

## VENTILACIÓN MECÁNICA SELECTIVA (A UN PULMÓN) Y MANEJO ANESTÉSICO EN CIRUGÍA TORACOSCÓPICA VIDEOASISTIDA

Dr. Conrado Huerta Millán\*, Dr. José Manuel Lorenzo Silva\*\*, Dr. Ignacio Zafra Jiménez\*\*\*,  
Dra. Winnie Gil Willy\*\*\*, Dra. Ma. Belén Moscoso Jaramillo\*\*\*

### RESUMEN

El desarrollo de los sistemas de video e instrumentación endoscópica han permitido la toroscopia diagnóstica y terapéutica, para una gran variedad de procedimientos torácicos. La ventilación mecánica selectiva con tubos de doble lumen, nos permite colapsar el pulmón del lado en el que se está realizando la cirugía, permitiendo al cirujano preservar las estructuras anatómicas, haciendo una mejor disección quirúrgica de tal manera que se permitirá obtener todos los beneficios de la cirugía mínima invasiva de tórax. Algunos de estos beneficios son: corta estancia hospitalaria, menor periodo de control del dolor postoperatorio con narcóticos y una mejor evolución postoperatoria, disminuyendo considerablemente los costos del procedimiento quirúrgico. Revisaremos las características de la ventilación mecánica selectiva (a un pulmón) en cirugía toracoscópica video asistida y el manejo anestésico.

Palabras clave: Ventilación a un pulmón (VUP), cirugía toracoscópica videoasistida (CTVA), tubo de doble lumen.

### ABSTRACT

The development of video and endoscopic instrumentation systems have permitted diagnostic and therapeutic thoracoscopy for a great variety of procedures. Selective mechanical ventilation with double lumen tubes allow us to collapse the lung of the side where surgery is performed, making it easier for the surgeon to preserve the anatomic structures by making a better surgical dissection and obtaining all the benefits of minimally invasive thoracic surgery. Some of these benefits are: shorter length of stay, lower postoperative pain, less use of narcotics and a better postoperative outcome, diminishing considerably the surgical procedure costs. We will review the characteristics of selective mechanical ventilation (for one lung) in video assisted thoracoscopic surgery and the anaesthetic management.

Key words: One lung ventilation (VUP), thoracoscopy video assisted surgery (CTVA), double lumen tubes.

Recibido: Septiembre 12, 2001

Aceptado: Marzo 03, 2002

### INTRODUCCIÓN

En fecha reciente se revisó la historia de la cirugía toracoscópica. Jacobaeus introdujo, en 1910, la toroscopia terapéutica,<sup>1</sup> utilizando el cistoscopio en el espacio pleural para diagnosticar y tratar pacientes con derrames tuberculosos. Hoy en día es común emplear la toroscopia en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades pleuropulmonares.

Hazelrigg revisó el tratamiento toracoscópico del neumotórax y la enfermedad pulmonar bulosa.<sup>1</sup> La toroscopia también permite observar la lesión pulmonar causal, extirparla y la pleurodesis subsecuente. Es posible resecar vesículas mediante una ligadura o una engrapadora lineal y aplicar la abrasión pleural toracoscópica o una pleurectomía apical para lograr la pleurodesis. Los procedimientos quirúrgicos abiertos para el neumotórax espontáneo idiopático por intervenciones toracoscópicas análogas, comienzan a sustituirse con rapidez. Graeber y Jones revisaron la aplicación de técnicas toracoscópicas al tratamiento de lesiones torácicas traumáticas.<sup>2</sup> Después de la estabilización inicial, recomiendan la valoración de lesiones diafragmáticas,

control de una hemorragia continua de la pared torácica y evacuación temprana de un hemotórax coagulado.<sup>3</sup>

### GENERALIDADES

#### A. FISIOLÓGIA DE LA VENTILACIÓN DE UN PULMÓN (Figura 1)

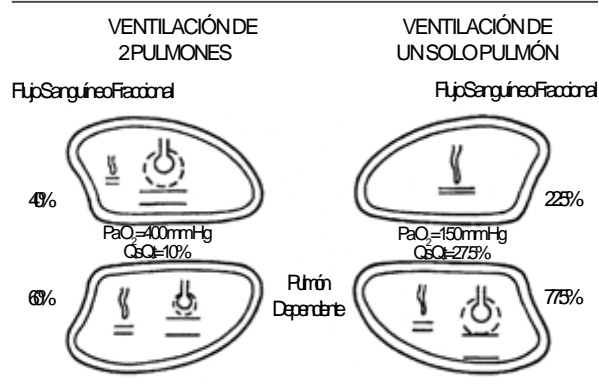
a. Comparación de la oxigenación y eliminación de CO<sub>2</sub> arterial durante la ventilación a dos pulmones versus un pulmón.

El equilibrio de la ventilación (V) y perfusión (Q) está comprometido durante la ventilación a dos pulmones, en el paciente relajado, anestesiado, con el tórax abierto en decúbito lateral. La razón para este desequilibrio V/Q, es la relativa buena ventilación, pero, mala perfusión del pulmón superior y la deficiente ventilación y buena perfusión del pulmón inferior. La distribución del flujo sanguíneo está principalmente determinada por efectos gravitacionales. La relativa buena ventilación del pulmón superior se ha visto que está causada, en parte, por el tórax abierto y la relajación. La relativa mala ventilación del pulmón inferior se

AUTORES\*Anestesiólogo Asociado del Hospital Español de México\*\*Cirujano de Tórax Asociado del Hospital Español de México\*\*\*Anestesiólogo Asociado del Hospital Español de MéxicoCOA AUTORES\*Anestesiólogo Asociado del Hospital Español de México\*\*\*Anestesiólogo Asociado del Hospital Español de MéxicoCORRESPONDENCIA: Xicotencatl #104, casa 27, Colonia Del Carmen, Coyoacán CP04100, México DF. Email: conradhm@yahoo.com

origina, en parte, por la pérdida de volumen pulmonar con la anestesia general y por la compresión del pulmón inferior por el mediastino, contenido abdominal y el efecto compresivo de la posición inadecuada. La compresión del pulmón inferior puede desarrollar un comportamiento de cortocircuito. En consecuencia, la ventilación a dos pulmones bajo estas circunstancias, puede resultar en una desaturación de oxígeno ( $DaO_2$ ) mayor, comprometiendo la oxigenación.

Figura 1



Sin embargo, si el pulmón superior no está ventilado, como sucede en la ventilación a un solo pulmón, cualquier flujo sanguíneo al pulmón no ventilado será flujo de cortocircuito, además del que pueda existir en el pulmón inferior. Así, la ventilación de un pulmón crea un cortocircuito obligatorio transpulmonar derecha-izquierda, a través del pulmón no ventilado superior. En consecuencia, es posible que ante la misma  $FiO_2$  y estado hemodinámico y metabólico en la ventilación a un pulmón, exista mayor  $DaO_2$  y menor  $PaO_2$ , que en la ventilación a dos pulmones.

La ventilación a un pulmón tiene mucho menos efecto sobre la  $PaCO_2$ , comparada con su efecto con la  $PaO_2$ ; el pulmón ventilado puede eliminar el  $CO_2$  compensando al pulmón no ventilado y la  $PaCO_2$  disminuye; sin embargo, el pulmón ventilado no puede captar suficiente  $O_2$  para compensar al pulmón no ventilado y la  $DaO_2$  es severa.

Cuando hay un trauma torácico importante, se origina obstrucción de la ventilación por sangre, secreciones o ruptura traqueal y/o bronquial. Si existe una fístula broncopleuraleal con fuga de gasto alto, origina una  $DaO_2$  severa, lo cual pone en condiciones críticas al paciente, al grado de tener que instalar un tubo de doble lumen y ventilación mecánica selectiva previo a la cirugía.<sup>5</sup>

b. Distribución del flujo sanguíneo durante la ventilación de un pulmón.

i. Flujo sanguíneo al pulmón superior no ventilado. Los mecanismos pasivos mecánicos que disminuyen el flujo sanguíneo al pulmón superior son: efecto gravitacional, interferencia quirúrgica con el flujo sanguíneo, severidad

de patología pre-existente y los diferentes grados de contusión pulmonar con edema y destrucción de parénquima pulmonar. Existe evidencia actual que en el parénquima traumatizado se libera PGG (prostaglandina G vasodilatadora), la que origina edema, el cual interfiere en el intercambio gaseoso.

ii. Flujo sanguíneo al pulmón inferior ventilado. El pulmón inferior, usualmente, tiene una cantidad mayor de flujo sanguíneo debido a los efectos de gravedad y efectos vasoconstrictores del pulmón superior activo.

El flujo puede limitarse al pulmón inferior, por la compresión debido a los factores ya mencionados, por la posición de decúbito lateral; además, puede tener un grado, aunque menor, de trauma que disminuya el flujo a estas zonas.<sup>6</sup>

c. Vasoconstricción pulmonar hipóxica (VPH).

La reducción en el flujo sanguíneo a un pulmón es debida a un mecanismo vasoconstrictor activo. La hipoxia origina una respuesta de los vasos pulmonares, aumentando las resistencias vasculares y derivando flujo a las zonas normóxicas e hiperóxicas. La derivación de este flujo minimiza la cantidad de cortocircuito que circula a través del pulmón hipóxico.<sup>6</sup>

d. factores que afectan la oxigenación durante la ventilación de un sólo pulmón.

- La vasoconstricción pulmonar hipóxica (VPH), es un mecanismo fisiológico que se activa cuando un porcentaje del 30 al 70% del pulmón está hipóxico.

- Una gran cantidad de vasodiladores inhiben la VPH. Se han hecho estudios específicos sobre: nitroglicerina, nitroprusiato, dobutamina, antagonistas del calcio y algunos antagonistas  $\beta_2$ .

- Drogas anestésicas: El halotano ha demostrado inhibición de la VPH. El óxido nítrico ha demostrado no tener ningún efecto sobre la VPH.

- Incremento de la presión vascular pulmonar: la estenosis mitral, insuficiencia mitral, incremento de la postcarga y la embolia pulmonar, pueden incrementar la presión vascular pulmonar.

- Las drogas vasoconstrictoras, por ejemplo: dopamina, epinefrina y fenilefrina producen vasoconstricción de los vasos de las áreas normóxicas, neutralizando el mecanismo de la VPH.

- La hipocápnia ha demostrado una inhibición directa sobre la VPH. Sin embargo, el pulmón inferior sólo debe ser hiperventilado cuando haya un aumento de presión en la vía aérea que incremente las resistencias vasculares pulmonares.<sup>7</sup>

- El trauma libera prostaglandinas vasodilatadoras.

- En el pulmón ventilado o dependiente, puede aumentar la VPH con fracciones bajas de oxígeno inspirado e hipotermia.

- La exposición a concentraciones altas de oxígeno en el pulmón dependiente o ventilado por tiempos

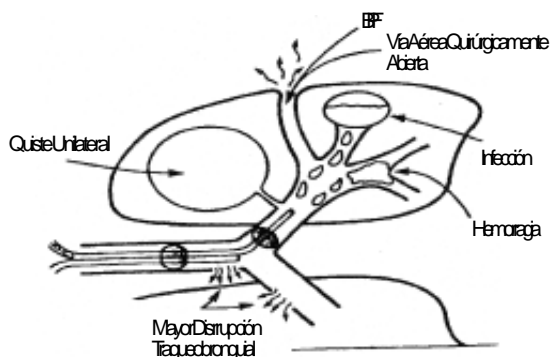
prolongados, al igual que la posición de decúbito lateral, puede originar atelectasias con áreas hipóxicas.<sup>8</sup>

### B. INDICACIONES (Figura 2)

La ventilación selectiva (VS), puede parecer una técnica sofisticada, pero se nos ofrece como un recurso terapéutico cuya idea nace de un hecho anatómico: la existencia de dos pulmones. Aunque el aparato respiratorio se considera como una unidad funcional, no hay que olvidar que por su dualidad puede precisar, en ocasiones, de un soporte ventilatorio individualizado.<sup>1</sup>

Figura 2

#### INDICACIONES ABSOLUTAS PARA VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN



En el paciente con toracoscopia video asistida, la indicación de utilizar ventilación mecánica selectiva, con tubos de doble lumen obedece a la comodidad del cirujano para realizar los procedimientos quirúrgicos. En la tabla 1 se muestran las indicaciones absolutas para utilizar ventilación de un solo pulmón. Nosotros mencionaremos en dicha tabla las relacionadas con toracoscopia y en la tabla 2 las indicaciones que son utilizadas en cirugía toracoscópica video asistida.

La ventilación mecánica selectiva (VS) usando tubos de doble lumen, está indicada en cirugía toracoscópica video asistida.

### C. VENTAJAS DE LA CIRUGÍA TORÁCICA VIDEOASISTIDA

Los pacientes con una enfermedad pulmonar bilateral crónica grave, que previamente no hayan sido quizá candidatos para toracotomía, pueden considerarse para cirugía toracoscópica videoasistida (CTVA). Barker y colaboradores describieron la atención anestésica de 22 de estos enfermos que se sometieron a periodos prolongados de ventilación de un pulmón (VUP), durante la ablación toracoscópica con láser de bulas enfisematosas. En esta serie, 13 pacientes recibieron suplemento de oxígeno a largo plazo y seis quedaron confinados a una silla de ruedas. A pesar de este grado

Tabla 1. Indicaciones absolutas para utilizar ventilación de un solo pulmón relacionadas con toracoscopia.

DIAGNOSTICAS	TERAPÉUTICAS
Derrame pleural	Biopsia pleural
Neumotórax	Drenaje de derrame pleural
Traumatismo contuso penetrante de tórax	Pleurodesis
Nódulos pulmonares solitarios	Adhesiolisis pleural
Gradación de los tumores pulmonares-pleurales	
Perforaciones esofágicas	

Tabla 2. Indicaciones que son utilizadas en cirugía toracoscópica video asistida

PULMONES	CORAZÓN
Neumonectomía	Pericardiocentesis
Lobectomía	Pericardiectomía
Resección en cuña subsegmentaria y segmentaria	Insertión de cardioversor-desfibrilador implantable
Resección de metástasis pulmonares	
Escisión de vesículas y bulas	
ESÓFAGO	MEDIASTINO
Esofagectomía	Escisión de tumores o quistes
Reparación de perforación esofágica	
Plegamiento del fondo	
COLUMNA TORÁCICA	
Herniación de disco	
Corrección de deformaciones	
Drenaje de absceso	

de deterioro respiratorio, se instituyó VUP con  $O_2$  al 100%, por un periodo medio de 170 más o menos 53 minutos. La hipoxemia intraoperatoria se trató mediante ventilación pulmonar diferencial y presión positiva al final de la espiración, según se requiera. Sólo un paciente no toleró la VUP. Se recomendó ventilación electiva postoperatoria.

#### D. NEUMOTÓRAX ARTIFICIAL

Se ha aconsejado crear un neumotórax artificial, mediante la insuflación de  $CO_2$ , como mecanismo para lograr el colapso completo del pulmón situado arriba y condiciones quirúrgicas óptimas. En un modelo animal, Jones y colaboradores valoraron la reacción hemodinámica a diversas presiones de insuflación en ocho cerdos, con ventilación mecánica sometidos a toracoscopia. Se observó un compromiso hemodinámico importante después de insuflar  $CO_2$ . Se redujeron el índice cardíaco (IC), el volumen sistólico y el índice del trabajo sistólico ventricular izquierdo (ITSVI), 36,34 y 49%, respectivamente, en comparación con los valores basales a una presión de insuflación de 5 mmHg. Con una presión de insuflación de 15 mmHg, disminuyó 64% la presión arterial media, el IC 81% y el ITSVI a 95% comparados con los valores basales. Los parámetros hemodinámicos regresaron a un 5% de los valores basales cuando se restableció la presión intrapleurales negativa mediante aspiración. Los autores concluyeron que no es posible recomendar la insuflación rutinaria de  $CO_2$ , durante la toracoscopia por el compromiso hemodinámico resultante.

#### CONSIDERACIONES ANESTÉSICAS

La toracoscopia se puede realizar tanto con anestesia local<sup>9</sup> (especialmente si sólo se va a llevar a cabo una exploración intrapleurales) o general con ventilación de un pulmón (en particular si se va a llevar a cabo toracoscopia terapéutica). La elección de la anestesia se determina considerando: 1) El alcance y duración esperada del procedimiento; 2) La delicadeza y habilidades técnicas del cirujano; 3) La experiencia del anestesiólogo; 4) Las condiciones físicas y psicológicas del paciente.

La infiltración de anestesia local de la pared torácica y pleura parietal, es la manera más sencilla de proveer anestesia al paciente, aunque algunos refieren con este método incomodidad. El pulmón se colapsa parcialmente cuando entra aire a la cavidad pleural en el lado operado. Esto permite una buena visibilidad del espacio intrapleurales para el cirujano. Es difícil e innecesario incrementar la presión insuflando gas dentro del hemitórax operado, con la finalidad de mejorar la visibilidad del espacio intrapleurales. Sorprendentemente, aunque muchos de estos pacientes sufren de enfermedad pulmonar avanzada, los cambios en la  $PaCO_2$  y el ritmo

cardíaco son mínimos, si se realiza el procedimiento con anestesia local y el paciente se encuentra respirando espontáneamente. Aunque es prudente utilizar una  $FiO_2$  alta para superar las pérdidas de volumen pulmonar causadas por un neumotórax inevitable.

El bloqueo del nervio intercostal se utiliza a nivel de la incisión y en dos espacios intercostales por encima y por abajo, lo que provee una completa analgesia para la toracoscopia, especialmente si ésta se realiza lejos de la pleura parietal. Un bloqueo del ganglio estrellado del mismo lado ayuda a prevenir el reflejo de la tos, que se presenta algunas veces durante la exploración y manipulación del hilio.

El paciente en cirugía toracoscópica video asistida, debe ser intubado y ventilado con oxígeno al 100%. Si un tubo de doble lumen no está disponible o no es posible colocarlo, se puede aplicar ventilación selectiva al pulmón derecho, avanzando el tubo endotraqueal estándar dentro del bronquio derecho un cm ( $30 \pm 1.1$  cm), hasta que los ruidos respiratorios del pulmón izquierdo desaparezcan. Desafortunadamente, el lóbulo superior derecho queda ocluido casi en el 100% de los casos.

Debe canalizarse con dos catéteres intravenosos de calibre grueso 14 F. Una línea arterial se colocará por medición de la presión arterial directa. Un catéter central se colocará para medición de la P.V.C. Si el caso lo requiere por manejo de grandes cantidades de volumen, se colocará catéter de Swan Ganz para medición de presiones pulmonares y gasto cardíaco por termodilución (calibrando el transductor con el cero absoluto); en estos casos el uso de autotransfusión deberá ser considerado. Se coloca sonda de Foley para medir flujos urinarios y temperatura central.

#### MONITOREO TRANSOPERATORIO

Se debe de emplear monitoreo no invasivo: E.C.G., T.A., Oximetría de pulso y capnografía ( $PetCO_2$ ). La anestesia se mantiene con una combinación de agentes intravenosos e inhalados.

#### CONTROL DEL DOLOR POSTOPERATORIO

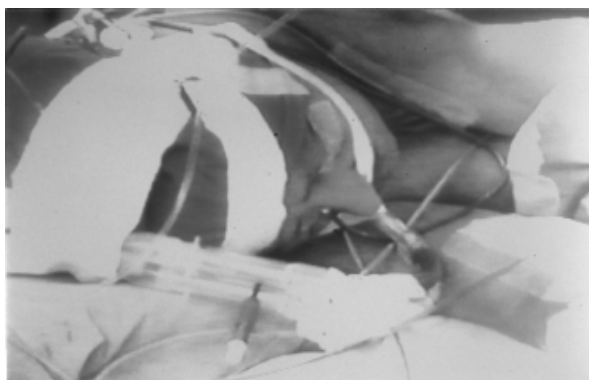
El dolor postoperatorio se trata mediante analgesia con narcóticos en infusión, combinada con fármacos antiinflamatorios no esteroideos o bloqueo torácico peridural, con infusión continua de anestésicos regionales y narcóticos. Se ha informado de la colocación de catéteres paravertebrales con instilación continua de analgésicos para el control postoperatorio.

#### A. TUBOS ENDOTRAQUEALES DE DOBLE LUMEN (Fotografía 1)

Existen muchos tipos de tubos de doble lumen: Carlens, White, Bryce-Smith y Robert Shaw. Todos

tienen doble lumen; uno termina en la tráquea y el otro en el bronquio derecho o izquierdo, según sea el caso. El de Carlens es un tubo derecho o izquierdo con una lengüeta a nivel de la Carina. El de White es esencialmente como el derecho de Carlens. El Bryce-Smith, carece de lengüeta a nivel de la Carina y en la versión derecha, el globo tiene un orificio para que el lóbulo superior sea ventilado.

Fotografía 1



El tubo tipo Robert Shaw moderno, es un tubo plástico desechable, en versiones derecha e izquierda. Carece de lengüeta en la Carina y ofrece más baja resistencia al flujo de aire que otros. El tubo se encuentra en las siguientes medidas: 41, 39, 37, 35 y 28 french, lo que corresponde al diámetro interno de 6.5, 6, 5.5, 5 y 4.5 mm, respectivamente. Los dos globos son de alto volumen y baja presión, con el globo de la rama bronquial coloreado en azul brillante. En la versión derecha, el globo presenta un orificio que se adapta al lóbulo superior, para que éste sea ventilado en forma adecuada. Finalmente, esta versión cuenta, en la porción final de ambos lúmenes, con una línea radio-opaca para detectar su correcta colocación.<sup>9</sup>

El tubo de doble lumen izquierdo, puede ser usado en la mayoría de los procedimientos torácicos que requieren ventilación de un solo pulmón. Cuando la cirugía es del lado izquierdo, la porción del tubo que queda dentro del bronquio izquierdo, debe ser retirada hacia la tráquea, antes de que el bronquio izquierdo sea clampeado y se debe continuar la ventilación a través de los dos lúmenes ventilando el pulmón derecho.

Contrariamente, el tubo del lado derecho, puede ser que el orificio del globo bronquial quede ocluido al no coincidir con el bronquio del lóbulo apical derecho; por lo anterior, la intubación con tubo de doble lumen derecho tiene un riesgo alto de colapso del lóbulo apical derecho e hipoventilación.

Las contraindicaciones para colocar un tubo de doble lumen izquierdo son: lesiones de la Carina y bronquio principal izquierdo. Excepto en estas

contraindicaciones, se prefiere cuando sea posible, la colocación de un tubo de doble lumen izquierdo.

## B. TÉCNICA DE COLOCACIÓN DEL TUBO DE DOBLE LUMEN

Colocación del tubo de doble lumen:

- Conozca la historia clínica. Examinar al paciente, para saber las condiciones que puedan afectar la elección del tubo o que puedan requerir técnicas especiales de intubación.

- Verifique la integridad de ambos globos (el globo bronquial usualmente requiere menos de 3 ml de aire).

- Proteja los globos en la intubación con un protector para dientes e inflelos con aire.

- La hoja de Macintosh se prefiere porque se adapta a la curvatura natural de los tubos.

- El tubo tipo Robert Shaw, se pasa a través de la laringe con la curvatura distal cóncava colocada anteriormente.

- Una vez pasado las cuerdas vocales, se retira el estilete y el tubo se rota 90 grados hacia el lado apropiado.<sup>10</sup>

## C. FIBROBRONCOSCOPÍA (Fotografía 2)

Después de la intubación, el anestesiólogo verificará en forma rutinaria que esté colocado correctamente. Esto se lleva a cabo en forma clínica, usando fibrobroncoscopio o con una radiografía de tórax. En el 48% de los casos existen datos clínicos de malposición. Por esta razón, la fibrobroncoscopia está indicada para confirmar que la posición sea correcta.

Fotografía 2



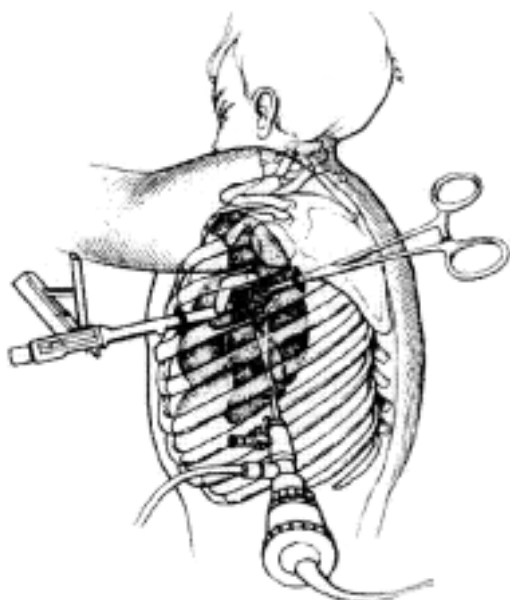
La ubicación del tubo debe ser reconfirmada cuando el paciente sea cambiado de posición.

Con la flexión de la cabeza, el tubo puede avanzar, originando que la rama traqueal se desplace hacia el bronquio o que el orificio del lóbulo superior se obstruya. La extensión puede traer como consecuencia una decanulación bronquial.

Además, la manipulación transoperatoria puede cambiar de lugar al tubo.

• **Complicaciones:** En la colocación del tubo de doble lumen son: malposición, ruptura del árbol traqueo-bronquial, laringitis traumática y suturar el tubo de doble lumen a una estructura intratorácica. La mayoría de estas complicaciones tienen que ver con el uso de los tubos de Carlens y pueden ser evitadas chequeando la posición del tubo, seleccionando la medida apropiada de éste, poniendo atención al inflado de los globos, especial cuidado al cambiar posición del paciente y precaución en los pacientes con anomalías en las paredes bronquiales.<sup>11</sup>

#### Cirugía Video Asistida



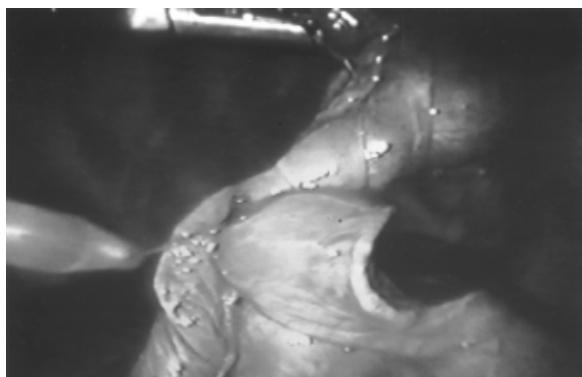
#### MANEJO PULMONAR TRANSOPERATORIO DE LA VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN EN CIRUGÍA TORACOSCÓPICA VIDEO ASISTIDA (Resección nódulo pulmonar. Fotografía 3)

Los pulmones son ventilados con presión positiva intermitente durante la inducción de la anestesia, antes y después de la inserción del tubo endotraqueal de doble lumen, durante la posición del paciente en decúbito lateral y durante la incisión de la pared torácica. Una vez que se ha incidido la pleura, es útil para el cirujano colapsar el pulmón.

En el paciente con trauma torácico severo, los diferentes grados de contusión pulmonar hacen que muchas de las veces requieran de aplicar diferentes grados de PEEP, antes de su ingreso a la unidad quirúrgica; pero, el manejo convencional que a continuación se expondrá provee de una adecuada oxigenación arterial durante la ventilación de un solo pulmón.<sup>12</sup>

En el paciente que tiene una ruptura traqueal y/o bronquial y en aquél que presenta una fístula bronco-

Fotografía 3



pleural o abierta al exterior de gasto alto, la intubación con tubo de doble lumen debe ser utilizando el fibrobroncoscopio, para que quede correctamente colocado y se debe iniciar la exclusión del pulmón con la fuga. Si la ruptura es traqueal, el globo traqueal debe sobrepasar el sitio de ruptura de ser posible.

Si existe un sangrado pulmonar agudo o en forma crónica, la presencia de un absceso y/o colección purulenta, el pulmón se debe aislar antes de poner al paciente en decúbito lateral, ya que existe el riesgo de que el pulmón contralateral se contamine con material purulento y se obstruya con sangre originando mayor  $\text{DaO}_2$  e hipoxemia.<sup>13</sup>

#### MANEJO CONVENCIONAL DE LA VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN

El manejo inicial de la ventilación de un pulmón está basado en la distribución del flujo sanguíneo durante el acto quirúrgico. Debido a que en la ventilación de un solo pulmón se tiene el riesgo alto de causar hipoxemia sistémica, es importante que la ventilación del pulmón inferior se maneje en forma óptima empleando una  $\text{FiO}_2$ , VC, FR y PEEP, más apropiados en el pulmón inferior.

##### A. FRACCIÓN INSPIRADA DE OXÍGENO

Aunque las posibilidades teóricas de atelectasias por absorción y toxicidad por oxígeno existen, los beneficios de ventilar el pulmón inferior con  $\text{O}_2$  al 100% exceden grandemente a los riesgos. Una  $\text{FiO}_2$  alta en el pulmón inferior puede aumentar críticamente la  $\text{PaO}_2$ , de niveles arritmogénicos amenazantes para la vida a niveles más seguros. Además, una  $\text{FiO}_2$  alta en el pulmón inferior causará vasodilatación; por lo tanto, incrementará la capacidad del pulmón inferior de aceptar la redistribución del flujo sanguíneo debido a la VPH del pulmón superior. La toxicidad química directa debida al 100% de  $\text{O}_2$ , no ocurre durante el tiempo del período quirúrgico y las atelectasias por reabsorción en el pulmón

inferior raramente ocurren en vista de las características del manejo de la ventilación del pulmón inferior (moderadamente grandes VC, con presión positiva intermitente, bajos niveles de PEEP). Aunque no se ha estudiado con anterioridad, la ventilación de un pulmón, el uso de una  $\text{FiO}_2$  en el pulmón inferior de 80-90%, puede ser ideal en vista del hecho de que una  $\text{FiN}_2$  de 10-20% reduce la posibilidad de atelectasias por absorción (por permitir que algo de nitrógeno mantenga abiertas las regiones de bajo VQ), mientras que una reducción en la  $\text{FiO}_2$  de 10-20% (desde 100%) probablemente causará sólo una pequeña disminución en la  $\text{PaO}_2$ .

#### B. VOLUMEN CORRIENTE (VC)

El pulmón inferior debe ser ventilado con un VC de 10 ml/kg. El uso de un VC menor puede promover atelectasias. El uso de VC mayores puede aumentar excesivamente la presión en la vía aérea del pulmón inferior y la RVP, incrementando el flujo sanguíneo al pulmón superior (disminuyendo la VPH del pulmón superior).

Un VC de 10 ml/kg al pulmón inferior, representa un volumen que está en la media del rango de VC (8-15 ml/kg), que pueden encontrarse que no afectan grandemente la oxigenación arterial durante la ventilación de un pulmón. El VC del pulmón inferior se cambió sistemáticamente de 8-15 ml/kg, durante la ventilación de un solo pulmón y se ha demostrado que tiene un impacto impredecible, pero no de importancia sobre la oxigenación arterial.

#### C. FRECUENCIA RESPIRATORIA (FR)

La frecuencia respiratoria debe prefijarse de tal forma que la  $\text{PaCO}_2$  permanezca en 40 mmHg. Dado que el VC del pulmón inferior de 10 ml/kg, representa un 20% de disminución del VC usual de los dos pulmones de 12 ml/kg, la FR usualmente necesitará aumentarse un 20% para mantener la homeostasis del  $\text{CO}_2$ . La relación entre VC disminuido y aumento en la FR da usualmente un VM constante; aunque la ventilación y la perfusión son considerablemente desiguales durante la ventilación de un pulmón (comparada con la ventilación de 2 pulmones), puede continuar eliminando una cantidad normal de  $\text{CO}_2$ , a causa de la alta difusibilidad del mismo. De hecho, la disminución del VM, aproximadamente a la mitad (VC reducido de 15 a 8 ml/kg mientras la FR se mantiene constante), tiene poco efecto sobre la  $\text{PaCO}_2$ . La hipocapnia debe evitarse debido a que, cuando es excesiva, puede aumentar las RVP en el pulmón inferior. Además, la hipocapnia puede directamente inhibir la VPH en el pulmón superior.<sup>14</sup>

#### D. PEEP EN EL PULMÓN INFERIOR (PRESIÓN POSITIVA EXPIRATORIA FINAL)

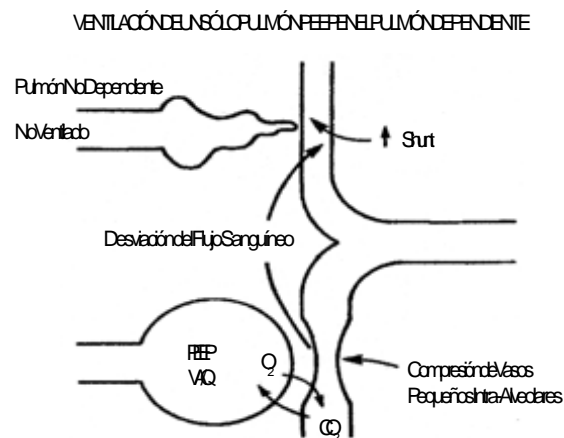
Inicialmente no debe usarse, o sólo a niveles muy bajos (PEEP menor de 5 cm de  $\text{H}_2\text{O}$ ), en el pulmón inferior, ya que puede provocar aumento en las RVP en éste innecesariamente.

En resumen, al comienzo de la ventilación de un pulmón, el  $\text{O}_2$  al 100%, un VC de 10 ml/kg y un incremento del 20% en la FR, pueden ser útiles como valores iniciales en la ventilación. La ventilación y la oxigenación arterial se monitorizan con gases arteriales seriados,  $\text{etCO}_2$  y pulsooximetría o tensiones transcutáneas. Si hay un problema con la ventilación u oxigenación arterial, una de las técnicas de manejo pulmonar habituales se usará como recurso adicional.

### MANEJO HABITUAL DE LA VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN

A) PEEP (Figura 3) selectivo al pulmón inferior. Dado que el pulmón inferior, el cual está siendo ventilado, a menudo tiene un volumen pulmonar disminuido, durante la ventilación a un solo pulmón. No nos sorprendería encontrar una saturación de oxígeno inadecuada y tener que emplear PEEP, del cual es conocido que su mecanismo, por el que tiene efectos benéficos, se debe a que aumenta el volumen corriente al final de la espiración, contribuyendo a elevar la capacidad funcional residual CFR. El incremento de la CFR aumenta el aporte alveolar de oxígeno a los alvéolos y vías aéreas durante la inspiración. Los incrementos en el volumen pulmonar y la apertura de alvéolos y vías aéreas deriva en aumentos en la distensibilidad pulmonar, ventilación y relación V/Q del pulmón ventilado.<sup>15</sup>

Figura 3



En resumen, el efecto del PEEP sobre el pulmón inferior y la oxigenación arterial es debido a dos efectos opuestos: uno positivo que es el de la CFR que aumenta en el pulmón inferior y otro negativo que es debido a

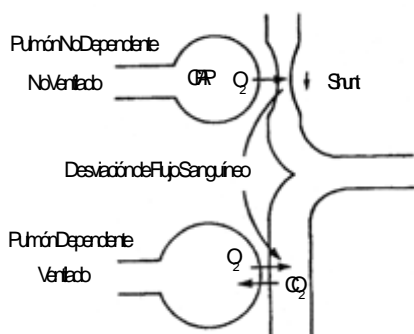
un incremento en la RVP del mismo pulmón, el cual origina un flujo sanguíneo de corto-circuito al pulmón no ventilado.

B) CPAP (Presión Positiva Continua) (Figura 4) selectiva al pulmón superior.

Una presión positiva continua puede ser aplicada en forma selectiva al pulmón superior. Bajo estas condiciones, el pulmón superior estará leve y constantemente distendido, por un flujo de oxígeno. Se ha demostrado que niveles bajos de CPAP simplemente mantienen expandidas las vías aéreas del pulmón superior, permitiendo que una pequeña cantidad de oxígeno distienda el espacio de intercambio gaseoso en el pulmón superior, sin afectar significativamente las resistencias vasculares pulmonares por compresión. Está comprobado que 5-10 cm de  $H_2O$  de CPAP, no interfieren con la realización de la cirugía, facilitando la disección intralobar. El efecto benéfico de aumentar la superficie de intercambio de oxígeno de 5 a 10 cm de  $H_2O$  de CPAP al pulmón superior, se suma a otro efecto positivo, el de derivar un volumen sanguíneo de sitios no oxigenados del pulmón superior, al pulmón inferior que está siendo ventilado.<sup>16</sup>

Figura 4

VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN CPAP EN EL PULMÓN NO DEPENDIENTE



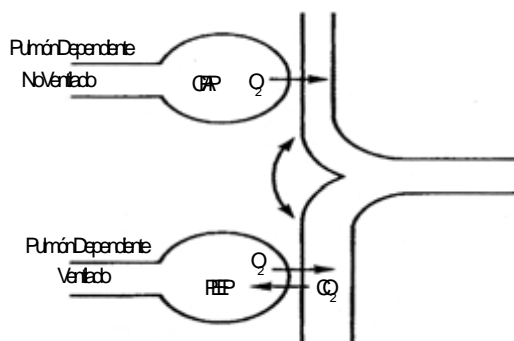
C) Uso de PEEP y CPAP (Figura 5) combinado.

Analizando las consideraciones antes mencionadas en relación al PEEP y al CPAP, parece ser que el mecanismo ideal para mejorar la oxigenación durante la ventilación de un pulmón, es aplicar en forma combinada PEEP y CPAP. De esta manera, el pulmón ventilado (inferior), que está recibiendo PEEP mejora el volumen pulmonar y la relación V/Q. Simultáneamente, el pulmón no ventilado (superior), recibe CPAP mejorando el intercambio de oxígeno a través de los alvéolos distendidos. Por lo tanto, usando PEEP/CPAP combinado, no existe problema de hacia dónde se dirija el flujo sanguíneo durante la ventilación de un solo pulmón. Ya sea que se dirija al pulmón ventilado o al no ventilado, todo el flujo participará en el intercambio

gaseoso a nivel alveolar, ya que éstos se encuentran expandidos con oxígeno. Está comprobado que la oxigenación arterial aumenta significativamente en los pacientes en los que se está efectuando toracotomía en la posición de decúbito lateral, cuando el PEEP se agrega al pulmón inferior ventilado y el CPAP al pulmón superior colapsado.<sup>17</sup>

Figura 5

VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN CPAP PEEP PULMÓN DEPENDIENTE

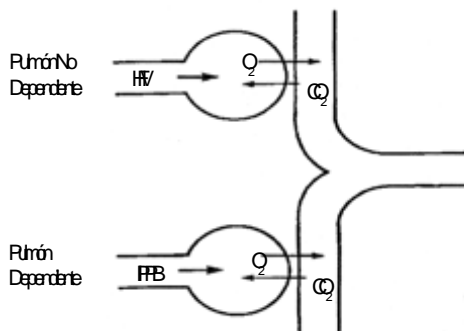


D) Ventilación de alta frecuencia (Ventilación JET) (Fig. 6) selectiva al pulmón no ventilado.

La aplicación de CPAP selectivo al pulmón superior ha demostrado, en comparación a la aplicación de ventilación de alta frecuencia al mismo pulmón, que no tiene una diferencia significativa en los resultados obtenidos en la oxigenación arterial. Dado que el mismo incremento en la oxigenación arterial se puede obtener con CPAP y debido a que el equipo utilizado con la ventilación de frecuencia alta es más complejo, es más lógico usar CPAP que ventilación de frecuencia alta, para mejorar la oxigenación arterial durante la ventilación a un pulmón.

Figura 6

VENTILACIÓN DE ALTA FRECUENCIA EN EL PULMÓN NO DEPENDIENTE



Sin embargo, existen dos indicaciones que son selectivas para el uso de la ventilación de alta frecuencia al pulmón superior y presión positiva intermitente al pulmón inferior: la primera es si el pulmón superior tiene una fístula broncopleurale, ya que la ventilación de



alta frecuencia minimiza la fuga de la vía aérea. La segunda indicación es en cirugía prolongada, en la cual se está interviniendo sobre la vía aérea para repararla. La ventilación de frecuencia alta permite que un catéter delgado pase a través del campo quirúrgico en el que se está reparando la vía aérea.<sup>18</sup>

### MANEJO HABITUAL DE LA VENTILACIÓN DE UN SOLO PULMÓN

La ventilación de dos pulmones se mantiene lo más posible (usualmente hasta que la pleura se abre). Al inicio de la ventilación de un solo pulmón se comienza con un VC de 10 ml/kg y la FR se ajusta para que la  $\text{PaCO}_2$  sea igual a no más de 40 mmHg. Una  $\text{FiO}_2$  alta (80 a 100%), y se monitorizan gases arteriales en forma seriada.

Si se presenta hipoxemia severa, después de este planteamiento convencional, se deben de descartar dos causas: malposición del tubo de doble lumen y mal estado hemodinámico. Si el tubo está bien colocado y el estado hemodinámico es satisfactorio, se hacen los ajustes en el VC y la FR. Si estas maniobras simples no resuelven rápidamente el problema, se pondrá en práctica CPAP selectivo al pulmón superior y PEEP al pulmón inferior. Se iniciará con 5 cm de  $\text{H}_2\text{O}$  de CPAP al pulmón superior. Si esto no corrige la saturación de oxígeno, 5 cm de  $\text{H}_2\text{O}$  de PEEP al pulmón ventilado será el siguiente paso a seguir. Aumento gradual de 5 en 5 cm de  $\text{H}_2\text{O}$  de PEEP y CPAP, al pulmón superior e inferior se intentarán para buscar la mayor distensibilidad y el menor SHUNT derecha-izquierda, en un intento por encontrar el PEEP óptimo que mejore la saturación sanguínea.

Si la hipoxemia severa continua, a pesar de la aplicación de CPAP/PEEP, lo cual es extremadamente raro, debe recordarse que el pulmón superior puede ser intermitentemente ventilado con presión positiva con oxígeno al 100%, como un recurso para corregir la  $\text{DaO}_2$ . La mayor parte del desequilibrio de la V/Q se corrige cuando se realiza la Neumonectomía practicando ligadura de la arteria pulmonar del pulmón no ventilado tan pronto como sea posible. Esta maniobra elimina el

flujo de SHUNT a través del pulmón no ventilado. Además, el pinzamiento de la arteria pulmonar del pulmón colapsado restaura la  $\text{PaO}_2$  a niveles normales. Fotografía 4 (resección de segmento pulmonar).

### CONCLUSIÓN

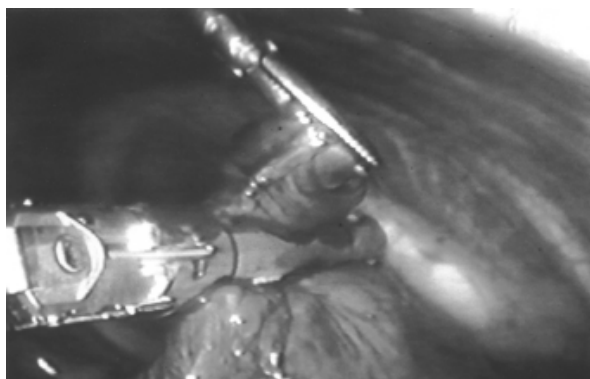
Fotografía 5



El desarrollo de los sistemas de video e instrumentación endoscópica han permitido la toracoscopia diagnóstica y terapéutica para una gran variedad de procedimientos torácicos. La cirugía torácica asistida por video (CTAV), representa una nueva alternativa para el cirujano y el anestesiólogo. Las alteraciones fisiopatológicas de la ventilación mecánica selectiva con tubo de doble lumen en toracoscopia son específicas y requieren un manejo especializado. La ventilación mecánica selectiva con tubos de doble lumen es un recurso muy útil en la cirugía toracoscópica terapéutica, ya que permite al cirujano realizar los procedimientos dentro de un margen de seguridad óptimo para el paciente y con el mayor rango de comodidad. Fotografía 5 (imágenes exteriores cirugía video asistida).

Los procedimientos con mínima invasividad (toracoscópicos), reducen los tiempos operatorios y disminuyen el dolor logrando una evolución y recuperación postoperatoria más rápida.

Fotografía 4



### REFERENCIAS

1. Smith GB, Hirsch NP, Ehrenwerth J. Placement of double lumen endobronchial tubes. *British Journal of Anaesthesia*. 1986; 58: 1317-1320.
2. Hurford WE, Alfille PH, Balun MT, Behringer E, Cullen DJ, Haspel K, Wilson RS, Zapol WM. Placement and complications of double lumen endotracheal tubes. *Anesthesia and Analgesia*. 1992; 74: S141.
3. Saito S, Dohi, Naito H. Alteration of double lumen endobronchial tube position by flexion and extension of the neck. *Anesthesiology* 1985; 62: 696-697.
4. Brodsky JB, Shulman MS, Mark JBD. Malposition of left-sided double lumen endobronchial tubes. *Anesthesiology* 1985; 62: 667-669.
5. Simon BA, Hurford WE, Alfille PH, Haspel K, Behringer EC. An aid in the diagnosis of malpositioned double lumen tubes. *Anesthesiology* 1992; 76: 862-863.

6. Larson A, Malmkvist G, Werner O. Variations in lung volume and compliance during pulmonary surgery. *British Journal of Anesthesia* 1987; 59: 585-591.
7. Alliaume B, Coddens J, Deloof T. Reability of auscultation in positioning double-lumen endobronchial tubes. *Can J. Anaesth.* 1992; 39: 687-90.
8. Cohen JA, Denisco RA, Richards TS, Staples DE, Roberts AJ. Hazardous placement of a Roberts haw type endobronchial tubes. *Anesth Analg* 1986; 65:100-1.
9. Benumof JL. Management of the difficult adult airway. *Anesthesiology* 1991; 75: 1087-1110.
10. Lfery DD, Benumof JL, Trousdale FR. Improving oxygenation during one-lung ventilation: Effects of PEEP and blood flow restriction to the nonventilated lung. *Anesthesiology* 1981; 55: 381-5.
11. Caplan LM, Turndorf H, Chandrakant P, Ramanathan S, Acinapura A, Shalon J. Optimization of arterial oxygenation during one-lung anesthesia. *Anesth Analg* 1980; 59: 847-51.
12. Slinger P, Triolet W, Wilson J. Improving arterial oxygenation during one lung ventilation. *Anesthesiology* 1988; 68: 291-5.
13. Benumof JL, Patridg. Margin of safety in positioning modern endobronchial tubes. *Anesthesiology* 1987; 67: 729-738.
14. Burton NA, Fall SM. Rupture of the left mainstem bronchus with polyvinyl chloride double lumen tubes. *Chest* 1983; 83: 928-29.
15. Warner DL, Gammaage GW. Tracheal rupture following the insertion of a disposable double lumen endotracheal tube. *Anesthesiology* 1985; 63: 698-700.
16. Cobley M, Kidd JI. Endobronchial cuff pressures. *British Journal of Anaesthesia* 1993; 70: 576-578.
17. Brodsky JB. Bronchial cuff pressures of double lumen tubes. *Anesth Analg* 1989; 69: 608-610.
18. Stow PJ, IL Grant I. Asynchronous independent lung ventilation. *Anaesthesia* 1985; 40: 163-66.