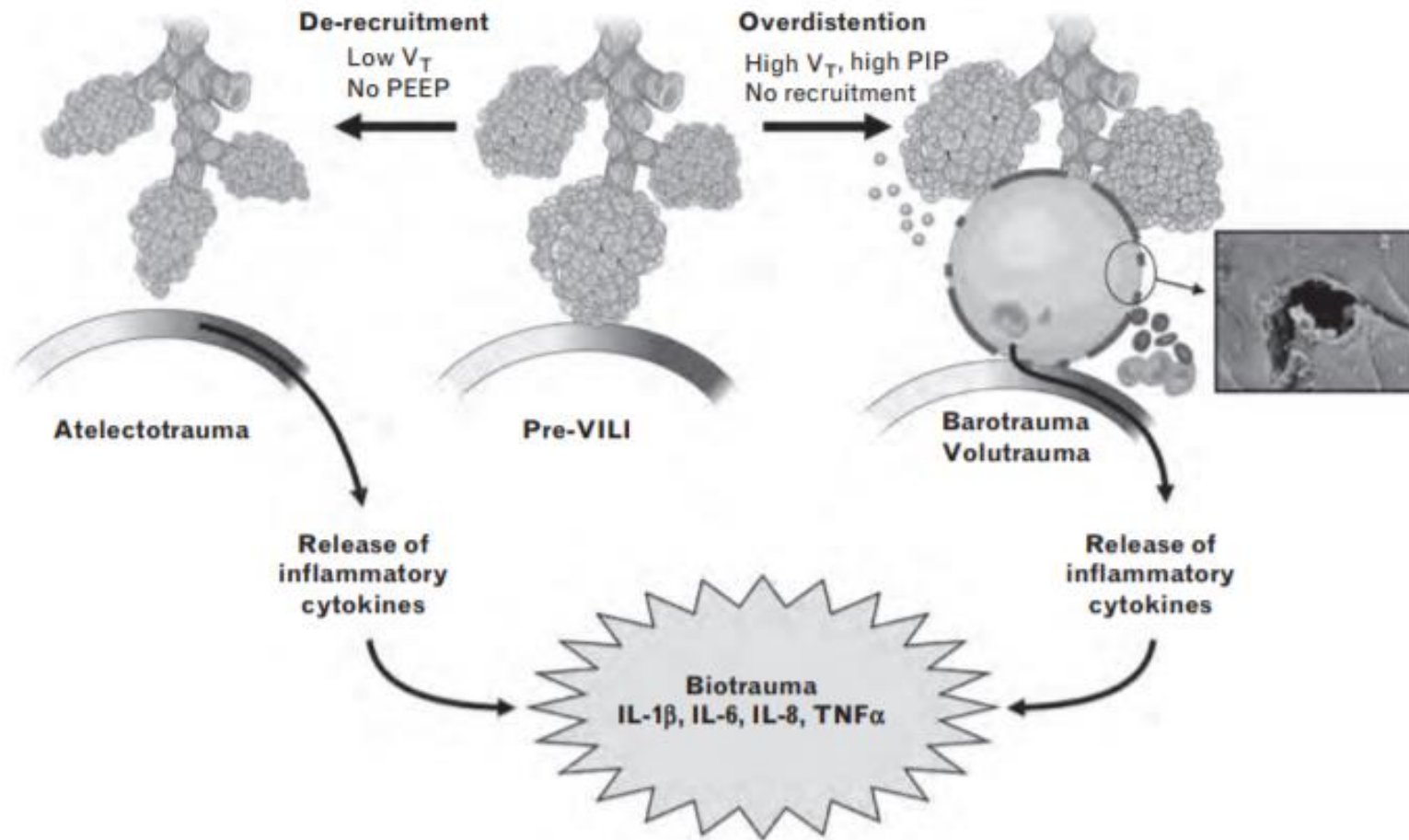
# Ventilation Induced Lung Injury

## Biotrauma



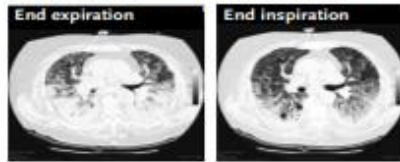
# Ventilation Induced Lung Injury

Figure 5





### A Ventilation at low lung volume

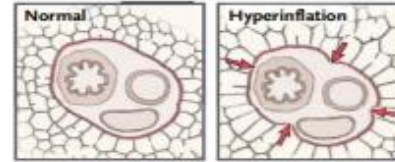


Atelectrauma



Lung inhomogeneity

### B Ventilation at high lung volume

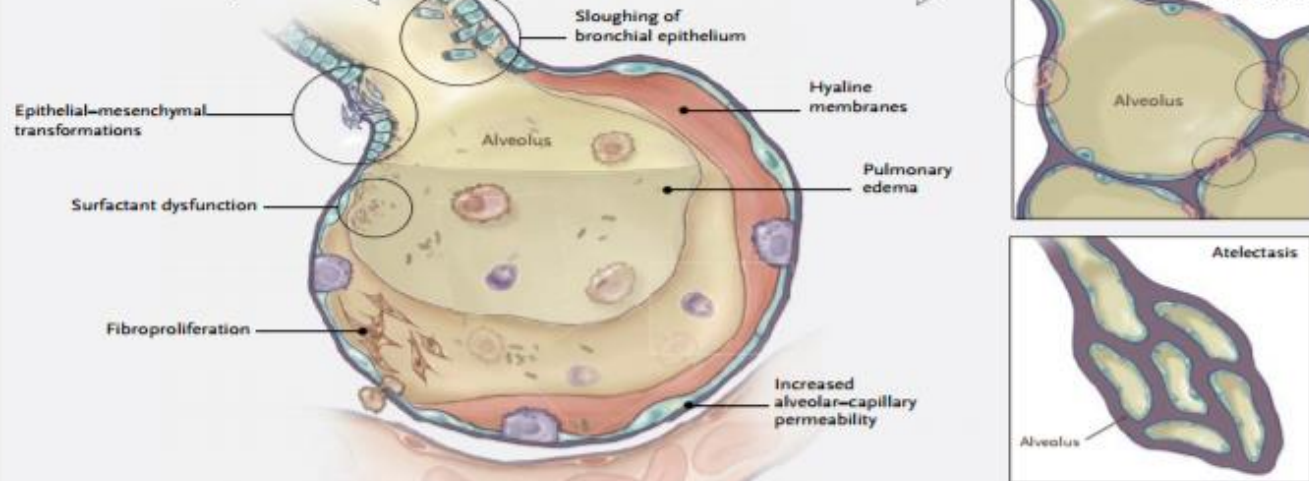


Air leaks



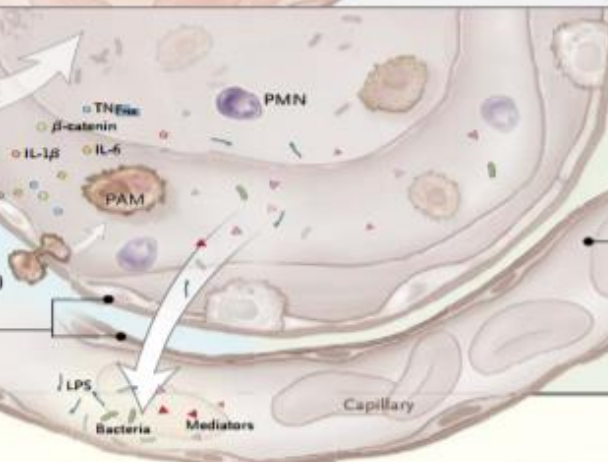
Overdistention

### C Structural consequences



### Biologic alterations

- Increased concentrations of:
  - Hydroxyproline
  - Transforming growth factor- $\beta$
  - Interleukin-8
- Release of mediators:
  - Tumor necrosis factor  $\alpha$  (TNF- $\alpha$ )
  - $\beta$ -catenin
  - Interleukin-6 (IL-6)
  - Interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ )
- Recruitment of:
  - Pulmonary alveolar macrophages (PAMs)
  - Neutrophils
- Activation of epithelium and endothelium



### Physiological abnormalities

- Increased physiological dead space
- Decreased compliance
- Decreased  $P_{aO_2}$ , Increased  $P_{aCO_2}$

### Systemic effects

- Translocation of:
  - Lipopolysaccharides (LPS)
  - Bacteria
  - Various mediators

Multiple mechanisms (e.g., increased apoptosis)

Multiorgan dysfunction

Death

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού

## Αναπνευστικό σύστημα

### Ventilator Induced Diaphragmatic Dysfunction (VIDD)

Αδυναμία του διαφράγματος να παράγει δύναμη που σχετίζεται με την ύπαρξη μηχανικού αερισμού

Ατροφία του διαφράγματος εξ αχρησίας

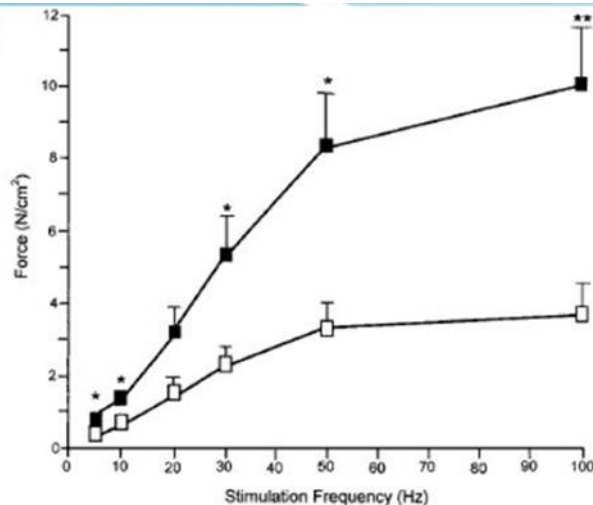
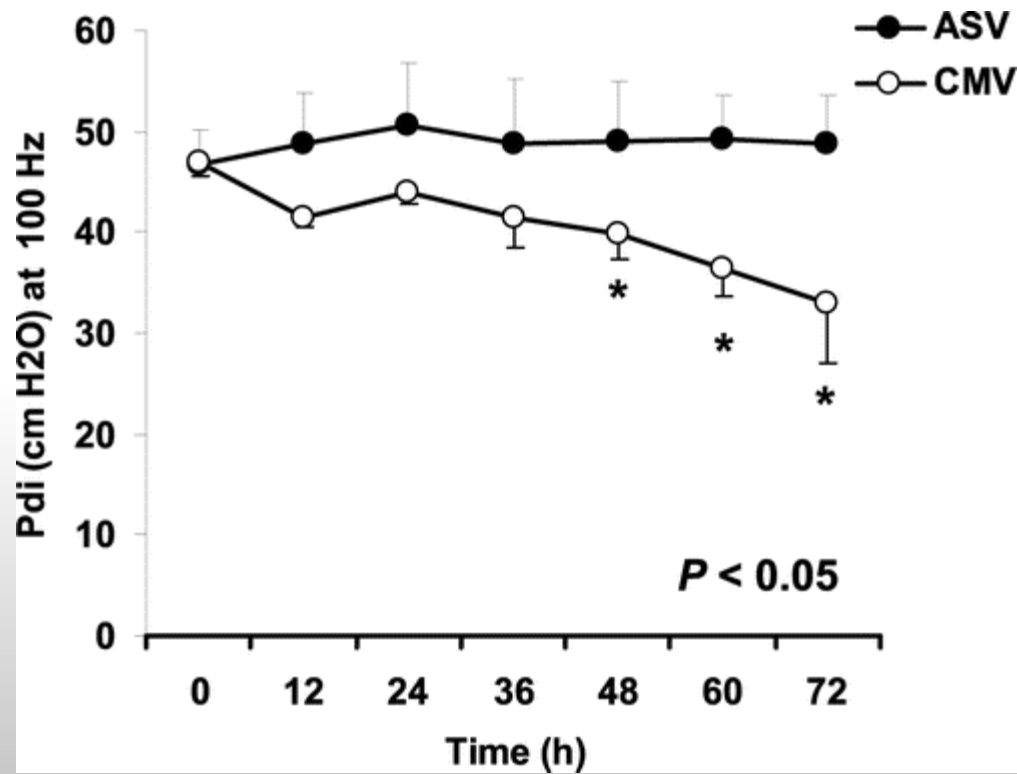


Fig. 1. Diaphragmatic force-versus-frequency curves obtained from mechanically ventilated animals (open boxes) and in control animals (black boxes). Controlled mechanical ventilation generated less force at all frequencies except 20 Hz. (From Reference 16, with permission.)

Effects of mechanical ventilation on diaphragmatic contractile properties in rats. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149(6):1539-1544.

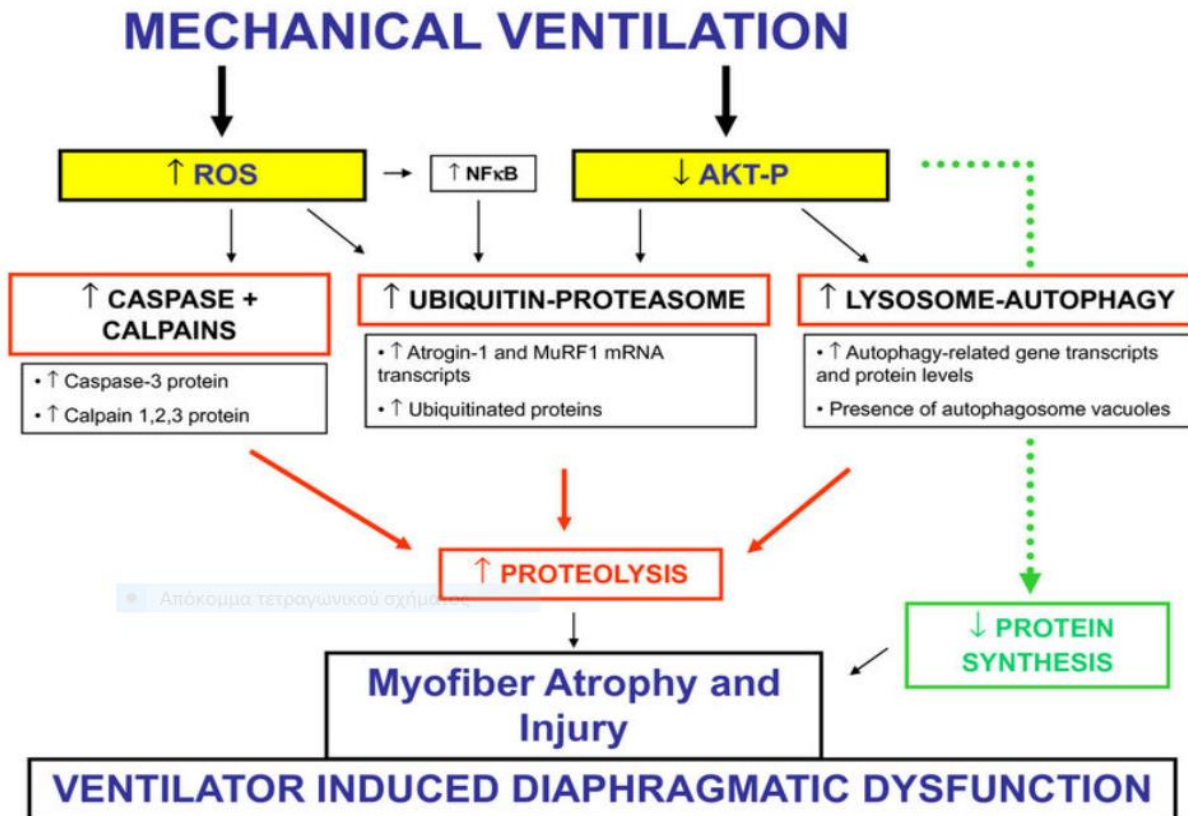
# Ventilator Induced Diaphragmatic Dysfunction (VIDD)

Χρονοεξαρτώμενο φαινόμενο



# Ventilator Induced Diaphragmatic Dysfunction (VIDD)

Μυϊκή Ατροφία εξ αχρησίας



- Αυξημένη πρωτεόλυση
- Μειωμένη πρωτεϊνοσύνθεση
- Οξειδωτικό stress
- Δομικές βλάβες

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού

## Αναπνευστικό σύστημα

### Τοξικότητα Οξυγόνου

### Ατελεκτασίες εξ απορροφήσεως

#### Alveolar Gas Tensions

The partial pressures of all gases within the normal alveoli:

$PO_2 = 100$  mmHg

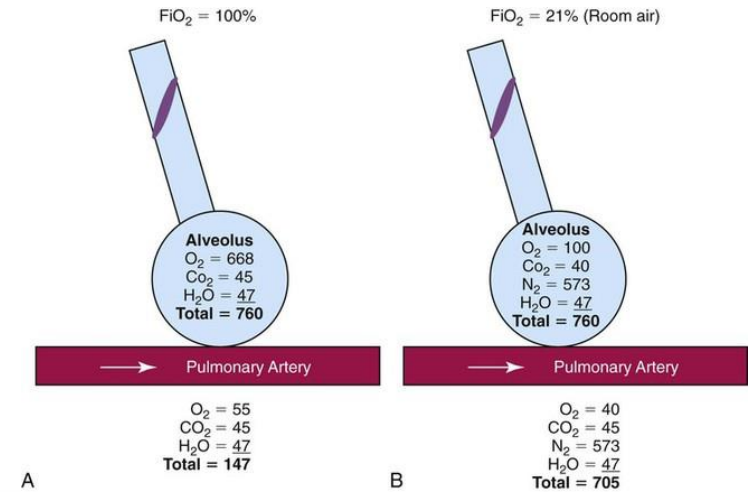
$PCO_2 = 40$  mmHg

$PN_2 = 573$  mmHg

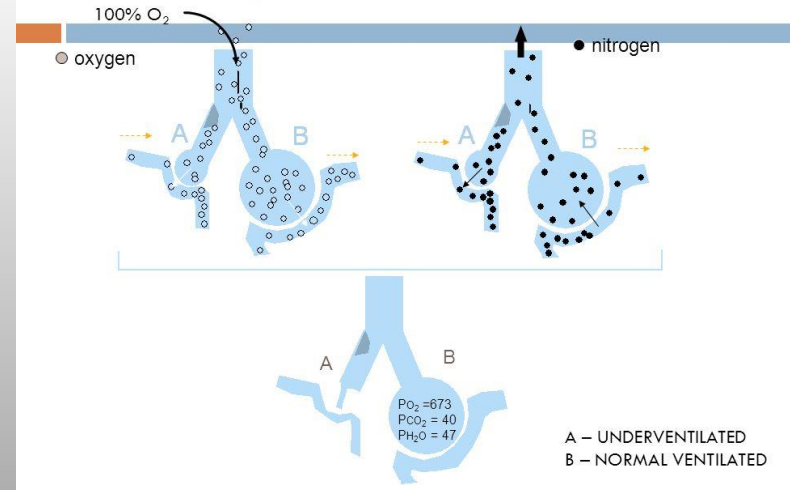
$PH_2O = 47$  mmHg

100%  $O_2$  for >12-24 hours can cause absorption atelectasis from Nitrogen washout

Total = 760 normal barometric pressure at sea level



#### 4. Absorption atelectasis





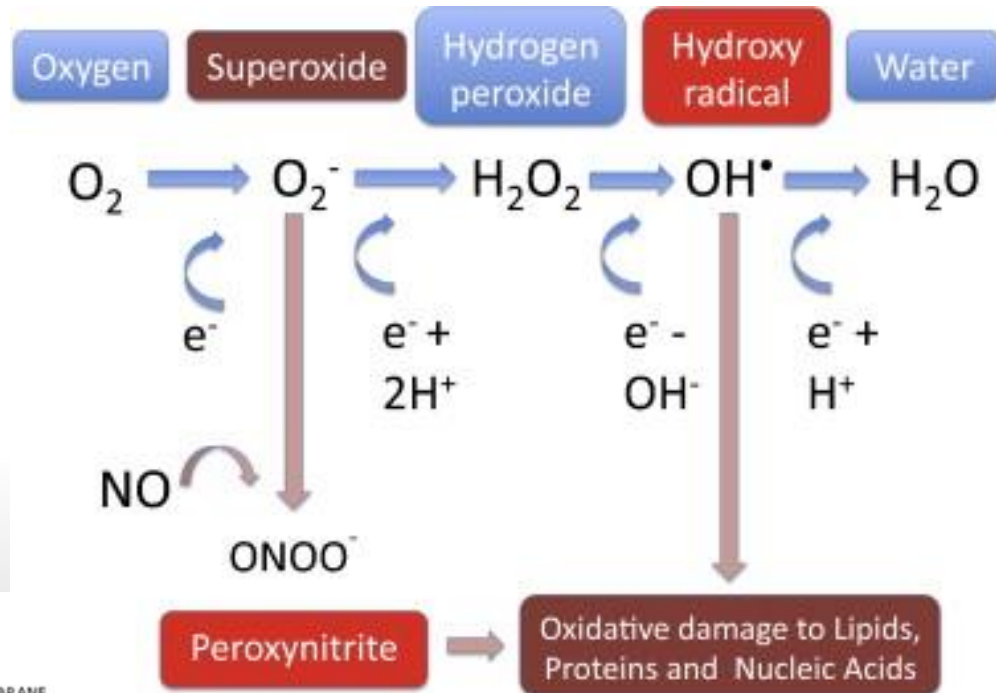
# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Αναπνευστικό σύστημα

## Τοξικότητα Οξυγόνου

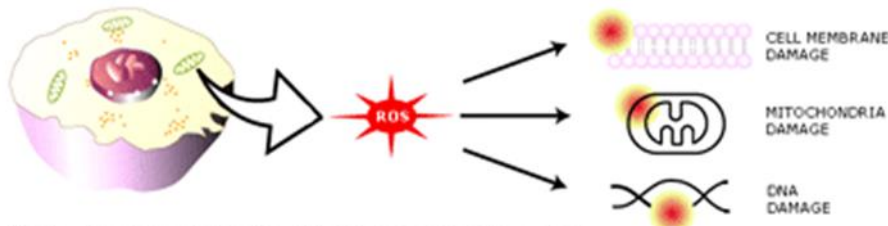
$\text{FiO}_2$

100%  $\text{O}_2$

Τοξικές Ρίζες  $\text{O}_2$



### ROS (Type of Free Radicals) Damage



ROS (Reactive Oxygen Species, Type of Free Radicals) are toxic by-products of energy production that can damage the cell membrane, mitochondria and DNA. This is the reason we need a good supply of antioxidants.

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού

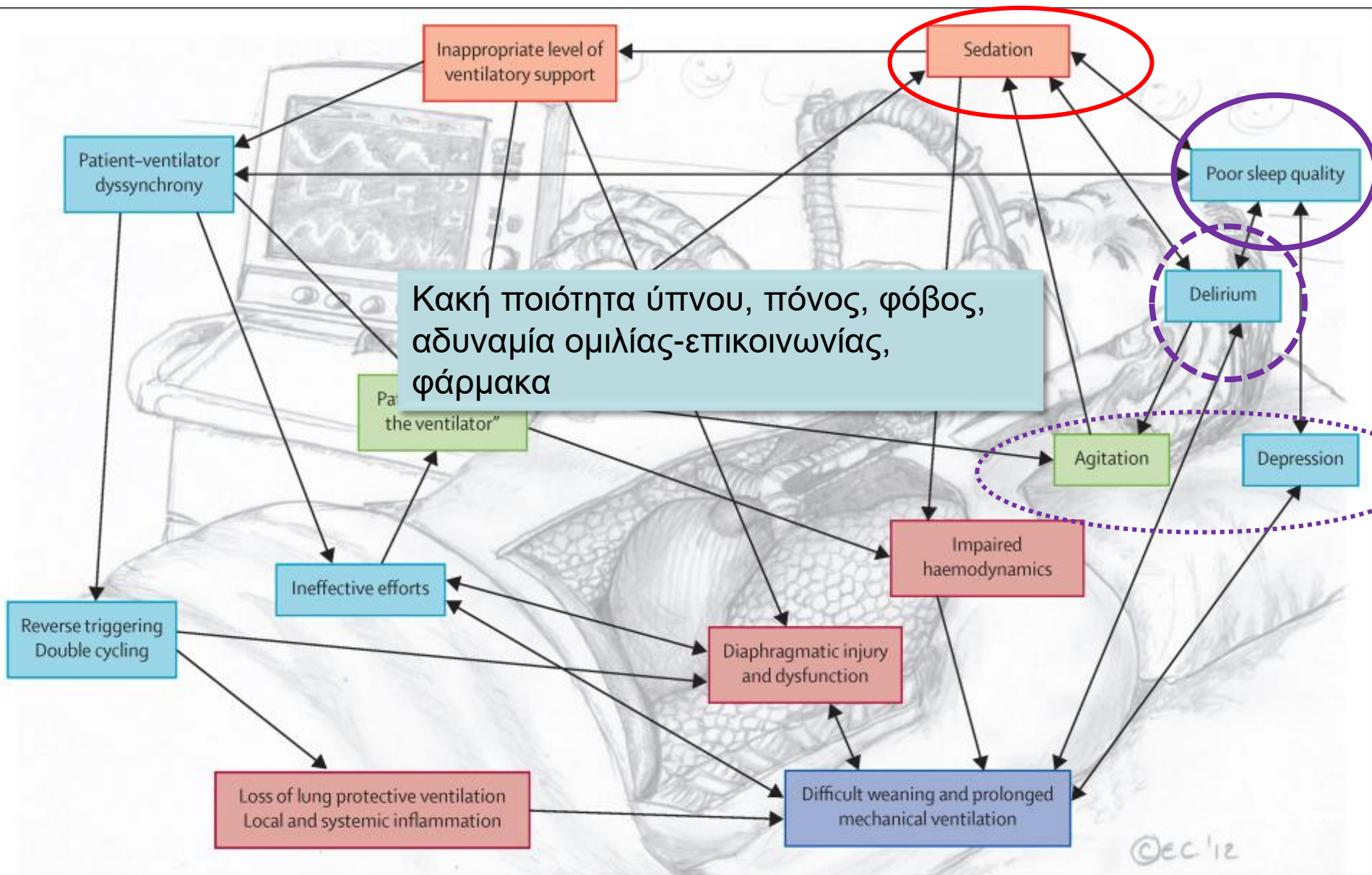
## Αναπνευστικό σύστημα

- **Πνευμονία των μηχανικά αεριζόμενων ασθενών (ventilator – associated pneumonia, VAP)**
- Πνευμονία που αναπτύσσεται σε ασθενή διασωληνωμένο περισσότερο από 48-72 ώρες

Συνιστά την πιο συχνή λοίμωξη σε διασωληνωμένους ασθενείς (8-28%) και είναι η πιο συχνή λοίμωξη που σχετίζεται με ξένο σώμα

Ο τραχειοσωλήνας επιτρέπει στα παθογόνα να εισέλθουν στην τραχεία, παραβλάπτει τον βήχα και την βλεννοκρυσσική κάθαρση και ευνοεί την κατακράτηση των εκκρίσεων

# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού





# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού

## Γαστρεντερικές Διαταραχές

- Διάταση εντέρου (κατάποση αέρα)
- Υποκινησία και δυσκοιλιότητα (οπιούχα φάρμακα)
- Έμετος (ερεθισμός του φάρυγγα)
- Έλκη του στομάχου και αιμορραγίες

## Διαταραχές της νεφρικής λειτουργίας

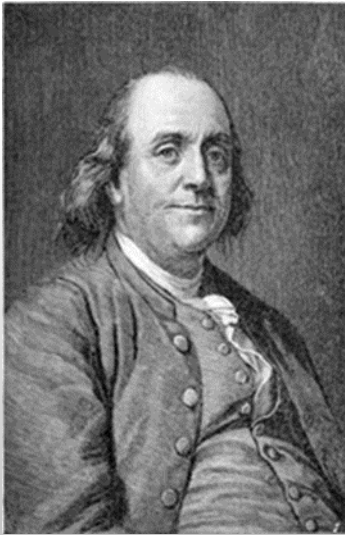
- Μείωση του κυκλοφορούντος όγκου αίματος, απελευθέρωση αντιδιουρητικής ορμόνης, κατακράτηση νερού

## Επίδραση στην πίεση άρδευσης του εγκεφάλου

- Αύξηση της ενδοθωρακικής πίεσης, αύξηση της ενδοκράνιας πίεσης (ICP) (μείωση της αποχέτευσης μέσω της σφαγίτιδας, μείωση της πίεσης άρδευσης του εγκεφάλου ( $CPP=MAP-ICP$ ))

## Μηχανικός Αερισμός: Ενδείξεις και Επιπλοκές

- Έναρξη Μηχανικού Αερισμού στον κατάλληλο ασθενή και την κατάλληλη στιγμή
- Προστατευτικός Αερισμός για την αποφυγή βλαβών
- Έγκαιρη αποδέσμευση από τον αναπνευστήρα



*“an ounce of prevention  
is worth a pound of  
cure,”*

**Σας Ευχαριστώ**

Ερωτήσεις