



LECTURA CRÍTICA DE ARTÍCULO

Ventilación y Perfusión Pulmonar en posturas Prono y Supino

Artículo original: Nyrén S, Radell P, Lindahl SG, Mure M, Petersson J, Larsson SA, Jacobsson H, Sánchez-Crespo A. Lung ventilation and perfusion in prone and supine postures with reference to anesthetized and mechanically ventilated healthy volunteers. *Anesthesiology*. 2010 Mar;112(3):682-7. ([PubMed](#)) ([pdf](#)) ([epub](#))

Roig Casabán V.

H.Universitari i Politècnic La Fe de Valencia

Resumen

La literatura respecto a la ventilación (V) y perfusión (Q) pulmonar durante la anestesia general y la ventilación mecánica controlada (VMC) en decúbito supino y decúbito prono está llena de controversias y contradicciones.

Ya en 1.991, Glenny et al señaló que el efecto gravitacional es un factor implicado, pero de mucha menor importancia en la distribución del flujo sanguíneo pulmonar (gravedad=25% frente a estructura=59%), refutando una de las enseñanzas básicas en fisiología pulmonar y desafiando el dogma vigente, establecido por John B. West, de que la perfusión pulmonar dependía fundamentalmente de la gravedad.

Aunque, años más tarde, el mismo John B. West demostró, en un ambiente real de ingravidez, que existe un porcentaje de la relación Ventilación/Perfusión (V/Q ratio) que depende de una falta de homogeneidad intrínseca dentro del parénquima pulmonar, y no solo de la gravedad.

Se ha teorizado que la distribución del aire durante la ventilación espontánea en decúbito supino es mayor en las “zonas dependientes” (inferiores o dorsales), mientras que bajo anestesia general la tendencia al colapso de estas zonas del pulmón hace que la ventilación se dirija hacia las zonas no dependientes (superiores o ventrales). Por otra parte, como la perfusión se creía fundamentalmente gravedad-dependiente, ésta se dirigía siempre hacia las zonas dorsales. Y es por ello que se explicaba que, en decúbito supino y bajo anestesia general, en las zonas dorsales existe una menor relación V/Q (=Shunt).

Desde entonces son muchos los trabajos que demuestran que la perfusión pulmonar es más uniforme en decúbito prono, y que incluso la oxigenación mejora en pacientes con ALI (Acute Lung Injury)/ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) al cambiarlos de posición supina a prona. Pero los mecanismos subyacentes aún no están del todo claros.

Los autores del presente estudio presentan un ensayo experimental en el que se intenta explicar las diferentes relaciones entre la V y la Q respecto a la gravedad y la postura.

Introducción

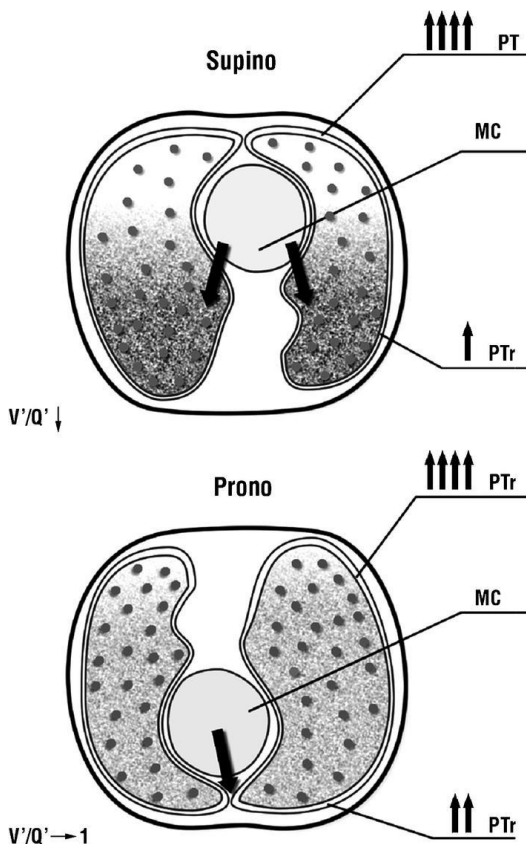
La literatura respecto a la ventilación (V) y perfusión (Q) pulmonar durante la anestesia general y la ventilación mecánica controlada (VMC) en decúbito supino y decúbito prono está llena de controversias y contradicciones.

Ya en 1.991, Glenny et al¹ señaló que el efecto gravitacional es un factor implicado, pero de mucha menor

importancia en la distribución del flujo sanguíneo pulmonar (gravedad=25% frente a estructura=59%), refutando una de las enseñanzas básicas en fisiología pulmonar y desafiando el dogma vigente, establecido por John B. West², de que la perfusión pulmonar dependía fundamentalmente de la gravedad.

Aunque, años más tarde, el mismo John B. West demostró, en un ambiente real de ingravidez³, que existe un porcentaje de la relación Ventilación/Perfusión

(V/Q ratio) que depende de una falta de homogeneidad intrínseca dentro del parénquima pulmonar, y no solo de la gravedad.



Se ha teorizado que la distribución del aire durante la ventilación espontánea en decúbito supino es mayor en las “zonas dependientes” (inferiores o dorsales), mientras que bajo anestesia general la tendencia al colapso de estas zonas del pulmón hace que la ventilación se dirija hacia las zonas no dependientes (superiores o ventrales). Por otra parte, como la perfusión se creía fundamentalmente gravedad-dependiente, ésta se dirigía siempre hacia las zonas dorsales. Y es por ello que se explicaba que, en decúbito supino y bajo anestesia general, en las zonas dorsales existe una menor relación V/Q (=Shunt).

Desde entonces son muchos los trabajos que demuestran que la perfusión pulmonar es más uniforme en decúbito prono, y que incluso la oxigenación mejora en pacientes con ALI (Acute

Lung Injury)/ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) al cambiarlos de posición supina a prona. Pero los mecanismos subyacentes aún no están del todo claros.

Los autores del presente estudio presentan un ensayo experimental en el que se intenta explicar las diferentes relaciones entre la V y la Q respecto a la gravedad y la postura.

Resumen

Objetivos

El estudio pretende investigar si la V , la Q y la relación ventilación-perfusión (V/Q ratio) son dependientes de la gravedad, independientemente de la postura.

Métodos

- *Tipo de estudio:* analítico, experimental, no aleatorizado. Estudio aprobado por un comité ético local y de seguridad radiológica, previa firma del consentimiento informado por todos los participantes.

- *Preparación:* 7 (3 hombres, 4 mujeres) voluntarios sanos (no fumadores, con un IMC normal, edad media: 31 años [26-39]) fueron anestesiados con 200 mg. de propofol para la inducción y una TIVA de propofol a 8 mg/Kg/h. para el mantenimiento. La IOT se realizó tras establecer el bloqueo neuromuscular con 0,6 mg/kg de bromuro de rocuronio, y la analgesia se estableció con alfentanilo. Se conectaron a VMC-VC con un V_t entre 8-10 ml/kg, con una FiO_2 de 0,3, una FR entre 8-12 rpm y una PEEP de 3-4 cm. H₂O.

- *Material:* Se usaron partículas de aerosol (conocidas como “Technegas”) marcadas con Tc99m como trazador de la ventilación, y macroagregados de albúmina humana marcados con

In113m como trazador para la perfusión.

- *Método:* Antes de administrar los radiofármacos se realizaba una maniobra de reclutamiento pulmonar durante 30 segundos con una presión de 30 cm. H₂O. Entonces el Technegas se mezclaba con el aire inhalado con flujo constante entre la pieza en Y y el TET, mientras que los macroagregados de albúmina se administraban IV. Cada paciente fue examinado en 2 ocasiones (en prono y en supino), pero mientras los radiofármacos se administraban en 2 condiciones (prono y supino), todos los registros se realizaron en posición supino.

Después se introducían en el SPECT, y se tomaban 72 proyecciones que cubrían los 360° durante un tiempo de adquisición de unos 25 min. La reconstrucción de las imágenes se realizó en los tres planos usando una proyección filtrada. Para asegurarse de que el ruido al azar de la imagen no influyera en el análisis, se calculó primero una media del componente de ruido para cada conjunto de datos de SPECT y luego se extrajo de la imagen.

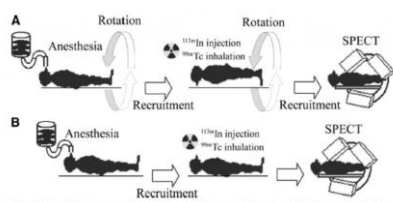


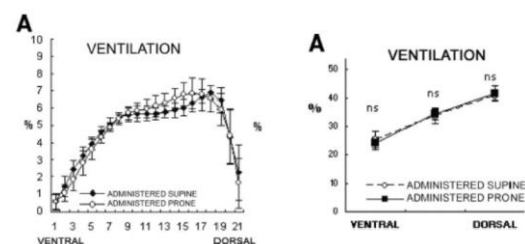
Fig. 1. Study design. Each subject was examined with single photon emission computed tomography technique at two different occasions. (A) radiopharmaceuticals administered in prone position and (B) radiopharmaceuticals administered in supine position. In both occasions, image registration was performed in supine position.

- *Análisis:* Los pulmones de cada individuo se dividieron en 21 volúmenes de interés de la misma distancia a lo largo de un eje, distribuyéndose de ventral a dorsal, y los valores de V, Q, y V/Q ratio se dibujaron a lo largo del mismo. Para evaluar las diferencias entre los datos recogidos para las dos posturas se usó el test del t Student, considerando un valor

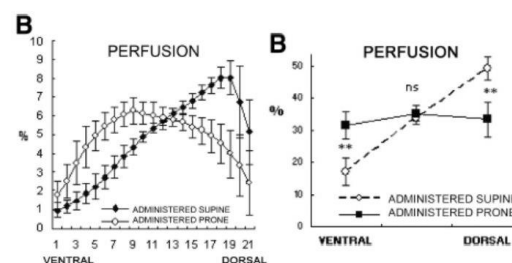
$p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Resultados

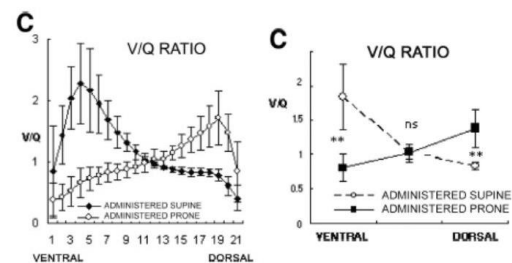
No hubo diferencias estadísticamente significativas en la distribución de la V entre las posiciones decúbite prono y decúbite supino.



Por el contrario, la distribución de la Q difiere entre las posturas prona y supina. La figura muestra una distribución uniforme de Q en diferentes regiones del pulmón para la postura prona, mientras que se observa una distribución más dependiente en la posición supina.



En las regiones pulmonares ventrales y dorsales las relaciones V/Q fueron diferentes en decúbite prono y supino, mientras que en las porciones medias pulmonares fueron similares en ambas posturas.



También se analizó la contribución del porcentaje de cambio (heterogeneidad) por la dirección vertical (como forma de

estimar la dependencia del factor gravitacional), viéndose que la variación de la V en la dirección vertical fue casi idéntica para las posiciones prona y supina, mientras que la fracción de la variación total de la distribución espacial de la Q atribuible a la dirección vertical se redujo del 45,8% de la posición supino al 20% en la posición prona ($P=0,0006$).

Conclusiones

- La V no se ve afectada por la postura.
- La Q es distribuida hacia dorsal en posición supina, y es más uniforme entre las distintas regiones pulmonares en posición prona.
- Aunque no resulta estadísticamente significativo ($P=0,0639$), hay una tendencia de la distribución de la relación V/Q a hacerse más homogénea a lo largo de la dirección vertical en decúbito prono en comparación con la postura en decúbito supino.

Comentarios

- *Aspectos positivos:* Estudio experimental prospectivo con muy buena metodología. Se realizan, de manera protocolizada, maniobras de reclutamiento pulmonar con tal de evitar la presencia de atelectasias (por compresión y reabsortivas) derivadas de la preoxigenación y la anestesia general en los pacientes, con tal de evitar este factor favorecedor de shunt o cortocircuito. Además, añaden factores de corrección de la dispersión y la atenuación sobre la base de la imagen tomada del SPECT para evitar sobrestimaciones en el análisis de las áreas de distribución de la V y Q.

- *Aspectos negativos:* Estudio limitado por la baja potencia muestral ($N=7$) y por el uso de voluntarios jóvenes y sanos, en los que es más difícil

encontrar diferencias estadísticamente significativas respecto a la V/Q ratio.

Discusión

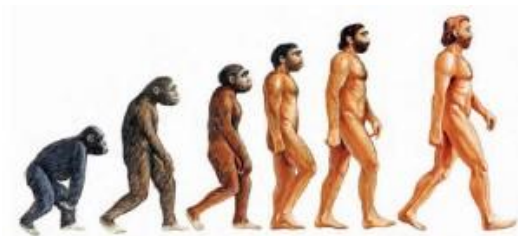
Albert RK et al. demostró que la posición prona elimina las atelectasias por compresión pulmonar, presentes en la posición supina, por parte del corazón y del resto del mediastino⁴, quedando, teóricamente, más parénquima pulmonar disponible para intercambio gaseoso que en posición supina. Pero el presente estudio concluye que la V no se ve afectada por la postura.

En cambio, observan que la Q es gravedad-dependiente para la postura en decúbito supino, mientras que se distribuye de manera más uniforme en decúbito prono.

Entonces, ¿cuál es el mecanismo fisiológico que explica la diferente perfusión pulmonar al adoptar distintas posiciones?

Los mismos autores, en otro estudio realizado años atrás⁵, descubrieron una alta expresión de óxido nítrico (ON) en las partes dorsales del pulmón humano en comparación con las ventrales, que podría corresponder con un factor modulador de la dirección del flujo sanguíneo pulmonar.

Por otra parte, según teoriza Marcelo Amato⁶, la clave podría esconderse tras un factor estructural, puesto que se cree que, en las zonas dorsales del pulmón existe una mayor riqueza de lechos capilares, posiblemente heredados de nuestros antepasados los primates cuadrúpedos, que tal vez poseyeran un sistema de optimización de la ventilación-perfusión a nivel dorsal. Y podría ser esta mayor red capilar la que estuviera produciendo una mayor expresión de ON.



De esta manera, al adoptar la posición de cuadrupedismo se estaría favoreciendo una Q más uniforme y una distribución de la V/Q ratio global más homogénea, mientras que al adoptar la posición en decúbito supino se están atelectasiando los alvéolos más perfundidos; por lo que el shunt producido es mayor.

Este fenómeno en el paciente sano no implica una relevancia clínica destacable (como se constata en el presente estudio al observar que la variación en la distribución del cociente V/Q, a lo largo de la dirección vertical es solo algo menor en prono que en supino [$P=0,0639$]), pero puede que, en presencia de enfermedad pulmonar la Q más uniforme en posición prona sea la razón más probable que explique que el intercambio gaseoso mejore cuando el paciente con ALI pasa de la posición supina a la prona^{7,8}.

Bibliografía

1. Glenny RW, Lamm WJ, Albert RK, Robertson HT. Gravity is a minor determinant of pulmonary blood flow distribution. *J Appl Physiol* 1991; 71:620-9. ([PubMed](#))
2. West, J.B. Fisiología Respiratoria. Primera edición. Editorial Médica panamericana. S.A. Buenos Aires. 1977. ([googlebooks](#))
3. West, J.B., Elliot, R.A., Harold, B.J., Guy, D.M., Prisk, K. Pulmonary Function in space. Special Communication. *JAMA*. 1997; 277: 1957-1961. ([PubMed](#))
4. Albert RK, Hubmayr RD: The prone position eliminates compression of the lungs by the heart. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161:1660–1665. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
5. Rimeika D, Nyrén S, Wiklund NP, Renström-Koskela L, Tørring A, Gustafsson LE, Larsson SA, Jacobsson H, Lindahl SGE, Wiklund CU. Regulation of regional lung perfusion by nitric oxide. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 170:450-5. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
6. Amato, M. Mechanical Lung Protection: Fighting Against Gravity and How Far We Can Go With Air. 39th Congress Plenary ([Link](#)).
7. Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, et al. Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001; 345: 568–573. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
8. Gattinoni L, Vaginelli F, Carlesso E, et al. Decrease in PaCO₂ with prone position is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003, 31:2727–2733. ([PubMed](#))

Correspondencia al autor

Vicent Roig Casabán
vicentroig@gmail.com
 R3 de Anestesiología y Reanimación
 H.Universitari i Politècnic La Fe de Valencia

[Publicado en AnestesiaR el 26 de septiembre de 2011](#)