



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



Anestesia y reanimación en cirugía torácica

Grupo de trabajo SARTD-CHGUV para Cirugía Torácica

Coordinador Dr. Luis Hoyas Jimenez

Introducción

La anestesia para la cirugía torácica ha conseguido en los últimos años notables avances en conocimientos y en técnicas, lo que ha disminuido la morbimortalidad peri y postoperatoria. Éstos ha sido sobre todo: 1) La preparación preoperatoria con la delimitación de los criterios de operabilidad -resecabilidad. 2) El mejor entendimiento de la fisiopatología respiratoria del tórax abierto y de la ventilación a un solo pulmón. 3) Los métodos de ventilación del pulmón inferior (dependiente) y las distintas técnicas de asistencia ventilatoria al pulmón superior (no dependiente) durante la ventilación a un solo pulmón (CPAP, ventilación a alta frecuencia...) y, 4) La reanimación postoperatoria y, sobre todo, el tratamiento del dolor postoracotomía.

VALORACIÓN PREOPERATORIA :

La valoración de los pacientes que van a ser intervenidos no puede realizarse sin el conocimiento del riesgo específico que este tipo de cirugía conlleva. Actualmente el porcentaje de complicaciones respiratorias asociadas al periodo perioperatorio oscila entre un 15- 20% y mortalidad entre un 3- 4%; la posibilidad de complicaciones cardíacas que son las segundas en frecuencia se sitúa entre un 10- 15%.

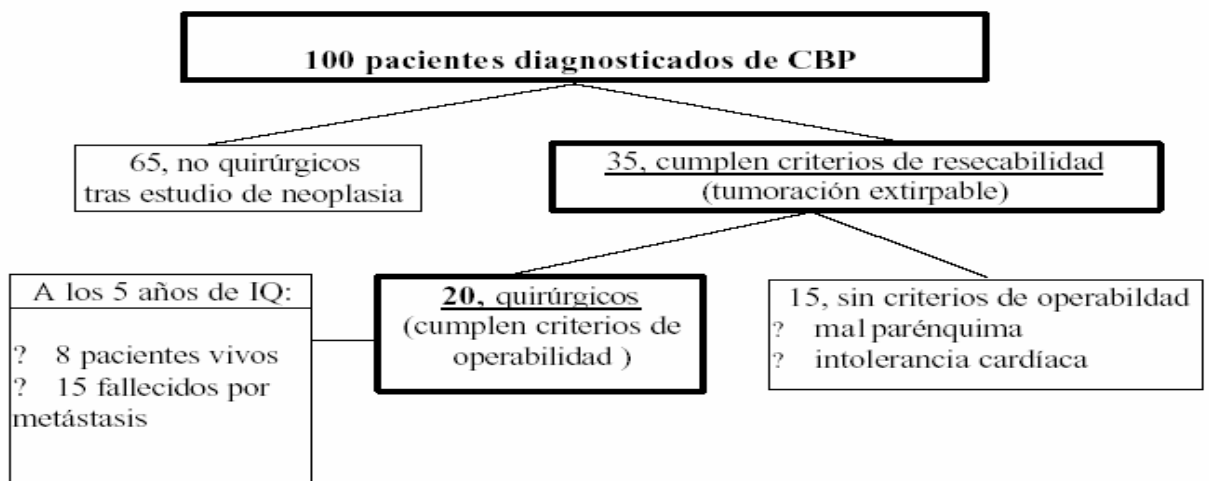
Para que un paciente diagnosticado de cáncer de pulmón pueda ser tratado quirúrgicamente, deben cumplirse dos requisitos en la valoración preoperatoria; el primero, que la cirugía pueda ser oncológicamente satisfactoria (criterios de resecabilidad) y el segundo, que la calidad de vida tras el tratamiento pueda ser aceptable (criterios de operabilidad).

- Forman parte de criterios de resecabilidad, todas aquellas pruebas (TAC, broncoscopia, mediastinoscopia, citología de esputo, etc...) que tratan de determinar la extensión de la tumoración, la presencia de adenopatías y/o metástasis y el diagnóstico histológico. Su resultado permite el estadiaje de la lesión y la indicación o no del tratamiento quirúrgico. Tras este proceso, solo el 35% de los pacientes diagnosticados podrán ser candidatos a cirugía de resección pulmonar.



- Los criterios de operabilidad, valoran no solo la cantidad de parénquima que queda tras la intervención propuesta y su eficacia en la realización del intercambio gaseoso, sino también si el corazón es capaz de tolerar dicho esfuerzo. La valoración se obtiene a través de la información que proporciona la anamnesis, la exploración física, la analítica, las pruebas de función pulmonar y actualmente también, las pruebas de esfuerzo. Cuando se aplica este segundo criterio, solo el 20% de los pacientes diagnosticados de carcinoma broncopulmonar (CBP), podrán recibir tratamiento quirúrgico y por tanto, solo ese pequeño porcentaje de pacientes van a tener posibilidades de curación. (Fig.1)

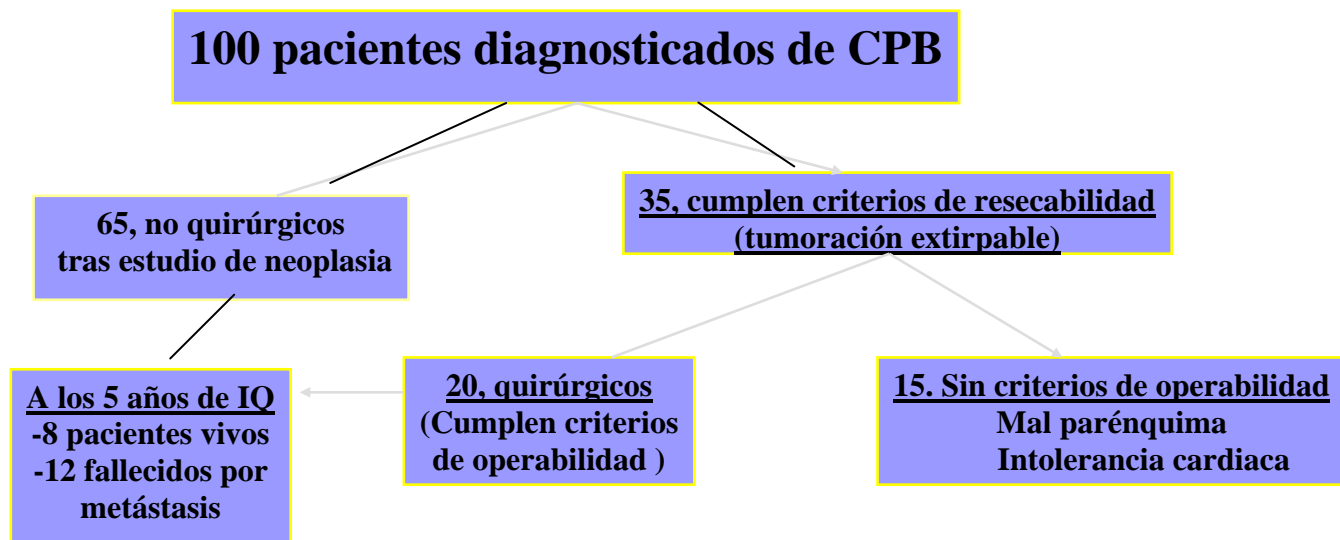
Figura 1. Diagrama que refleja la evolución clásica de las posibilidades quirúrgicas en la valoración de 100 pacientes con CBP de cel. no pequeñas:





VALORACION PREOPERATORIA

Evolución clásica de las posibilidades quirúrgicas en la valoración de 100 pacientes con CBP de células no pequeñas



De todo ello se deduce que la atención del anestesiólogo durante la valoración preoperatoria, se centra en la **evaluación global del estado cardiorespiratorio**, intentando predecir su respuesta frente a la resección y la tolerancia a la misma.

La información necesaria para la evaluación de los pacientes, se extrae de los datos que proporciona la valoración clásica y de los que proporcionan las pruebas específicas de función cardiopulmonar.

1) VALORACIÓN CLASICA : se basa en la anamnesis, el examen físico, la analítica y las pruebas complementarias de rutina, constituyendo siempre la **1ª etapa** en toda evaluación preanestésica.

Anamnesis. A grandes rasgos tendremos en cuenta:

- La edad y los hábitos tóxicos, fundamentalmente tabaquismo y enolismo, ya que son datos que nos orientarán sobre la coexistencia de otras enfermedades; asimismo, la edad avanzada, se asocia a un mayor porcentaje de complicaciones.
- La patología asociada, principalmente pulmonar y cardiovascular. Se ha observado que la EPOC está presente en un 70-90% de estos pacientes y que alrededor de un 20% asocian además patología cardiovascular (HTA, cardiopatías y/o arteriopatía vascular periférica).

Examen físico: destacar su importancia en la valoración preoperatoria de los pacientes programados para este tipo de cirugía, ya que la información que se extrae del aspecto general del paciente y de la constatación de signos físicos secundarios a su enfermedad neoplásica, resulta extremadamente útil en la predicción de la tolerancia a la cirugía.

- la presencia de obesidad o caquexia, traducen dificultades en la extubación por déficit muscular respiratorio
- la cianosis y la acropaquia o dedos en palillo de tambor, indican el grado de afectación del parénquima pulmonar subyacente.
- el tiraje y las dificultades en el habla por disnea, denotan dificultad a la ventilación severa.
- la ingurgitación yugular y/o la presencia de edemas, son signos de insuficiencia cardíaca, o de compresión de la vena cava superior.
- las características del cuello y de la voz, aporten información sobre posibles dificultades para la intubación y sobre la posible afectación tumoral a nivel de la laringe
- en la auscultación, la presencia de roncus y sibilantes de carácter inspiratorio pueden indicar crecimiento endoluminal de la tumoración; las zonas de hipofonesis traducirán atelectasis y derrames pleurales generalmente secundarios a la neoplasia y un ritmo de gaolope o crepitantes finos, indicarán descompensación cardíaca.

En la analítica, destacaremos el hallazgo de leucocitosis (indicará la coexistencia de un proceso infeccioso); un hematocrito elevado (traduce la presencia de insuficiencia respiratoria); la hipoproteïnemia (desnutrición), y alteraciones de la coagulación.

Entre las exploraciones complementarias, destacan por la relación simplicidad/cantidad de información, la radiografía simple de tórax y el electrocardiograma



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



-La Rx de torax anteroposterior y lateral, es la exploración radiológica que va a proporcionar mayor información desde el punto de vista anestésico, ya que nos permitirá observar: - estenosis y desviaciones de la traquea, indicando posibles dificultades con la intubación y ventilación; -derrames pleurales, que producirán una disminución de los volúmenes pulmonares; -horizontalización de la parrilla costal y bullas, en pacientes con EPOC por enfisema; -atelectasias, neumonias y patrones reticulares, que alterarán la relación ventilación/perfusión con aumento del shunt e hipoxemia;- cardiomegalia y edema intersticial difuso que indicarán posible fallo cardíaco.

-En la interpretación del ECG, debemos valorar principalmente, los signos de sobrecarga, hipertensión pulmonar (HTP), e insuficiencia cardíaca especialmente derecha, ya que su presencia podría contra-indicar la resección; los trastornos del ritmo pueden ser secundarios a la invasión neoplásica, en pacientes anteriormente asintomáticos.

2) PRUEBAS ESPECÍFICAS: constituyen la **2ª etapa** de la valoración preoperatoria. Dichas pruebas, estudian el **funcionalismo cardiorespiratorio**, determinando el intercambio gaseoso, los volúmenes pulmonares, el estado del parénquima y la adaptación del corazón y los pulmones a la cirugía.

Su objetivo será la identificación de aquellos pacientes con un riesgo de morbilidad elevado, intentando predecir en que casos, la cirugía puede resultar prohibitiva.

Las pruebas de función cardiopulmonar pueden agruparse en tres estadios:

El 1º escalón lo constituyen **las pruebas funcionales respiratorias de rutina** y deben realizarse sistemáticamente a todos los pacientes programados para cirugía de resección pulmonar. Dichas pruebas de las que forman parte, los gases sanguíneos, la espirometría, los volúmenes pulmonares y la capacidad de difusión pulmonar del monóxido de carbono (DLCO), proporcionan información sobre el funcionalismo cardiopulmonar en reposo, utilizada como predictiva del riesgo de morbimortalidad.

-En la interpretación de **los gases sanguíneos**, una $PaO_2 < 60 \text{ mmHg}$ y una $PaCO_2 > 45 \text{ mmHg}$ son indicativos de morbimortalidad aumentada. La PaO_2 sin embargo se considera un parámetro poco predictivo en reposo, aunque resulta muy útil en el postoperatorio inmediato, para determinar el grado de hipoxemia tolerable. La $PaCO_2$ por el contrario, si que tiene valor predictivo ya que mantiene una buena correlación entre las cifras pre y postoperatorias; en este sentido, la constatación de una hipercapnia que no se corrige pese a la hiperventilación, traduce el fallo de los mecanismos de compensación por disfunción pulmonar y por tanto la posible necesidad de ventilación mecánica tras la cirugía.

-**La espirometría simple**, es la prueba funcional que proporciona mayor información con un mínimo costo. Entre los parámetros que pueden obtenerse de la misma, los más empleados son: la capacidad vital forzada o volumen total de aire espirado (FVC) y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV₁); para que su interpretación sea más exacta, los resultados se corrigen según la estatura, el peso y la edad del individuo, hablando en ese caso de valores predichos o corregidos. Los valores normales de la FVC, son de 6,5L para el hombre y 5L para la mujer, reflejando su disminución una enfermedad pulmonar restrictiva. Los valores teóricos para el FEV₁, son unos 5.5L (85%.) en personas jóvenes y 4.2L (65%) en ancianos y tanto su disminución como la del índice FEV₁/FVC, indican una enfermedad pulmonar obstructiva. Se considera que el riesgo quirúrgico está cuando el valor del FEV₁ predicho es inferior al 50% (2L) y lo mismo para el índice.

-La determinación de los **volumenes pulmonares y de la DLCO**, requiere una tecnología más compleja. Entre los primeros, la capacidad respiratoria máxima en un minuto (MVV), refleja alteraciones obstructivas, restrictivas, cardíacas y también del diafragma y la pared torácica, mientras que el índice volumen residual/capacidad pulmonar total (VR/TLC), refleja el grado de atrapamiento e hiperinsuflación en los procesos obstructivos. Para este índice, se ha demostrado que los pacientes con cifras superiores al 50%, tienen un mayor porcentaje de mortalidad.

La **DLCO**, refleja la superficie alveolar disponible y la integridad de la membrana alveolo-capilar, siendo considerado por algunos autores como el parámetro aislado más predictivo de morbimortalidad.

Figura 2: Criterios de riesgo de morbimortalidad aumentada.

| <u>Pruebas funcionales respiratorias de rutina.</u> | |
|--|---|
| <u>Criterios de riesgo de morbimortalidad aumentada</u> | |
| GASOMETRIA ARTERIAL (FiO ₂ = 0.21) | PaO₂ < 60mmhg PaCO₂ > 45mmhg |
| FEV₁ | ? 2 L o 60 % del predicho |
| FEV₁/ FVC | ? 50 % del predicho |
| MVV | < 50 % del predicho |
| RV/ TLC | > 50 % del predicho |
| DLCO | < 50 % |

*MVV = Máxima ventilación voluntaria en un minuto (± 168 l/min.).

*TLC = Capacidad pulmonar total (± 5800 ml)

*VR = Volumen residual tras una expiración máxima (± 1200 ml).

La obtención de resultados insatisfactorios;(fig2), nos obligará a proseguir la investigación pasando al segundo escalon de pruebas funcionales.

El 2º escalón, lo constituyen las **pruebas funcionales unilaterales**, que tratan de determinar la cantidad de parénquima funcionante tras la cirugía, simulando de forma estática una neumonectomía. Forman parte de estas pruebas:

La gammagrafía de perfusión cuantificada con tecnecio99, que informa sobre la cantidad de flujo sanguíneo que recibe cada pulmón, permitiendo calcular el FEV1 predicho post-neumonectomía (FEV1ppn), que traduce con bastante aproximación la función ventilatoria tras la resección. Se considera que el límite de la tolerancia para resección pulmonar es un FEV1ppn = a 800ml, o al 40% del predicho. Esta conclusión, se basa en la experiencia clínica y en la observación de que los pacientes con EPOC y un FEV1 <a 800ml, retienen CO2 y presentan una supervivencia media de solo tres años en la evolución natural de su enfermedad.

Sin embargo y desde hace unos años estos límites están en continua revisión y los últimos criterios consideran que estas cifras no significan un límite de tolerancia y por tanto la imposibilidad de tratamiento quirúrgico, sino un aumento del riesgo de morbimortalidad y que además deben aplicarse a la intervención quirúrgica prevista y no solo a la neumonectomía por lo que se expresa en términos de FEV1ppo

Fórmula para calcular el FEV₁ predicho postneumonectomía conociendo la perfusión:

$$\text{FEV}_{1\text{ppn}} = \% \text{ de flujo sanguíneo que recibe el pulmón sano } \times \text{FEV}_1 \text{ total predicho en ml}$$

Fórmula para calcular el FEV₁ predicho postoperatorio (IQ prevista) según los subsegmentos que van a ser reseçados sobre un total de 42:

$$\text{FEV}_{1\text{ppo}} \% = (1 - \% \text{ de segmentos a reseçar) \times \text{FEV}_1 \text{ total predicho en } \%$$

Segun esta última fórmula que aplican Nakahara y cols. el lóbulo superior dcho. tiene 6 subsegmentos, el medio 4 y el inferior 12; en el izq. El lóbulo superior está compuesto por 10 y el inferior igual.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



-La determinación de la presión de la arteria pulmonar (PAP) mediante su oclusión a través de cateterismo, predice la posible aparición de insuficiencia o fallo cardíaco. En caso de neumonectomía, estimando que una PAP > a 35mmHg, o la aparición de una hipoxemia < a 45mmHg son de mal pronóstico. Actualmente, se considera un método agresivo, con una capacidad de predicción incierta,

prefiriéndose recurrir a pruebas no invasivas para su determinación, ante la sospecha de hipertensión pulmonar.

El 3er escalón, lo constituyen **las pruebas de esfuerzo**. La filosofía de su utilización en la valoración preoperatoria, traduce la idea de que la respuesta del sistema cardiopulmonar y el consumo de oxígeno (VO₂), durante el ejercicio, pueden proporcionar información sobre la capacidad de reserva, reproduciendo de alguna forma, la situación aguda que el intra y postoperatorio significan para aquellos pacientes con pruebas funcionales límite, que serían rechazados para la cirugía, si aplicamos los criterios clásicos: FEV₁ < 60%, o FEV₁-ppo < 40% y DLCO ppo < 40%.

-Se considera que la medición del consumo de oxígeno durante el esfuerzo (VO₂max) es uno de los parámetros con mayor capacidad predictiva. Actualmente, el límite para la resección es un VO₂max = 10ml/kg/min.; el riesgo de complicaciones cardiorespiratorias durante el postoperatorio está aumentado para un VO₂max 12- 15ml/kg/min y es considerado de buen pronóstico un VO₂max ≥ 20ml/kg/min.

-Una prueba de esfuerzo más fácil y no invasiva, es el test de subir escaleras, habiendo demostrado una buena capacidad de predicción. Se relaciona con un buen pronóstico, la capacidad de subir un equivalente a tres pisos de escaleras.

-Más recientemente los test de marcha, determinando el grado de desaturación que aparece durante los mismos y/o la necesidad de aporte de oxígeno, han demostrado también una buena correlación con la morbilidad perioperatoria.

Resumen:

Que la información que aporta la valoración clásica, sigue siendo fundamental en la evaluación de los pacientes candidatos a cirugía de resección pulmonar.

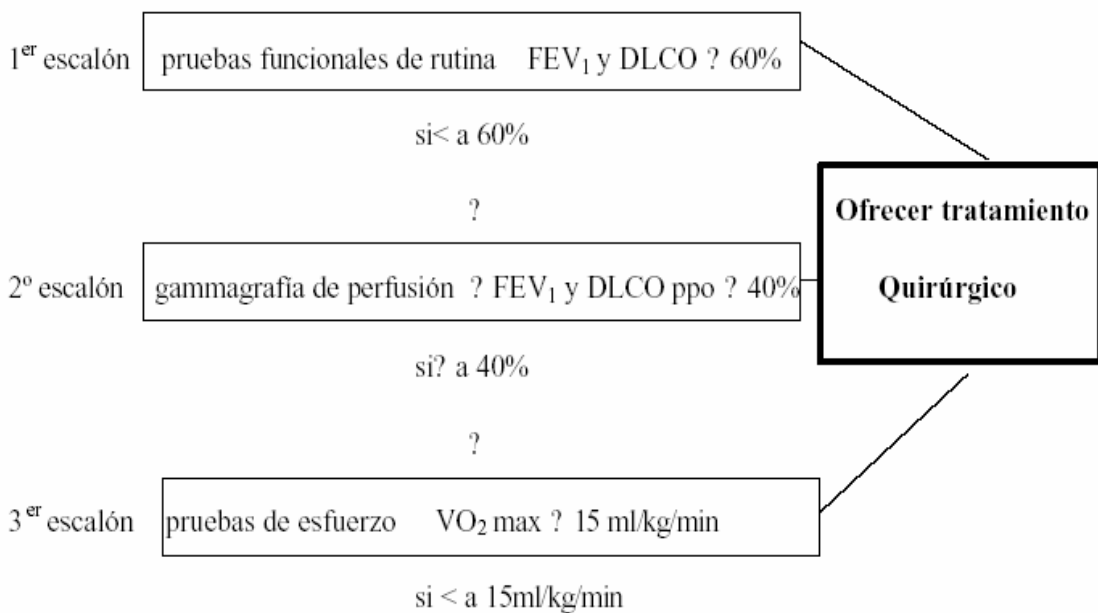
Que las pruebas específicas de función cardiopulmonar, no deben realizarse indiscriminadamente, sino que se amplian dependiendo de los resultados obtenidos en cada paciente, considerándose actualmente que el hallazgo de un FEV₁ < 2l. o < al 60% del predicho durante la espirometría, obliga a realizar una gammagrafía de perfusión.



Si el cálculo del FEV1 y/o la DLCO predichos para la resección quirúrgica indicada (FEV1ppo y/o DLCOppo) es \leq al 40%, deberán realizarse pruebas de esfuerzo, considerándose aceptable para la cirugía un consumo de oxígeno (VO_2max) durante el esfuerzo $\leq 12ml/kg/min.$, o bien la capacidad de subir el equivalente a tres pisos de escaleras, o la ausencia de desaturación durante el esfuerzo; en todos estos casos sin embargo, se recomienda limitar la resección al máximo.

A continuación se expone un diagrama que resume la valoración(Fig 3)

(Fig.3)Diagrama de la valoración completa de los pacientes candidatos a resección pulmonar.



Valorar otras opciones quirúrgicas o médicas

1. Fisiopatología de la ventilación en cirugía torácica

En el paciente despierto en decúbito lateral, la ventilación (V) y la perfusión (Q) se distribuyen del mismo modo que cuando está en posición erecta. Sólo que en este caso las bases pulmonares equivalen a las zonas declives del pulmón dependiente, y los vértices a la parte alta del pulmón no dependiente. Así, el pulmón dependiente recibe una mayor perfusión sanguínea (2/3 partes) por efecto de la gravedad. Asimismo, también recibe una mayor ventilación, debido a que el volumen de los alveolos se encuentran en la porción más distensible de la curva volumen/presión (curva V/P o curva de la *compliance*), pero también porque 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)

Tras **la inducción anestésica** se produce una pérdida de volumen en ambos pulmones, una pérdida global de capacidad residual funcional (CRF). Esto supone en el pulmón no dependiente una desviación a una porción más elástica de la curva V/P, por lo que aumenta su ventilación. Sin embargo, la pérdida de volumen en el pulmón dependiente 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. Por otro lado, también se ha visto que casi en el 90% de pacientes, aparecen atelectasias en el pulmón dependiente, por la reabsorción de gas de las áreas mal ventiladas.

La instauración de ventilación mecánica no mejora la situación, ya que distribuye la ventilación preferentemente a las zonas de mayor *compliance* por lo que el mayor porcentaje del volumen corriente (VT) es insuflado al pulmón no dependiente. En estas condiciones, como la perfusión no se afecta notablemente, respecto al paciente despierto, tenemos un pulmón no dependiente bien ventilado y mal perfundido y un pulmón dependiente mal ventilado y bien perfundido. Esta desigualdad V/Q, a falta de mecanismos compensadores provoca cierto efecto shunt y tendencia a la hipoxemia.

Con **la apertura del torax** la situación empeora; la ventilación mecánica del pulmón no dependiente ya no debe vencer la resistencia de la caja torácica y aumenta su ventilación, reduciéndose proporcionalmente en el pulmón dependiente que se mantiene en la misma situación, relativamente "rígido", pobremente ventilado y sobreperfundido.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



"El efecto final de todos los factores comentados es que, el paciente sometido a toracotomía lateral presenta una alteración global en la relación V/O consistente en sobreperfusión en relación a la ventilación (aumento del efecto "shunt") en el pulmón declive y sobreventilación en relación a la perfusión (aumento del efecto espacio muerto) en el pulmón proclive, lo que tiene como resultante la alteración global del intercambio gaseoso". ..

. Dos mecanismos mejoran esta desigualdad; por un lado la compresión quirúrgica del pulmón no dependiente, ya que reduce en parte el exceso de ventilación. Por otro, lado la aplicación de PEEP a ambos pulmones, que aunque afecta predominantemente al pulmón no dependiente también recupera volumen en el pulmón dependiente aumentando su compliance y su ventilación

Si se precisa el aislamiento de ambos pulmones, se practica intubación selectiva y ventilación a un solo pulmón; entonces empeora la desigualdad V /Q respecto de las anteriores circunstancias. En efecto, el pulmón no dependiente no recibe ventilación y aunque su perfusión se reduce (dependiendo de diversos factores, como luego veremos) todo el pulmón produce un shunt verdadero ($V/Q=0$). El pulmón dependiente recibe toda la ventilación programada y también aumenta su perfusión, por la sangre derivada del pulmón no dependiente.

El efecto de la ventilación a un solo pulmón sobre los gases sanguíneos es fácil de deducir. La PCO₂ puede mantenerse a niveles normales con facilidad ya que, aunque en el pulmón no dependiente no se elimina CO₂, la hiperventilación del dependiente produce una PCO₂ suficientemente baja para lograr una PCO₂ normal en la mezcla de sangre procedente de ambos campos. Por desgracia, no ocurre lo mismo con la oxigenación.

En el pulmón no ventilado la sangre no se oxigena y mantiene una PO₂ y SatO₂ idéntica a la sangre venosa (shunt verdadero: PO₂: 40mmHg, SatO₂: 75%) mientras que en el pulmón ventilado la sangre se arterializa al máximo (100%). La administración de oxígeno al 100%, aumenta la SatO₂ al 100% en las zonas bien ventiladas, pero no afectará a la sangre que perfunde zonas no ventiladas (shunt). Así, en presencia de shunt cercano al 30% el efecto del aumento de la FiO₂ del 21 % al 100% ya no afecta casi a la PO₂ arterial¹. La figura 7-3 presenta el diagrama PO₂/Shunt pulmonar a distintas FiO₂ entre 21 % y 100%.

-Volviendo a la ventilación a pulmón único, la oxigenación depende del grado de shunt verdadero que se produzca. Este shunt depende prioritariamente de la sangre que perfunde al pulmón no dependiente (no ventilado). Los factores más importantes que afectan dicha perfusión, son:



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



1. La vasoconstricción pulmonar hipóxica (VCPH).
2. La compresión quirúrgica del pulmón no dependiente. .
3. El estado previo del pulmón ventilado (dependiente)

1. La vasoconstricción pulmonar hipóxica (VCPH)

Es el reflejo, quizá más conocido y peor entendido de todos los fenómenos de V /Q pulmonares. Cuando se produce una hipoxia en una zona determinada del pulmón (efecto shunt), aparece una vasoconstricción reactiva en ese área que tiende a derivar la sangre a zonas mejor ventiladas; de ese modo se reajusta fisiológicamente la relación V /Q y se afecta poco la oxigenación.

Benumof demostró ya en 1978 que la reducción del flujo sanguíneo en un pulmón con atelectasia aguda se debe principalmente al efecto de la VCH. Por tanto, mientras en el pulmón no dependiente colapsado se mantenga un alto grado de VCPH, la caída de la perfusión reduce el shunt en ese pulmón y se mejora la perfusión del pulmón dependiente (ventilado). mejorando sensiblemente la oxigenación. De ahí, la importancia de conocer los factores que pueden afectar el grado de VCPH; Remarcaremos aquellos que tienen interés en la anestesia a un solo pulmón:

a) Fármacos utilizados en anestesia: no tienen ningún efecto sobre la VCPH, los anestésicos endovenosos utilizados en la inducción (tiopental, propofol, ketamina) ni los analgésicos habituales (fentanilo, morfina). Sin embargo sí que se ha demostrado que el óxido nítrico inhibe ligeramente la VCPH. Finalmente, aunque con algunos datos contradictorios, puede decirse que en clínica humana el halotano, enflurano e isoflurano no inhiben la VCPH, o la inhiben escasamente, de forma dosis-dependiente. Todavía son escasos los estudios publicados en relación con los efectos de los nuevos anestésicos inhalatorios, Sevoflurano y Desflurano, sobre la VPH. Pero parecen ser suficientes para aceptar que, al igual que Halotano, Enflurano e Isoflurano, son capaces de inhibir la VPH de forma dosis-dependiente. En estudios realizados sobre conejos, el Sevoflurano inhibió el 50% de la VPH cuando se administró a concentraciones de 1CAM, mientras que el Isoflurano produjo el mismo efecto con niveles de 0,85 CAM . Con el Desflurano este efecto se alcanzó a concentraciones de 1,6 CAM y con el Halotano a 1,2 CAM . Según estos estudios el Isoflurano sería, en contradicción con los trabajos citados anteriormente, el anestésico inhalatorio con mayor capacidad de inhibición de la VPH. De hecho, administrado en humanos a concentraciones de 1 a 1,5 CAM y en asociación con óxido nítrico al 50%,



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



puede multiplicar por tres el nivel de *shunt*, aunque sin provocar alteraciones en la función cardiaca

b) Otros fármacos: inhiben **directamente** la VCPH, los vasodilatadores sistémicos más utilizados (nitroglicerina, nitroprusiato, , isoproterenol y antagonistas del calcio: verapamil ,nifedipina); los broncodilatadores, tanto las teofilinas como el salbutamol y la dobutamina, por su efecto vasodilatador pulmonar. Por su parte, los vasoconstrictores (dopamina y adrenalina) no actúan directamente sobre la VCPH, pero al aumentar la resistencia vascular del pulmón dependiente, se deriva sangre al pulmón no ventilado y el efecto es similar a la inhibición de la VCPH.

Ni la aminofilina ni el salbutamol parecen afectar al grado de VPH. Tampoco el óxido nítrico ejerce efectos inhibitorios sobre la VPH cuando es administrado, en concentraciones de 20 ppm, a humanos sometidos a ventilación a un solo pulmón.

c) Composición del gas alveolar: una reducción de la PO₂ alveolar por una FiO₂ baja o por una más baja PvO₂, Asi como, la hipocapnia puede inhibir por un mecanismo de acción directo la VPH , mientras que la hipercapnia, al producir un aumento de la RVP selectivo sobre el pulmón declive, podría derivar parte de su perfusión hacia el pulmón proclive .

d) Presiones intrapulmonares: el efecto del aumento de la presión media en el pulmón ventilado (altas presiones de insuflación, efecto de atrapamiento, PEEP aplicada) es variable, dependiendo si compromete la microcirculación y llega a aumentar las resistencias vasculares pulmonares, (RVP) . En este caso actúa también indirectamente derivando sangre al pulmón atelectasiado, como si inhibiera la VCPH .

e) Presiones intravasculares: el aumento de la presión en la arteria pulmonar (P AP) provoca una mayor dilatación de los vasos pulmonares, reduciendo el efecto de la VCPH. La reducción de la PAP (hemorragia masiva, hipovolemia, bajo gasto cardíaco) puede producir que los vasos del pulmón ventilado se compriman por la presión intrapulmonar y se derive la sangre al pulmón no dependiente, actuando asimismo como si se inhibiera la VCPH.

De forma general, podría aceptarse que la VPH es óptima, para un paciente dado, cuando las presiones de perfusión pulmonar; la ventilación y la oxigenación se hallan dentro de la normalidad, y que cualquier acción que determine un cambio en la RVP Es decir, que la VCPH parece que sólo funciona adecuadamente con presiones de perfusión pulmonar dentro de límites normales.

2. La compresión quirúrgica

Sin duda la compresión del pulmón no dependiente atelectasiado actúa mecánicamente derivando sangre al pulmón dependiente bien ventilado. No obstante, se ha comprobado que la magnitud de este fenómeno es variable, ya que la manipulación del pulmón puede provocar la liberación de prostaglandinas que como vasodilatadores inhibirían el efecto de la VCPH.

3. Estado previo de ambos pulmones

La presencia de una hipertensión pulmonar primaria (por EPOC) o secundaria (estenosis mitral) ya establecida en el preoperatorio, limita la capacidad de adaptación del pulmón dependiente a un aumento de su perfusión, y limita por tanto, el efecto de la VCPH.

Soporte ventilatorio durante la ventilación a un solo pulmón

El soporte ventilatorio durante la VUP se basa fundamentalmente en la aplicación de VMC sobre el pulmón declive, independientemente de que, además, se utilicen otros métodos para mejorar la oxigenación. La adecuación de la pauta ventilatoria a las características mecánicas del pulmón ventilado debe ser óptima, puesto que las alteraciones en la relación V/Q en este pulmón pueden contribuir de forma notable a la aparición de hipoxemia.

Las recomendaciones a seguir al seleccionar las variables de VMC se pueden resumir en las siguientes:

1. Utilizar FiO_2 elevadas. Además, al proporcionar una PAO_2 alta, lo que puede corregir en parte los desequilibrios en la relación V/Q de dicho pulmón y, por tanto, mejorar la oxigenación. Los riesgos derivados de utilizar $FiO_2: 1$, como la toxicidad o las atelectasias por reabsorción, son desdeñables respecto a los beneficios citados. La toxicidad química no se da en el relativamente corto periodo quirúrgico y las atelectasias son improbables si se selecciona correctamente el VT .

2. Adecuación del volumen corriente (VT). Los múltiples estudios realizados en relación a la selección del VT durante la VUP, ofrecen resultados dispares. La utilización de VT tan elevados como 14 ml/kg, se asocia, según algunos trabajos, con un aumento de la PaO_2 Y

de la compliancia y una menor fracción de *shunt* que los obtenidos con VT bajos (7 ml/kg) , probablemente por un efecto de reclutamiento alveolar (42). De hecho, cuando se aplican VT de 5 a 7 ml/kg pueden aparecer atelectasias (69). Otros estudios, sin embargo, encuentran que la utilización de VT entre 8 y 15 ml/kg produce un efecto impredecible y, normalmente, de poco impacto sobre el nivel de oxigenación (70). Existen, por otro lado, serias limitaciones a la aplicación de VT elevados. La elevación de la Palv puede generar, en primer lugar, un incremento de la RVP en el pulmón dependiente y, por tanto, un aumento en la perfusión del pulmón proclive (71). En segundo lugar, esta elevación en la Palv incrementa el riesgo de barotrauma, sobretodo en aquellos casos en los que existe una reducción de la compliancia pulmonar.

La tendencia habitual es la de usar VT próximos a los 8-10 ml/kg, aunque, teniendo en cuenta las grandes variaciones que podemos encontrar en las relaciones talla-peso, podría resultar más adecuado ajustar este parámetro en función del valor de la presión de meseta en vías aéreas (representativa de la Palv), una vez considerados los condicionamientos citados.

3. *Mantener la misma ventilación-minuto* que la que proporcionaba normocapnia (o ligera hipocapnia) durante la ventilación de los dos pulmones. Una vez ajustado el VT, la frecuencia respiratoria (FR) debería ser aquella necesaria para mantener normocapnia.

A pesar de que la ventilación se halla limitada a sólo un pulmón y de las alteraciones V/Q que éste pueda presentar, la alta difusibilidad del CO₂ permite, habitualmente, mantener su nivel de eliminación si se mantiene la ventilación minuto previa. .

A pesar de todo, aún optimizando la pauta de ventilación sobre el pulmón declive, la hipoxemia se presenta con una elevada incidencia durante la VUP: la PaO₂ es inferior a 80 mmHg en aproximadamente el 25% de los casos, e inferior a 60 mmHg en el 10% . De ahí que las medidas a aplicar para mejorar el nivel de oxigenación se dirijan a reducir el efecto *shunt*. Por supuesto, la medida más eficaz es la ligadura de la arteria pulmonar o lobar del territorio pulmonar colapsado. Pero hasta que esta maniobra pueda ser realizada, pueden aplicarse las siguientes técnicas de apoyo ventilatorio:

1. *Insuflación intermitente del pulmón proclive con O₂ al 100%*. Aunque con el inconveniente de dificultar el trabajo del cirujano, la insuflación con O₂ al 100% hasta la reexpansión completa del pulmón colapsado a intervalos regulares (cada 5 minutos), es una maniobra sencilla y eficaz, capaz de impedir el desarrollo de hipoxemias graves.



2. Adición de *PEEP al pulmón declive*. La aplicación de esta medida debe adoptarse o no, considerando el equilibrio entre el efecto positivo de mantener o incrementar la CRF y mejorar la relación V/Q de este pulmón, y el efecto negativo de incrementar la RVP, por aumento de la presión alveolar, y el correspondiente aumento de la perfusión del pulmón proclive. Es improbable que niveles de PEEP inferiores o iguales a 5 cmH₂O produzcan efectos deletéreos por aumento de la RVP. No obstante, debe tenerse en cuenta que la probable presencia de auto-PEEP, al sumarse a la PEEP externa, podría llevar a un nivel excesivo de presión alveolar telespiratoria total .

3. *CPAP selectiva sobre el pulmón proclive*. Es, probablemente, el método más extendido por su eficacia, su facilidad de manejo y su amplia disponibilidad (el equipamiento necesario consiste en un circuito con una fuente de oxígeno, un manómetro, una bolsa reservorio --opcional- y una válvula de sobrepresión que permita regular la presión interna del circuito -por ej. una válvula de PEEP-). Su mecanismo de acción se basa en la simple expansión de un territorio de tejido pulmonar, más o menos amplio según el nivel de presión aplicado. El oxígeno que llega a los alveolos expandidos pasa a la sangre capilar por difusión y ello *reduce la proporción de shunt* en el pulmón proclive mejorando el grado de oxigenación. Además, la preservación de la geometría pulmonar y de una cierta Palv, podrían ser factores que permitieran una menor perfusión del pulmón proclive reduciendo el efecto *shunt* . Generalmente se aplican niveles de 5 a 10 cmH₂O, los cuales permiten asegurar un nivel suficiente de oxigenación en la gran mayoría de los casos , sin producir interferencias con la cirugía ni efectos hemodinámicos apreciables . Sin embargo, se ha publicado que incluso niveles de tan sólo 2 cmH₂O pueden ser suficientes para alcanzar mejoras significativas en la oxigenación . Por otro lado, el uso de niveles superiores (15 cmH₂O), no parece mejorar el grado de oxigenación y puede suponer una mayor interferencia quirúrgica a la vez que causar un deterioro hemodinámico .

4. *HFJV selectiva sobre el pulmón proclive*. En los últimos años se ha planteado este método como alternativa para mejorar la oxigenación durante la VUP. Aunque son escasos los trabajos publicados, puede considerarse que sus resultados son iguales o superiores a los de la CPAP selectiva en la obtención de una oxigenación satisfactoria y superiores en la conservación del gasto cardiaco . Al igual que la CPAP, la HFJV selectiva permite obtener diferentes niveles de expansión del pulmón proclive, Por tanto, en este sentido, presenta características muy similares a la CPAP. Sin embargo, y a diferencia de ésta, la HFJV

permite, además, proporcionar diversos grados de ventilación (intercambio de gases) en el pulmón proclive. Así, el anestesiólogo puede incrementar el nivel de apoyo a la ventilación y a la oxigenación, en función de las necesidades de cada caso, mediante el aumento paulatino de la ventilación minuto proporcionada por la HFJV al pulmón proclive. Esto puede traducirse en una ayuda importante en los casos más difíciles, en los que la IPPV sobre el pulmón declive resulte incapaz de proporcionar unos niveles suficientes de ventilación y oxigenación, a pesar de un ajuste óptimo de la pauta ventilatoria.

Su principal inconveniente se deriva de la incomodidad que pueda representar la presencia de un segundo respirador en el quirófano, así como de la poca disponibilidad de respiradores de alta frecuencia en este medio.

Finalmente, como alternativa a la ventilación convencional, la HFJV puede encontrar diversas aplicaciones en el campo de la cirugía torácica. Las más destacables son:

-La cirugía de la tráquea y los grandes bronquios. La utilización de un catéter (inyector) de pequeño calibre (1,6-2 mm de diámetro interno) en sustitución del tubo endotraqueal convencional, facilita considerablemente la ventilación distal del pulmón durante la resección traqueal o bronquial, proporcionando un campo quirúrgico idóneo

-Las fistulas bronco-pleurales. La utilización de vt tan bajos como los propios de la HFJV (ligeramente superiores al espacio muerto anatómico del paciente) y, en consecuencia, la reducción en la presión de distensión alveolar, puede reducir el flujo de gas a través de la fístula, mejorando el rendimiento de la ventilación (83).

-Finalmente, la HFJV puede ser un recurso útil en situaciones extremas, como aquellas en las que se combina la necesidad imperiosa de colapsar un pulmón con una disminución severa en la compliancia del pulmón contralateral (atelectasia lobar, contusión masiva, etc.) (84). En estos casos, la aplicación de la IPPV sobre el pulmón declive puede acompañarse de presiones intratorácicas muy elevadas y, a la vez, ser incapaz de proporcionar unos niveles mínimos de ventilación y oxigenación. La HFJV aplicada sobre ambos pulmones aportaría como ventajas la reducción de la presión intrapulmonar en el pulmón declive y la posibilidad de obtener un cierto nivel de oxigenación (al aplicarse sobre ambos pulmones) sin imposibilitar la acción quirúrgica.

VENTILACIÓ CONTROLADA POR PRESIÓ: PCV vs VENTILACION CONTROLADA POR VOLUMEN: VCV

En esta modalidad el parámetro controlado no es el VT sino la presión en la vía aérea (P_{aw}) inspiratoria máxima (y la PEEP).

- Ventajas e inconvenientes de la PCV respecto a la VCV

La posibilidad de limitar la presión en el pulmón, puede ser de utilidad para evitar el barotrauma. Asimismo, el flujo decreciente mejora teóricamente, la distribución del gas inspirado en unidades con diferentes constantes de tiempo.

Pero una ventaja importante puede ser la compensación de las fugas aéreas, ya que como la P_{aw} se mantiene, el flujo también se mantiene a pesar de ellas. De ahí que se haya aplicado a la ventilación durante la cirugía de resección pulmonar y a la ventilación no invasiva, con máscara facial en el período postoperatorio. No obstante es importante controlar en estos casos el volumen entregado al pulmón.

En cuanto a los inconvenientes, el más notable es que la PCV no garantiza un VT estable, puesto que éste depende de la compliancia y resistencias del sistema respiratorio, del nivel de PEEP intrínseca, del tiempo inspiratorio y del límite de presión establecido en el respirador. Los volúmenes corriente bajos, a su vez, pueden producir hipercapnia con acidosis respiratoria e hipertensión pulmonar y en un extremo, edema pulmonar por hiperflujo sanguíneo. No obstante no suelen ser estos efectos muy limitantes del uso de PCV sobre todo si se considera la estrategia de hipercapnia permisiva.

Aunque se ha señalado la posibilidad de que los VT bajos pueden provocar desreclutamiento alveolar progresivo, esto es cierto para la ventilación controlada por volumen, pero no para la PCV que permite variaciones en el VT adaptándose a la Compliancia pulmonar.



USO DE LA PCV EN ANESTESIA

-Limitar la Paw aplicada de modo que se evite el barotrauma, permitiendo que se reduzca el VT cuando se reduzca la Csr, ya que es preferible el acumulo de CO₂ que los volúmenes elevados a costa de sobrepresiones intratorácicas por encima de 35 cmH₂O. Esto sería de interés en la anestesia de pacientes con ARDS o traumas torácicos graves.

-Limitar las fugas aéreas no controlables, como se produce en la cirugía torácica con mal aislamiento pulmonar, siendo también aplicable al caso de la ventilación con tubo endotraqueal sin neumotaponamiento (niños) y mascarilla laríngea.

-Mejorar la oxigenación obtenida con VCV por aumentar la presión media intratorácica cuando se utilizan ambas con el mismo VT. Esto conllevaría en contra, una mayor reducción del retorno venoso con caída del GC.

-Mejorar la oxigenación respecto de la VCV aplicada con la misma presión media intratorácica, por la supuesta mejora de la distribución gaseosa que se atribuye al flujo decreciente y al mayor reclutamiento alveolar.

Tugrul et al, han estudiado 48 pacientes anestesiados para cirugía torácica en los que aplicaron aleatoriamente y de modo sucesivo PCV y VCV al pulmón dependiente durante la fase de aislamiento pulmonar (Univent), ajustando con ambas técnicas un VT de 10 ml/Kg. No hallaron diferencias significativas en los parámetros hemodinámicos (MAP, MPAP, PVC, PAOP Y CO) ni en la PCO₁, SaO₁ Y SvO₁. Sin embargo, con la PCV obtuvieron una reducción significativa en las Paw pico y meseta (sin variación en la Paw media), así como una mejor PaO₁ Y menor porcentaje de shunt. Esta mejora la atribuyen en parte, a la menor compresión vascular del pulmón dependiente por las menores presiones pico, lo que probablemente mejoró la circulación en ese pulmón, pero fundamentalmente por una mejora de la distribución gaseosa. los pacientes más beneficiados fueron aquellos con menor FEV₁.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



CORRECCIÓN DE LAS ALTERACIONES SECUNDARIAS A LA "OLV"

Todas las medidas van dirigidas a optimizar la ventilación de forma que el aumento del shunt, la hipoxemia secundaria al mismo, la hipercapnia y el aumento de presión de la vía aérea no pongan en peligro al paciente durante la cirugía.

1º) Comprobar que la posición del tubo de doble luz es correcta

2º) Mantener ambos pulmones ventilados durante el máximo tiempo posible (apertura de la pleura).

3º) Modificar los parámetros ventilatorios del pulmón ventilado selectivamente:

- FiO₂ al 100%

- Mantener un volumen tidal si es posible entre 6-8 ml/kg

- Conseguir una frecuencia respiratoria que mantenga una PaCO₂ aceptable

- Ventilación mecánica controlada por presión o volumen dependiendo de las presiones de la vía aérea.

4º) Si la hipoxemia se mantiene o incrementa:

- Comprobar con el fibrobroncoscopio que la posición del tubo de doble luz, o del sistema que hayamos elegido para realizar la OLV es correcta.

- Comprobar que hemodinamicamente no hay ningún problema.

- Administrar una presión positiva continua (CPAP) de O₂, o bien HFJV al pulmón no ventilado. De esta forma se consigue que parte de la sangre en ese pulmón pueda oxigenarse.

- Añadir PEEP al pulmón ventilado. En este caso aunque el Δ de la presión de las vías aéreas pueda desviar el flujo hacia el pulmón colapsado, como este recibe un aporte de O₂ continuo por la CPAP o la HFJV la sangre se oxigenará igualmente.

- Ventilar ambos pulmones (reclutamiento) hasta recuperar la PaO₂.

- En los casos de neumonectomía, realizar lo antes posible el clampaje de la arteria pulmonar. Esta medida es la que elimina el shunt, pero en pacientes críticos, puede ser mal tolerada por la sobrecarga que para el corazón dcho significa.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



INDICACIONES ABSOLUTAS Y RELATIVAS DE VENTILACIÓN DIFERENCIAL

ABSOLUTAS

- ~ El aislamiento entre ambos para evitar la contaminación (infecciones o hemorragias masivas)
- ~ Fístula broncopleurales
- ~ Soluciones de continuidad en la vía aérea principal. (Ruptura del árbol traqueo bronquial).
- ~ Existencia de una bulla gigante que puede romperse o cirugía de la misma.
- ~ Proteinosis alveolar que requiere lavados.
- ~ Videotoroscopia. Esta indicación se ha añadido recientemente, ya que la imposibilidad de obtener un colapso pulmonar absoluto obliga a la reconversión de la técnica, pasando a cirugía abierta.

RELATIVAS:

- ~ Necesidad casi absoluta de un buen campo quirúrgico para que la intervención pueda efectuarse:
 - Aneurisma de aorta torácica; neumonectomía; resección pulmonar por esternotomía media; lobectomía superior; buena exposición mediastínica.
- ~ Necesidad relativa de un buen campo:
 - Lobectomía media o inferior y segmentectomías; resección esofágica; cirugía de la columna con abordaje anterior.

-Sin embargo y en relación a las indicaciones de la ventilación selectiva, debe tenerse en cuenta que la facilitar la exposición del campo quirúrgico, facilita la cirugía, acorta el tiempo de la misma, evita iatrogenia y por lo tanto, beneficia al paciente.

ANESTESIA EN CIRUGÍA TORÁCICA

MANEJO CLÍNICO

MONITORIZACIÓN

La monitorización depende del estado preoperatorio del paciente, de la agresividad y duración prevista de la operación, y de los posibles incidentes o accidentes que pueden producirse intraoperatoriamente.

Pulsioximetría: es imprescindible, sustituye a las gasometrías repetidas. Debe tenerse en cuenta el flujo sanguíneo al lugar de medición que puede alterarse por la hipotermia o la posición. **La oximetría de pulso** no tiene en cuenta la existencia eventual de una concentración elevada de carboxi-hemoglobina en el gran fumador. Debe recordarse que una SpO₂ del 90 % corresponde a una PaO₂ de 60 mmHg, que una SpO₂ del 94 % corresponde a una PaO₂ de 75 mmHg Y que una SpO₂ del 96 % corresponde a una PaO₂ de 88 mmHg.

Capnografía: **La capnometría** requiere un análisis crítico; en efecto, el gradiente entre la presión teleespiratoria de CO₂ (EtCO₂) y la PaCO₂ puede ser superior a 10 mmHg cuando existe una enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Este fenómeno se relaciona con la heterogeneidad que existe entre las ctes de tiempo de los diferentes territorios pulmonares. Por otra parte, el **gradiente varía** durante la intervención en función del modo de ventilación (ventilación bi o unipulmonar), del estado hemodinámico e incluso del estado funcional del parénquima. Por lo tanto, no se debe modificar las constantes ventilatorias a partir de la capnografía sola.

Catéter intrarterial: Es esencial la monitorización de una PAI, debido a las amplias fluctuaciones de la presión arterial que pueden ocurrir durante el clampaje pulmonar y la manipulación quirúrgica del mediastino y, fundamentalmente, por la necesidad de realización de gasometrías arteriales frecuentes.

En pacientes con disfunción VD, hipertensión arterial, cardiopatía isquémica o valvular, se recomienda la canulación de la presión arterial cruenta con anestesia local, antes de la inducción anestésica por la posibilidad de inestabilidad hemodinámica.

Catéter venoso Central: también indicada su canalización para la medición de la PVC como guía de la administración de fluidos (sobre todo en el postoperatorio) y por la eventual necesidad de fármacos inotrópicos y vasosactivos para el tratamiento de los episodios de inestabilidad hemodinámica.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



Es importante la canulación de una **via de grueso calibre** para la administración rápida de fluidos. Habitualmente la cirugía de resección pulmonar no provoca importantes pérdidas de volumen ni sangrado intraoperatorio, pero cuando esto ocurre (rotura de arteria o vena pulmonar, ect.) es necesario disponer de forma inmediata de una vía de alto flujo.

Catéter en arteria pulmonar: en patología cardiovascular, especialmente en insuficiencia del ventrículo derecho, HTP, etc. La medida de la PCP debe tener en cuenta la modalidad de la ventilación. La medida del gasto cardiaco es idéntica si el catéter está colocado en la arteria pulmonar del pulmón ventilado declive o del colapsado proclive.

Monitorización ventilatoria debe incluir, junto a la SpO₂, el ETCO₂ y la medida de los volúmenes espirados, la observación de las presiones en vías aéreas (máxima, mínima y de meseta) para posibilitar la adecuación de la pauta ventilatoria a las características de la mecánica respiratoria de cada paciente. El ventilador ha de permitir la aplicación de pausa teleinspiratoria y relaciones I:E elevadas. Es deseable a su vez que sea capaz de administrar una VCV o VCP indistintamente. La **presión de meseta inspiratoria refleja el riesgo de barotraumatismo** al cual están expuestas las estructuras pulmonares periféricas durante la ventilación en presión positiva.

TECNICA ANESTÉSICA

La premedicación no es aconsejable en pacientes hipoxémicos o hipercápnicos.

Ni la atropina ni la escopolamina producen aumento de la viscosidad en las secreciones bronquiales, sino que su efecto se limita a reducir el volumen de las mismas. Por tanto, no hay razón para su contraindicación durante la premedicación o la preinducción. El uso de la atropina es recomendable en pacientes con EPOC e hipersecretores, sobre todo porque, además, tiene un efecto broncodilatador a dosis de 0,8 mg.

No hay acuerdo en las ventajas de la heparinización profiláctica.

-En cuanto a la **elección de la técnica anestésica** no existen dogmas, pero conviene tener en cuenta que:

- Ni los anestésicos generales intravenosos (tiopental, etomidato, propofol y ketamina) ni los morfínicos (fentanil, alfentanilo, remifentanilo, morfina y buprenorfina) parecen afectar a la VPH. La ventaja del remifentanilo es su excelente estabilidad hemodinámica, cuando se administra durante la inducción anestésica en perfusión continua (0.5-1 ngr.kg.min) bloqueando de forma muy eficaz la respuesta simpática a la intubación traqueal.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



- La relajación muscular se induce con succinilcolina, atracurio, mivacurio, cis-atracurio, vecuronio o rocuronio, con buenos resultados. En pacientes con tendencia al broncoespasmo, el atracurio y el mivacurio pueden inducir episodios de broncoconstricción por sus tendencia a liberar histamina.

-No es recomendable el uso de óxido nitroso, porque reduce la VPH y limita la posibilidad de incrementar la FiO₂. Ante bullas y neumotorax aumenta el volumen y la presión.

- los halogenados permiten administrar FiO₂ altas, mitigan la hiperreactividad bronquial y la recuperación postanestésica es rápida.

-La Hb debe mantenerse a niveles más altos que en otro tipo de cirugía dada la frecuencia de episodios hipóxicos. Debe evitarse la sobrecarga con líquidos iso e hipotónicos. Esta cirugía es una buena indicación-de técnicas de autotransfusión.

-**Se recomienda el mantenimiento anestésico** mediante anestesia general combinada con analgesia epidural. Los anestésicos a utilizar pueden ser tanto los inhalatorios como el propofol en perfusión continua, mien tras que la analgesia epidural puede obtenerse a través de mórficos o de anestésicos locales a concentraciones analgésicas, o bien mediante la combinación de ambos.

TÉCNICAS DE INTUBACIÓN TRAQUEAL

La cirugía pulmonar puede realizarse con un tubo traqueal convencional, uno de doble luz o un tubo provisto de bloqueador bronquial.

Los diferentes tubos de doble luz se diferencian por la existencia o no de espolón para la carina y su lateralidad. El de Carlens dispone de espolón y es izquierdo, el de White dispone de espolón y es derecho y el de Robertshaw no tiene espolón y se fabrica para ambos lados. Actualmente los tubos son transparentes de PVC y de un sólo uso. . Los tubos sin espolón son menos traumáticos pero más difíciles de colocar bien y de mantener en posición

Los tubos de doble luz son lo dispositivos de aislamiento pulmonar más utilizado en anestesia para cirugía torácica. Existen tubos de DL derechos e izquierdos, que designan el lugar de alojamiento de su extremo distal.

Los tubos de doble luz izquierdos, presentan un extremo distal que se aloja en el bronquio principal izquierdo. Desde este extremo distal se ventila la totalidad de pulmón izquierdo, mientras que el pulmón derecho se ventila desde un orificio situado en la tráquea .

El bronquio principal izquierdo mide aproximadamente 4,5-5,5 cm, de modo que la colocación de estos tubos es relativamente sencilla, ya que hay mucho espacio para la correcta situación del tubo bronquial (entre la carina y la salida de los bronquios principales). Es por ello que la mayor parte de los autores recomiendan el uso sistemático de este tipo de tubos salvo en situaciones como por ejemplo:

- estenosis del bronquio principal izquierdo,
- distorsiones anatómicas en bronquio izquierdo,
- aneurismas en aorta torácica descendente (ya que el propio tubo izquierdo puede lacerar la pared del aneurisma) -y en neumonectomías izquierdas.

Los tubos de doble luz derechos presentan un extremo distal que se aloja en el bronquio principal derecho desde donde se ventila el pulmón derecho, mientras que la ventilación al pulmón izquierdo se realiza desde una luz independiente situada en la tráquea. El bronquio derecho principal es más corto que el izquierdo, mide aproximadamente 1,5-2,5 cm, de forma que la salida del bronquio superior derecho está muy próxima a la carina; existe muy poca longitud bronquial para dejar colocado correctamente la porción bronquial del tubo.

Los tubos derechos presentan dos orificios en la rama bronquial; uno más proximal situado en la parte superior del extremo bronquial a través del cual se ventila el lóbulo superior derecho, mientras que a través del otro orificio situado en el extremo distal se ventilan los lóbulos medio e inferior. La dificultad en la correcta colocación del orificio de salida proximal, que ha de estar situado enfrente de la salida del bronquio superior, hace que sean menos usados que los tubos de doble luz izquierdos.

BLOQUEADORES BRONQUALES

Consisten en **catéteres con un balón hinchable** que se sitúa en el bronquio principal del pulmón que se va a colapsar; cuando se infla el bloqueador bronquial se bloquea el paso de gas hacia el pulmón, ventilando el pulmón contralateral desde la tráquea; ejemplos de este tipo de dispositivos son los catéteres de Fogarty y el tubo *Univent*.

Catéter **de Fogarty**) o **catéteres de Swan-Ganz**. En anestesia en cirugía torácica en adultos son muy poco usados. Una vez que el paciente está intubado con un tubo convencional, se introduce a través del tubo orotraqueal con la ayuda de un fibrobroncoscopio el catéter con balón, hasta situarlo en el bronquio principal del pulmón a colapsar. Una vez hinchado el balón distal del catéter, se bloquea el paso de gas hacia el

pulmón ipsilateral, ventilando el pulmón contralateral desde el tubo estándar (desde la tráquea). Debido a la ausencia en el mercado de tubos de doble luz pediátricos, este sistema de aislamiento pulmonar es el más usado en anestesia para cirugía torácica en pediatría.

Tubo Univent , consiste en un tubo orotraqueal estándar que lleva incorporado un bloqueador bronquial lateralmente. Este bloqueador bronquial tiene una pequeña luz en su interior, a través de la cual se puede administrar oxígeno, de modo que permite la aplicación de CPAP, aunque no de forma tan eficaz como en el caso de los tubos de doble luz

Tubos orotraqueales estándar. En situaciones excepcionales se puede conseguir un colapso pulmonar usando tubos orotraqueales convencionales. Obviamente cuando un tubo orotraqueal se avanza más allá de la carina en la mayor parte de las situaciones, debido a una menor angulación del bronquio principal derecho, se introduce a nivel del bronquio principal derecho, provocando un colapso del pulmón izquierdo; de este modo se puede ventilar selectivamente el pulmón derecho. Es necesario la comprobación frecuente de la ventilación del lóbulo superior derecho, ya que un desplazamiento distal del tubo provocará, el colapso del lóbulo superior.

Es posible a su vez la colocación del tubo orotraqueal estándar a nivel del bronquio principal izquierdo para conseguir el colapso pulmonar derecho. Se sitúa al paciente con la cabeza en posición de rotación derecha y, una vez que se han atravesado las cuerdas vocales, se gira el tubo 180° hacia la izquierda, favoreciendo, por la posición del paciente y la rotación del tubo, la entrada de este hacia el bronquio principal izquierdo, permitiendo de esta manera una ventilación selectiva del pulmón izquierdo y provocando una atelectasia masiva del pulmón derecho. Con esta técnica se han descrito hasta un 90% de intubaciones izquierdas exitosas.

COMPLICACIONES DE LA INTUBACIÓN SELECTIVA.

Traumatismos laringeos; rotura traqueobronquial, generalmente por insuflación excesiva del manguito bronquial (más de 3 cc). El diagnóstico se realiza por hipoxemia, taquicardia, hipotensión, aumento de la presión inspiratoria y bullas mediastínicas; Malposición que siempre produce hipoxemia por atelectasia; **el tubo izquierdo** puede quedar introducido en el bronquio inferior izquierdo y **el tubo derecho** tapar la salida del bronquio superior derecho.

La comprobación de la intubación selectiva se realiza observando las presiones y las resistencias a la ventilación, la expansión pulmonar, la auscultación y con menos frecuencia fibrobroncoscopia.

POSICION DEL PACIENTE

Una vez se ha inducido la anestesia general, el paciente está intubado, monitorizado y con las vías canuladas, se procede al decúbito lateral para la realización de la toracotomía posterolateral. Esta es la posición estándar para la realización de la mayor parte de la cirugía de resección pulmonar.

El enfermo es colocado en decúbito lateral, con un rollo debajo del tórax para hiperextender la parrilla costal y facilitar el abordaje quirúrgico. Se coloca la cabeza apoyada en *donuts*, almohadillas o paños para mantenerla en una posición neutra evitando la flexión lateral de la columna cervical. Se protegen los globos oculares con pomada o manteniéndolos cerrados con esparadrapo.

El brazo situado en posición declive se mantiene estirado, apoyado en una tabla sobre almohadillas para evitar la compresión sobre la muñeca y el codo. Es en esta extremidad donde se suele canalizar la vía periférica y presión arterial cruenta. Otra almohadilla se sitúa a nivel del hueco axilar para prevenir la compresión de las estructuras axilares contra la caja torácica.

La extremidad superior, ipsilateral a la zona quirúrgica se fija a un soporte o simplemente se mantiene flexionada y apoyada sobre almohadillas delante de la cabeza del paciente con el hombro extendido. Esta posición desplaza el omóplato hacia arriba facilitando el abordaje quirúrgico. Es importante no hiperextender excesivamente el hombro colocado en la posición superior para no lesionar estructuras axilares; además esta extensión de la escápula es la responsable del dolor en el hombro ipsilateral que ocurre frecuentemente tras las toracotomías.

El paciente se mantiene en esta posición lateral, sujeto mediante soportes laterales acolchados colocados en las zonas esternal y dorsal. Normalmente una banda ancha de esparadrapo se pasa por encima de la cadera fijándola a la mesa de quirófano. Se colocan también almohadillas acolchadas en las articulaciones de las rodillas para evitar las lesiones nerviosas por compresión de los nervios ciático poplíteo externo y safeno

interno y para prevenir los decúbitos. Idénticas medidas se toman en las articulaciones de los tobillos.

El DL y los cambios en el grado de flexión-extensión de la cabeza pueden desplazar el tubo hasta 30 mm y por tanto hay que volver a comprobar su posición tras colocar al paciente.

Realización del bloqueo locorregional

Una vez con el paciente correctamente colocado, realizamos el bloqueo regional que hemos elegido (catéter epidural torácico, más frecuentemente, catéter paravertebral o bloqueos intercostales), que nos permite conseguir una profunda analgesia intraoperatoria, disminuyendo la necesidad de fármacos anestésicos generales, opioides y bloqueantes neuromusculares, así como la continuación de la analgesia regional en el período postoperatorio.

Algunos autores desaconsejan la realización de técnicas regionales en los pacientes anestesiados, ya que oculta signos de traumatismo nervioso (parestesias), bien provocados por la aguja de punción o por el catéter, que pueden incrementar la incidencia de lesión nerviosa tras este tipo de técnicas regionales. En nuestra opinión y en la de muchos autores, la realización de este tipo de técnicas regionales (bloqueo epidural torácico, paravertebral o intercostal) en pacientes anestesiados es segura, disminuye la incomodidad para el paciente, y no se ha demostrado una mayor incidencia de lesión neural .

En todo caso, en muchas instituciones el bloqueo regional se realiza con el paciente despierto antes de comenzar el acto quirúrgico.

Mantenimiento de la anestesia

Múltiples fármacos han sido usados para el mantenimiento de la hipnosis durante la cirugía torácica. La anestesia intravenosa con una **perfusión continua de propofol** presenta el inconveniente de la acumulación del fármaco durante administraciones prolongadas, que puede conducir a una sedación prolongada postoperatoria. Presenta la ventaja de preservar la vasoconstricción pulmonar hipóxica durante el clampaje pulmonar y la ventilación unipulmonar

Los gases halogenados, tienen varias ventajas: el isoflurano y el sevoflurano son potentes relajantes de la musculatura lisa bronquial, bloquean de modo eficaz la respuesta

simpática a la cirugía y no producen una depresión postoperatoria prolongada, especialmente el sevoflurano, aunque este último se ha relacionado con cuadros de agitación psicomotriz durante el despertar.

El desflurano tiene la ventaja de que permite una modificación muy rápida de la profundidad anestésica y un despertar muy precoz una vez que se suspende su administración. Como inconvenientes están la frecuente estimulación simpática cuando comenzamos su administración, y la tendencia a incrementar la resistencia de la vía aérea en pacientes con tendencia a la broncoconstricción. La administración de **anestésicos locales por vía epidural** disminuye las necesidades de halogenados en un 50%.

El remifentanilo : la ventaja de favorecer una gran estabilidad hemodinámica cuando se administra en perfusión continua (0,1-0,5 pg.kg⁻¹min⁻¹), disminuye la CAM de los halogenados en un 50-70% y presenta una eliminación rápida sin tendencia a la acumulación independientemente de la dosis y del tiempo de perfusión

La administración de anestésico locales por vía epidural asociados o no a opiáceos durante todo el período intraoperatorio, presenta múltiples ventajas: disminuye la CAM de los gases anestésicos, permite una anestesia general superficial con un rápido despertar, bloquea de forma muy eficaz la respuesta simpática intraoperatoria, produce una analgesia potente intra y postoperatoria y disminuye la respuesta de estrés durante el despertar y la extubación. Como inconveniente se ha descrito una mayor necesidad de fármacos vasopresores durante el acto quirúrgico y una ligera inhibición de la respuesta de VPH, aunque sin repercusiones clínicas significativas.

La administración de AINES en el intraoperatorio, antes del despertar anestésico es eficaz para disminuir el dolor del hombro ipsilateral que aparece frecuentemente después de las toracotomías, probablemente como consecuencia de la tracción del omoplato. Contraindicado en pacientes con Alergia conocida a AINES, historia de discrasias sanguíneas, antecedentes de úlcus o gastritis erosivas y en pacientes muy ancianos o con lesión renal.

Fase de despertar anestésico

Finalizado el procedimiento quirúrgico se desclampa el pulmón y se observa que se ha producido una expansión completa de todo el tejido pulmonar restante (excepto evidentemente el caso de neumonectomía), comprobando que no queden áreas de atelectasia. Esto puede necesitar varias insuflaciones manuales con volúmenes elevados, manteniendo una pausa teleinspiratoria.



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



Una vez que la totalidad del tejido pulmonar esté reexpandido, comprobado que no hay fugas aéreas, colocados tubos endotorácicos, y cerrada la toracotomía, el paciente se coloca de decubito supino. Se revierte la relajación muscular en los casos que sea necesario, se suspende la administración de anestésicos generales y se permite la ventilación espontánea del paciente.

Si el paciente es capaz de obedecer a órdenes sencillas, presenta una buena mecánica ventilatoria, con un volumen tidal adecuado, aceptable frecuencia respiratoria, buena saturación de oxígeno y estabilidad hemodinámica, se procede a la extubación. Esto sucede en más del 90 % de los pacientes sometidos a una cirugía de resección pulmonar.

En el resto de pacientes tendremos motivos para continuar con la VM, tal es el caso de pacientes sometidos a cirugías muy complejas (por ejemplo procedimientos combinados) inestabilidad hemodinámica, mala mecánica ventilatoria, Saturación arterial de $PO_2 < 90\%$ con FiO_2 al 50%, infusión elevada de fluidos durante el intraoperatorio o sangrado postoperatorio entre otros.