

## INDICE

Pág.

Índice.....	1
Resumen.....	3
Fundamentación del tema.....	5
Objetivos.....	10
Metodología y Técnicas a emplear.....	10
Análisis estadístico.....	13
Resultados.....	13
Discusión.....	18
Conclusión.....	21
Bibliografía.....	22
Anexo I- Ficha de Recolección de datos.....	24
Anexo II- Consentimiento Informado.....	25



**Facultad de Ciencias Médicas**  
**Universidad Nacional de Rosario**  
**Carrera de Especialización en Anestesiología**

## TRABAJO FINAL DE INVESTIGACION

---

### DENOMINACION DEL TRABAJO

---

Evaluación de las modificaciones hemodinámicas en forma no invasiva, en sujetos bajo anestesia general, sometidos a maniobras de reclutamiento alveolar.

---

### ALUMNO

---

Bulaich Guaita, Jorge Daniel

Email: jorgebulaich@hotmail.com

---

### TUTOR DEL TRABAJO FINAL

---

Dr. Hazan, Federico Uriel

---

### RADICACIÓN DEL TRABAJO FINAL

---

Hospital Provincial del Centenario. Rosario, Santa Fe. Argentina.

## DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO FINAL

### RESUMEN

#### **Introducción**

Una de las lesiones pulmonares generadas por la ventilación mecánica, en los pacientes sometidos a anestesia general, son las atelectasias, definidas como colapsos alveolares que ocurren en la parte más declive del pulmón.

Como el desarrollo de las atelectasias perioperatorias comienza durante la inducción anestésica, se sabe que hay una serie de medidas encaminadas para reducir su formación o revertirlas, en el caso que se hayan producido. Dentro de estas medidas se encuentran las maniobras de reclutamiento alveolar (MRA), las cuales, generan repercusiones hemodinámicas, observándose modificaciones en la fisiología vascular pulmonar, que se relacionan en forma directa con la reducción de la resistencia vascular pulmonar. Estas modificaciones pueden ser evaluadas por métodos no invasivos como el uso de la ecografía.

La valoración de las pulsaciones de la vena yugular interna, en forma ecográfica a través del modo M, constituye una de las herramientas clásicas utilizadas en la exploración física para estimar la presión venosa central (PVC), y sirve para estimar en forma indirecta la volemia del paciente. La evaluación ecográfica de la vena yugular interna es muy sencilla y podemos perfectamente cuantificar su diámetro y las variaciones durante el ciclo respiratorio.

#### **Objetivos**

- Valorar las pulsaciones de la vena yugular interna en forma no invasiva para estimar la PVC e inferir la volemia del paciente.
- Determinar las variaciones de la velocidad pico de la arteria carótida interna para interpretar modificaciones del gasto cardiaco.<sup>1,2</sup>
- Medición de la tensión arterial sistólica y diastólica para evaluar repercusiones hemodinámicas.

## **Materiales y Métodos**

Durante la investigación, se procedió a una medición basal, y luego a una medición utilizando la maniobra de reclutamiento alveolar escalonado de Tusman G, de: tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica, diámetro de la vena yugular interna a través de ecografía modo M y la velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna, a través de su medición ecográfica, mediante el modo doppler pulsado.

## **Resultados y Discusión**

Se pudieron observar modificaciones claras en la medición de dichos parámetros. La disminución del calibre de la vena yugular interna, se debió a una disminución de la precarga de las cavidades cardiacas derechas, producto del aumento del retorno venoso generado a su vez por las modificaciones del sistema vascular arterial pulmonar.

El descenso de la velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna, que se produce luego de las maniobras de reclutamiento alveolar es mediado por un mecanismo de vasodilatación arterial sistémica, el mismo es generado por los cambios ocurridos a nivel del árbol arterial pulmonar, dichas modificaciones reflejan una mejora del gasto cardiaco.

Del mismo modo el descenso de la TAS y de la TAD, son producto de la disminución de las resistencias vasculares sistémicas, generadas posteriormente a las maniobras de reclutamiento alveolar.

Los resultados de las diferentes variables demostraron en todos ellos, una asociación en forma significativa y positiva, con un coeficiente de correlación entre la medición basal y la posterior a las maniobras de reclutamiento cercano a 1.

## **Conclusión**

Se puede concluir que los pacientes sometidos a maniobras de reclutamiento alveolar, durante procedimientos bajo anestesia general, presentan beneficios a nivel del aparato respiratorio y circulatorio. Los parámetros hemodinámicos pueden ser medidos a través de técnicas no invasivas como es la utilización de la ecografía, y de este modo evitar las complicaciones asociadas a las técnicas invasivas.

---

## PALABRAS CLAVES

---

Reclutamiento alveolar, vena yugular interna, arteria carótida interna, tensión arterial sistólica, tensión arterial diastólica.

---

## FUNDAMENTACION DEL TEMA

---

Ya en la década del 1960 se observó que los pacientes anestesiados presentaban un descenso de la compliance del sistema respiratorio, que se acompañaba de un deterioro en la oxigenación, se propuso que la formación de atelectasias podría ser el causante de este fenómeno, sin embargo, la radiología convencional no podía demostrar esta hipótesis. Posteriormente estudios realizados en la década de 1980 con tomografía computada mostraron un aumento de la densidad en las regiones pulmonares dorsales y caudales que desarrollaban con gran rapidez tras la inducción anestésica<sup>3, 4,5</sup>.

Estas áreas, se suponían en torno al 5% de la superficie pulmonar, pero debido al mayor volumen pulmonar cuando está aireado podrían corresponder al 15- 20% de la superficie pulmonar.

La lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica, es una complicación asociada con la técnica de ventilación empleada y es consecuencia de la aplicación repetitiva de estrés excesivo al fibroesqueleto, a la vasculatura pulmonar, a la vía aérea terminal y al tejido yuxta-alveolar. El estrés aplicado al tejido pulmonar puede evaluarse en la clínica por la compresión transpulmonar (diferencia entre la presión estática de la vía aérea o plateau y la presión pleural evaluada con un balón esofágico). Sin embargo, esta presión, tiene amplias variaciones bajo la influencia de la gravedad, irregularidades de la pared torácica, presión intraabdominal, peso del mediastino y las presiones vasculares de llenado, por lo que solo se obtiene un estimado del estrés sin que las maniobras reflejen los cambios reales en diferentes regiones del parénquima pulmonar<sup>6</sup>.

La consecuencia final de los cambios es el cierre o colapso progresivo de las unidades alveolares. El reclutamiento alveolar es una técnica que se emplea para abrir las unidades alveolares colapsadas mediante el incremento temporal y sostenido de la presión de la vía aérea, lo cual permite la apertura de unidades colapsadas; sin embargo, al disminuir la presión de la vía aérea, muchas de las unidades se colapsarán de nuevo y ocasionarán ateletrauma y más lesión

pulmonar. Para prevenir el cierre de las unidades alveolares se requiere presión positiva al final de la espiración (PEEP). Las ventajas de ella incluyen: incremento de la capacidad residual funcional, reclutamiento de unidades alveolares adicionales, mejora en la distensibilidad pulmonar, reducción de los cortocircuitos pulmonares, permite reducir la fracción inspirada de oxígeno y puede disminuir la precarga en la insuficiencia cardíaca congestiva.

Los efectos de la PEEP deben monitorizarse de manera continua, ya que algunos efectos secundarios incluyen disminución del retorno venoso por incremento de la presión media de la vía aérea, alteración de la perfusión en áreas pulmonares sobredistendidas (incremento del espacio muerto), aumento de la resistencia vascular pulmonar y disfunción cardíaca derecha, barotrauma y alteraciones en el flujo sanguíneo renal, que son causa frecuente de deterioro hemodinámico en pacientes críticamente enfermos, con afección cardiovascular y en los que tienen déficit de volumen intravascular<sup>7</sup>.

Como el desarrollo de las atelectasias perioperatorias comienza durante la inducción anestésica, se sabe que hay una serie de medidas encaminadas para reducir su formación o revertirlas en el caso que se hayan producido. Estas medidas generan repercusiones hemodinámicas, las cuales parecen menores en los pacientes que responden a la maniobra con una mejoría en la oxigenación que en los que no responden. Algunos estudios indican la ausencia de efectos hemodinámicos relevantes cuando los pacientes se hidratan adecuadamente. Como la presión venosa central no es un buen reflejo de precarga durante las maniobras de reclutamiento y puede elevarse simplemente por la transmisión de la presión intratorácica<sup>8,9</sup>, debería evitarse su medición durante dichas maniobras.

Frecuentemente se observa una reducción transitoria de la oxigenación tras la realización de un reclutamiento. Este hecho, se debe al retorno de la sangre desaturada almacenada desde la circulación periférica, sumado al deterioro hemodinámico y a la derivación de flujo sanguíneo a áreas hiperinsufladas. La asistencia ventilatoria con PEEP mantiene una presión positiva durante todo el ciclo ventilatorio; el resultado final, es un aumento de la capacidad funcional residual, reducción en el cortocircuito intrapulmonar y mejoría en la distensibilidad pulmonar. La PEEP además posee efectos cardiovasculares, ya que sobre ciertos niveles de presión, se puede reducir el gradiente entre la presión sistémica media (Psm) y la presión auricular derecha (Pad) lo que puede reducir la precarga ventricular derecha. Además, sus efectos sobre la presión alveolar pueden aumentar la resistencia vascular pulmonar, y por ende, aumentar la post-carga de dicho ventrículo.

Al aplicar las maniobras de reclutamiento alveolar, se puede deducir que se lleva a cabo una reducción de la presión venosa central por presentar una disminución en las resistencias vasculares pulmonares y una mejoría en el gasto cardíaco en aquellos pacientes sometidos a una anestesia general, a los cuales se les aplican maniobras de reclutamiento alveolar.

Todas estas modificaciones hemodinámicas se midieron por métodos no invasivos con un ecógrafo, como la medición de las pulsaciones de la vena yugular interna, lo que permitió estimar los cambios generados en la PVC, y las determinaciones de las variaciones de la velocidad pico de la arteria carótida interna, permitieron estimar los cambios en el gasto cardíaco que presenta el paciente en forma no invasiva.

La estrategia de reclutamiento propuesta, permitiría la recuperación de las zonas de colapso pulmonar producidas por la anestesia general en pacientes sanos, mejorando la mecánica respiratoria y el intercambio gaseoso. Ciertos factores como la edad, tabaquismo, masa corporal, localización de la cirugía, el uso de neumoperitoneo, la posición corporal y las patologías cardiorrespiratorias previas, incidirán en el grado de colapso pulmonar. La magnitud del área atelectásica está en relación directa con el porcentaje de shunt, principal mecanismo de alteración de la oxigenación intraoperatoria y en menor medida, del aumento de zonas con baja relación V/Q (ventilación/perfusión), hipoventiladas por cierre de la vía aérea y relación V/Q elevada o espacio muerto alveolar. Por todo esto, la función pulmonar se ve alterada bajo anestesia general, con una reducción de la oxigenación arterial, en relación con la fracción de O<sub>2</sub> inspirada (FiO<sub>2</sub>) administrada. Este compromiso en la oxigenación puede ser imperceptible o leve en pacientes jóvenes y sanos, pero provocar hipoxemia de distinta magnitud en pacientes obesos, ancianos, críticos o durante la ventilación pulmonar selectiva. El aumento de la FiO<sub>2</sub>, si bien permite evitar la hipoxemia en la mayoría de los casos, no trata el problema de base, el colapso pulmonar<sup>10, 11</sup>.

Las estrategias protectoras del pulmón se resumen en:

- Hipercapnia permisiva.
- Disminución de la Fi O<sub>2</sub>.
- Pulmón abierto con utilización de PEEP a altos niveles.

Existen diferentes estrategias de reclutamiento alveolar:

1. Aumento de los valores de PEEP en forma escalonada y/o de la presión inspiratoria pico.
2. Insuflación sostenida a altas presiones.
3. Utilización de suspiro.
4. Recurrir a los beneficios de la ventilación espontánea.
5. Ventilación oscilatoria de alta frecuencia.

6. Ventilación con variabilidad biológica manteniendo volumen minuto constante.
7. Posición prona.
8. Ventilación diferencial.
9. Ventilación líquida parcial y óxido nítrico inhalado.
10. Incremento de volumen corriente o maniobra de capacidad vital.
11. Prolongación del tiempo inspiratorio.

Se han presentado publicaciones que abordan el tema de las MRA, inicialmente en pacientes con Síndrome de Distress respiratorio del adulto (SDRA), como parte de una “estrategia de ventilación protectora”. En los últimos años se han propuesto dichas maniobras en pacientes bajo anestesia general para tratar el colapso alveolar inducido por la ventilación mecánica en el periodo intraoperatorio.

La mayoría de los pacientes bajo anestesia general desarrollan procesos como atelectasias, definidas como colapsos alveolares que ocurren en la parte dependiente del pulmón (región pulmonar más declive), que por gravedad presenta:

- ✓ Una perfusión superior a la ventilación.
- ✓ El desarrollo de atelectasias produce disminución de la compliance y la oxigenación, conjuntamente con el incremento de la resistencia vascular pulmonar, que llevará al daño o injuria pulmonar correspondiente.
- ✓ Los mecanismos propuestos son la compresión del tejido pulmonar, reabsorción del aire alveolar, reducción de la función del surfactante.

En el paciente que presenta respiración espontánea, la tensión activa del músculo es suficiente para superar el peso del contenido abdominal, especialmente por la contracción de su porción posterior (porción más gruesa o dependiente). Con la respiración mecánica el diafragma anterior (pasivo), no dependiente, es desplazado por la presión positiva en la porción superior donde hay menos impedancia al movimiento diafragmático, justificando la disminución de la capacidad residual funcional (CRF) en el paciente anestesiado, por agregarse disminución en la contracción de la pared torácica y aparición de compresión pulmonar <sup>12</sup>.

En pacientes sanos anestesiados, las MRA, han demostrado ser útiles en normalizar la oxigenación. En pacientes obesos anestesiados a los que se les aplicó estrategias de reclutamiento alveolar seguido de 5 y 10 cm de H<sub>2</sub>O de PEEP al final de la maniobra, comparados con el grupo control de pacientes con IMC normal, se demostró que dicha maniobra, mejoraba los valores de la PaO<sub>2</sub> (presión arterial de oxígeno) y que se requerían mayores niveles de PEEP posteriores para lograr valores de PaO<sub>2</sub> similares al grupo control.

La asistencia ventilatoria con PEEP mantiene una presión positiva durante todo el ciclo ventilatorio, el resultado final, es un aumento de la capacidad residual funcional, reducción del cortocircuito pulmonar, y mejoría de la distensibilidad pulmonar. La PEEP además posee efectos cardiovasculares, ya que sobre ciertos niveles de presión, se puede reducir el gradiente entre la presión sistólica media (Psm) y la presión auricular derecha (Pad), lo que puede reducir la precarga ventricular derecha. Además sus efectos sobre la presión alveolar pueden aumentar la resistencia vascular pulmonar y por ende, aumentar la poscarga en dicho ventrículo<sup>13</sup>.

En relación a la resistencia vascular pulmonar, la PEEP modifica el volumen de sangre pulmonar, al actuar sobre los vasos alveolares y extraalveolares. Al aumentar el volumen pulmonar se produce una disminución de la resistencia en los vasos extraalveolares condicionando un aumento de su volumen de sangre. Este aumento de la capacitancia venosa pulmonar, fomenta la permanencia de sangre en los pulmones impidiendo el retorno venoso pulmonar. En los vasos alveolares en cambio, al aumentar la presión y el volumen alveolar, los capilares alveolares son comprimidos condicionando una reducción de la capacitancia vascular pulmonar, este fenómeno desplaza la sangre desde los pulmones a partir de la válvula pulmonar cerrada hacia el corazón izquierdo<sup>14,15</sup>.

La **hipótesis de trabajo** fue la siguiente:

Las maniobras de reclutamiento alveolar modifican el diámetro de la vena yugular interna y la onda de pulso de la arteria carótida interna en pacientes en asistencia respiratoria mecánica.

---

## OBJETIVOS

---

Se evaluaron las modificaciones hemodinámicas a través de la medición ecográfica del calibre de la vena yugular interna y la velocidad de flujo de la arteria carótida interna, que se presentan en aquellos pacientes sometidos a una anestesia general, a los que se le aplicaron maniobras de reclutamiento alveolar.

---

## METODOLOGIA Y TECNICAS A EMPLEAR

---

Luego de ser aprobado por el Comité de Ética del Hospital Provincial Centenario y firmado el consentimiento informado, se realizó un estudio, observacional de carácter prospectivo. Los sujetos firmaron voluntariamente el consentimiento informado por escrito, el cual fue fechado el mismo día de su estudio.

### **Población a estudiar**

Se reclutaron 41 pacientes mayores de 18 años, que fueron sometidos a procedimientos quirúrgicos bajo anestesia general, tanto programadas como de urgencia, hombres y mujeres, de la clasificación ASA I y II.

**Fueron excluidos:** aquellos pacientes que presentaron una validez cuestionable del consentimiento informado, aquellos sujetos con antecedentes de enfermedad psiquiátrica, déficit intelectual u otra situación que limite la validez del consentimiento informado. Sujetos con diagnóstico actual de asma o EPOC, sujetos con tuberculosis activa, cáncer de pulmón, bronquiectasias, fibrosis pulmonar, hipertensión pulmonar, neumopatías intersticiales u otras neumopatías activas.

### **Método Anestésico**

Se colocó un abocath en una vena periférica del paciente para la administración de solución fisiológica 0,9%, 5- 10 ml/kg/hr, y por el mismo se realizó la inducción anestésica, utilizando fentanilo 2-3 µg/kg, propofol 1-2 mg/kg (como dosis máxima 2 mg/kg) y como relajante muscular, vecuronio 0,1 mg/kg. El mantenimiento se realizó con isoflurano 1 CAM (Concentración Alveolar Mínima) o sevoflurano 2 CAM y remifentanilo 0,25- 0,5 µg/kg/min. Las dosis de las drogas administradas tanto en la inducción como en el mantenimiento tuvieron pequeñas variaciones acorde al estado hemodinámico del paciente.

## **Monitoreo**

Se realizó la monitorización del paciente, teniendo en cuenta los siguientes parámetros: tensión arterial no invasiva con un esfigmomanómetro automático, saturación de oxígeno por oxímetro de pulso, frecuencia cardíaca y registro de la actividad eléctrica cardíaca en la derivación DII en forma continua, para ello se utilizó un monitor multiparamétrico Dräger Infinity Vista XL. Una vez realizada la intubación orotraqueal, luego de transcurridos 10 minutos de la misma, esperándose dicho tiempo para evitar las variables hemodinámicas que pudieran haber sucedido durante dicho procedimiento, se procedió a la toma de la tensión arterial no invasiva, a la medición del calibre de la vena yugular interna, la medición de la velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna a través de un ecógrafo.

## **Métodos de Obtención de registros y equipamiento utilizado**

La técnica se realizó, colocando al paciente en la posición decúbito supino, con la cabeza a 0° (sin almohadas y sin ningún tipo de inclinación). Se situó la sonda en el plano transversal (marcador a la derecha del paciente) sobre el músculo esternocleidomastoideo 2cm por encima de la clavícula. El mentón del paciente estaba en posición media. En esta proyección se pudo apreciar claramente la arteria carótida interna y la vena yugular interna, que se colapsa muy fácilmente con la presión del transductor.

Con el ecógrafo SonoSite Micromaxx con una Sonda lineal HFL38 (6-13mhz) en modo M sobre la zona de máximo diámetro de la vena yugular interna, se registró un ciclo respiratorio y se midió el diámetro máximo al final de la espiración. La interpretación de los resultados indicó, que si presentaba un diámetro inferior a 7mm, estimaba que la PVC era de un valor inferior a 10 cm de H<sub>2</sub>O y si el valor era superior a 12,5mm el valor de la PVC se encontraba elevado<sup>16</sup>.

Para la medición de la velocidad pico de la arteria carótida interna se situó la sonda en el plano transversal (marcador a la derecha del paciente) sobre el músculo esternocleidomastoideo 2cm por encima de la clavícula. El mentón del paciente estaba en posición media. Se realizó la medición con el ecógrafo en forma automática a través del modo doppler pulsado, colocando el mismo en el centro de la arteria, 2cm por encima de la bifurcación carotídea, registrando los valores de velocidad pico máxima y mínima durante un ciclo respiratorio.

Se procedió luego de la primera medición o medición basal, a la maniobra de reclutamiento alveolar. Se utilizó la maniobra de reclutamiento escalonado de Tusman G. La presión en la vía aérea necesaria para abrir un acino colapsado es

de aproximadamente 40 cm de H<sub>2</sub>O. Una vez abierto, el acino necesita de un nivel de PEEP determinado para evitar el re-colapso al final de la espiración. En pacientes sanos, un valor de 5 cm de H<sub>2</sub>O es suficiente.

Primero se elevaron los niveles de PEEP en tres escalones de 5, 10 y 15 cm de H<sub>2</sub>O, observándose el estado hemodinámico del paciente, posteriormente se elevó la Pip (presión inspiratoria pico) hasta 40 cm de H<sub>2</sub>O y se mantuvo este valor durante 10 ciclos respiratorios. Luego se regresó a los parámetros ventilatorios basales adicionando 5 cm de H<sub>2</sub>O de PEEP.

Partiendo de PEEP= 0 cm de H<sub>2</sub>O se produjeron incrementos de la PEEP de a 5 cm de H<sub>2</sub>O, haciendo durar cada escalón 1 minuto. El objetivo fue alcanzar PEEP= 15 cm de H<sub>2</sub>O. Llegando a una Pip de 40 cm de H<sub>2</sub>O, observándose a cada momento el estado hemodinámico del paciente. Cuando se llegó a dicho valor se mantuvo esta ventilación por 10 ciclos inspiratorios. Luego se descendió el VC (volumen corriente) al valor basal y se procedió a descender escalonadamente la PEEP hasta 5 cm de H<sub>2</sub>O, valor que finalmente se estableció para continuar con la ventilación mecánica. Durante el ascenso escalonado de PEEP, a fin de evitar un barotrauma, la alarma de presión de trabajo se ajustó en 40 cm de H<sub>2</sub>O. La relación I: E fue 1:1<sup>17</sup>.

Las variables a estudiar para lograr el objetivo fueron: la medición ecográfica del calibre de la vena yugular interna y la onda de pulso de la arteria carótida interna, la tensión arterial sistólica y la tensión arterial diastólica, antes y después de las maniobras de reclutamiento alveolar. Se incluyeron variables demográficas como: la edad, el peso, la talla y el IMC, las cuales fueron registradas a través de la ficha de recolección de datos diseñada para tal fin.

---

## ANALISIS ESTADISTICO

---

Se presenta el promedio junto con el desvío estándar para la descripción de las variables evaluadas. La relación entre las variables registradas en el momento basal y luego de las maniobras de reclutamiento alveolar se evaluó mediante el coeficiente de correlación de Spearman y se representa gráficamente mediante diagramas de dispersión. Los resultados con una probabilidad asociada menor que 0,05, se consideraron estadísticamente significativos.

---

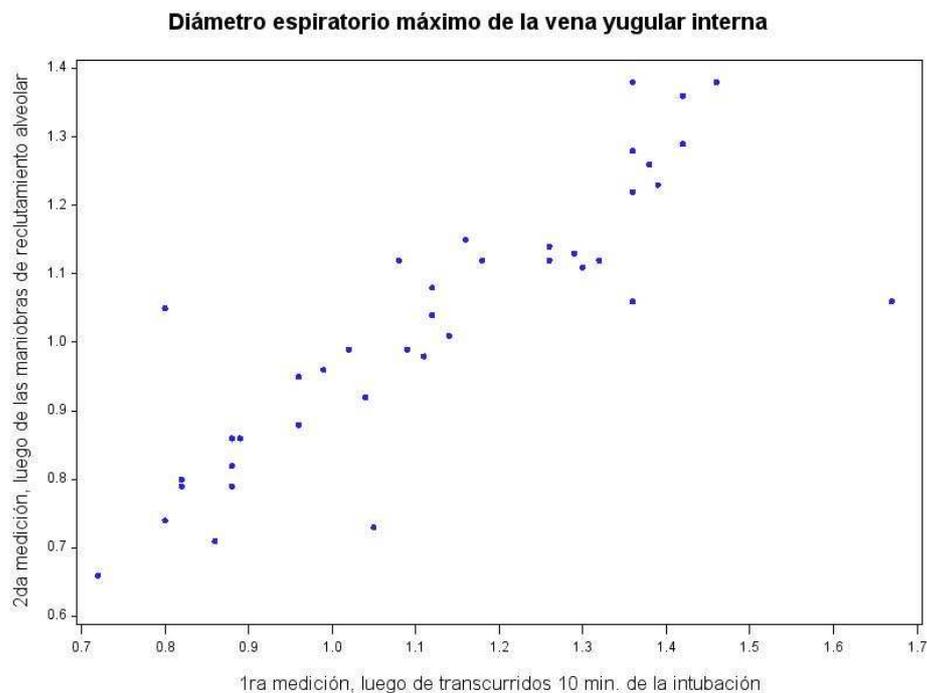
## RESULTADOS

---

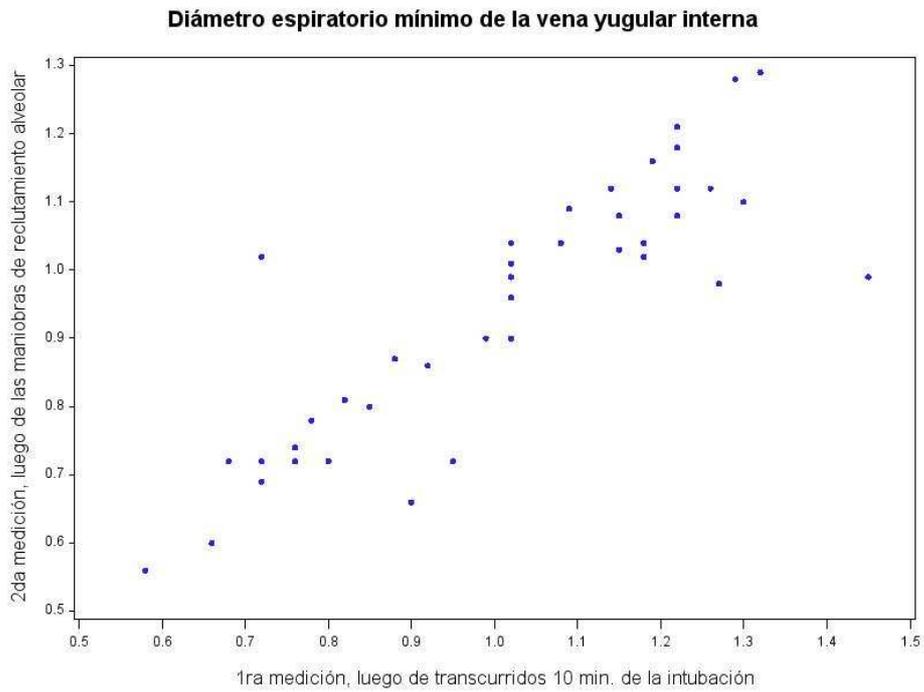
**Tabla 1.**

	<b>n=41</b>
Edad (años)	41,3 (15,2)
Peso (k)	73,2 (15,8)
Talla (m)	1,63 (0,09)
IMC (m/k <sup>2</sup> )	27,5 (5,3)

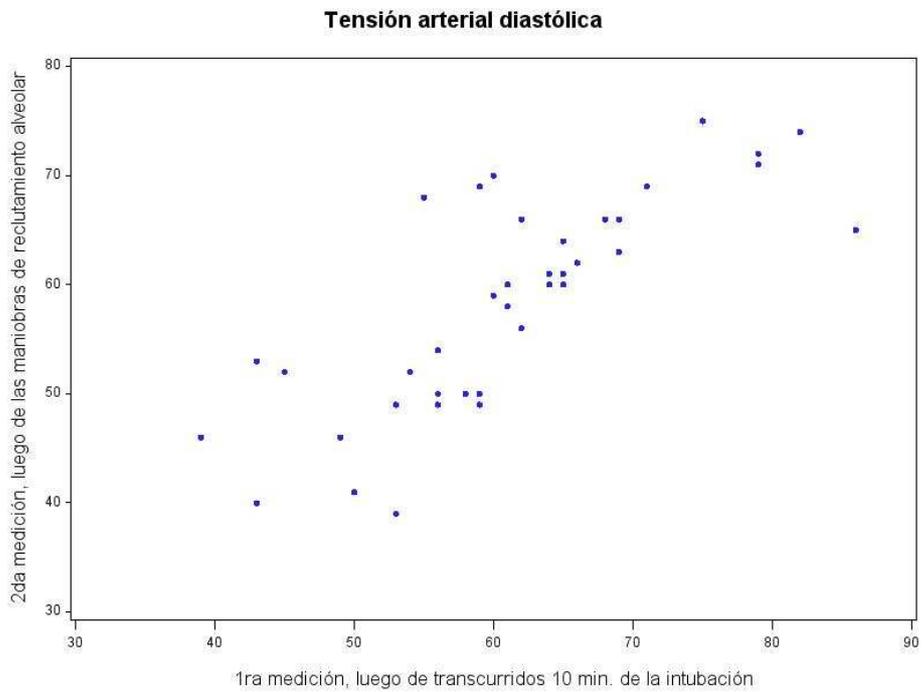
Los datos se presentan como promedio (desvío estándar).



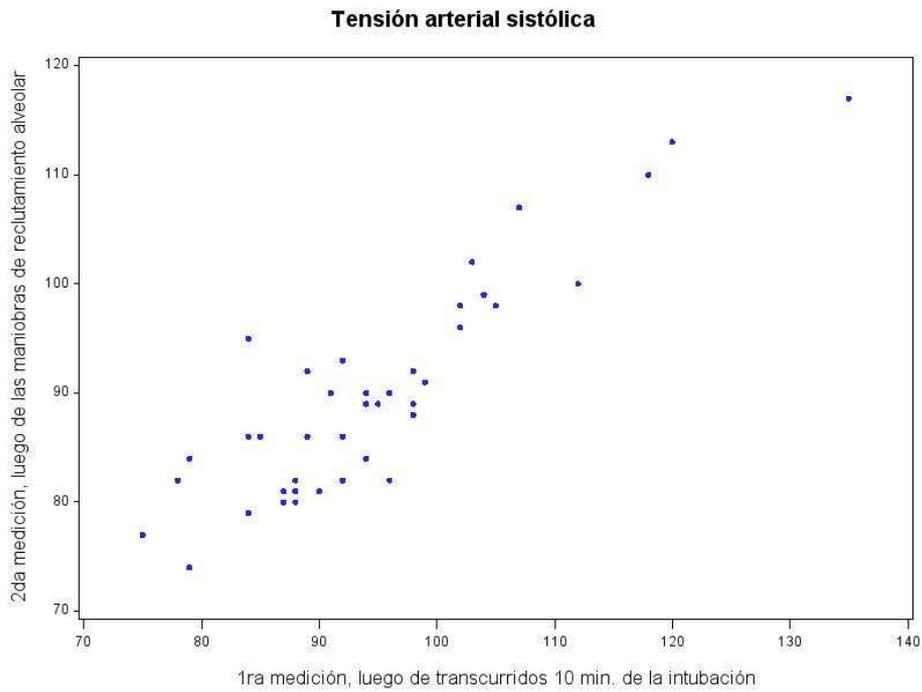
**Figura 1.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,876 ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 2.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,848 ( $p < 0,0001$ ).



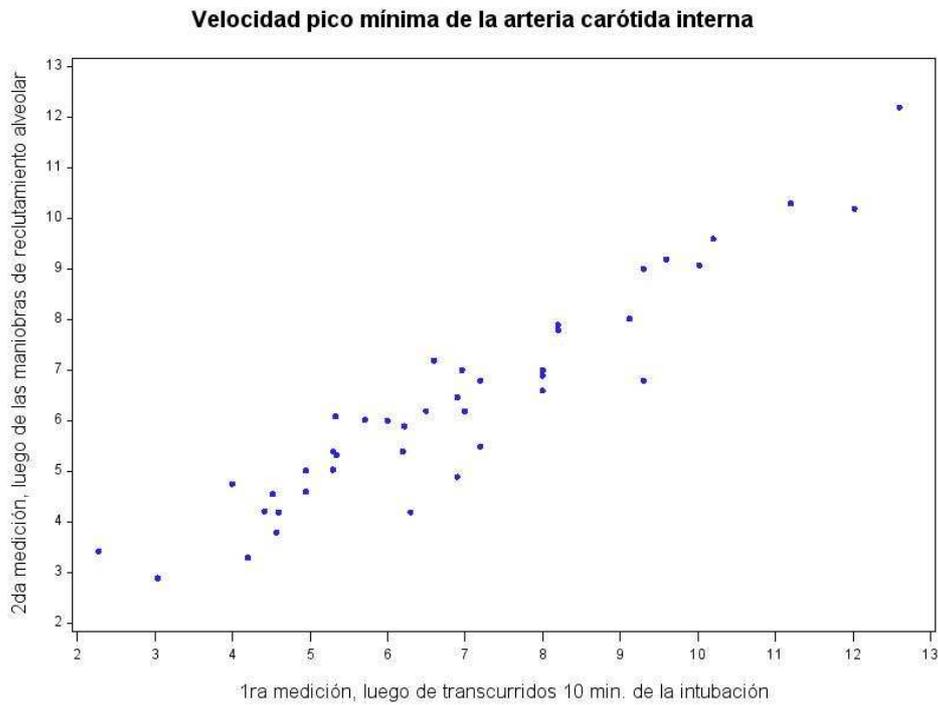
**Figura 3.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,806 ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 4.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,808 ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 5.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,972 ( $p < 0,0001$ ).



**Figura 6.** Coeficiente de correlación de Spearman: 0,926 ( $p < 0,0001$ ).

**Tabla 2.**

	<b>Basal, luego de transcurridos 10 min de la intubación</b>	<b>Luego de las maniobras de reclutamiento alveolar</b>
Tensión arterial sistólica (mmHg)	94,6 (11,9)	89,8 (9,9)
Tensión arterial diastólica (mmHg)	61,0 (10,4)	58,1 (9,6)
Diámetro espiratorio mínimo de la vena yugular interna (cm)	1,01 (0,22)	0,94 (0,19)
Diámetro espiratorio máximo de la vena yugular interna (cm)	1,14 (0,23)	1,04 (0,19)
Velocidad pico mínima de la arteria carótida interna (cm/s)	6,8 (2,4)	6,4 (2,1)
Velocidad pico máxima de la arteria carótida interna (cm/s)	37,3 (7,2)	35,0 (7,1)

Los datos se presentan como promedio (desvío estándar).

Se pudo observar que los pacientes presentaban luego de transcurridos 10 minutos de la intubación una estabilidad hemodinámica apropiada para realizar las mediciones de los parámetros en forma basal. La excepción la constituyeron 4 pacientes, los cuales mostraron parámetros de tensión arterial sistólica y diastólica baja, a los mismos se les debió administrar 5 mg de efedrina para proceder a realizar las maniobras de reclutamiento alveolar.

Se realizó la medición basal del diámetro espiratorio mínimo y máximo de la vena yugular interna, para ello se utilizó el modo M del ecógrafo arrojando un valor promedio 1,01 y 1,14 cm respectivamente (desvío estándar de 0,22-0,23); luego de realizadas las maniobras de reclutamiento alveolar se observó una disminución del diámetro, tanto en el ciclo inspiratorio como espiratorio observándose un valor promedio de 0,94 y 1,04 cm respectivamente (desvío estándar 0,19-0,19). (Tabla 2)

Para la medición de la velocidad pico de la arteria carótida interna se utilizó el modo Doppler pulsado, previo a las maniobras de reclutamiento alveolar, el valor promedio de la velocidad pico máxima de la arteria carótida interna fue de 37,3 cm/s (desvío estándar 7,2), y el de la velocidad pico mínima fue de 6,8 de valor promedio (desvío estándar 2,4). Posterior a las maniobras de reclutamiento alveolar se observó un descenso de la velocidad promedio, tanto en la medición de la velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna arrojando los siguientes valores promedios 35,0 y 6,4 cm/s respectivamente (desvío estándar 2,1 y 7,1). (Tabla 2)

Se tomaron los valores de TAS y TAD en forma basal arrojando un valor promedio de 94,6 y 61,0 respectivamente (desvío estándar 1,9-10,4), luego de las maniobras de reclutamiento alveolar, se volvió a realizar la medición de la tensión arterial y se observó una disminución en ambos valores promedios, 89,8 y 59,1 respectivamente (desvío estándar 9,9 y 9,6). (Tabla 2)

Para la representación de los resultados de las diferentes variables se utilizaron gráficos de dispersión, demostrando en todos ellos una asociación en forma significativa y positiva, con un coeficiente de correlación entre la medición basal y la posterior a las maniobras de reclutamiento cercano a 1. (Figuras 1 a 6).

---

## DISCUSION

---

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar las modificaciones hemodinámicas de los pacientes sometidos a maniobras de reclutamiento alveolar, bajo anestesia general, en forma no invasiva, a través de la utilización de métodos ecográficos.

Como es sabido, la oxigenación arterial se altera durante la anestesia general, tanto con ventilación espontánea como con ventilación controlada, la relación entre la ventilación y la perfusión pulmonar disminuye. Durante la inducción anestésica, sumada a la relajación muscular y a la posición en decúbito durante la cirugía, se produce una reducción de la capacidad residual funcional en aproximadamente 1 litro y durante el mantenimiento anestésico la utilización de agentes inhalatorios inhibe el mecanismo fisiológico de vasoconstricción pulmonar hipóxica, pudiendo aumentar el grado de cortocircuito y agravar la hipoxia, tal como lo cita **D. Crosara**.<sup>18</sup>

En el estudio de investigación realizado, se sometió a los pacientes a una medición basal de parámetros hemodinámicos tales como: la tensión arterial sistólica y diastólica, ambas en forma no invasiva, la medición ecográfica del calibre de la vena yugular interna a través del modo M, y se completó dicho estudio con la medición de la velocidad pico de la arteria carótida interna a través del sistema doppler pulsado.

Tal como ha sido estudiado por **A. Ochagavia y col.**<sup>19</sup>, la elevación de la presión intratorácica a los niveles necesarios para conseguir un reclutamiento efectivo, puede resultar en efectos hemodinámicos adversos, una breve alteración en el intercambio gaseoso y en barotrauma. No obstante en la mayoría de los estudios clínicos publicados las MRA fueron bien toleradas desde el punto de vista hemodinámico.

**Grasso y col.** observaron descensos en el gasto cardíaco de un 20-30 % durante la aplicación de una insuflación sostenida de 40 cm H<sub>2</sub>O en una serie de pacientes con SDRA (síndrome de distress respiratorio del adulto). **Lapinski y col.** utilizando el mismo tipo de MRA, describieron un descenso moderado de la presión arterial sistémica y un episodio de bradicardia. En ambos casos estos efectos se revirtieron minutos después de finalizada las MRA. En este estudio de investigación, las MRA fueron bien toleradas, excepto en el 10% de los pacientes, donde hubo necesidad de aplicar una droga vasopresora, en este caso se realizó con efedrina, a una dosis de 5 mg, debido a una disminución acentuada de la TAS y la TAD durante dichas maniobras.

Cabe destacar que la mayoría de los efectos hemodinámicos adversos se han producido durante la realización de una maniobra de insuflación sostenida. **Lim y col.**<sup>20</sup> mostraron que este tipo de maniobras de reclutamiento resultaba en descensos mucho más marcados en el gasto cardíaco, en comparación con MRA realizadas en presión controlada, en las que se mantuvo un ciclo inspiratorio/espирatorio normal. Es por ello que la insuflación sostenida como MRA, debería ser abandonada en favor de las maniobras de presión controlada.

Los pacientes fueron sometidos a las maniobras de reclutamiento alveolar a través del método escalonado de Tusman G., siempre teniendo en cuenta la

monitorización de los parámetros hemodinámicos, sólo luego de concluidas dichas maniobras se procedió a la medición nuevamente de cada una de los parámetros, medidos en forma basal.

Se pudieron observar modificaciones claras en la medición de dichos parámetros. Como sostiene **Vinko Tominic f y col.**<sup>21</sup>, el aumento del volumen pulmonar condicionado por la PEEP, incrementa la presión intratorácica disminuyendo el retorno venoso y el gasto cardiaco. Este fenómeno eleva la resistencia vascular pulmonar aumentando la poscarga ventricular derecha, por otro lado, este efecto desplaza sangre desde los pulmones hacia la aurícula izquierda incrementando la precarga del ventrículo izquierdo. Para minimizar dichos efectos sobre el retorno venoso se debe optimizar la precarga. En el estudio que se realizó, la modificación del calibre de la vena yugular interna se debió a una disminución de la precarga de las cavidades cardiacas derechas, producto del aumento del retorno venoso, generado a su vez por las modificaciones del sistema vascular arterial pulmonar. El hecho de generar la apertura de aquellos alveolos colapsados durante la inducción anestésica y de la AMR produjo una disminución del shunt intrapulmonar. Este shunt es un estímulo potente para la generación de la vasoconstricción pulmonar hipóxica (VPH), el cual es un mecanismo fisiológico de autorregulación que actúa frente a la hipoxia, y reduce de forma activa el flujo sanguíneo en las zonas pulmonares no ventiladas, derivándolo a las zonas bien ventiladas. El mismo actúa aumentando las resistencias vasculares pulmonares, fundamentalmente de las arteriolas precapilares situadas muy cerca de los alveolos, se restablece rápidamente y su efecto máximo es a los 15 minutos de generada la hipoxia. La magnitud de la VPH es proporcional a la cantidad de pulmón hipóxico. El mecanismo de acción de la VPH más aceptado se basa en una acción directa de la hipoxia en las células de las fibras musculares lisas de las arteriolas pulmonares, detectada por la cadena transportadora de electrones mitocondriales, y en el que los radicales reactivos de oxígeno actúan como mensajeros para aumentar la vasoconstricción. Los anestésicos halogenados utilizados durante la anestesia general inhiben la VPH, de forma que es dosis-dependiente, si bien los nuevos halogenados la inhiben en menor grado en comparación con los sintetizados inicialmente.

De mayor a menor grado de inhibición de la VPH, podemos clasificarlos así: isoflurano/deflurano/sevoflurano. Cabe destacar que ni los morfínicos, ni los hipnóticos afectan la VPH<sup>22</sup>.

En los pacientes del estudio, la medición de la velocidad pico de la arteria carótida interna mostró un claro descenso de la misma en casi todos ellos. El descenso de la velocidad pico máxima y mínima que se produce luego de las maniobras de reclutamiento alveolar, es mediada por un mecanismo de vasodilatación a nivel del árbol arterial sistémico, producto de los cambios ocurridos a nivel del árbol arterial pulmonar, ambas modificaciones reflejan una mejora del gasto cardiaco. Esto fue comparado con un estudio de **Arturo Estañ Perez y col.**<sup>23</sup> en el cual se evaluaron las velocidades de los troncos supraaórticos, el cual mostró que el aumento de la velocidad es directamente proporcional al grado de vasoconstricción, utilizando para ello, la velocidad pico sistólica y la velocidad pico diastólica. Aunque numerosos estudios se basaron fundamentalmente en la velocidad pico sistólica,

hay situaciones clínicas determinadas que podrían llevarnos a conclusiones espúreas como, por ejemplo bajo gasto cardíaco, estenosis de alto grado en la carótida contralateral, lesiones en tándem, etc., por lo cual aconsejan observar, en su conjunto, los parámetros doppler anteriormente mencionados.

Del mismo modo el descenso de la TAS y de la TAD, son producto de la disminución de las resistencias vasculares sistémicas, generadas posteriormente a las maniobras de reclutamiento alveolar. En aquellos pacientes a los cuales se tuvo la necesidad de administrar efedrina para llevar a cabo dichas maniobras, se observaron elevaciones de la TAS y TAD con escasas modificaciones, tanto en el diámetro de la vena yugular interna como en la velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna.

---

## CONCLUSION

---

Podemos destacar que no cabe duda que las atelectasias perioperatorias comienzan durante la inducción anestésica y están íntimamente asociadas a las técnicas de ventilación empleadas, generadoras en muchos casos de un cambio en el cierre o colapso progresivo de las unidades alveolares, con modificaciones a nivel respiratorio y circulatorio. Por ello las maniobras de reclutamiento alveolar son técnicas que se emplean para abrir aquellas unidades colapsadas mediante el incremento temporal y sostenido de la presión de la vía aérea, con una incuestionable ventaja en el incremento de la capacidad residual funcional, el reclutamiento de unidades alveolares adicionales, la mejora en la distensibilidad pulmonar con reducción en los cortocircuitos o shunt pulmonares, y de esta manera producir beneficios, no solo a nivel de la unidad funcional respiratoria, el acino, sino también a nivel circulatorio, tanto a nivel del árbol vascular pulmonar como sistémico.

El hecho de poder llevar a cabo una medición en forma no invasiva de los parámetros hemodinámicos como son: TAS, TAD, diámetro de la vena yugular interna, velocidad pico máxima y mínima de la arteria carótida interna, tanto en forma basal, como luego de las maniobras de reclutamiento alveolar, no deja lugar a duda del incuestionable valor de la ecografía como método de monitoreo cardiovascular de forma inocua y con los beneficios de realizarse cuantas veces se crea necesario durante cualquier procedimiento quirúrgico, bajo anestesia general.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

1. Rev. Arg. Anest (2006), 64,5:201-215. artículo de revisión. Maniobras de reclutamiento alveolar.
2. Hedenstierna G, Löfstrom B y Lundh R. Thoracic gas volumen and chest-abdomen dimensions during anesthesia and muscleparalysis. *Anesthesiology* 1981; 55: 499-506.
3. Reber A, Engberg G, Sporre B, Kviele L, Rothen HU, Wegenius G, et al. Volumetric analysis of aeration in the lungs during general anaesthesia. *Br J Anaesth.* 1996; 76:760-6.
4. Brismar B, Hedenstierna G, Lundquist H, Strandberg A, Svensson L, Tokics L. Pulmonary densities during anesthesia with muscular relaxation--a proposal of atelectasis. *Anesthesiology.* 1985; 62:422-8.
5. Lundquist H, Hedenstierna G, Strandberg A, Tokics L, Brismar B. CT-assessment of dependent lung densities in man during general anaesthesia. *Acta Radiol.* 1995; 36:626-32.
6. Marini JJ, Gattinoni L. Ventilatory management of acute respiratory distress syndrome: a consensus of two. *Crit Care Med* 2004;32:250-5.).
7. Tusman G, Böhm SH, Vázquez de Anda GF, et al. Alveolar recruitment strategy improves arterial oxigenation during general anesthesia. *Br J Anaesth* 1999;82:8-13.
8. Cinnella G, Grasso S, Natale C, Sollitto F, Cacciapaglia M, Angiolillo M, et al. Physiological effects of a lung-recruiting strategy applied during one-lung ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2008;52:766–75
9. Bohm SH, Thamm OC, Von Sandersleben A, Bangert K, Langwieler TE, Tusman G, et al. Alveolar recruitment strategy and high positive end-expiratory pressure levels do not affect hemodynamics in morbidly obese intravascular volume-loaded patients. *Anesth Analg.* 2009;109:160–3.
10. Tusman G. Función respiratoria durante la anestesia general: estrategia para mejorar el intercambio gaseoso. *Rev Arg Anest* (2001), 59, 4:245-253.
11. Tusman G, Bohm SH, Tempra A, Melkun F, et al. Effects of recruitment maneuver on atelectasis in anesthetized children. *Anesthesiology* 2003 Jan 98 (1): 14-22.).
12. Bergman N. Reduction in resting end-expiratory position of the respiratory system with induction of anesthesia and neuromuscularparalysis. *Anesthesiology* 1982; 57: 14-17.
13. *Med Intensiva.* 2012;36(1):45-55. Valoración de la precarga y la respuesta cardiovascular al aporte de volumen (C. Sabatier a,\*, I. Monge b, J. Maynar c y A. Ochagavía).
14. *Med Intensiva.* 2011;35(9):552-561. Estimación del gasto cardíaco. Utilidad en la práctica clínica. Monitorización disponible invasiva y no invasiva (X. Garcíaa, L. Mateub, J. Maynar, J. Mercadal, A. Ochagavíaa y A. Ferrandiz).
15. Manual de ecografía clínica. Servicio de medicina Interna. Hospital Infanta Cristina. Madrid. (Gonzalo Garcia Casasola, Juan Torres Macho) 2005.

16. Tusman G. Función respiratoria durante la anestesia general: estrategia para mejorar el intercambio gaseoso. Rev Arg Anest (2001), 59, 4:245-253.
17. Tusman G, Bohm SH, Tempra A, Melkun F, et al. Effects of recruitment maneuver on atelectasis in anesthetized children. Anesthesiology 2003 Jan 98 (1): 14-22.
18. [www.anestesia.org.ar/search/articulos\\_completos/1/1/229/c.php](http://www.anestesia.org.ar/search/articulos_completos/1/1/229/c.php). D. Crosara: Médico Anestesiólogo. Cirugía Cardiovascular. Hospital Español (San Juan). Jefe Servicio Terapia Intensiva. Hospital Guillermo Rawson. (San Juan)
19. Med. Intensiva v.33 n.3 Barcelona abr 2009. Utilidad de las maniobras de reclutamiento (contra). (A. Ochagavia, L. Blanch y J. López-Aguilar).
20. Med Intensiva v.33 n.3 Barcelona abr.2009. Utilidad de las maniobras de reclutamiento (PRO). (F. Suárez Sipmann).
21. Rev. Med. Chile v.130 n.12 Santiago dic.2002. Impacto hemodinámico de la presión positiva de fin de espiración (PEEP) durante la falla respiratoria grave: Visión actual. (Vinko Tominc F, Max Andresen M, Carlos Romero P, Marcelo Mercado F.).
22. Ventilación Mecánica en anestesia y cuidados críticos. F. Javier Belda, Julio Lloréns. Año 2009.
23. Zwiebel W J, Ultrasonografía vascular 4ª edición 2002. Sección II: Vasos Cerebrales. Págs. 97-202. Edit. Marban. Valoración de los Troncos Supraaórticos. (Arturo Estañ Pérez, Manuel Ricart Rodrigo. Hospital Lluís Alcanyís Xàtiva.).

# Modificaciones hemodinámicas medidas por ecografía en pacientes sometidos a maniobras de reclutamiento alveolar

## Ficha de Recolección de Datos

**Trabajo final**

**Carrera de Post grado de Anestesiología**

Hospital provincial del Centenario, Rosario, Santa fe

Fecha:

Id de la Ficha\_\_\_\_\_

Edad\_\_\_\_ años    Peso \_\_\_\_kg    Talla\_\_\_\_    IMC\_\_\_\_

	Tensión arterial sistólica	Tensión arterial diastólica	Diámetro espiratorio mínimo de la vena yugular interna	Diámetro espiratorio máximo de la vena yugular interna	Velocidad pico mínima de la arteria carótida interna	Velocidad pico máxima de la arteria carótida interna
<b>Basal</b> (luego de transcurridos 10´ de la intubación)						
<b>Luego de las maniobras de reclutamiento alveolar</b>						

Necesidad de administración de atropina: SI                      mg

NO

Necesidad de administración de efedrina: SI                      mg

NO

Observaciones:

## CONSENTIMIENTO ESCRITO INFORMADO

Se lo invita a participar en un estudio de investigación titulado: "Modificaciones hemodinámicas tras el uso de maniobras de reclutamiento alveolar".

En el mismo se llevarán a cabo procedimientos habituales en los cuales se medirán con ecografía, parámetros que nos permitirán determinar cómo se encuentra durante la cirugía su función cardíaca y estabilidad durante la misma sin necesidad de realizar maniobras invasivas para lograrlo.

Los posibles beneficios de este estudio incluirán no solo adquisición de conocimientos acerca de las modificaciones de la función cardíaca que se producen en el paciente conectado a un respirador artificial, sino que también brindarán la posibilidad de beneficiar en un futuro, a pacientes que se hallasen en situación clínica similar, además a contribuir a acortar el período de internación post-operatorio.

Todos sus datos serán guardados en forma confidencial y su nombre no será revelado en caso de inspección.

Usted no está obligado a participar en el estudio si así no lo desea. Puede retirarse en cualquier momento del estudio sin que ello afecte su derecho a seguir siendo tratado y controlado por su médico de cabecera.

Yo: \_\_\_\_\_ manifiesto que he sido informado de lo expresado más arriba y otorgo el consentimiento de participar voluntariamente en la investigación titulada: "Modificaciones hemodinámicas tras el uso de maniobras de reclutamiento alveolar".

Firma y aclaración del paciente:.....

Firma y aclaración del testigo:.....

Firma del investigador principal:.....

Rosario, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_