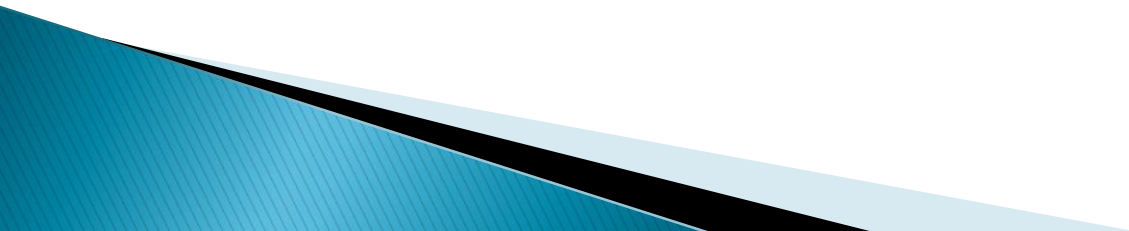


# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

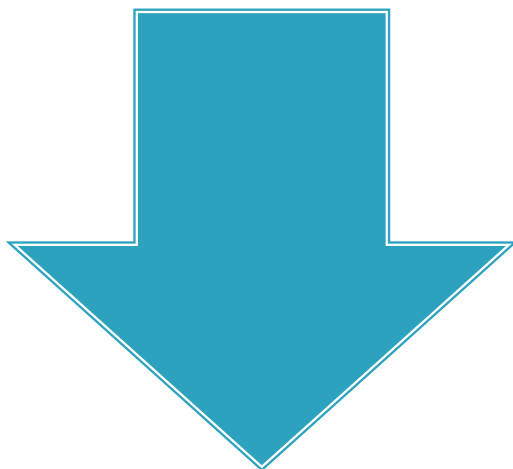
Κανιάρης Ευάγγελος  
Εξειδικευόμενος ΜΕΘ

Α πανεπιστημιακή πνευμονολογική κλινική  
Γ.Γ.Ν.Θ.Α 'Η ΣΩΤΗΡΙΑ'

ΚΑΜΙΑ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΣΥΜΦΕΡΟΝΤΩΝ



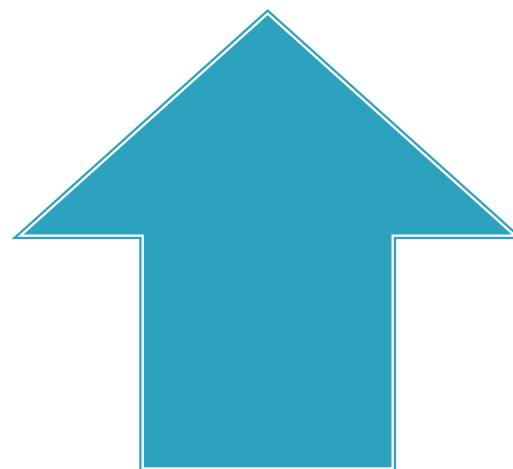
# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού



Ανάπαυση αναπνευστικών μυών  
Επαρκή αερισμό / οξυγόνωση  
Προστασία αεραγωγού



Επιπλοκές  
Αναπνευστικό  
Καρδιαγγειακό  
ΚΝΣ/ΓΕΣ/Νεφροί



# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού



NECESSARY  
EVIL



# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

1774

John Fothergill

‘the lungs of one man  
may bear without injury  
as great a force as those  
of another man can  
exert ,which by the  
bellows cannot  
determind’

1952

Επιδημία πολ/τιδος

Bjørn Ibsen Δανία

Ο μηχανικός αερισμός  
προκαλεί δομικές  
αλλαγές στο  
αναπνευστικό  
σύστημα

1967

‘ο πνεύμονας του  
αναπνευστήρα’

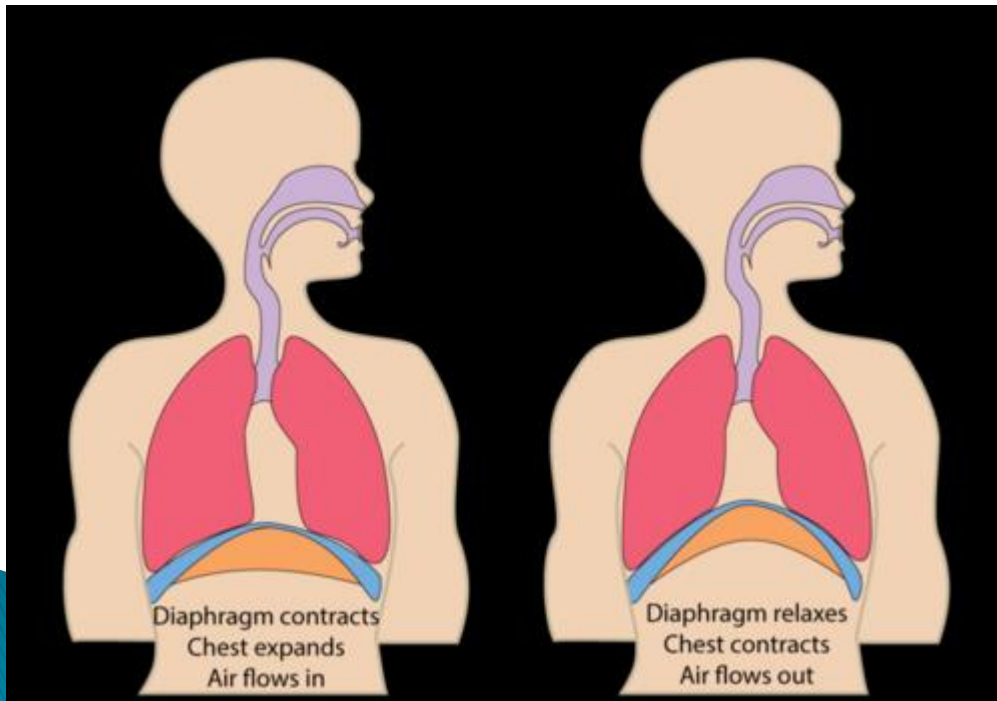
Νεκροτομική εξέταση  
ατόμων σε μηχανικό  
αερισμό

# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

Αυτόματη αναπνοή

Μετακίνηση διαφράγματος  
Αρνητική κυψελιδική πίεση  
Αρνητική υπεζωκοτική  
πίεση

Μετακίνηση αέρα προς τις  
κυψελίδες

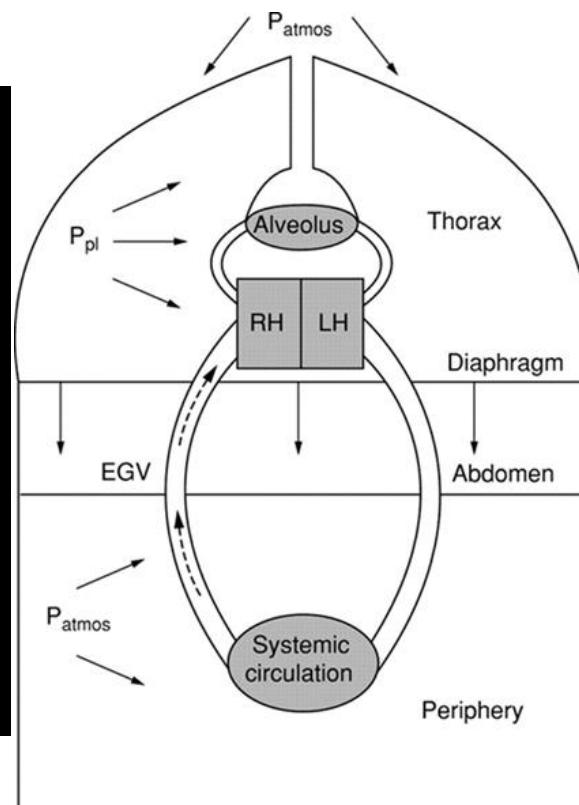
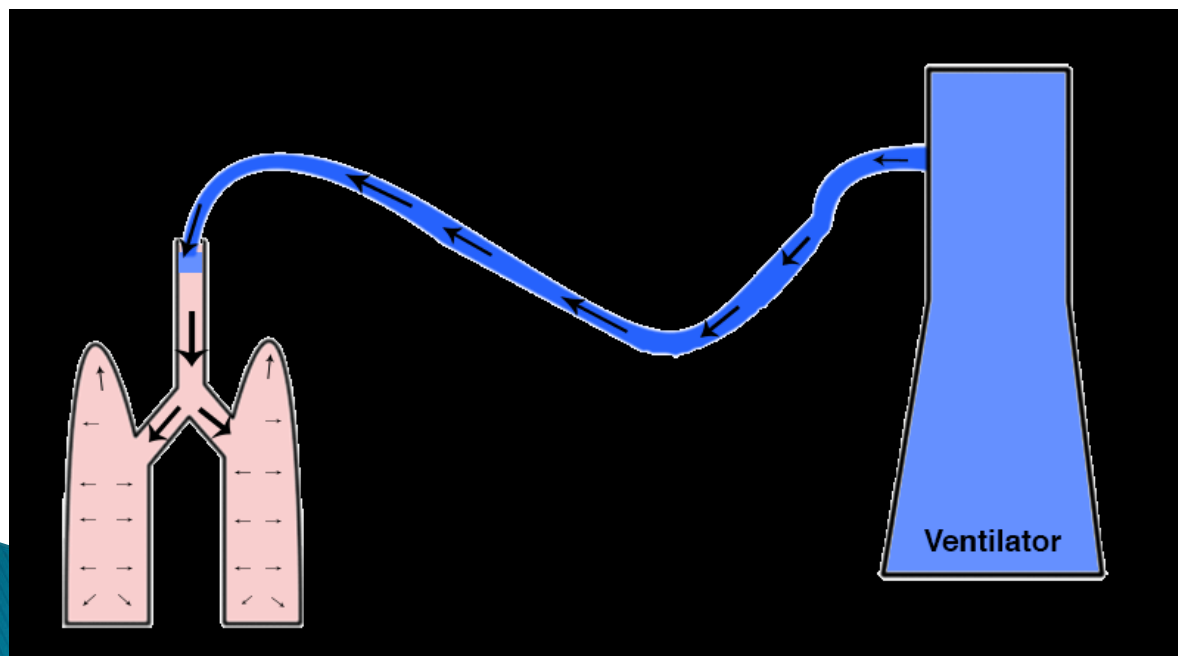


# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

Μηχανικός αερισμός θετικών πιέσεων

Άσκηση θετικών πιέσεων  
στους αεραγωγούς  
Αύξηση της διαμέτρου των  
κυψελίδων  
Θετική κυψελδική πίεση  
Αρνητική υπεζωκοτική πίεση

Μερακίνηση αέρα προς την  
κυψελίδα





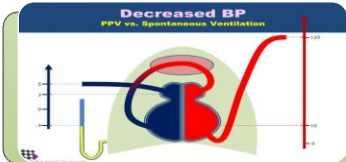
# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού



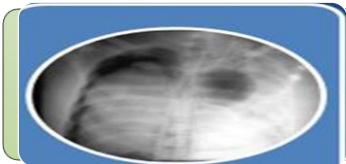
Επιπλοκές σχετιζόμενες με την διασωλήνωση



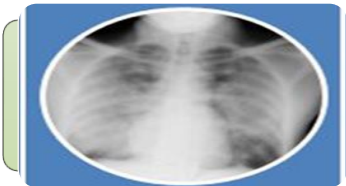
Επιπλοκές σχετιζόμενες με την ύπαρξη του τραχειοσωλήνα



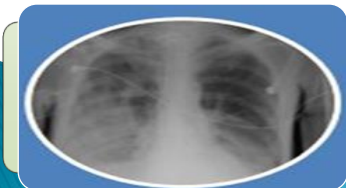
Επίδραση του Μηχανικού αερισμού στο καρδιαγγειακό/ΚΝΣ /ΓΕΣ/Νεφροί/



VILI (Ventilator Induced Lung Injury)/  
VIDD (Ventilator Induced diaphragmatic Dysfunction)



Επιπλοκές σχετιζόμενες με το Οξυγόνο



Επιπλοκές σχετιζόμενες με τις Λοιμώξεις (VAP)



# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

## Επιπλοκές σχετιζόμενες με την διασωλήνωση

Τραυματισμός  
ανώτερων αεραγωγών  
και ρινός

Κάκωση οδόντων

Ρήξη ή αιμάτωμα  
φωνητικών χορδών

Μαζική αιμορραγία  
(τρώση ανωνύμου  
αρτηρίας)

Ρήξη τραχείας

Διασωλήνωση  
οισοφάγου

Διασωλήνωση

Δ Στελεχιαίου  
βρόγχου(3-9%)

Εισρόφηση γαστρικού  
περιεχομένου(8-19%)

# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

## Επιπλοκές ύπαρξης ενδοτραχειακού σωλήνα

Μετατόπιση  
τραχειοσωλήνα

Απόφραξη του σωλήνα  
από εκκρίσεις ή αίμα

Πρόβλημα στεγανότητας  
cuff

Τοπικός ερεθισμός από  
το σωλήνα

Ισχαιμία, νέκρωση  
οπίσθιου λαρυγγικού  
τοιχώματος

Παραρρινοκολπίτιδα

Εξέλκωση λάρυγγα

Λαρυγγικό οίδημα

Πάρεση φωνητικών  
χορδών

Στένωση, νέκρωση  
τραχείας

Τραχειο-οισοφαγικό  
συρίγγιο

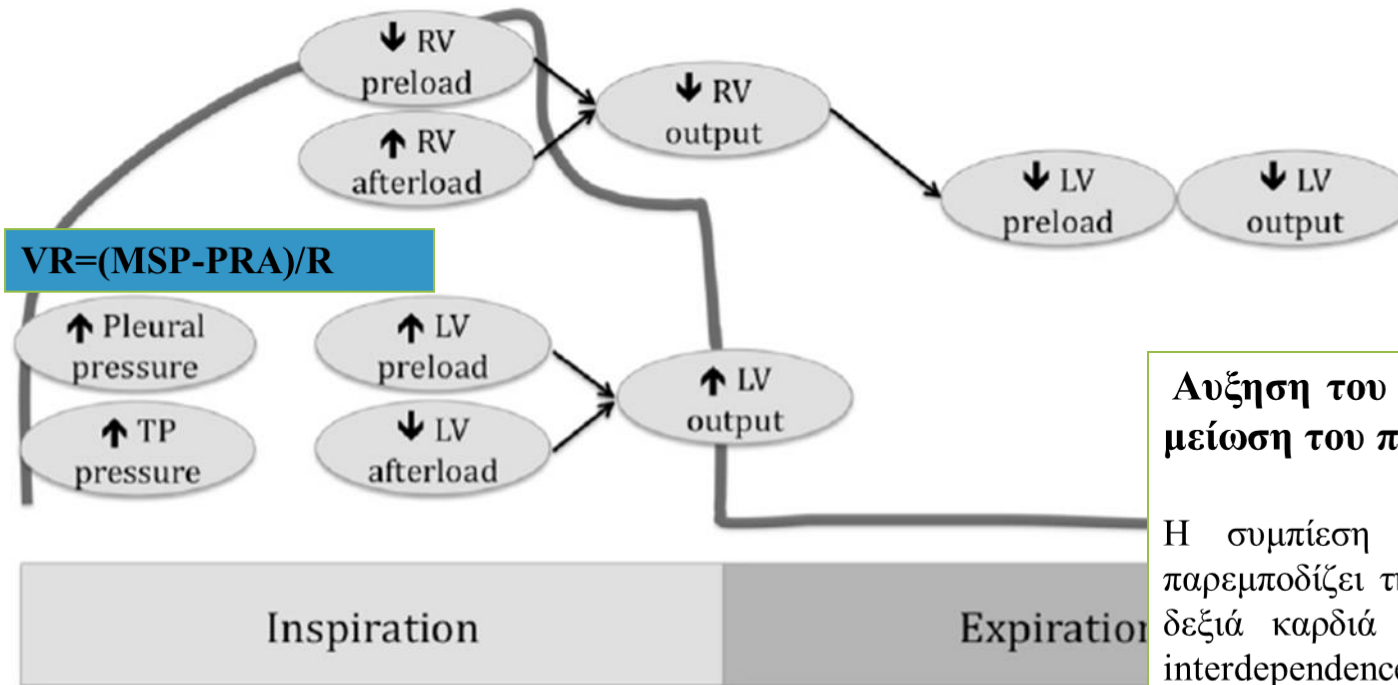
# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

## Καρδιαγγειακό σύστημα



# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

## Καρδιαγγειακό σύστημα



**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 ΔΚ:**

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

**Μείωση του προφόρτιου των κοιλιών:**

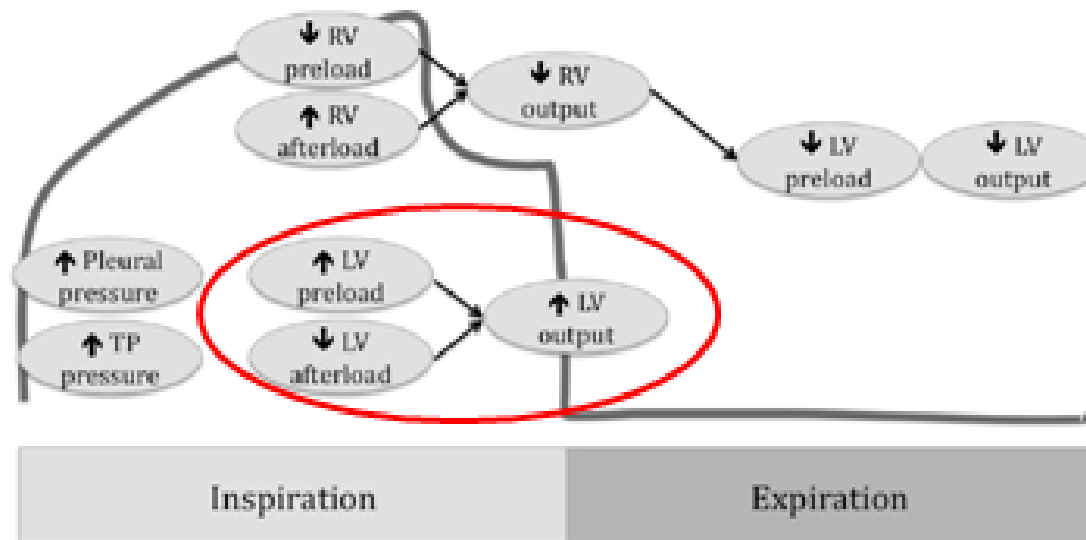
Οποιαδήποτε αύξηση της θετικής πίεσης στην εξωτερική επιφάνεια των κοιλιών ελαττώνει την διατασιμότητα των κοιλιών και αυτό μειώνει την πλήρωσή τους κατά τη διάρκεια της διαστολής

# Επιπλοκές μηχανικού αερισμού

## Καρδιαγγειακό σύστημα

| Hemodynamic effect of positive pressure ventilation |                                          | Likely effect on cardiac output |                     |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|
|                                                     |                                          | Preload dependent               | Afterload dependent |
| RV                                                  | Decreases preload<br>Increases afterload | ↓                               | ↓                   |
| LV                                                  | Decreases preload<br>Decreases afterload | ↓                               | ↑                   |

## Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Καρδιαγγειακό σύστημα

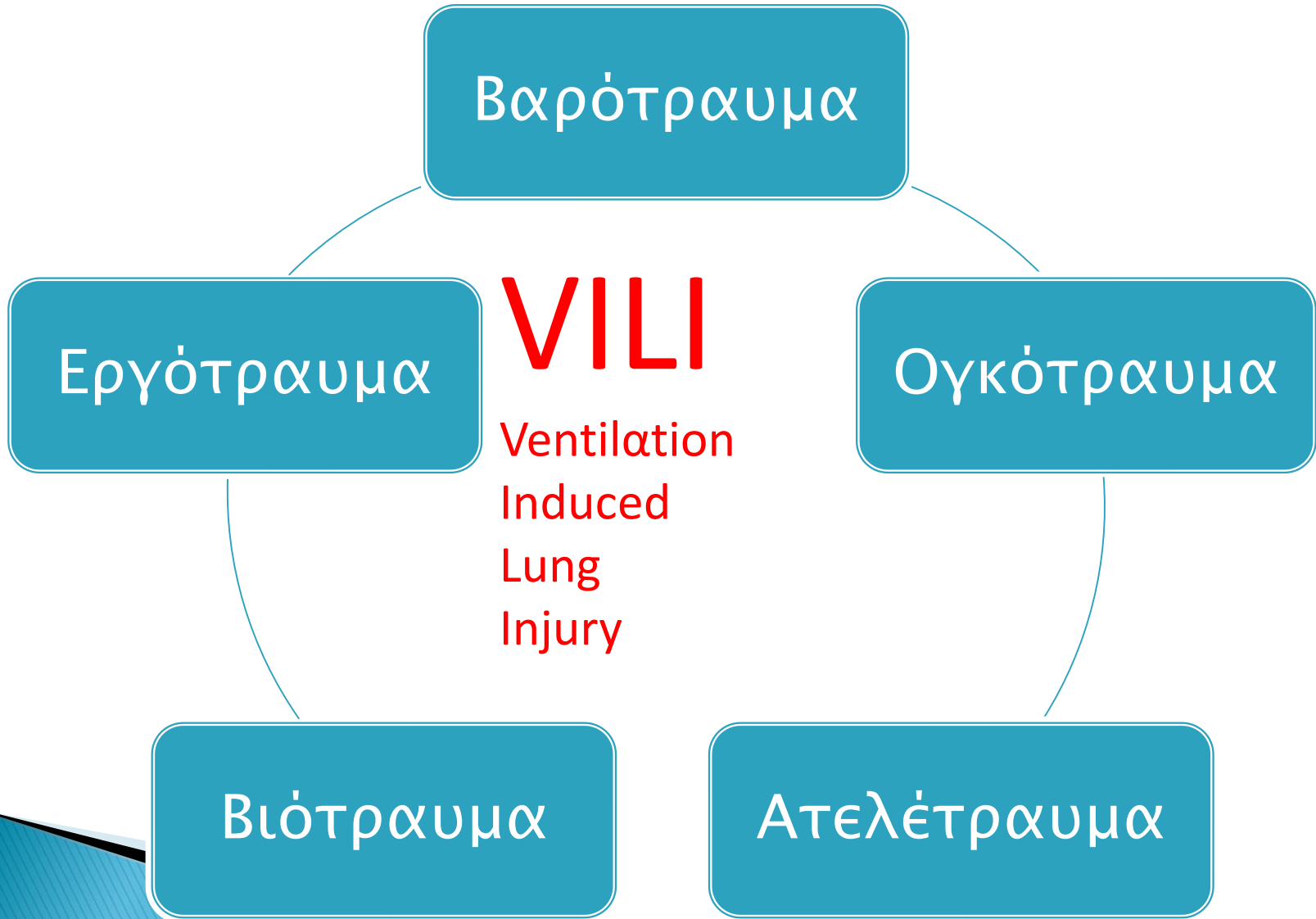


\*\*\*Σε περιπτώσεις σοβαρής αριστερής καρδιακής ανεπάρκειας, η εφαρμογή του μηχανικού αερισμού θετικής πίεσης όχι μόνο δεν μειώνει την καρδιακή απόδοση, αλλά, αντίθετα, μπορεί να την αυξήσει

Μείωση του μεταφορτίου της αριστερής κοιλίας και αύξηση του όγκου παλμού

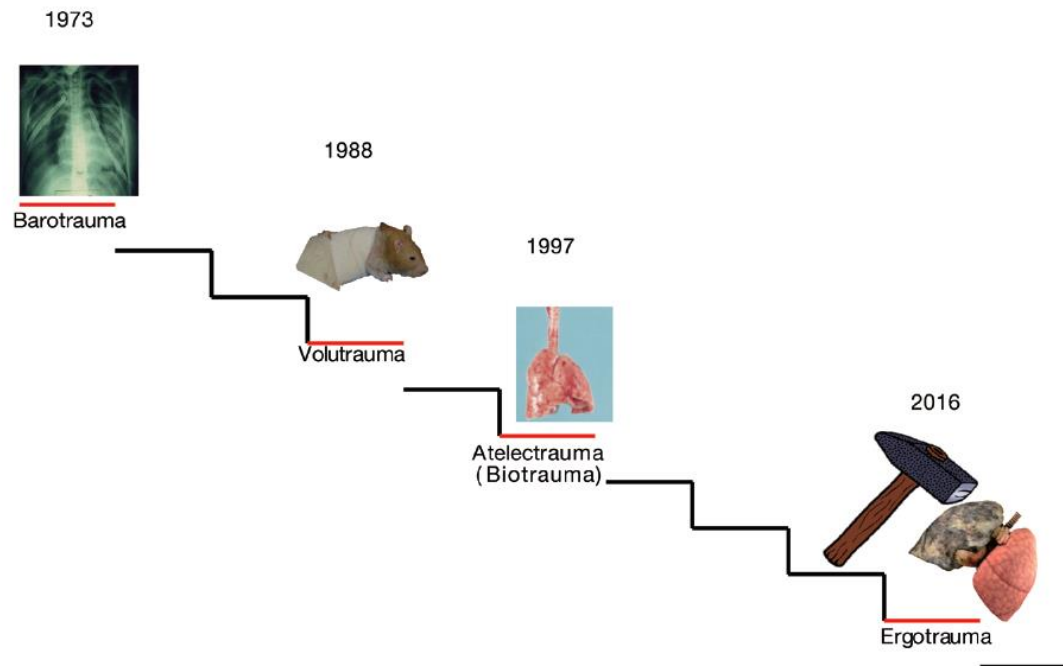
# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού

## Αναπνευστικό Σύστημα





# Επιπλοκές του Μηχανικού αερισμού Αναπνευστικό Σύστημα



**Driving pressure and mechanical power: new targets for VILI prevention**

Tommaso Tonetti<sup>1</sup>, Francesco Vasques<sup>1</sup>, Francesca Rapetti<sup>1</sup>, Giorgia Maiolo<sup>1</sup>, Francesca Collino<sup>1</sup>, Federica Romitti<sup>1</sup>, Luigi Camporota<sup>2,3</sup>, Massimo Cressoni<sup>4</sup>, Paolo Cadringer<sup>5</sup>, Michael Quintel<sup>1</sup>, Luciano Gattinoni<sup>1</sup>

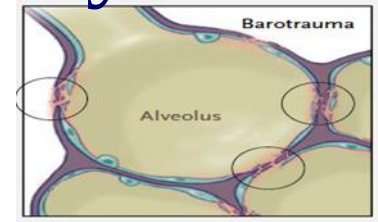
*Ann Transl Med* 2017;5(14):286

# Ventilation Induced Lung Injury

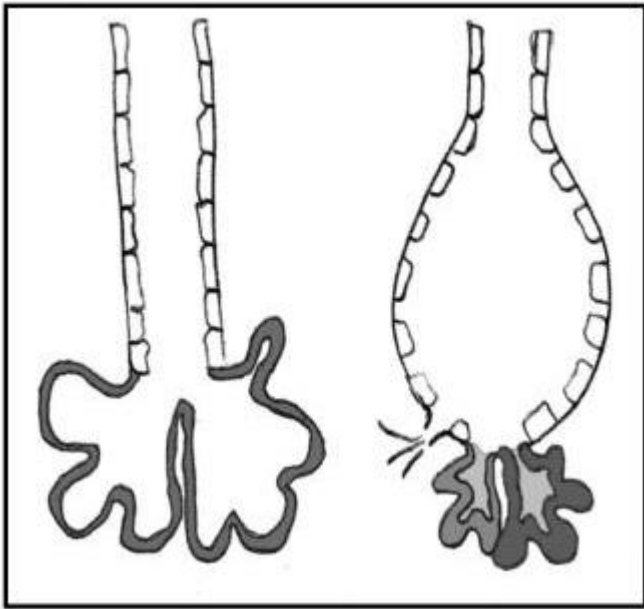


# Ventilation Induced Lung Injury

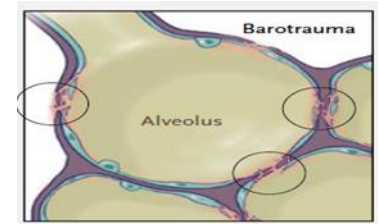
## Barotrauma: Βαρότραυμα



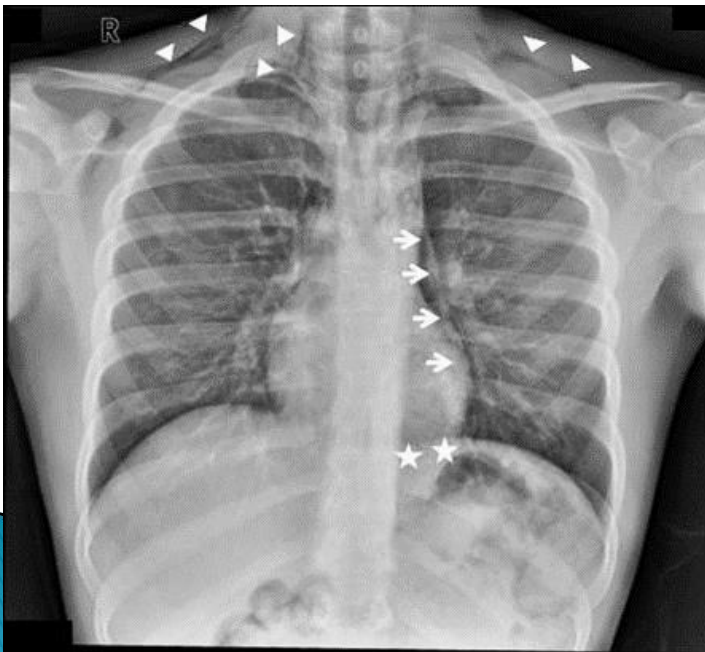
- ▶ Η αυξημένη πίεση εντός των κυψελίδων προκαλεί τη ρήξη τους με επακόλουθο τη διαφυγή αέρα στον διάμεσο ιστό.
- ▶ Ο αέρας ακολουθεί μια πορεία πέριξ των βρογχοαγγειακών σχηματισμών με κατεύθυνση προς το μεσοθωράκιο (διάμεσο εμφύσημα )
- ▶ Εάν ο αέρας φτάσει στο μεσοθωράκιο, προκαλείται πνευμομεσοθωράκιο



# 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)



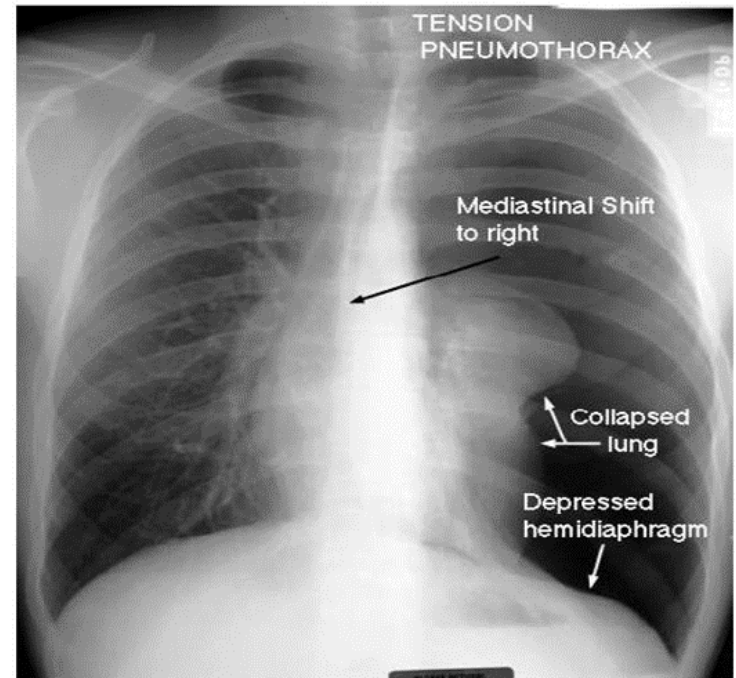
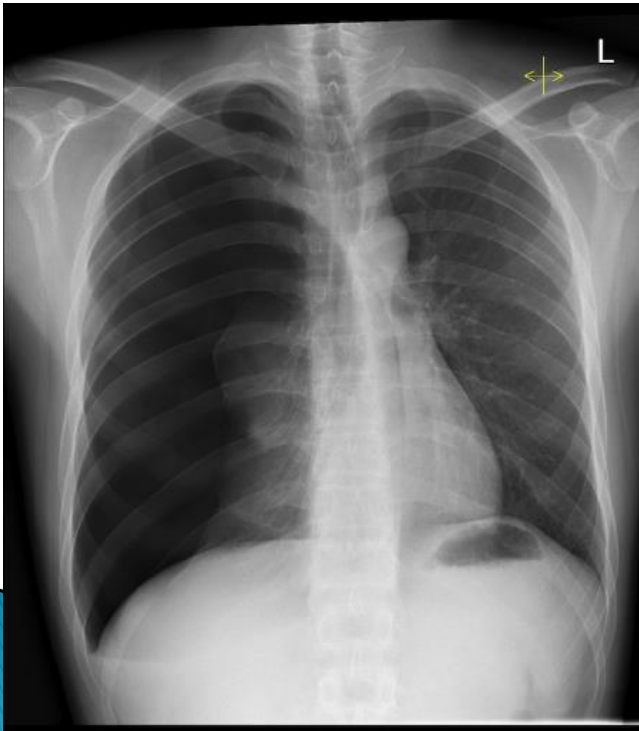
# Βαρότραυμα

Βαρότραυμα

Προσοχή

Πνευμοθώρακας υπό τάση!!!!

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



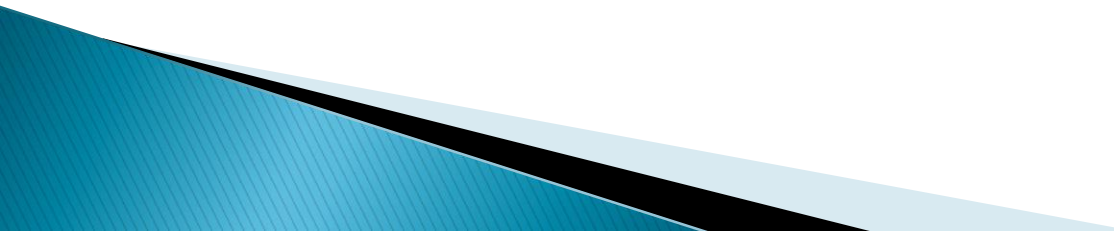
# Ventilation Induced Lung Injury

## **High Inflation Pressure Pulmonary Edema**

**Respective Effects of High Airway Pressure, High Tidal Volume, and Positive End-expiratory Pressure<sup>1-3</sup>**

**DIDIER DREYFUSS, PAUL SOLER, GUY BASSET, and GEORGES SAUMON**

AM REV RESPIR DIS 1988; 137:1159-1164





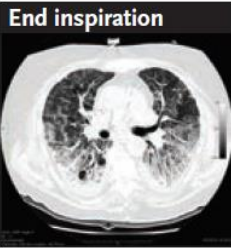
# Ventilation Induced Lung Injury

## A Ventilation at low lung volume

End expiration



End inspiration



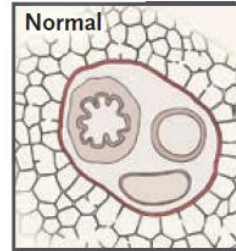
Atelectrauma



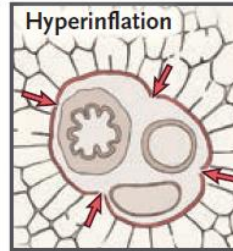
Lung inhomogeneity

## B Ventilation at high lung volume

Normal



Hyperinflation

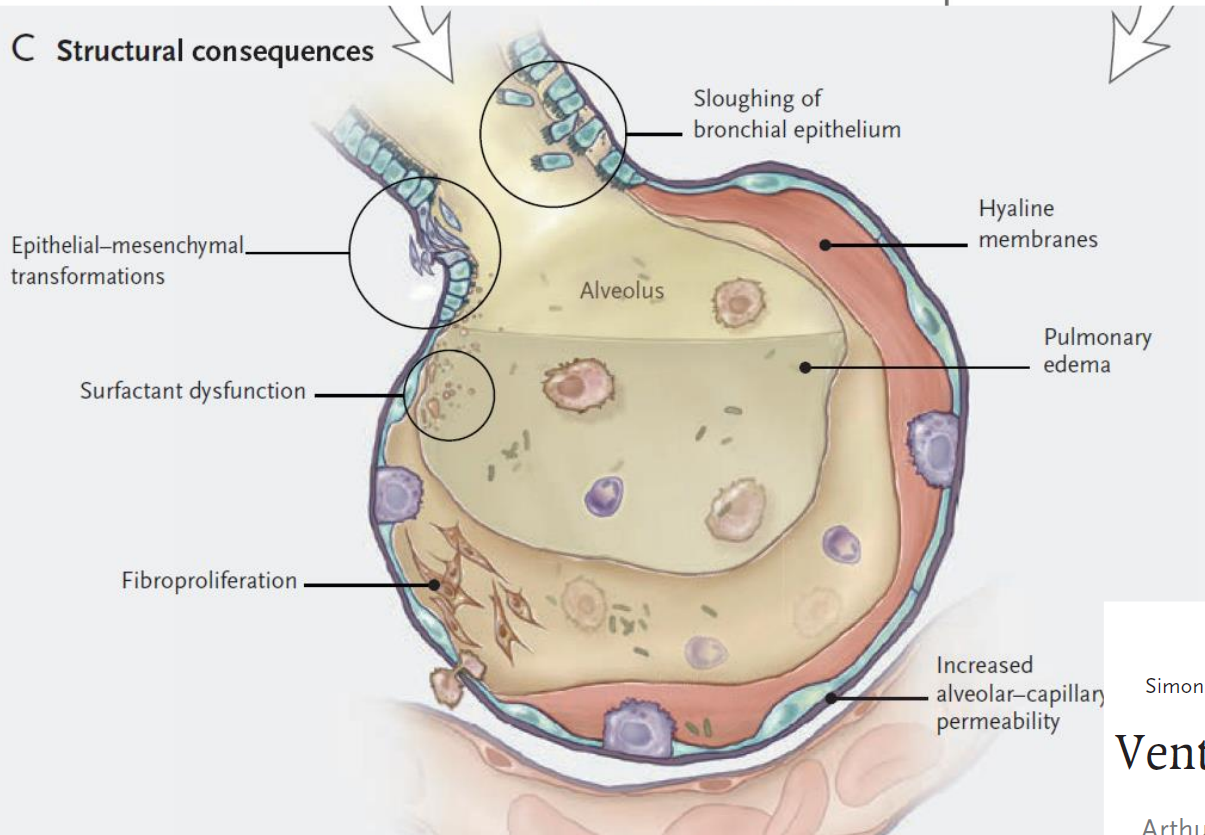


Air leaks



Overdistention

## C Structural consequences



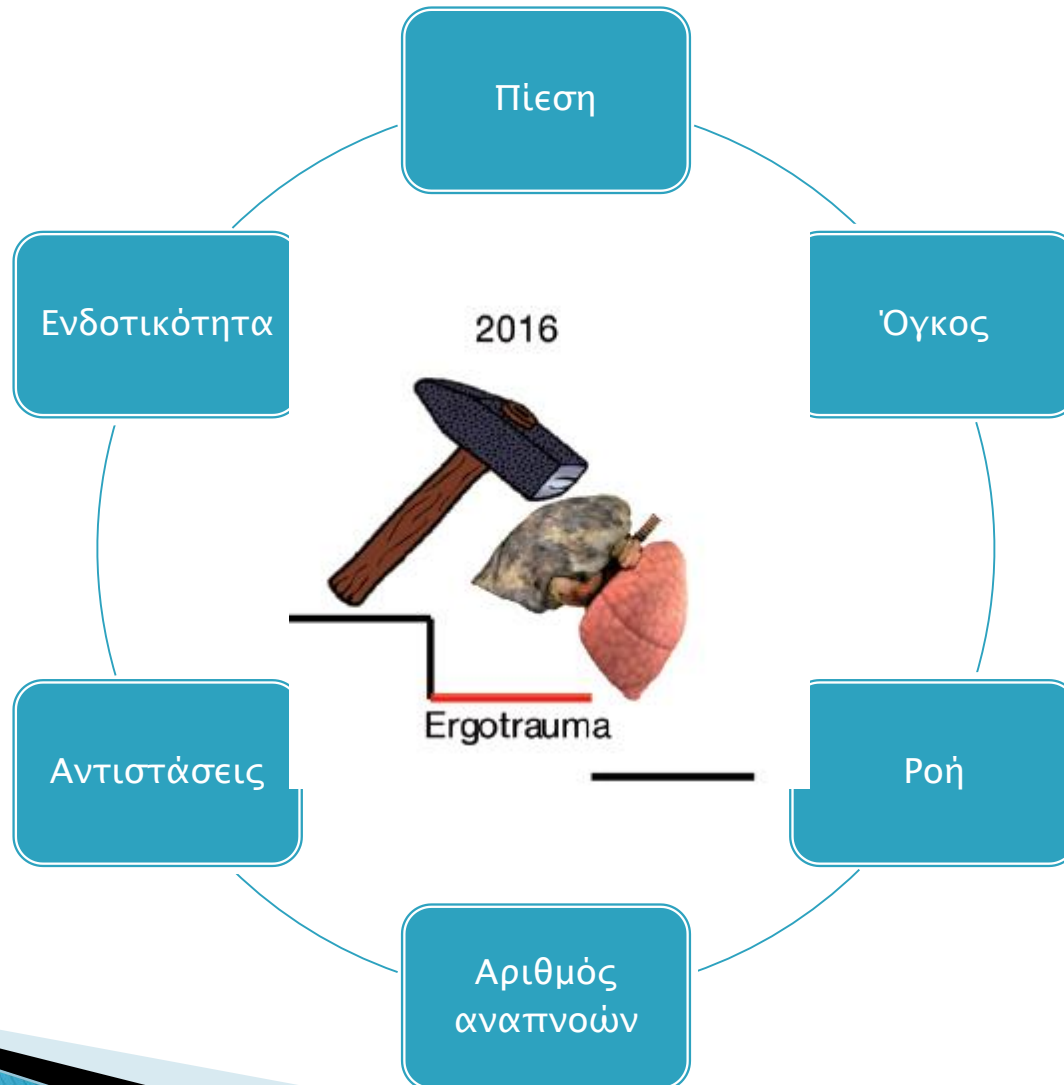
## CRITICAL CARE MEDICINE

Simon R. Finfer, M.D., and Jean-Louis Vincent, M.D., Ph.D., Editors

## Ventilator-Induced Lung Injury

Arthur S. Slutsky, M.D., and V. Marco Ranieri, M.D.

# Ventilation Induced Lung Injury

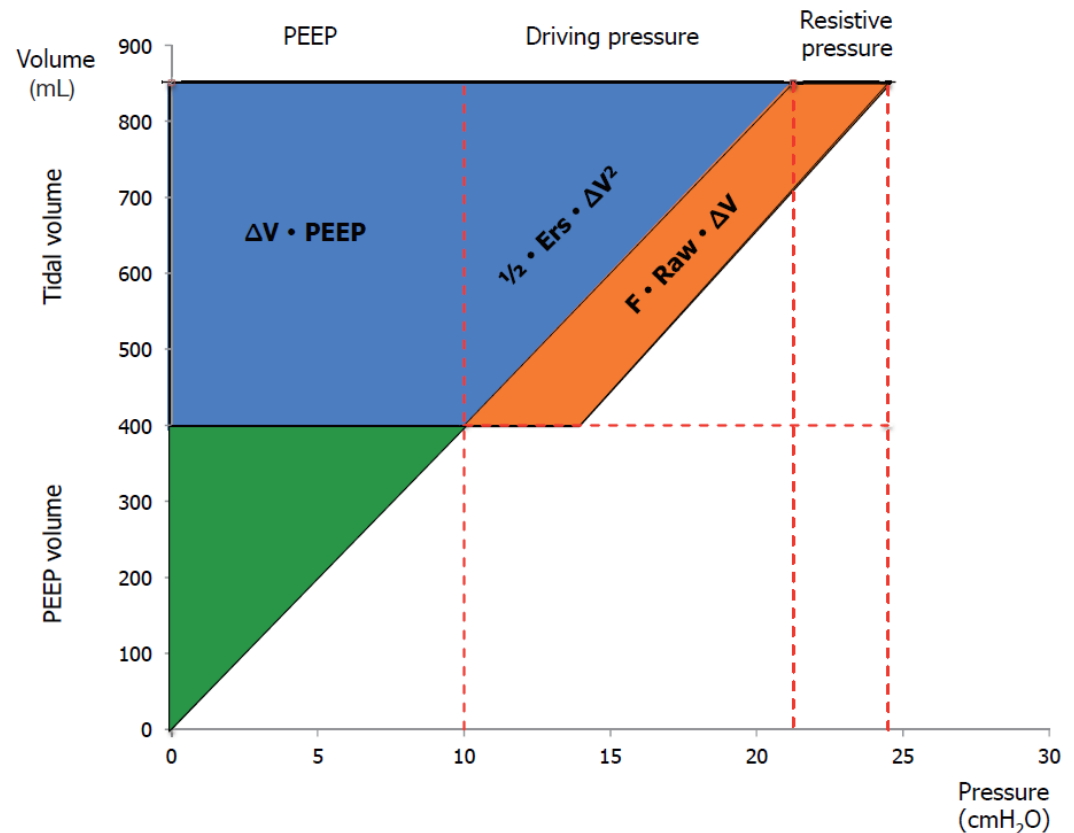




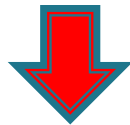
# Ventilator-related causes of lung injury: the mechanical power



L. Gattinoni<sup>1\*</sup>, T. Tonetti<sup>1</sup>, M. Cressoni<sup>2</sup>, P. Cadringer<sup>3</sup>, P. Herrmann<sup>1</sup>, O. Moerer<sup>1</sup>, A. Protti<sup>3</sup>, M. Gotti<sup>2</sup>,  
C. Chiurazzi<sup>2</sup>, E. Carlesso<sup>2</sup>, D. Chiumello<sup>4</sup> and M. Quintel<sup>1</sup>



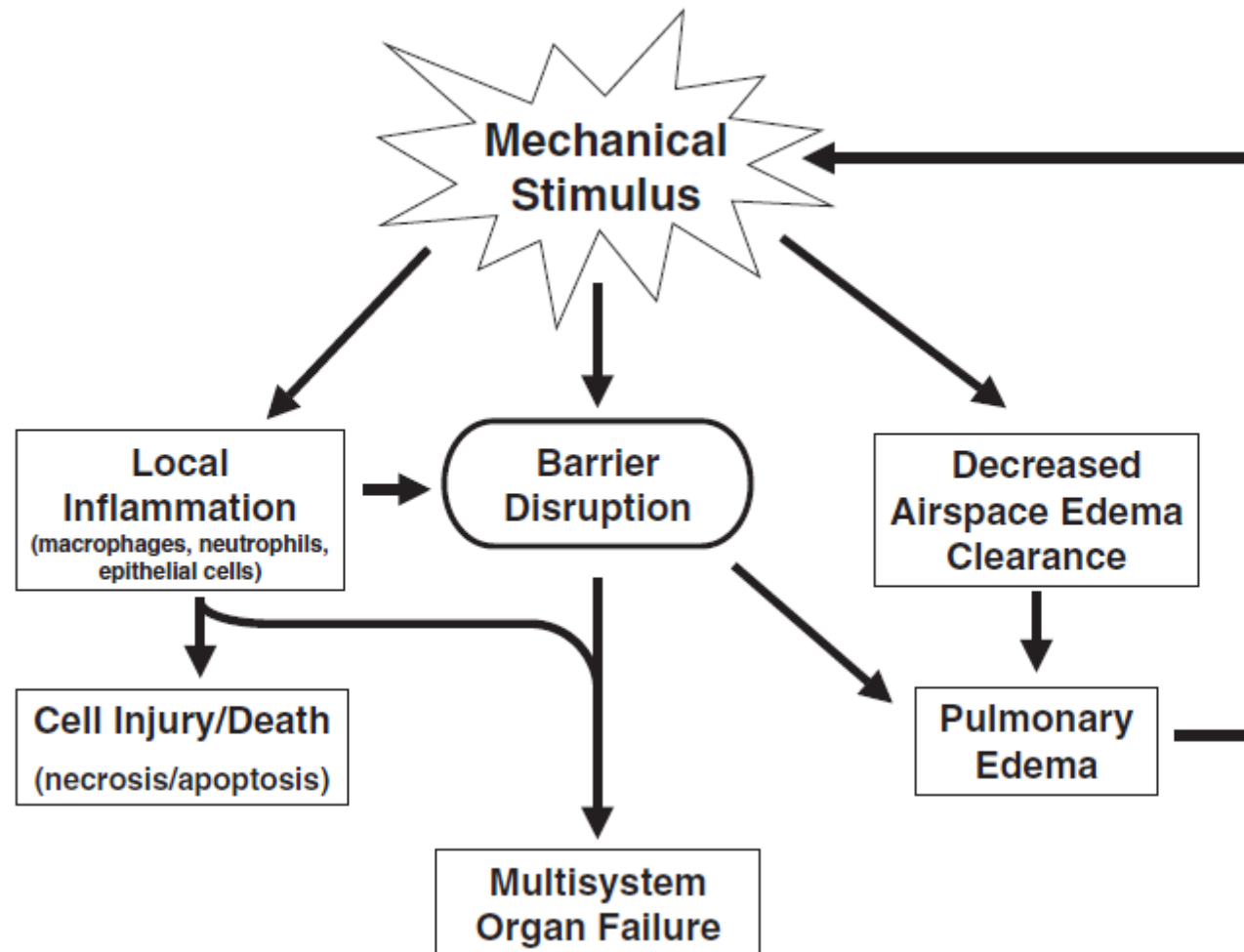
$$P = E_{rs} \cdot \Delta V + R_{aw} \cdot F + PEEP$$



$$Power_{rs} = 0.098 \cdot RR \cdot \left\{ \Delta V^2 \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot E_{rs} + RR \cdot \frac{(1 + I:E)}{60 \cdot I:E} \cdot R_{aw} \right] + \Delta V \cdot PEEP \right\}$$

# Ventilation Induced Lung Injury

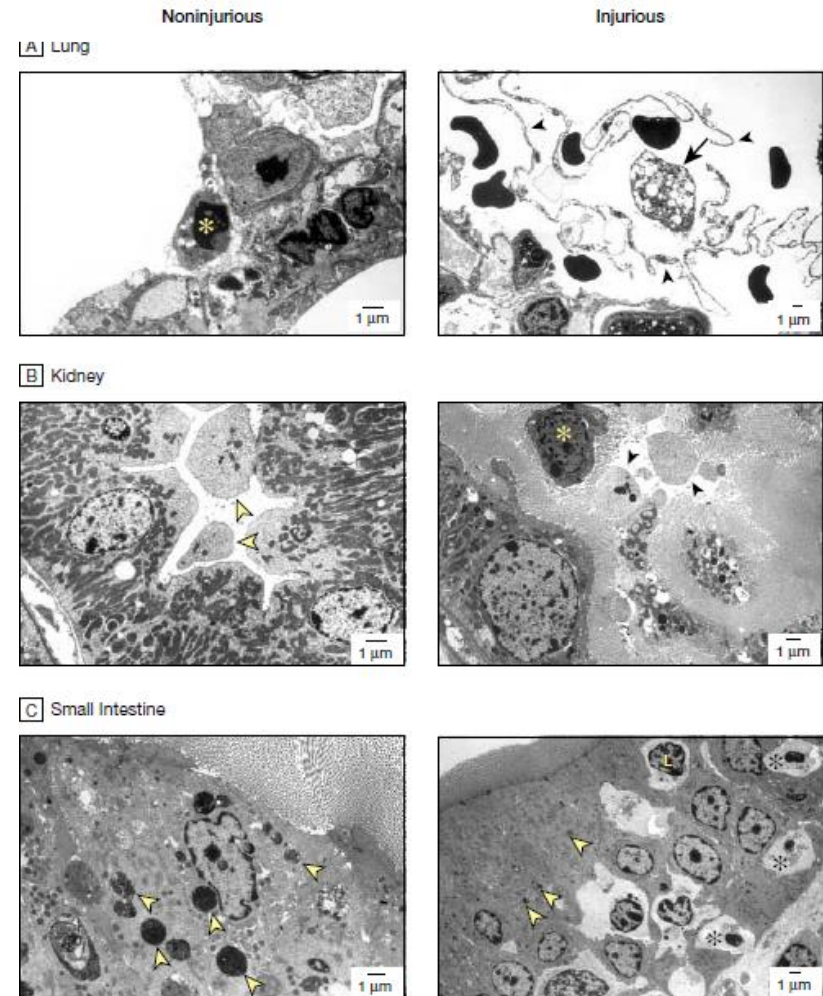
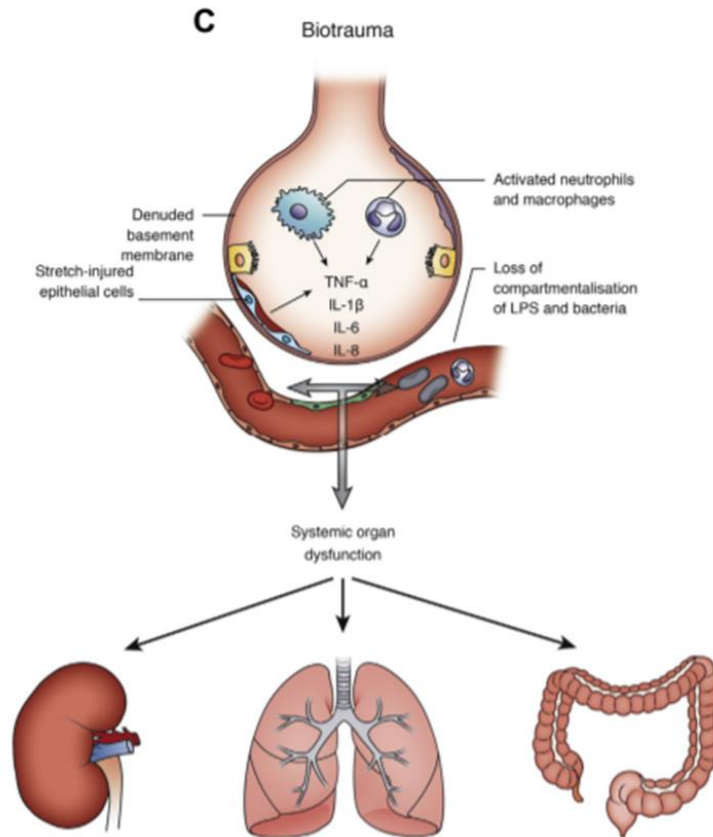
---



# Injurious Mechanical Ventilation and End-Organ Epithelial Cell Apoptosis and Organ Dysfunction in an Experimental Model of Acute Respiratory Distress Syndrome

Yumiko Imai; Jean Parodo; Osamu Kajikawa; et al.

*JAMA*. 2003;289(16):2104-2112 (doi:10.1001/jama.289.16.2104)



# Θετικές ενδοθωρακικές πιέσεις- μείωση καρδιακής παροχής

## Βιότραυμα από VILI

### Άμεση μηχανική δράση

#### Διάφραγμα

Ατροφία του διαφράγματος  
εξ αχρηστίας(VIDD)

#### Νεφρούς

Μειωμένη παραγωγή ούρων  
Κατακράτηση νερού  
υπονατρίαμια

#### Γαστρεντερικό σύστημα

Διάταση εντέρου(κατάποση  
αέρα)

Υποκινησία και  
δυσκοιλιότητα

Έλκη στομάχου και  
αιμορραγίες

Ηπατική δυσπραγία

Διαβρωτική οισοφαγίτιδα

Αλιθιασική χολοκυστίτιδα

# Θετικές ενδοθωρακικές πιέσεις-μείωση καρδιακής παροχής

## Βιότραυμα από VILI

### Άμεση μηχανική δράση

Κεντρικό νευρικό  
Σύστημα

Αύξηση της  
ενδοκράνιας πίεσης  
(ICP) Μείωση της  
πίεσης αρδευσης του  
εγκεφάλου

Απόπτωση  
νευρώνων στην  
ιππόκαμπο (delirium)

Μυϊκό σύστημα

Αδυναμία  
αναπνευστικών  
μυών

Γενικότερη μυϊκή  
αδυναμία

Διαταραχές ύπνου

Μη τυπικός stage 2  
ύπνος

Διακοπτόμενος  
ύπνος

Απώλεια REM ύπνου

# 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

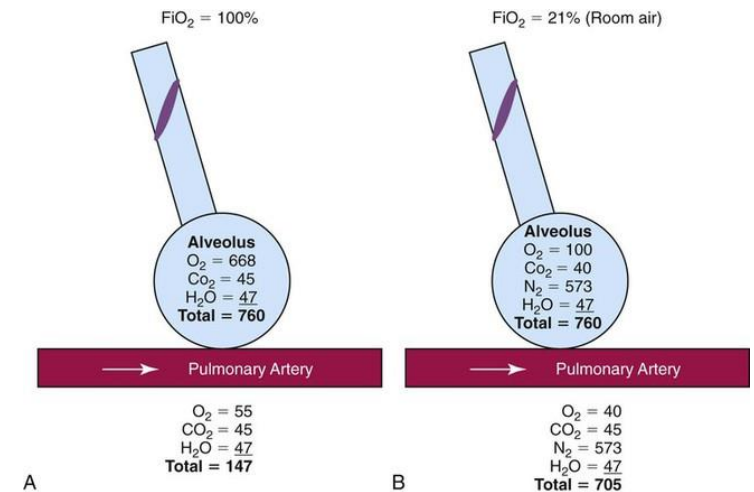
$PCO_2 = 40$  mmHg

$PN_2 = 573$  mmHg

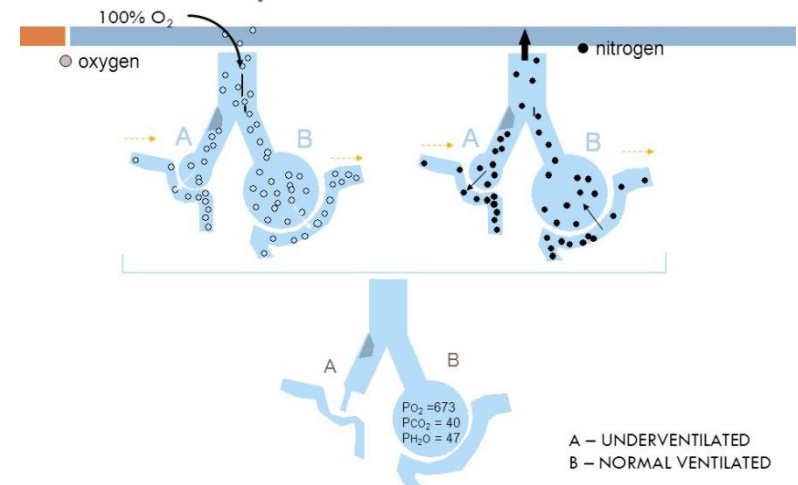
$PH_2O = 47$  mmHg

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%  $\text{O}_2$

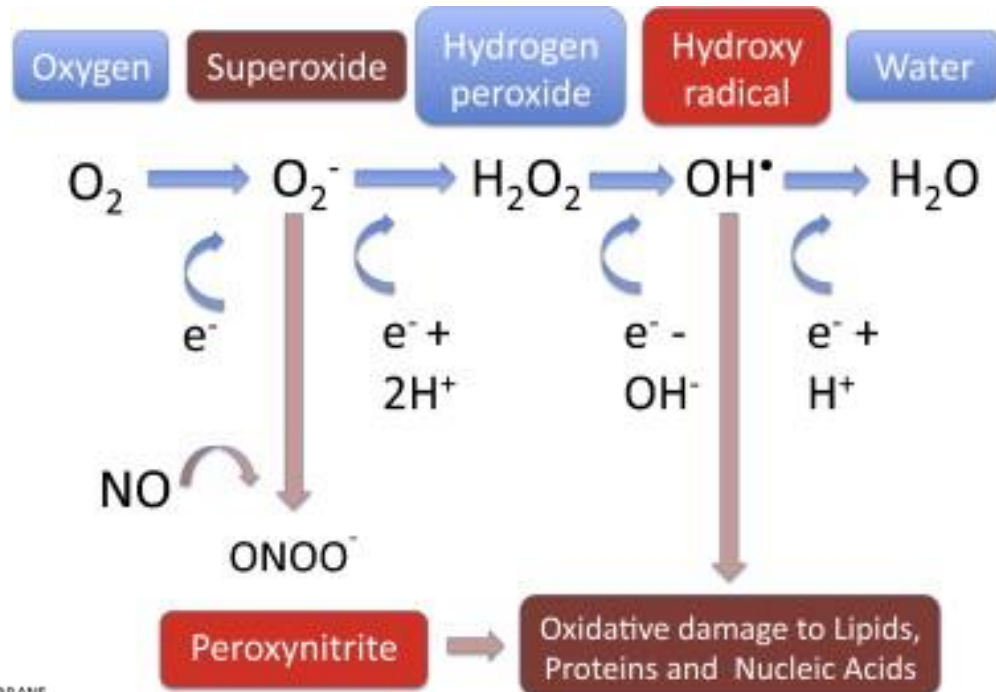
Τοξικές Ρίζες

$\text{O}_2$

#### ROS (Type of Free Radicals) Damage



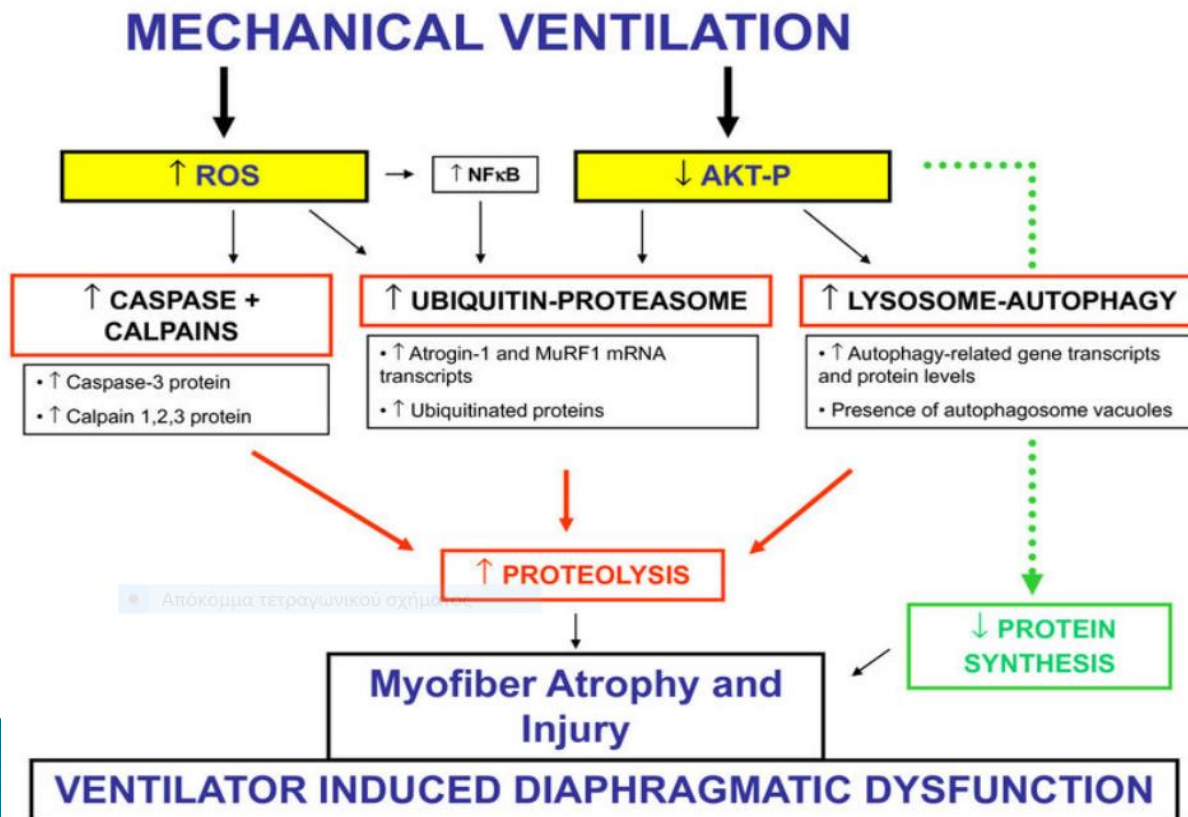
ROS (Reactive Oxygen Species, Type of Free Radicals) are toxic by-products of energy production that can damage the cell membrane, mitochondria and DNA. This is the reason we need a good supply of antioxidants.





# Ventilator Induced Diaphragmatic Dysfunction (VIDD)

## Μυϊκή Ατροφία εξ αχρησίας



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

# 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, παραβιάζει τον βήχα και την βλεννοκροσσωτή κάθαρση και ευνοεί την κατακράτηση των εκκρίσεων

# Μακροχρόνιες επιπλοκές του μηχανικού αερισμού

## Μακροχρόνιος κλινοστατισμός

- Αύξηση αντίστασης στην ινσουλίνη
- Αύξηση της πιθανότητας για θρομβοεμβολική νόσο
- Μυοσκελετικά προβλήματα( δυσπραγία αρθρώσεων, συνοστεώσεις)
- Κατακλίσεις

## Ψυχολογικές διαταραχές

- Μετατραυματικό σύνδρομο
- Κατάθλιψη
- Αγχώδεις διαταραχές
- Ψυχώσεις

Επιπλοκές μηχανικού αερισμού



NECESSARY  
EVIL



# Intensive care medicine in 2050: the future of ICU treatments

Jean-Louis Vincent<sup>1\*</sup> , Arthur S. Slutsky<sup>2,3</sup> and Luciano Gattinoni<sup>4</sup>



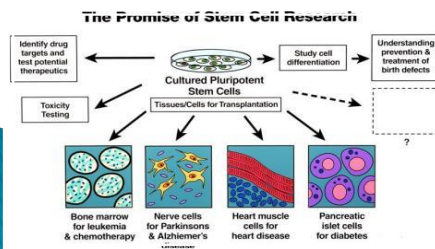
Μηχανικός αερισμός μέσω  
μάσκας



Ακτινογραφικά θα ορίζεται η  
παθοφυσιολογία του πνεύμονα και ο  
αναπνευστήρας μετρώντας την  
μηχανική ισχύ θα προστατεύει από  
VILI



Εξωσωματική υποστήριξη  
πνευμόνων νεφρών- ήπατος και  
μεταβολισμού



Αναμένοντας το ιστοσυμβατό όργανο  
από τα stem cell του

Ευχαριστώ

