



CONSORCI  
HOSPITAL GENERAL  
UNIVERSITARI  
VALÈNCIA



Actualización de la ventilación unipulmonar en cirugía torácica ¿bloqueador bronquial o tubo selectivo doble luz?  
Protección Pulmonar y PEEP

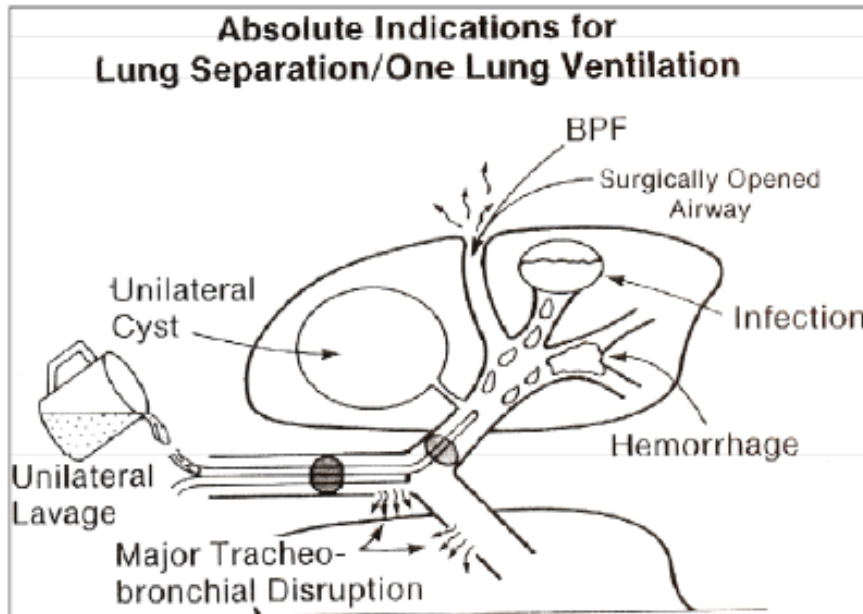
Dr. Manuel Granell. Dra. Itziar De la Cruz. SARTD CHGUV

**Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor  
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia**



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014

## Indicaciones absolutas y relativas de ventilación selectiva



- 1) *Aislamiento entre pulmones*
- 2) *Solución de continuidad en la vía aérea (fístula, cirugía T-B)*
- 3) *Bulla gigante*
- 4) **Colapso absoluto (VTS)**
- 5) *Proteinosis alveolar con lavados*
- 6) *Facilitar la cirugía*

**Las indicaciones relativas son prácticamente inexistentes**

## Técnicas de IOT en cirugía torácica con necesidad de ventilación unipulmonar

→ Tubos de doble luz | Derecho  
Izquierdo

→ Bloqueadores bronquiales | Fogarty  
Univent  
Arndt  
Cohen

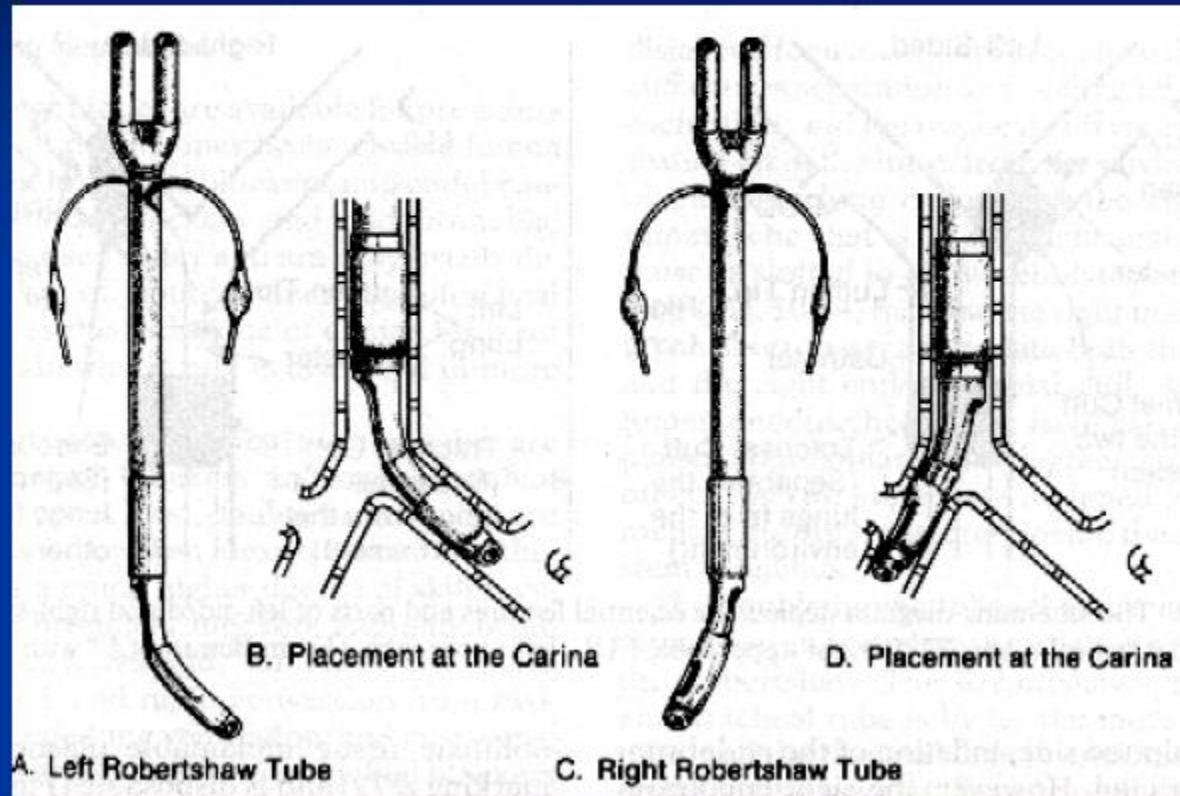


## **Nuevas técnicas**

- **Coopdech**
- **EZ-Blocker**
- **Vivasight**



## Métodos de aislamiento pulmonar.



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014

Métodos de aislamiento pulmonar.

## Tubo de doble luz bronquial izquierdo



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014

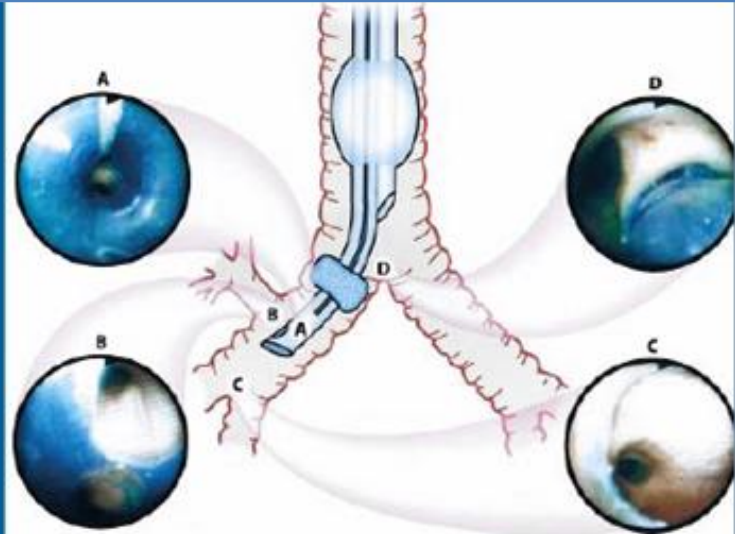




## Tubo de doble luz bronquial derecho



Orificio bronquial para el LSD



### Tubo de doble luz derecho.

El pulmón izquierdo es ventilado desde el orificio traqueal. El LSD es ventilado desde el orificio proximal bronquial y LM e Inferior desde el orificio distal

# El ABC del aislamiento pulmonar

## A Anatomía del árbol traqueo-bronquial

The ABC's of lung isolation

Which ever method of lung isolation is chosen for a particular patient in a specific clinical situation, there are several general principles of lung isolation that should be followed to improve the safety and reliability of the procedure. I will refer these as the ABC's of lung isolation. They are: know the tracheo-bronchial Anatomy, always use the fiberoptic Bronchoscope and examine the Chest *x-ray* and CT scan preoperatively.

## B Broncosocopio

The left mainstem bronchus is narrower (mean adult diameter 13 mm) than the right (16 mm) and makes a more acute angle at the carina (45 vs 30) this means that it is generally more difficult to get a tube or blocker into the left side. However, the left mainstem bronchus is longer ( $48 \pm 8$  mm) than the right ( $21 \pm 8$  mm) and thus there is a larger margin of safety in positioning tubes or blockers on the left.<sup>13</sup>

## C Chest x-ray o CT

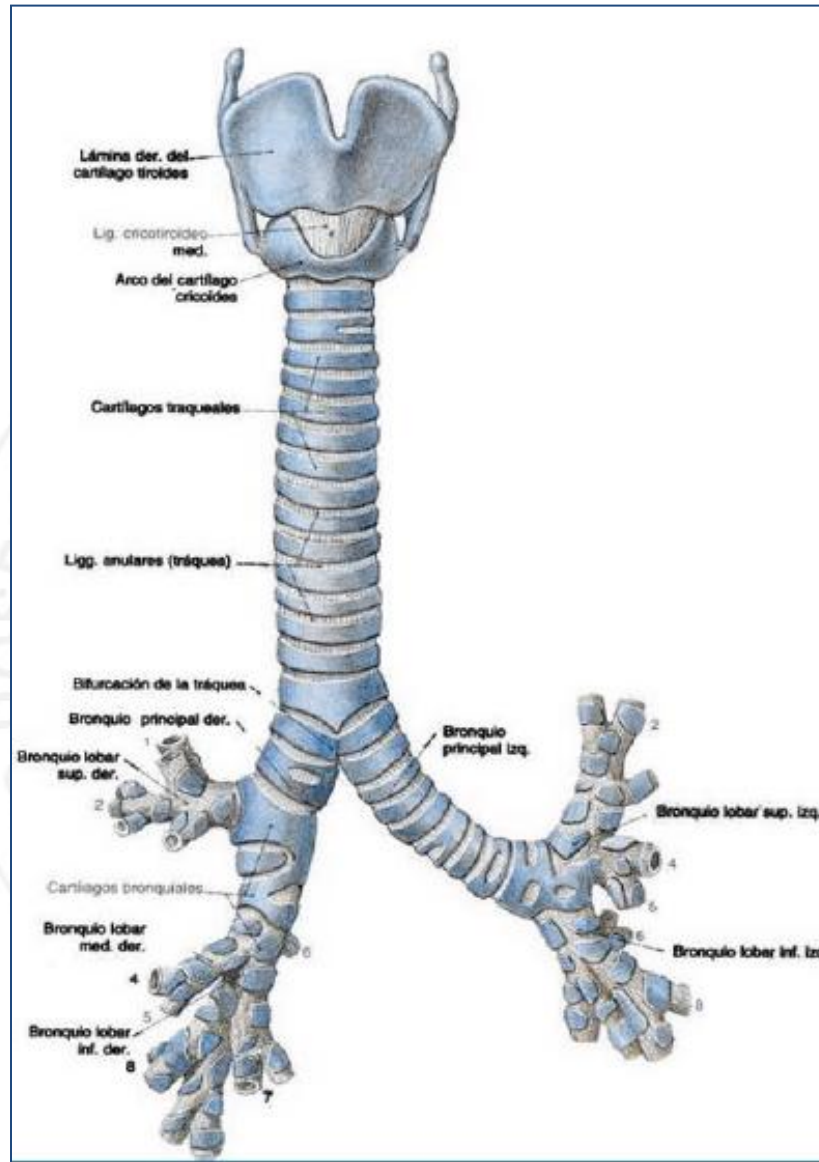
Lung isolation in thoracic anesthesia, state of the art

CAN J ANESTH 2001 / 48: 6 / pp R1-R10

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014







**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada**  
**Valencia 13 de Mayo de 2014**



# Métodos de aislamiento pulmonar.

*¿Izquierdo o derecho? → IZQUIERDO*

## Endobronquial derecho:

*Más difíciles de posicionar*

*Requieren técnica FBC más especializada*

*Alta incidencia de obstrucción del LSD*



# Métodos de aislamiento pulmonar. *¿Izquierdo o derecho?*

## INDICACIONES TDL DCHOS.

Anatomía alt. del bronquio principal izquierdo:  
Aneurisma aorta torácica descendiente  
Compresión extrínseca intraluminal de un tumor

Cirugía que afecte al bronquio principal izdo.  
Tx pulmón izdo.  
Neumonectomía izda.  
Resección en manguito del lado izdo.



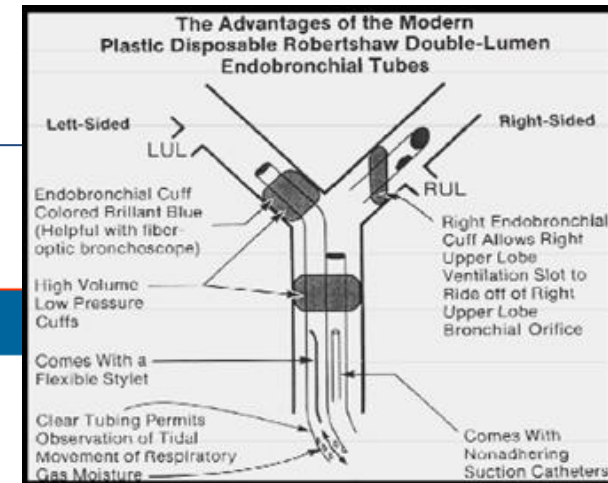
# VUP: Tubos de doble luz

## Ventajas

- Fácil de colocación (especialmente los tubos izquierdos).
- Permiten aspirar ambos pulmones de secreciones u otro material alojado en ellos.
- Consiguen un colapso pulmonar rápido y total tras el clampaje y la apertura de la rama espiratoria correspondiente.
- Permiten la aplicación de CPAP o de ventilación diferencial.
- Sin ningún tipo de manipulación posterior de la vía aérea, permiten colapsar indistintamente un campo pulmonar u otro, según clampemos el extremo traqueal o el extremo bronquial.

## Inconvenientes

- Necesidad de un cambio de tubo al final de la intervención si se necesita VM postoperatoria.
- La dificultad en su inserción cuando el paciente presenta una intubación dificultosa (son largos y difícilmente maniobrables) y en pacientes con dientes prominentes (especialmente colmillos) es fácil la rotura del balón traqueal durante la intubación.



## Vivasight



- Proporciona monitorización continua de la vía aérea sin interrupción de la visualización.
- No precisa fibrobroncoscopio.

# Usefulness of ETVView TVT endotracheal tube<sup>®</sup> for correct positioning of bronchial blockers in left lobectomy: an easy and safe combination

M. GIGLIO <sup>1</sup>, D. ORESTE <sup>2</sup>, N. ORESTE <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Anesthesia and Intensive Care Unit, San Paolo Hospital, Bari, Italy

<sup>2</sup>Radiology Unit, San Paolo Hospital, Bari, Italy

## ABSTRACT

One-lung ventilation is an important concern for open thoracotomy or video-assisted thoracoscopic surgery. Double-lumen endotracheal tubes are commonly used for this purpose, but, despite their widespread use, their positioning is still limited by the difficulty of insertion compared with a single-lumen tube (related to the stiffness and the large diameter of the double-lumen tube) and the need of a fiberoptic bronchoscopy. The use of a bronchial blocker passed through a single-lumen endotracheal tube (ET) is another way to separate lungs, but its use still requires the need of a fiberoptic bronchoscopy to control its correct placement. Recently, a new single-lumen tube, called the ETVView TVT<sup>®</sup>, has been released. This new device is equipped with a mini video-camera embedded at the tip of the tube, allowing to directly visualize the tracheal mucosa, the carina and the bronchi. This work demonstrates the utility and the main advantages of this new single-lumen tube for placing correctly a bronchial blocker without the control of bronchoscopy in patients undergoing left lobectomy.

**Key words:** Thoracic surgery - Pneumonectomy - Thoracic surgical procedures.





## ETView tracheoscopic ventilation tube for surveillance after tube position in patients undergoing percutaneous nephrolithotomy

M. Barak<sup>1 3\*</sup>, V. Putilov<sup>4</sup>, S. Meretyk<sup>2 3</sup> and S. Halachmi<sup>3 5</sup>

**Background.** Tracheal tube (TT) displacement during general anaesthesia may result in life-threatening complications and continuous direct vision of the position of the tube may enable safer management. The ETView tracheoscopic ventilation tube (TVT™) is a single-use TT incorporating a video camera and a light source in its tip. The view from the tip appears continuously on a portable monitor in the anaesthetist's vicinity. This study was designed to test the ETView TVT™ in monitoring the TT position during general anaesthesia.



# Métodos de aislamiento pulmonar

## **Bloqueadores Endobronquiales**

Univent

Bloqueador Endobronquial Arndt  
Bloqueador Endobronquial Cohen  
Catéter Fogarty para embolectomías.

### **INDICACIONES:**

- Dificultad para colocar un DLT
- Vía aérea superior difícil
- Intubación prolongada postoperatoria
- Necesidad imprevista de aislamiento pulmón
- Resecciones pulmonares previas y necesidad de colapso pulmonar.



# Aplicaciones de los bloqueadores bronquiales en cirugía torácica

R. García-Guasch<sup>a</sup>, J. H. Campos<sup>\*b</sup>, M. Granell<sup>\*\*a</sup>, J. J. Peña<sup>\*\*c</sup>

Servicio de Anestesiología y Reanimación. Hospital Universitari Germans Trias i Pujol. Badalona. Universidad Autónoma de Barcelona.

\*Anestesia Cardiotorácica. Universidad de Iowa. \*\*Consortio Hospital General Universitario. Valencia. Universidad de Valencia.

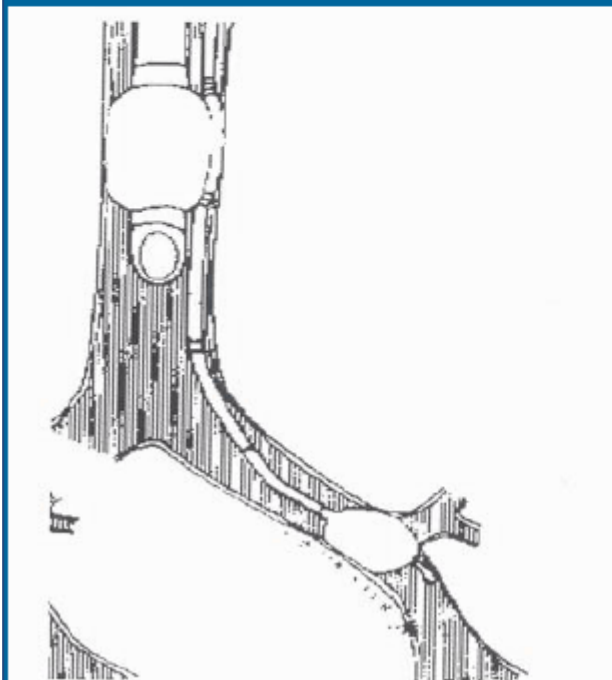
La utilización de los bloqueadores bronquiales puede ser muy útil o imprescindible en algunas circunstancias como intubación difícil, boca pequeña, deformidad del árbol bronquial, traqueotomía, en pediatría y en otras circunstancias, por lo que es necesario el conocimiento y la habilidad para su colocación y manejo. Únicamente es necesario tener práctica en el uso del FBS y en el reconocimiento de las diferentes estructuras de la vía aérea. En el caso de lavado broncoalveolar o presencia de contaminación del otro pulmón por hemorragia masiva o pus, o cuando se necesita una gran aspiración de líquido a través de la luz el tubo de doble luz será el dispositivo de primera elección para la separación pulmonar.

**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014**



## VUP: Bloqueadores bronquiales

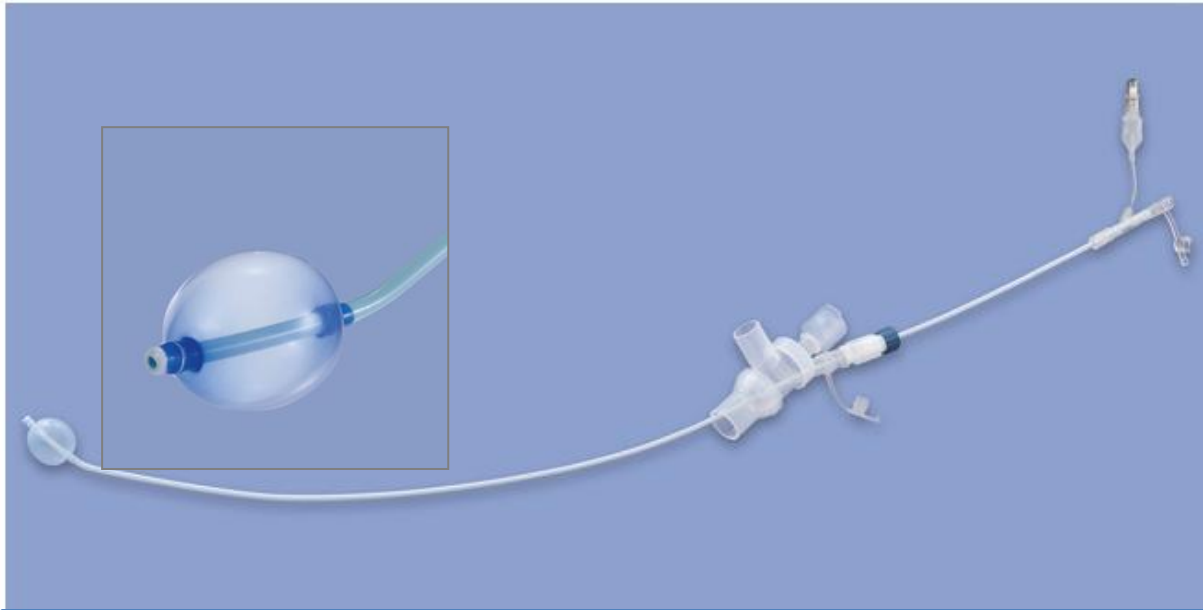
### Catéter de Fogarty y catéteres de Swan-Ganz



El bloqueador se sitúa lateralmente al TOT  
Podemos observar como el balón inflado  
impide el paso de gas hacia el pulmón  
izquierdo. El campo pulmonar derecho se  
ventila desde la tráquea.

## VUP: Bloqueadores bronquiales

UNIBLOCKER

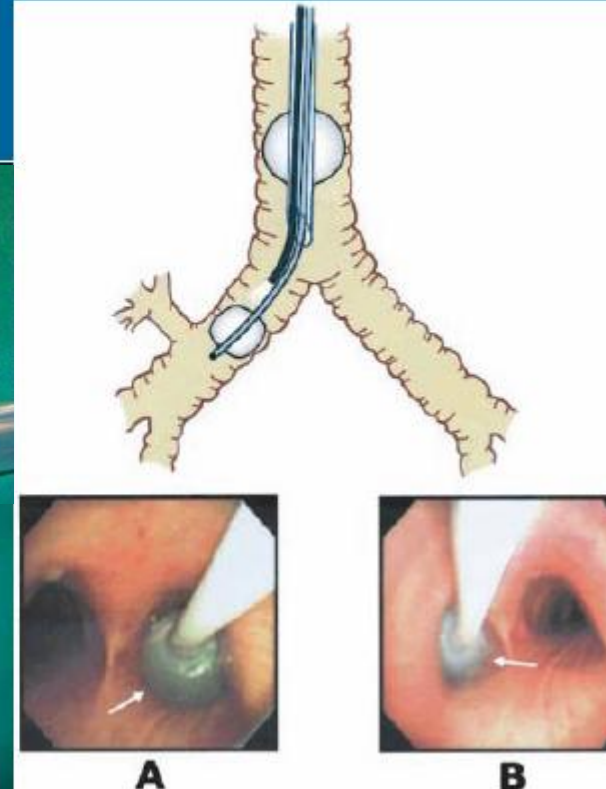


- Permite hacer CPAP a través de la luz del bloqueador
- El pulmón bloqueado se puede colapsar aspirando aire a través de la luz del bloqueador



# VUP: Bloqueadores bronquiales

UNIVENT



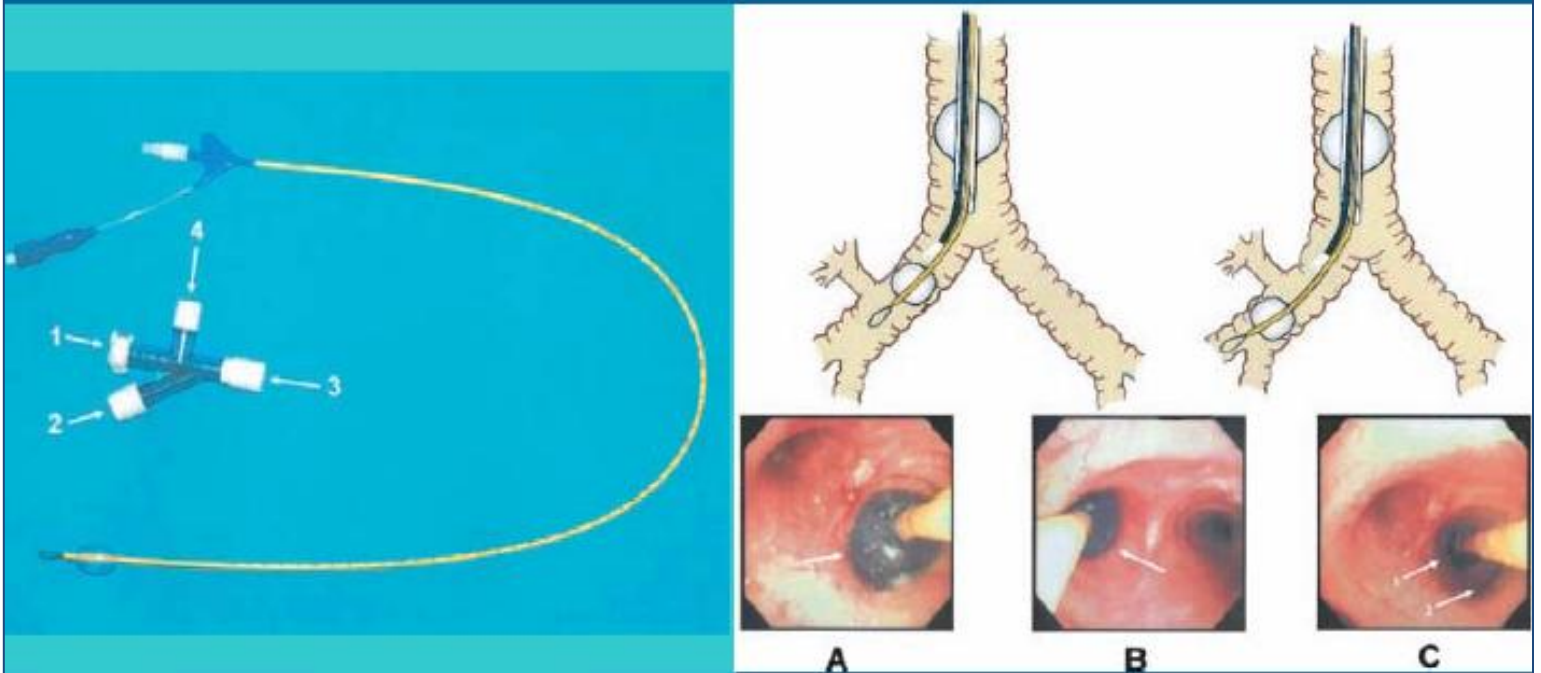
SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014



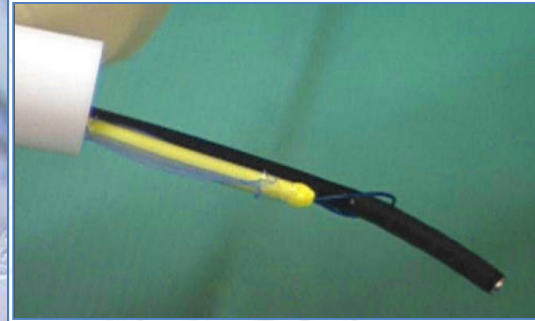


# VUP: Bloqueadores bronquiales

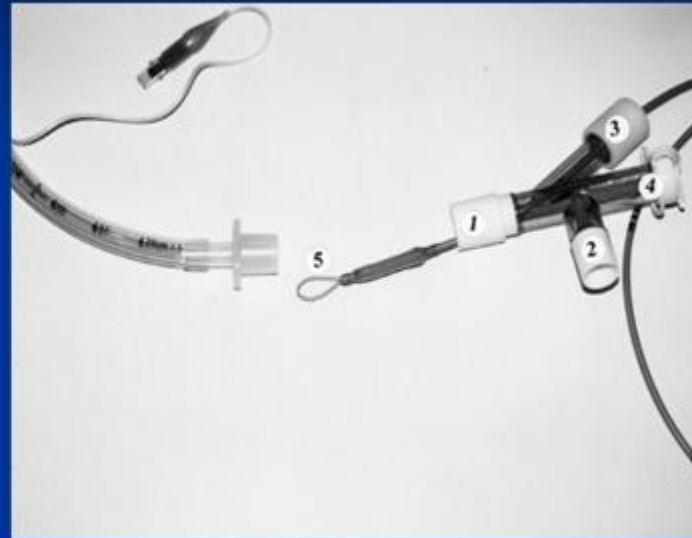
## Bloqueador de Arndt



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014

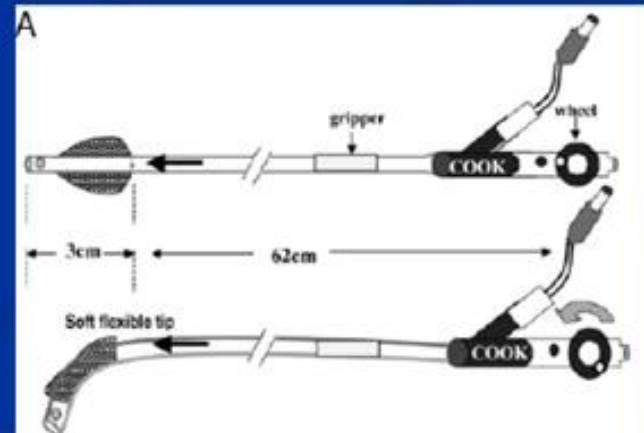


- Adaptador 4 puertas
- Catéter con balón en la punta (Fogarty)
- El tubo más pequeño por el que pueden juntos el fibro y el bloqueador pasar es del nº7
- El catéter se une al fibro y se progresan conjuntamente.



# VUP: Bloqueadores bronquiales

## Bloqueador de Cohen



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014

GENERAL UNIVE

|  | Cohen Blocker                   | Arndt Blocker  | Fuji Uniblocker     |
|--|---------------------------------|--|---------------------|
| Size                                     | 9 Fr                            | 5 Fr, 7 Fr, and 9 Fr   | 5 Fr, 9 Fr          |
| Balloon shape                            | Spherical                       | Spherical or elliptical  | Spherical           |
| Guidance mechanism                       | Wheel device to deflect the tip | Nylon wire loop that is coupled with the fiberoptic bronchoscope | None, preshaped tip |
| Smallest recommended ETT for coaxial use | 9 Fr (8.0 ETT)                  | 5 Fr (4.5 ETT), 7 Fr (7.0 ETT), 9 Fr (8.0 ETT)                   | 9 Fr (8.0 ETT)      |
| Murphy eye                               | Present                         | Present in 9 Fr  | Not present         |
| Center channel                           | 1.6 mm ID                       | 1.4 mm ID  | 2.0 mm ID           |

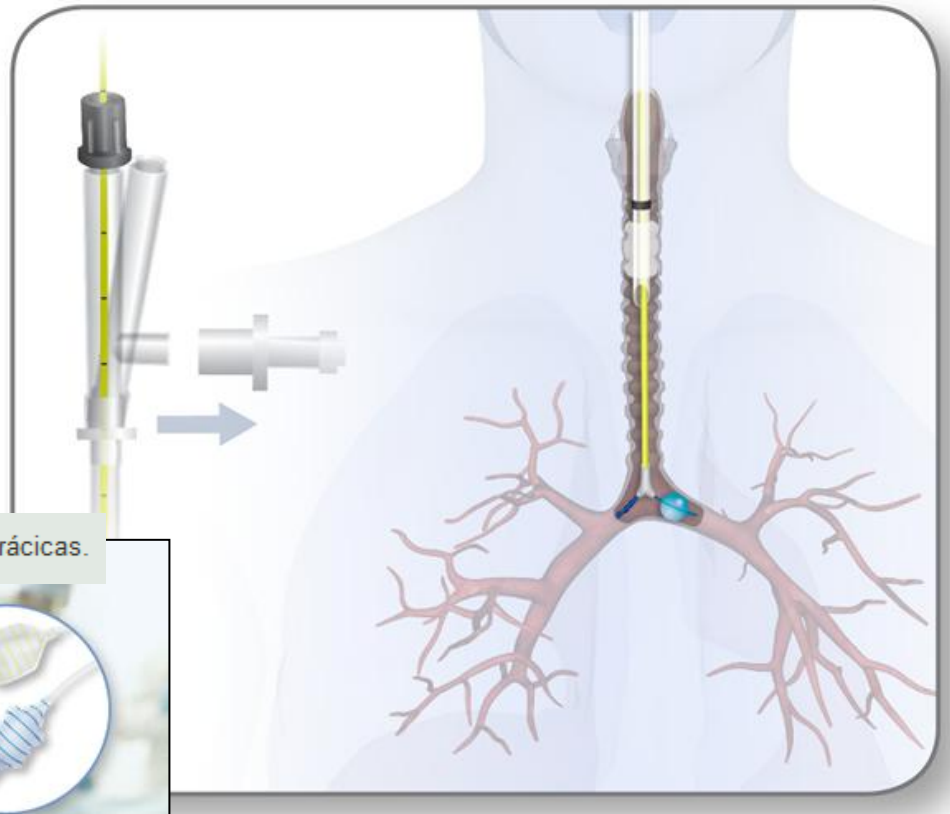
EL DOLOR SERVICIO

VALENCIA



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014**

## EZ-BLOCKER™ ENDOBRONCHIAL BLOCKER



Permite el bloqueo secuencial en cirugías con simpatectomías torácicas.

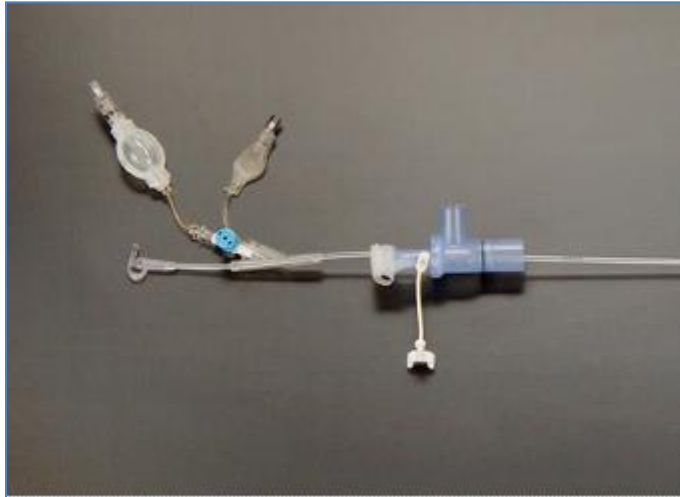


tiene una terminación doble con dos balones que quedan alojados cada uno en un bronquio principal (derecho e izquierdo)



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua**  
**Valencia 13 de Mayo de 2014**





## **COOPDECH Endobronchial Blocker Tube**



Este bloqueador bronquial se encuentra incluido en un sistema multiacceso similar al de los bloqueadores anteriores, permitiendo la visión directa bajo fibroscopio y la ventilación mecánica de forma simultánea.

Se encuentra disponible en una única versión de 9F y 60 cm, con un diámetro interno de 2mm y un balón de baja presión con dos formas disponibles (barril, huso que trasmite una menor presión a la pared bronquial). No tiene agujero de Murphy distal.

Su punta es angulada y mediante un movimiento de torsión proximal permite su posicionamiento de forma simple y rápida en el bronquio elegido.



**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014**





# VUP: Bloqueadores bronquiales

## Ventajas

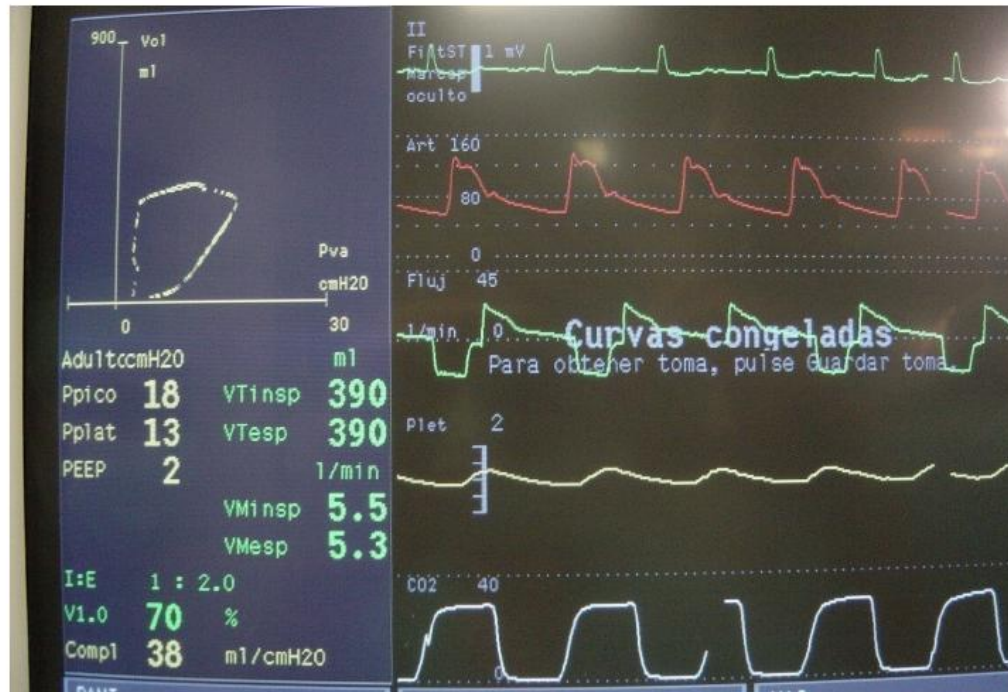
- Intubación difícil, alteraciones en la anatomía de la vía aérea.
- Permite la colocación del bloqueador más allá del bronquio principal para provocar colapsos lobares selectivos.
- Permite la VM prolongada sin necesidad de realizar un cambio de tubo.

## Inconvenientes

- Luz interna pequeña: ineficaz aspiración de secreciones y aire para colapso pulmonar.
- Es obligada la colocación bajo visión directa con fibrobroncoscopio.



# Monitorización General



Electrocardiograma

Presión arterial

Curvas flujo

Pulsioximetría

Capnografía



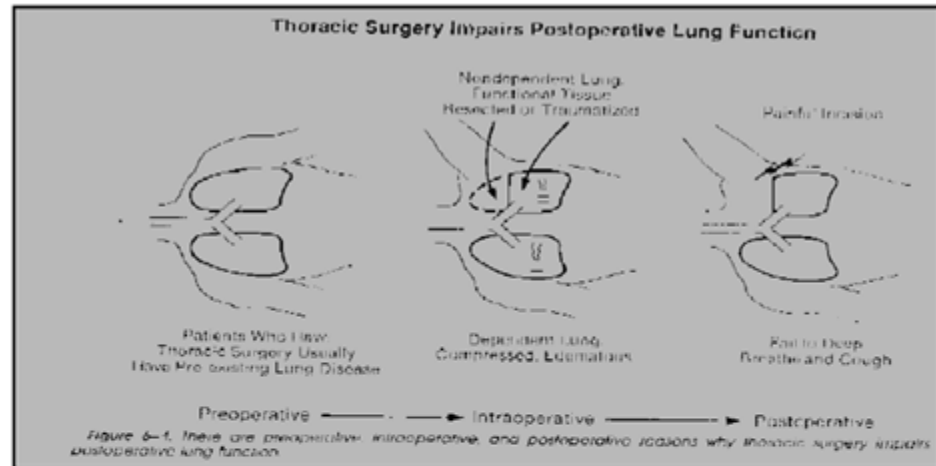
Bucle presión/volumen; Ppico; Pplat; PEEP; Relación I:E, VC ins/esp; VM ins/esp; Compliancia; Control de fugas



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014

# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

**El intraoperatorio:**



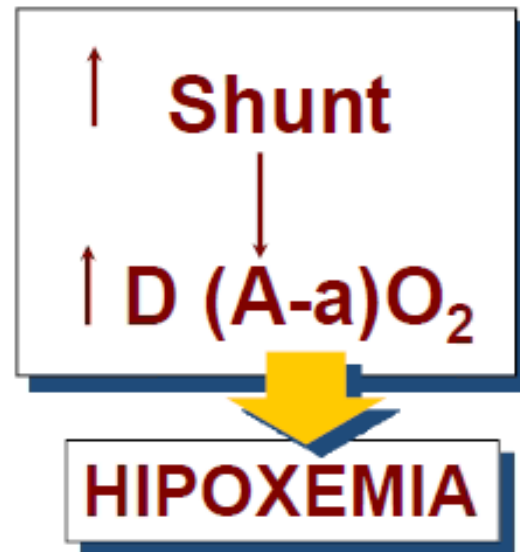
- Es una situación aguda
- Posible fallo cardio-respiratorio en pacientes de riesgo

IPPV + DL + OLV → ↑ shunt, hipoxemia, ↑ P intratorácica, ↓ CO

## FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

### Cambios Fisiopatológicos de la Relación V/Q durante la Ventilación Unipulmonar

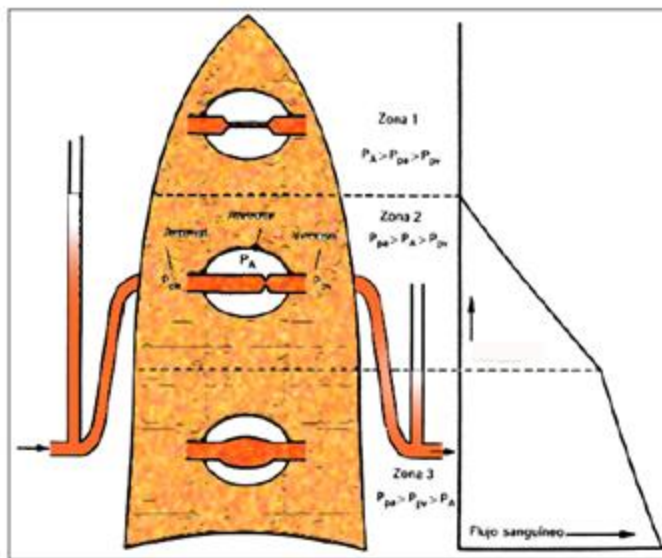
- La anestesia general
- El decúbito lateral
- La ventilación selectiva



# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

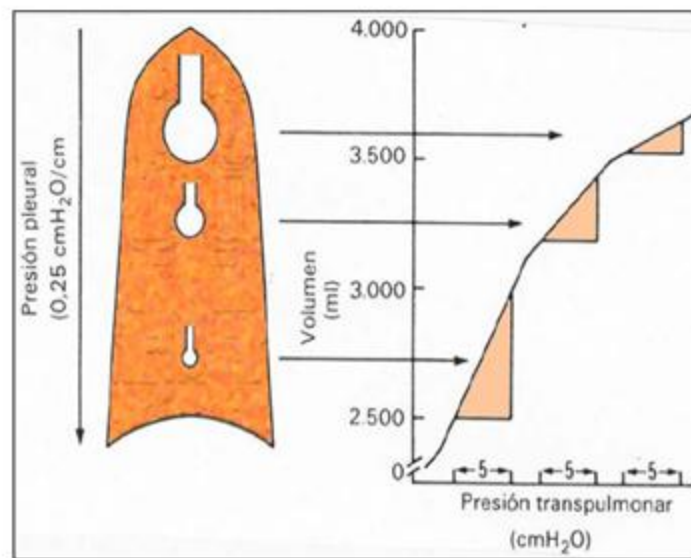
## PERFUSIÓN:

*Se rige por leyes gravedad  
Aumenta hacia bases*



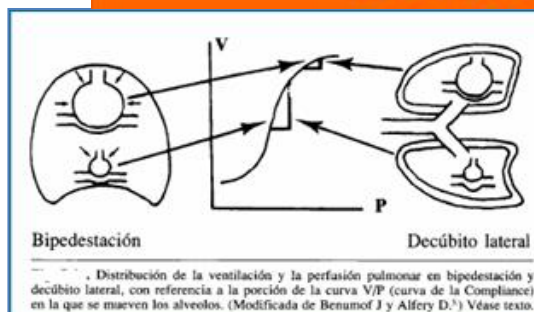
## VENTILACIÓN:

$P$  alveolar =  $k$   
 $P$  interpleural (-) ↓ hacia bases  
 $P$  transpulmonar ( $P_A - P_{PL}$ ) > bases

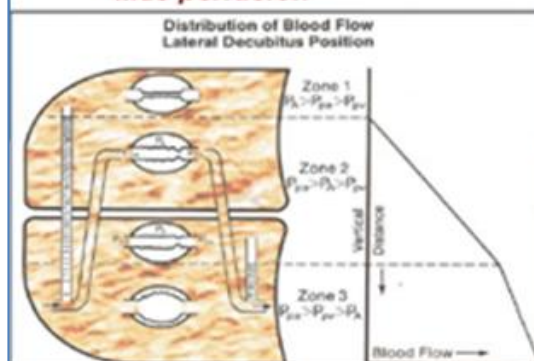




# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA



## Más perfusión



## PACIENTE DESPIERTO Y EN DECUBITO LATERAL

Así, el pulmón dependiente recibe una mayor perfusión sanguínea (2/3 partes) por efecto de la gravedad.

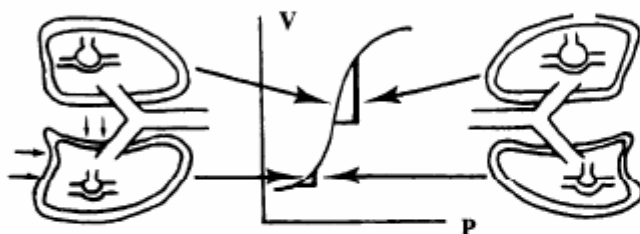
Asimismo, también recibe una mayor ventilación, además el diafragma inferior, tiene una curvatura mayor y su contracción es más eficaz.

El pulmón no dependiente recibe menor ventilación y mucha menor perfusión.

Así, la relación V/Q global no se modifica con el cambio de la bipedestación al decúbito lateral (o al decúbito supino)



# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA



Tórax cerrado

Tórax abierto

Fig. 7-1b. Efecto de la anestesia y la ventilación mecánica sobre la distribución de la ventilación y la perfusión pulmonar y porción de la curva V/P del movimiento alveolar (izquierda). La apertura del tórax no ocasiona cambios significativos (derecha). (Modificada de Bernumof J, Alfery D.<sup>3</sup>) Véase texto.

**Distribución de la ventilación y perfusión pulmonar en el paciente tras inducción anestésica y VMC**

## TRAS LA INDUCCION ANESTESICA

Se produce una pérdida de volumen en ambos pulmones con una disminución de la CRF.

- **pulmón no dependiente:** Desviación a una porción más elástica de la curva V/P: aumenta su ventilación.
- **pulmón dependiente,** la pérdida de volumen lo lleva a una porción menos favorable en la curva V/P, reduciendo su ventilación. Además, tras la parálisis muscular, se agrava la pérdida de CRF del pulmón dependiente por la compresión del diafragma paralizado, así como del mediastino que también se apoya sobre el pulmón e impide su expansión.

## CON VENTILACION MECANICA

- No mejoría. Se ventilan preferentemente las zonas de mayor *compliance* por lo que el mayor porcentaje del volumen corriente es insuflado al pulmón no dependiente. La perfusión se afecta poco. Pulmón no dependiente bien ventilado y mal perfundido. Pulmón dependiente mal ventilado y bien perfundido.

-Esta desigualdad V/Q provoca cierto efecto shunt y tendencia a la hipoxemia.

Sesion SARTD-CHGUV 10-02-09

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014



# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

## CON EL TÓRAX ABIERTO

- La VM del pulmón no dependiente ya no debe vencer las resistencias de la caja torácica y aumenta su ventilación, reduciéndose proporcionalmente en el pulmón dependiente. La perfusión no se afecta.

### RESULTADO:

-Se agrava la desigualdad V/Q, aumenta el efecto shunt y mayor tendencia a la hipoxemia.

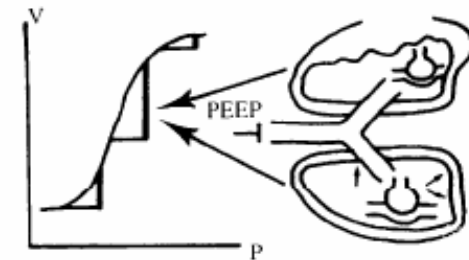
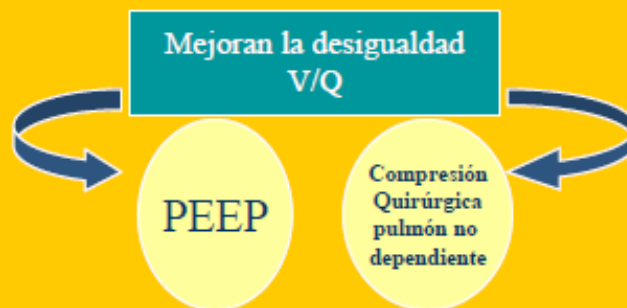


Fig. 7-1c. Modificaciones de la distribución de la ventilación y la perfusión pulmonar y desplazamiento de la porción de la curva V/P en la que se mueven los alveolos, con la aplicación de PEEP. (Modificada de Benumof J, Alfery D.?) Véase texto.

Distribución de la ventilación y perfusión pulmonar en el paciente en VM tras la apertura del tórax

# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

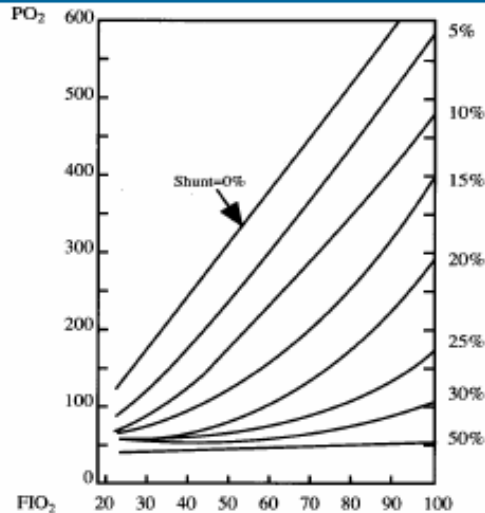


Fig. 7-3. Diagrama que relaciona los valores de la  $PO_2$  arterial (ordenadas) con la  $FiO_2$  ajustada (abscisas) para distintas fracciones de shunt alveolar. Obsérvese que en presencia de un shunt del 50% el aumento de la  $FiO_2$  no produce cambios significativos en la  $PaO_2$ .

## CON VENTILACION UNIPULMONAR

### -PULMON NO DEPENDIENTE

- No ventilación
- Perfusión reducida
- Shunt verdadero ( $V/Q=0$ )

### -PULMON DEPENDIENTE

- Recibe toda la ventilación
- Aumenta su perfusión

### Efecto sobre los gases sanguíneos

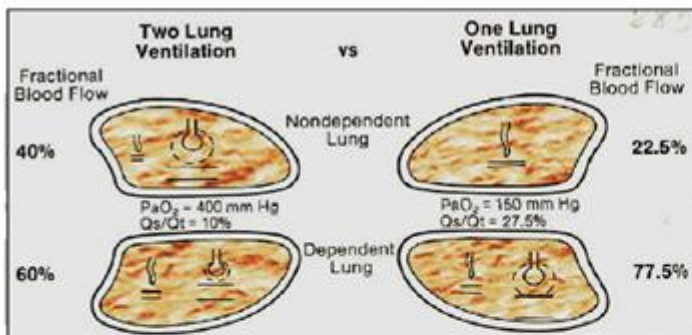
- $PCO_2$  puede ser normal.
- $P_02$  baja

Distribución de la ventilación y perfusión pulmonar en el paciente tras apertura del tórax y OLV



# FISIOPATOLOGÍA DE LA VENTILACIÓN EN CIRUGÍA TORÁCICA

## Efectos de la VPH sobre la perfusión

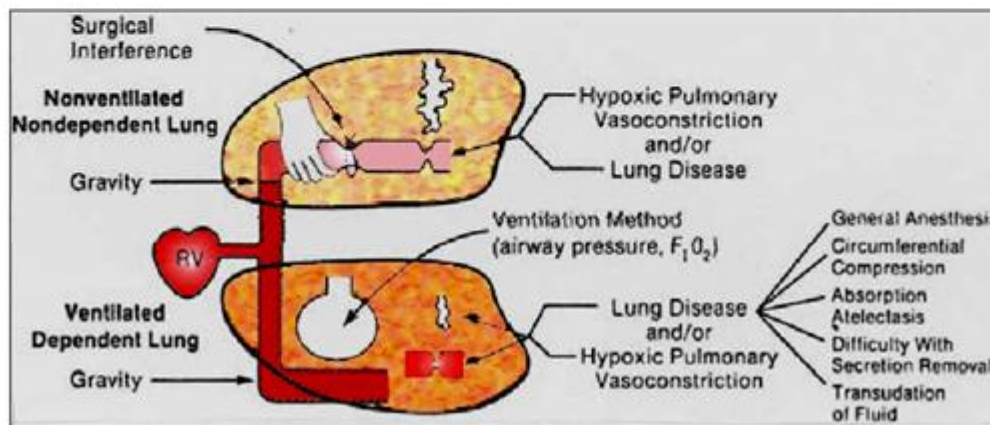


### PERFUSIÓN: (shunt)

Superior en declive  
 Proclive: atelectásico y perfundido  
 VPH: deriva 50% del flujo

### VENTILACIÓN: (unipulmonar)

Peso de pulmón colapsado+ mediastino  
 ↓ la CRF+compliance  
 ↑ Presión vía aérea y vasos pulmonares  
 atelectasias y flujo a pulmón colapsado



# Oxigenación en ventilación unipulmonar

Grado de shunt



PERFUSIÓN DEL  
PULMON  
NO DEPENDIENTE

VASOCONSTRICCIÓN  
PULMONAR  
HIPOXICA

COMPRESIÓN  
QUIRÚRGICA  
DEL PULMÓN  
NO DEPENDIENTE

ESTADO PREVIO  
DEL PULMÓN  
VENTILADO  
(DEPENDIENTE)



## Vasoconstricción pulmonar hipóxica

| Fármacos   | Composición del gas alveolar                    | Presiones intrapulmonares   | Presiones intravasculares |
|--|---|---|---------------------------|
| <u>No inhiben</u><br>hipnóticos<br>analgésicos<br>RNM                      | <u>Inhib directa</u><br>hipoxemia<br>hipocapnia | ↑ Pm pulmón ventilado   | HTP<br>hTP                |
| <u>Sí inhiben</u><br>óxido nítrico<br>vasodilatadores<br>broncodilatadores | <u>Inhib indirecta</u><br>hipercapnia           | P insuflación<br>atrapamiento<br>PEEP<br>Se deriva sangre al<br>pulmón no ventilado |                           |

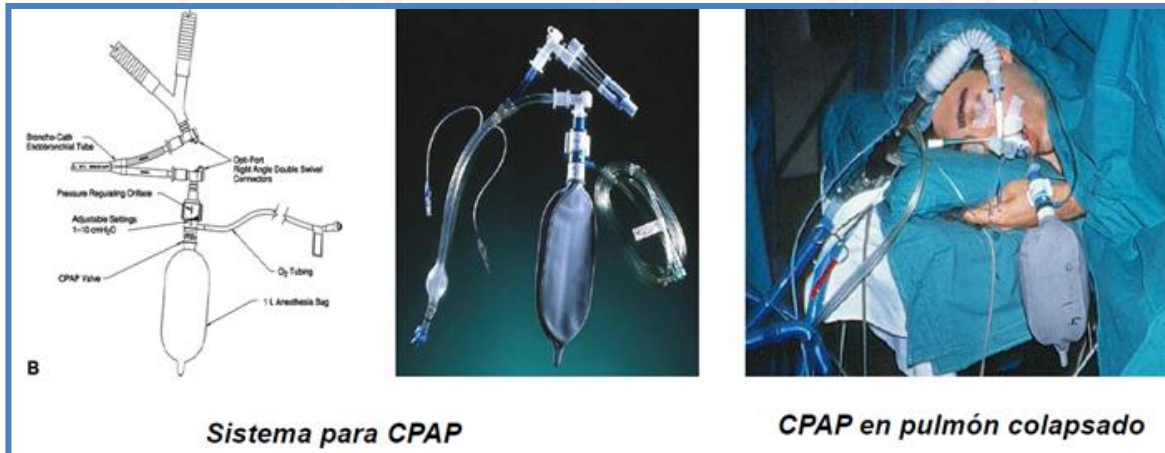




# Tratamiento de la Hipoxemia Secundaria a la Ventilación Selectiva

Hipoxemia  $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mmHg}$

- 1º Comprobación TDL o BB
- 2º PEEP en el pulmón ventilado
- 3º Maniobras de reclutamiento alveolar
- 4º Oxígeno en el pulmón colapsado CPAP o HFJV
- 5º Aumentar  $\text{FiO}_2$  (la mínima necesaria)
- 6º Ventilar ambos pulmones
- 7º Descartar anemia y/o trastornos cardíacos



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014

# Ventilación controlada por Presión vs Ventilación controlada por Volumen

## Ventajas

- Limita la presión en el pulmón. Evita barotrauma
- El flujo decreciente mejora la distribución del gas inspirado
- Compensación de las fugas aéreas

## Inconvenientes

- No garantiza un VT estable
- Los VT bajos → Hipercapnia con Acidosis respiratoria e HTP

**Hipercapnia permisiva**

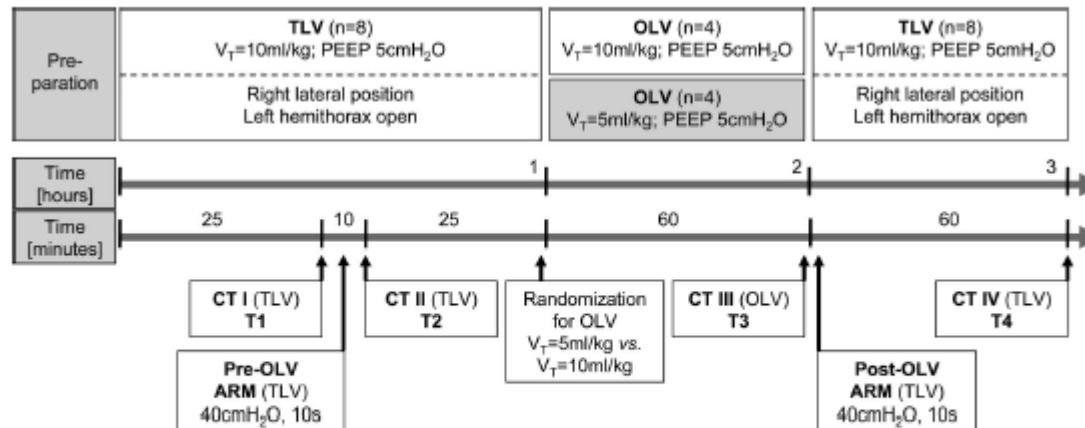


# Ventilatory Protective Strategies during Thoracic Surgery

Anesthesiology 2011; 114:1025-35

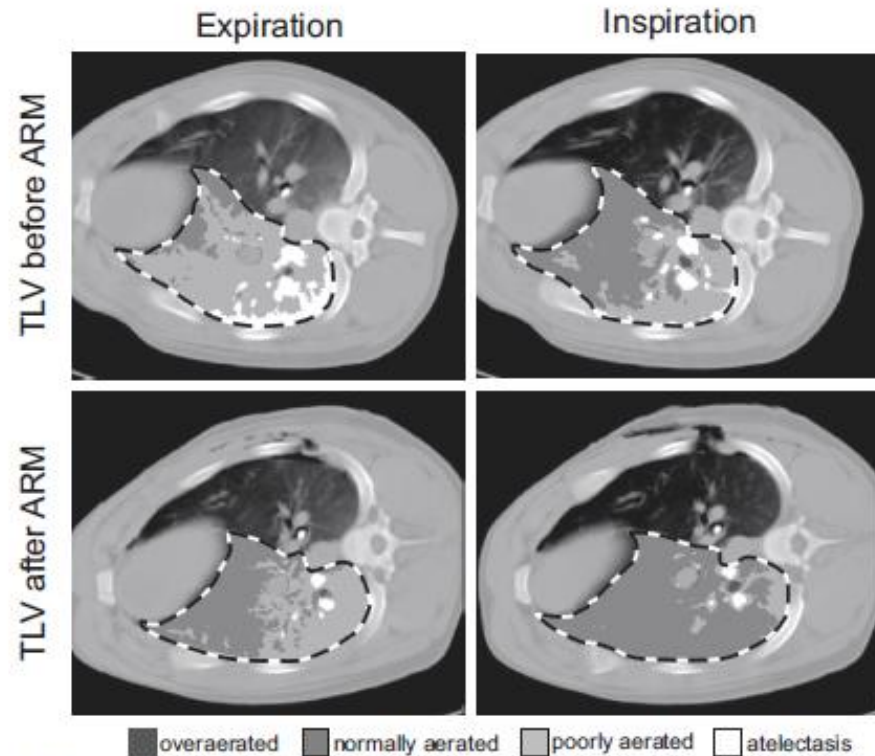
## Effects of Alveolar Recruitment Maneuver and Low-tidal Volume Ventilation on Lung Density Distribution

Aif Kozian, M.D., Ph.D.,\* Thomas Schilling, M.D., Ph.D., D.E.A.A.,\* Hartmut Schütze, Ph.D.,†  
Mert Senturk, M.D.,‡ Thomas Hachenberg, M.D., Ph.D.,§ Göran Hedenstierna, M.D., Ph.D.‖

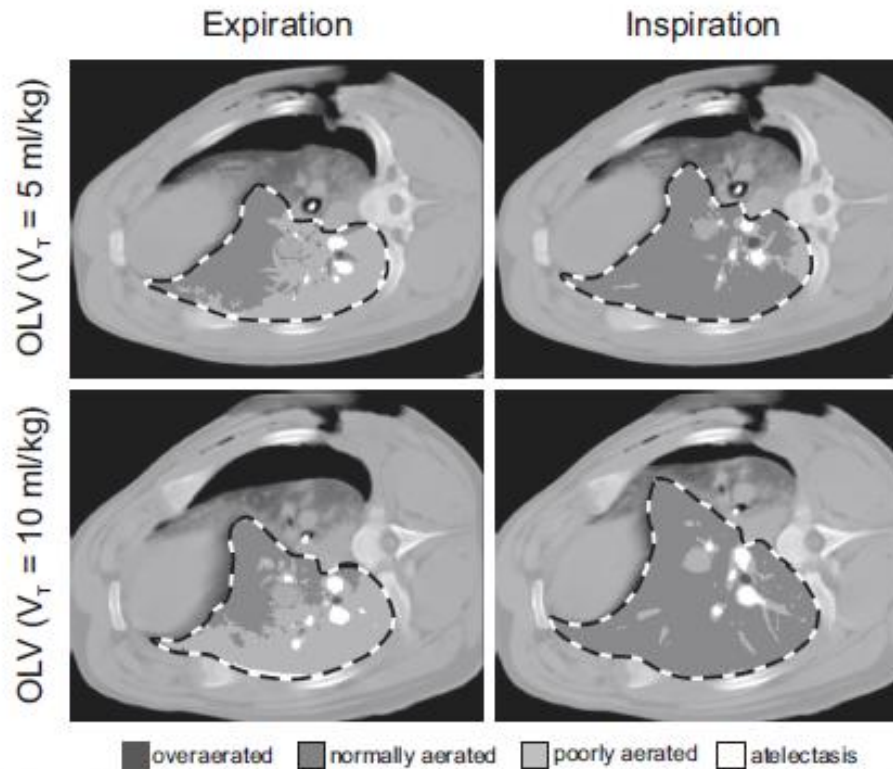


**Fig. 1.** Experimental work flow, which is closely related to the standard anesthetic management for thoracic surgery. The figure presents ventilation setup, position, and status of the left hemithorax and timing of different procedures, interventions, and computed tomographic (CT) scans. The pig was placed into the right lateral decubitus position after preparation. Thereafter, the left upper nondependent hemithorax was opened. The position of the animal was not changed throughout the study. The alveolar recruitment maneuvers (ARMs) were performed during two-lung ventilation (TLV) before and after one-lung ventilation (OLV). PEEP = positive end-expiratory pressure; T = time point;  $V_T$  = tidal volume.



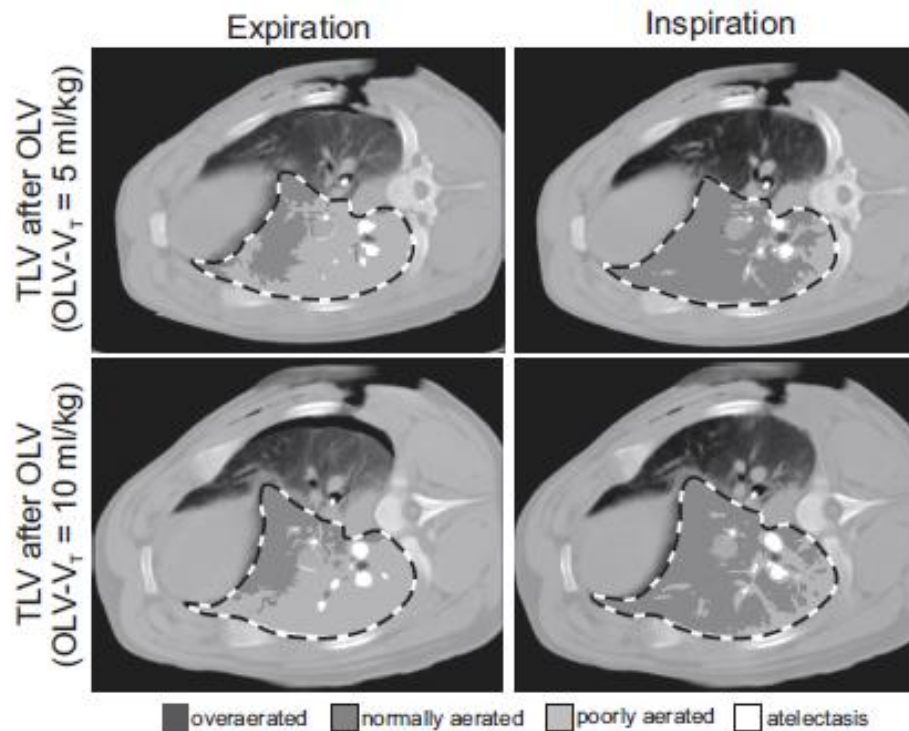


**Fig. 2.** The juxtadiaphragmatic lung computed tomographic images of representative pigs were acquired during two-lung ventilation (TLV) before and after alveolar recruitment. In each image, the region of interest is marked by a dashed line (Hounsfield units in parentheses): overaerated (from -1000 to -900), normally aerated (from -900 to -500), poorly aerated (from -500 to -100), and atelectatic (from -100 to 100) lung regions. The regions are coded by gray scale. There was a decrease or even elimination of consolidated lung tissue. ARM = alveolar recruitment maneuver.



**Fig. 3.** Juxtadiaphragmatic lung computed tomographic scans of pigs during one-lung ventilation (OLV) with a tidal volume ( $V_T$ ) of 5 or 10 ml/kg. In each image, the region of interest includes the following (Hounsfield units in parentheses): overaerated (from -1000 to -900), normally aerated (from -900 to -500), poorly aerated (from -500 to -100), and atelectatic (from -100 to 100) lung areas. The regions are coded by gray scale. There were differences in lung density during ventilation with high or low  $V_T$  values at inspiration.





**Fig. 4.** The images were acquired during two-lung ventilation (TLV) (tidal volume [ $V_T$ ] = 10 ml/kg) after one-lung ventilation (OLV) with a  $V_T$  of 5 or 10 ml/kg. In each image, the dashed line marks (Hounsfield units in parentheses): overaerated (from -1000 to -900), normally aerated (from -900 to -500), poorly aerated (from -500 to -100), and atelectatic (from -100 to 100) lung regions.  $V_T$  = tidal volume.



### ***Spatial Density Distribution in the Dependent Lung***

Figure 5 displays the spatial distribution of normally, poorly aerated, and atelectatic regions in the dependent lung. The use of different  $V_T$  values during OLV did not affect the distribution of normally aerated lung regions in any stage of the experiment (*i.e.*, after ARM, during OLV, and during TLV; fig. 5, A–C, respectively). The distribution of poorly aerated areas did not change after ARM (fig. 5D), but the use of high or low  $V_T$  resulted in a different amount of poorly aerated tissue during OLV (fig. 5E) and during TLV after

OLV (fig. 5F). OLV with a  $V_T$  of 10 ml/kg decreased poorly aerated paradiaphragmatic lung areas compared with OLV with a  $V_T$  of 5 ml/kg (fig. 5E: slices 60–100), whereas the distribution was reversed 60 min thereafter during TLV. Poorly aerated compartments were increased in pigs subjected to a  $V_T$  of 10 ml/kg (fig. 5F: slices 10–80). The spatial distribution of atelectatic regions was unchanged in all pigs throughout the experiment (fig. 5, G–I).



The main finding of this study is that the combination of a lung recruitment maneuver before OLV and ventilation with a  $V_T$  of

5 ml/kg during OLV is associated with a more homogeneous distribution of lung tissue in the dependent ventilated lung. The ARM results in an increased fraction of normally aerated areas; therefore, the ratio of poorly aerated and atelectatic regions remains low during and after OLV, independent from  $V_T$ . Although there is a further increase in normally aerated regions during OLV with a  $V_T$  of 10 ml/kg, this effect is limited to the end-inspiratory lung density distribution, without any difference between a  $V_T$  of 10 and 5 ml/kg at end-expiration.

Different experimental and clinical studies<sup>18</sup> have established that mechanical ventilation with a large  $V_T$  results in diffuse lung injury. Consequently, a protective



In conclusion, a single ARM before OLV has persistent effects on aeration of the dependent lung tissue. In addition, it improves respiratory compliance and enhances arterial oxygenation. OLV with a  $V_T$  of 10 ml/kg results in a higher ratio of normally aerated lung regions and increases  $PAO_2$ . These changes are less pronounced during OLV with a  $V_T$  of 5 ml/kg after ARM. However, the improved oxygenation by a higher  $V_T$  results in inhomogeneous distribution of aeration and increased mechanical stress that predisposes the lungs to postoperative lung injury.<sup>8</sup> Therefore, a protective

ventilation strategy with preceding ARM,<sup>11,12</sup> reduced  $V_T$ ,<sup>9,10</sup> and sufficient PEEP<sup>36</sup> ensures oxygenation during OLV and may decrease mechanical stress in the lung by reduced cyclic alveolar collapse. The positive effects of this ventilatory setup on lung injury and outcome after OLV need to be confirmed in further clinical studies.



## Alveolar recruitment improves ventilation during thoracic surgery: a randomized controlled trial

C. Unzueta<sup>1\*</sup>, G. Tusman<sup>2</sup>, F. Suarez-Sipmann<sup>3</sup>, S. Böhm<sup>4</sup> and V. Moral<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Anesthesiology, Hospital de Sant Pau, Barcelona, Spain

<sup>2</sup> Department of Anesthesiology, Hospital Privado de Comunidad, Mar del Plata, Argentina

<sup>3</sup> Department of Critical Care Medicine, Fundación Jimenez Diaz-UTE, IIS-FJD, Madrid, Spain

<sup>4</sup> Swisstom AG, Landquart, Switzerland

**Background.** This study was conducted to determine whether an alveolar recruitment strategy (ARS) applied during two-lung ventilation (TLV) just before starting one-lung ventilation (OLV) improves ventilatory efficiency.

**Methods.** Subjects were randomly allocated to two groups: (i) control group: ventilation with tidal volume (VT) of 8 or 6 ml kg<sup>-1</sup> for TLV and OLV, respectively, and (ii) ARS group: same ventilatory pattern with ARS consisting of 10 consecutive breaths at a plateau pressure of 40 and 20 cm H<sub>2</sub>O PEEP applied immediately before and after OLV. Volumetric capnography and arterial blood samples were recorded 5 min (baseline) and 20 min into TLV, at 20 and 40 min during OLV, and finally 10 min after re-establishing TLV.

**Results.** Twenty subjects were included in each group. In all subjects, the airway component of dead space remained constant during the study. Compared with baseline, the alveolar dead space ratio ( $VD_{alv}/VT_{alv}$ ) increased throughout the protocol in the control but decreased in the ARS group. Differences in  $VD_{alv}/VT_{alv}$  between groups were significant ( $P < 0.001$ ). Except for baseline, all  $Pa_{O_2}$  values in kPa (SD) were higher in the ARS than in the control group ( $P < 0.001$ ), respectively [70 (7) and 55 (9); 33 (9) and 24 (10); 33 (8) and 22 (10); 70 (7) and 55 (10)].

**Conclusions.** Recruitment of both lungs before instituting OLV not only decreased alveolar dead space but also improved arterial oxygenation and the efficiency of ventilation.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada  
Valencia 13 de Mayo de 2014





# Acute lung injury in thoracic surgery

*Giorgio Della Rocca<sup>a</sup> and Cecilia Coccia<sup>b</sup>*

## **Purpose of review**

This review will analyze the risk factors of acute lung injury (ALI) in patients undergoing thoracic surgery. Evidence for the occurrence of lung injury following mechanical ventilation and one-lung ventilation (OLV) and the strategies to avoid it will also be discussed.

## **Recent findings**

Post-thoracotomy ALI has become one of the leading causes of operative death. The pathogenesis of ALI implicates a multiple-hit sequence of various triggering factors (e.g. preoperative conditions, surgery-induced inflammation, ventilator-induced injury, fluid overload, and transfusion). Conventional ventilation during OLV is performed with high tidal volumes equal to those being used in two-lung ventilation, high  $FiO_2$ , and without positive end-expiratory pressure. This practice was originally recommended to improve oxygenation and decrease shunt fraction during OLV. However, a number of recent studies using experimental models or human patients have shown low tidal volumes to be associated with a decrease in inflammatory mediators and a reduction in pulmonary postoperative complications. However, the application of such protective strategies could be harmful if not still properly used.

## **Summary**

The goal of ventilation is to minimize lung trauma by avoiding overdistension and repetitive alveolar collapse, while providing adequate oxygenation. Protective ventilation is not simply synonymous of low tidal volume ventilation, but it also involves positive end-expiratory pressure, lower  $FiO_2$ , recruitment maneuvers, and lower ventilatory pressures.



## **PERMISSIVE HYPERCAPNIA, ATELECTASIS, HYPERDYNAMIC INFLATION, AND POSITIVE END- EXPIRATORY PRESSURE**

The goal of lung protective ventilation is to minimize lung trauma by avoiding overdistension and associated elevated pressure [32]. Protective OLV with low tidal volumes and high respiratory rate increases dead space and PaCO<sub>2</sub> [9,40]. Hypercapnia is well tolerated, but should be avoided in patients with elevated pulmonary pressures, major cardiac rhythm disturbances, or increased intracranial pressure [41,42]. Assuming a reasonable cardiovascular reserve with normal right ventricular function, PaCO<sub>2</sub> levels up to 70 mmHg are likely to be well tolerated in the short term and are clearly beneficial in terms of lung injury. Hemodynamic support with inotropic agents may be required at higher CO<sub>2</sub> levels or in more compromised patients.





easy to acquire during thoracic surgery. Application of PEEP during OLV as part of a protective ventilation regime has been shown to decrease the markers of lung injury [24,25,27]. Low levels of PEEP (5 cm H<sub>2</sub>O) applied during thoracic surgery in healthy patients is hemodynamically well tolerated, but it does not improve oxygenation in all cases [53]. The level of PEEP needs to be adjusted according to the individual and their respiratory mechanics. In patients who have severe obstructive lung disease, the application of excessive PEEP may develop dynamic hyperinflation, and the air-trapping created needs to be considered as a potential cause of intraoperative hypotension. The ideal PEEP value should be low enough to prevent hemodynamic impairment and overdistension of the lung, but high enough to induce alveolar recruitment, keeping the lung more aerated at end expiration [54].



## **ATELECTASIS, ALVEOLAR RECRUITMENT MANEUVERS, RE-EXPANSION, AND FIO<sub>2</sub>**

for hypoxemia [55]. Among the risk factors that predispose lung derecruitment during OLV are high FiO<sub>2</sub>, low tidal volume, the traditional lack of PEEP, and extrinsic compression by abdominal contents, the heart, or the mediastinum [4,52<sup>a</sup>,56]. The effi-

chyma and ischemia/reperfusion injuries. The damage that follows prolonged lung collapse consists of alveolar-capillary membrane edema and increases in lymphocyte and neutrophil infiltration [66,67].



## **INSPIRED OXYGEN CONCENTRATION ( $FiO_2$ )**

Routine management of OLV has long included the use of 100% oxygen, because of the high rate of desaturation events and the fact that hyperoxia was thought to act as a vasodilator in the ventilated lung. Oxygen toxicity occurs during OLV. Collapse of the operative lung and surgical manipulation result in relative organ ischemia, which leads to

the production of radical oxygen species following reventilation-induced reperfusion. Increasing durations of OLV and the presence of tumors result in increased levels of markers of oxidative stress [14,68]. Low oxygen tensions should be used for re-expansion, particularly after prolonged OLV [68]. Because of the potential for lung injury, particularly in at-risk patients after adjuvant therapy or undergoing lung transplantation,  $FiO_2$  should be kept as low as possible and titrated to effect.



## CONCLUSION

In conclusion, the use of high tidal volumes and high  $\text{FiO}_2$  during OLV should not be considered a safe practice. Lung ventilation should aim to use protective ventilation to minimize lung trauma by avoiding overdistension and repetitive alveolar collapse, thereby limiting plateau pressure while providing adequate oxygenation [32]. Protective ventilation is not simply synonymous of low tidal volume ventilation, but it also includes routine PEEP, lower  $\text{FiO}_2$ , ARM, and, in particular, the use of lower ventilatory pressures through the use of PCV and permissive hypercapnia. Derecruitment of lung tissue, impaired  $\text{CO}_2$  elimination, and dynamic hyperinflation may potentially complicate this approach. No guidelines exist on the protective ventilatory setting during lung surgery, which should be tailored to the patient and to the surgical procedure being performed in order to manage ventilation and achieve beneficial effects while limiting detrimental consequences as much as possible.



09/05 11:19



|                |      |
|----------------|------|
| O <sub>2</sub> | Aire |
| (bar) 4.8      | 6.2  |
| (bar) -        | -    |

02:15:50

VOLUMEN CONTROLADO  
MANUAL



Pico (cmH<sub>2</sub>O)

40 **33**

PEEP (cmH<sub>2</sub>O)

27 **13**

V.m.i. (l/min) **6.4**

I:E **1:2.0**

V.c.i. (ml) **459**

V.c.e. (ml) **445**

V.m.e. (l/min) **6.2**

F resp. (resp./min) **14**

20.0

20

Insp. CO<sub>2</sub> (mmHg) **1**

Et **43**

4

SEV (%) **1.7**

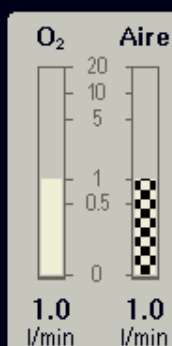
**1.3**

80

O<sub>2</sub> (%) **56**

**48**

21

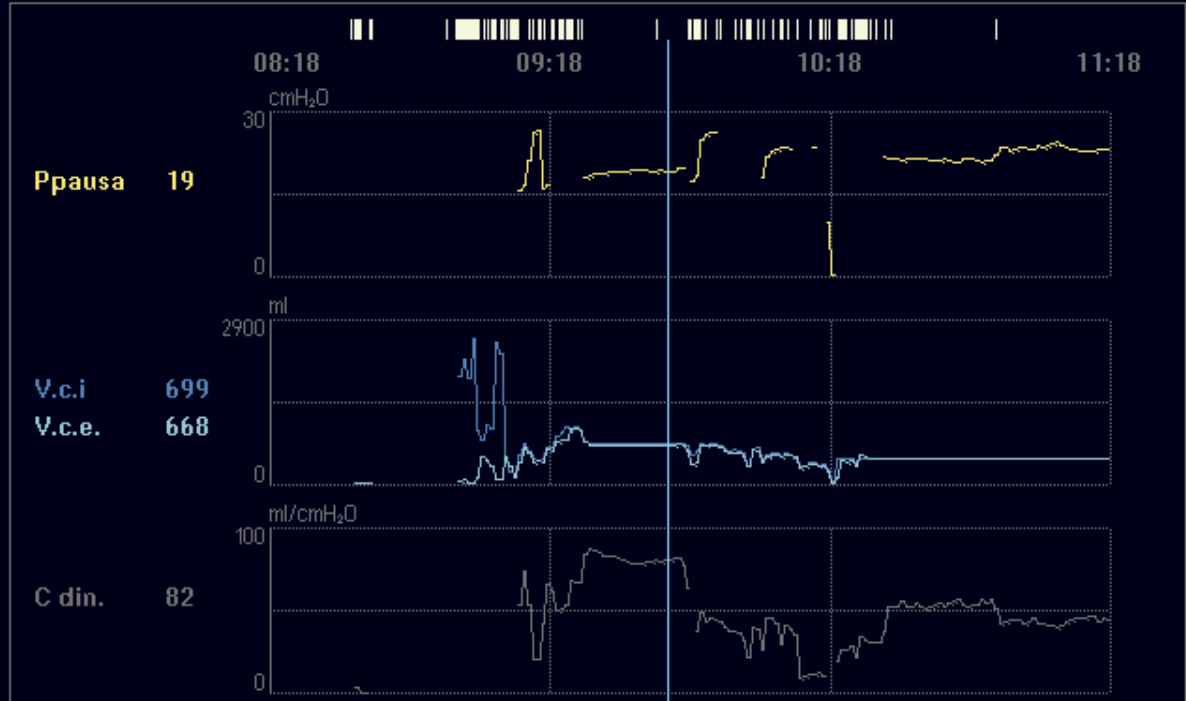


MAC **0.6**

Edad: 40

### Tendencias

09:43 Volumen controlado



1 2 3 4 5

60 / 58

3 H



Cerrar

APL **30**  
SP cmH<sub>2</sub>O 80

Mezcla gas **O<sub>2</sub>/AIRE**

Flujo de gas fresco **2.0**  
l/min 0.3 20.0

Conc. O<sub>2</sub> **60**  
% 21 100

Sevoflurano **2.0**  
DESC. 0 % 8.0

PEEP **12**  
cmH<sub>2</sub>O 0 50

Frecuencia resp. **14**  
resp./min 4 100

Vol. corriente **460**  
ml 100 2000

09/05 11:19



|                |      |
|----------------|------|
| O <sub>2</sub> | Aire |
| (bar) 4.8      | 6.2  |
| (bar) -        | -    |

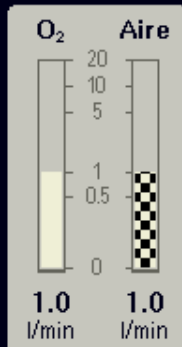
02:16:04

VOLUMEN CONTROLADO  
MANUAL



|                                   |       |              |
|-----------------------------------|-------|--------------|
| <b>Ppico</b> (cmH <sub>2</sub> O) | 40    | <b>34</b>    |
| <b>PEEP</b> (cmH <sub>2</sub> O)  | 27    | <b>13</b>    |
| <b>V.m.i.</b> (l/min)             | 6.4   | <b>6.4</b>   |
| <b>I:E</b>                        | 1:2.0 | <b>1:2.0</b> |
| <b>V.c.i.</b> (ml)                | 458   | <b>458</b>   |
| <b>V.c.e.</b> (ml)                | 440   | <b>440</b>   |
| <b>V.m.e.</b> (l/min)             | 20.0  | <b>6.2</b>   |
| <b>F resp.</b> (resp./min)        | 20    | <b>14</b>    |
|                                   | 20    | <b>4</b>     |

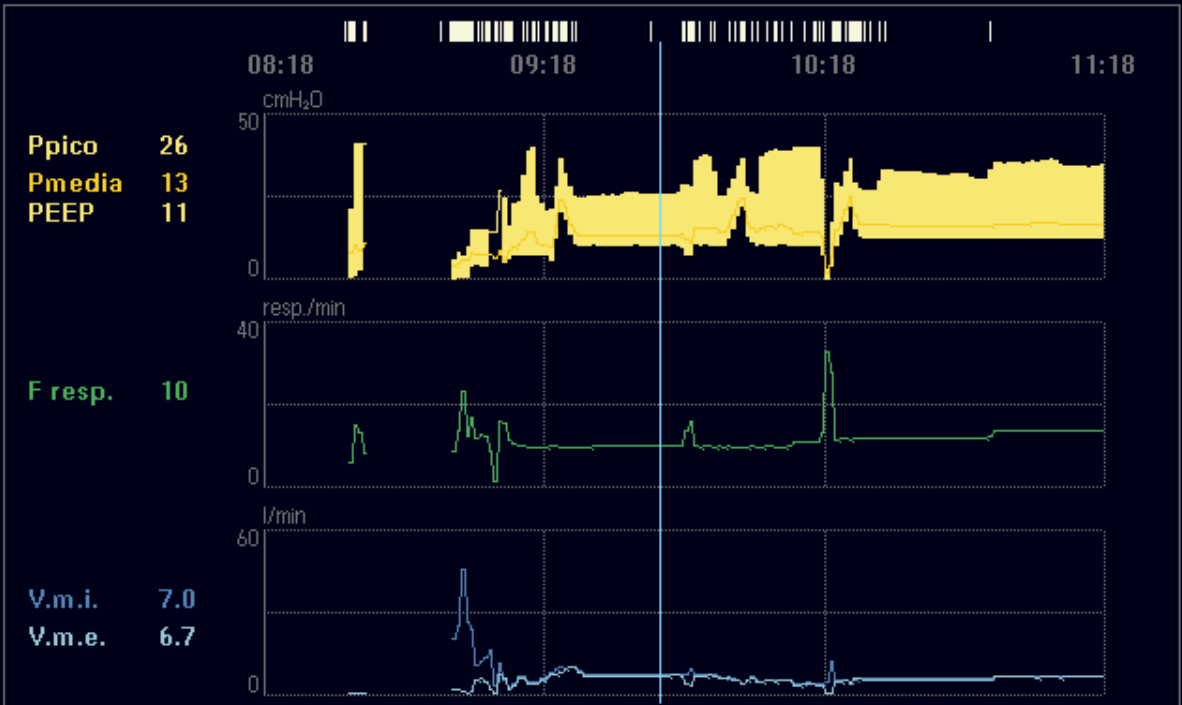
|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>Insp.</b>                 | <b>Et</b>  |
| <b>CO<sub>2</sub></b> (mmHg) | 50         |
| 4                            | <b>12</b>  |
| <b>SEV</b> (%)               | 4.0        |
| 8.0                          | <b>1.7</b> |
| ⊗                            | ⊗          |
| <b>O<sub>2</sub></b> (%)     | 48         |
| 21                           | <b>56</b>  |
| ⊗                            | ⊗          |



MAC 0.6  
Edad: 40

Tendencias

09:42 Volumen controlado



**Ppico** 26  
**Pmedia** 13  
**PEEP** 11

**F resp.** 10

**V.m.i.** 7.0  
**V.m.e.** 6.7

1 2 3 4 5

60  
58

3 H



Cerrar

APL 30  
SP cmH<sub>2</sub>O 80

Mezcla gas O<sub>2</sub>/AIRE

Flujo de gas fresco 2.0  
0.3 l/min 20.0

Conc. O<sub>2</sub> 60  
21 % 100

Sevoflurano 2.0  
DESC. 0 % 8.0

PEEP 12  
0 cmH<sub>2</sub>O 50

Frecuencia resp. 14  
4 resp./min 100

Vol. corriente 460  
100 ml 2000



**Gracias por  
vuestra atención**

**SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua  
Valencia 13 de Mayo de 2014**

