
Posición prona: efecto sobre el intercambio gaseoso y en la capacidad funcional para el ejercicio en pacientes con hipertensión pulmonar.

Andrea Carolina Bastidas-L¹, José A. Colina-Chourio², Jesnel M. Guevara³ y Alexis Núñez³

¹Servicio de Medicina Interna, Hospital IVSS “Dr. Adolfo Pons”. Maracaibo, Venezuela.

²Facultad de Medicina, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

³Servicio de Neumonología del Hospital IVSS “Dr. Adolfo Pons”. Maracaibo, Venezuela.

Palabras clave: posición prona, hipertensión pulmonar, relación ventilación/perfusión, tolerancia al ejercicio.

Resumen. El objetivo del estudio fue evaluar el intercambio gaseoso y el comportamiento funcional cardiorrespiratorio en pacientes con hipertensión pulmonar (HTP) antes, durante y después del cambio de posición a decúbito prono. Treinta pacientes con HTP y alteraciones en el intercambio gaseoso fueron incluidos en el estudio. Las variables de intercambio gaseoso se evaluaron en decúbito supino para obtener los valores basales y en decúbito prono a los 30, 120 y 240 min. Así mismo, se sometieron al test marcha 6 minutos (6MWT) previo y posterior a 30 días de sueño nocturno en prono. Después de cuatro horas, todos los pacientes presentaron un incremento de la PaO₂ y en la saturación arterial de oxígeno (SaO₂), con disminución en los cortocircuitos intrapulmonares, mejorando el intercambio gaseoso y por consiguiente de la demanda fisiológica impuesta por el ejercicio en pacientes con HTP.

Prone position: effect on gas exchange and functional capacity for exercise in patients with pulmonary hypertension.

Invest Clin 2015; 56(1): 25 - 32

Keywords: prone position, pulmonary hypertension, ventilation/perfusion, exercise capacity.

Abstract. The objective of this investigation was to evaluate gas exchange and cardiopulmonary functional behavior in patients with pulmonary hypertension (PH) before, during and after the change to a prone position. Thirty patients with PH and alterations in gas exchange were included in the study. Gas exchange measurements were performed in four stages: at the baseline supine position and after 30, 120 and 240 minutes in prone position. Also, the patients were evaluated by the six minutes walking test (6MWT) after 30 days in prone position during night's sleep. After four hours in prone position, all patients showed an increase of PaO₂ and arterial saturation of oxygen (SaO₂), with a decrease of intrapulmonary shunts, improving the gas exchange and therefore the physiological demand imposed by exercise in patients with PH.

Recibido: 19-2-2014 Aceptado: 29-1-2015

INTRODUCCIÓN

La hipertensión pulmonar (HTP) es una enfermedad devastadora caracterizada por disnea progresiva y limitación gradual al ejercicio, si no se controla de forma efectiva, progresa a insuficiencia cardíaca derecha y a muerte prematura (1, 2).

En la HTP, la incapacidad para incrementar el flujo sanguíneo pulmonar influye sobre los parámetros de la función aeróbica. La hipoperfusión alveolar relativa produce un incremento en el espacio muerto, manifestado por el incremento en la ventilación minuto (VE) durante el ejercicio y, por lo tanto, tolerancia limitada al mismo; existe una disminución en el consumo de oxígeno (VO₂) como reflejo de la disminución en el volumen latido y gasto cardíaco, los cuales son secundarios al incremento de la resistencia vascular pulmonar y la disfunción ventricular derecha. Este estado de hipoxia crónica relacionada con la HTP con-

duce a la elevación de la presión pulmonar, lo cual ocasiona disnea constante y consecuente escasa resistencia a las actividades físicas cotidianas de quienes la padecen (2-4).

El factor que más contribuye al incremento de la presión arterial de oxígeno (PaO₂) es la mejoría de la relación ventilación/perfusión. La presión transpulmonar es la diferencia entre la presión alveolar y la presión intrapleurar, por lo tanto, cuanto mayor es la presión transpulmonar, mayor será la expansión del pulmón y más el aire que se inspira. En el decúbito supino el gradiente de presión transpulmonar es mayor en las zonas no dependientes (esternal) que en las dependientes (dorsal) y la consecuencia es llenado alveolar irregular (5,6). Por el contrario, en el prono, los gradientes gravitacionales son más uniformes y el gradiente medio calculado de la presión transpulmonar es significativamente menor ($p < 0,0005$) en comparación con la posi-

ción supina (7). Además, la postura en decúbito prono es bien conocida por aumentar el volumen del pulmón (~17% más grande que en supino (7)). Es así como la posición prona puede intervenir en mejorar el estado de hipoxia crónico de estos pacientes.

Este método fue propuesto hace más de 30 años, inicialmente en estudios fisiopatológicos (8, 9) como una forma de mejorar la oxigenación arterial en pacientes con síndrome de distrés respiratorio agudo (SDRA). El éxito en los resultados ha sido reproducido posteriormente por varios autores (9-15); sin embargo, solo ha sido estudiado en esta patología y aún no se han reportado publicaciones acerca de su aplicación en pacientes con HTP.

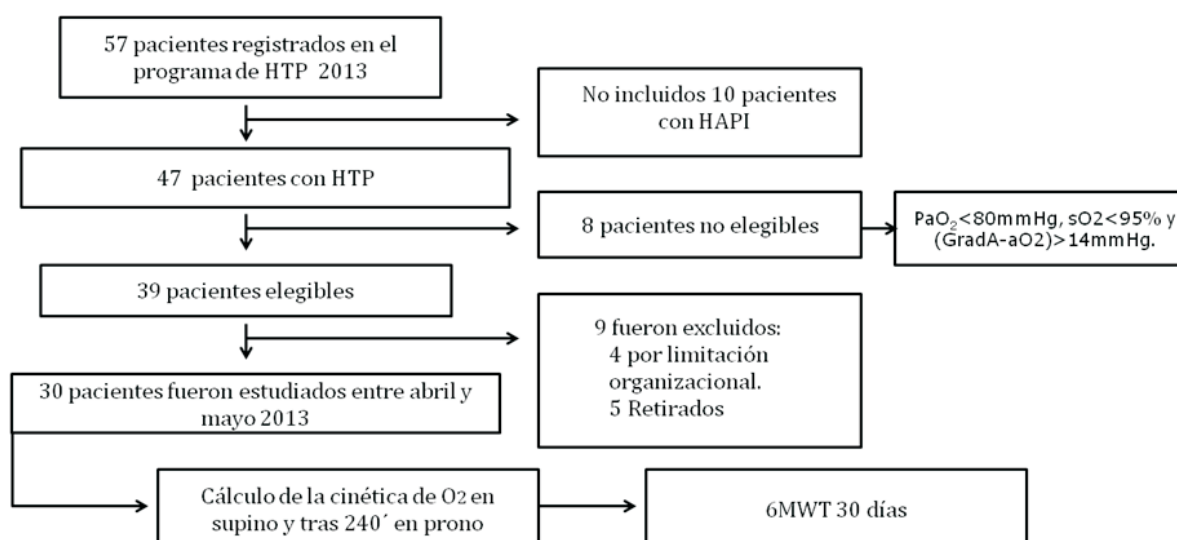
El propósito de este estudio se dirigió a evaluar el intercambio gaseoso de pacientes con HTP antes, durante y después del cambio de posición supina a decúbito prono y analizar así la cinética del oxígeno en pacientes con HTP en posición supina y prona. De esta forma se determinó la efectividad de la técnica de decúbito prono en la mejoría de la hipoxia en pacientes con HTP y se estableció la relación entre los parámetros respiratorios así como su impacto en la capacidad de resistencia cardiopulmonar

ante las demandas de la actividad física cotidiana en pacientes con HTP.

MATERIALES Y MÉTODO

Se trata de un estudio prospectivo, descriptivo, longitudinal y experimental donde se analizaron pacientes de ambos sexos mayores de 18 años que acudieron a la consulta externa de Neumonología y están incluidos en el programa de HTP del hospital "Dr. Adolfo Pons" de Maracaibo. Se incluyeron 30 pacientes con diagnóstico de HTP –según los criterios establecidos por la Sociedad Europea de Cardiología (ESC) y la European Respiratory Society (ERS) (16)– y con alteraciones en el intercambio gaseoso: $\text{PaO}_2 < 80 \text{ mmHg}$, $\text{SO}_2 < 95\%$ y gradiente alvéolo-arterial de oxígeno (GradA-aO_2) $> 14 \text{ mmHg}$. Los criterios de exclusión fueron: embarazo, inestabilidad cervical y los pacientes con hipertensión arterial pulmonar idiopática (HAPI) quienes generalmente no presentan hipoxemia, excepto en dos situaciones: 1) apertura del foramen oval y 2) bajo gasto cardíaco.

Para el estudio se citaron tres pacientes semanales durante tres meses, desde abril a junio de 2013, obteniéndose un total de 30 pacientes, todos con tratamiento far-



macológico que no fue modificado durante el período de estudio, 50% de ellos con antagonistas del receptor de la endotelina (bosentan) y el porcentaje restante, con un bloqueador del canal de calcio o sildenafil. Les fue practicado el 6MWT (16-18) previos a la técnica, para lo cual se les proporcionó un área de descanso cómoda en las instalaciones del servicio de Neumonología para la puesta en práctica de la misma: posición de decúbito prono, la cabeza de lado y con los brazos paralelos al cuerpo, sin soportes particulares para el abdomen a excepción de una almohada bajo la pelvis.

Para evaluar la cinética del oxígeno en estos pacientes se tomaron muestras arteriales para gasometría, se cateterizó por vía percutánea en la arteria radial y se evaluó junto con la gasometría venosa el contenido arterial (CaO_2), venoso (CvO_2), y capilar (CcO_2) de oxígeno, así como el porcentaje de cortocircuitos intrapulmonares (Qsp/Qt), PaO_2/FIO_2 , presión arterial del oxígeno (PaO_2), gradiente alveolo-arterial de oxígeno ($Grad.A-a$), disponibilidad de oxígeno (DO_2), consumo de oxígeno (VO_2) y el cociente de extracción de oxígeno ($O_2ER\%$).

Las fórmulas desarrolladas para obtener los valores fueron:

- $PaO_2 = FIO_2 \times (pAtm - pH_2O) - PaO_2/RQ$
- $Grad(A - a) O_2 = [FiO_2 \times (760 - 47)] - (PaCO_2/0,8) - PaO_2$
- $CaO_2 = 1,34 \times Hb \times SaO_2 + 0,0003 \times PaO_2$
- $CvO_2 = 1,34 \times Hb \times SvO_2 + 0,0003 \times PvO_2$
- $CcO_2 = (Hg \times 1,39) + (PAO_2 \times 0,0031)$
- $C(a - v) O_2 = CaO_2 - CvO_2$
- $DO_2 = 10 \times CO \times CaO_2$
- $VO_2 = 10 \times CO \times (CaO_2 - CvO_2)$
- $O_2ER = (CaO_2 - CvO_2)/CaO_2$

La secuencia de mediciones se realizó primero de manera basal en decúbito supi-

no y después en prono a los 30 min, 120 min y 240 min, para un total de cuatro horas en posición prona. Se consideró respuesta adecuada al cambio de posición a aquellos pacientes que presentaron un mínimo de 10 mm Hg PaO_2 de aumento sobre la línea de base; de acuerdo a este criterio, los pacientes fueron divididos en dos grupos: los respondedores y los no respondedores.

Por último, el impacto en la capacidad de resistencia para la actividad física se midió de forma adicional tras 30 días de sueño nocturno practicando la técnica de forma domiciliaria, bajo supervisión de un familiar o acompañante, posterior a lo cual se citaron nuevamente para realizar la 6MWT.

La técnica de recolección de la información consistió en un instrumento de anotación en el cual quedaron recopilados los datos gasométricos obtenidos de los pacientes seleccionados pertenecientes al programa de HTP del hospital "Dr. Adolfo Pons" de Maracaibo en el año 2013.

Los datos obtenidos se expresaron como valores absolutos, en porcentaje y como media más o menos desviación estándar ($M \pm DE$) cuando fuera aplicable. Para la comparación entre las medias de los grupos de estudio se utilizó el test "t" de Student y ANOVA, considerándose un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Para ello se utilizó el programa estadístico GraphPad.4-Instat (GraphPad software, Inc.) San Diego, California, USA, 2005.

RESULTADOS

Variables relacionadas a intercambio gaseoso

El efecto de la posición prona sobre la PaO_2 , SaO_2 y Gradiente A-a se presenta en las Figs. 1, 2, 3 y Tabla I, donde se observan cambios estadísticamente significativos en estas variables desde la segunda hora del cambio de posición.

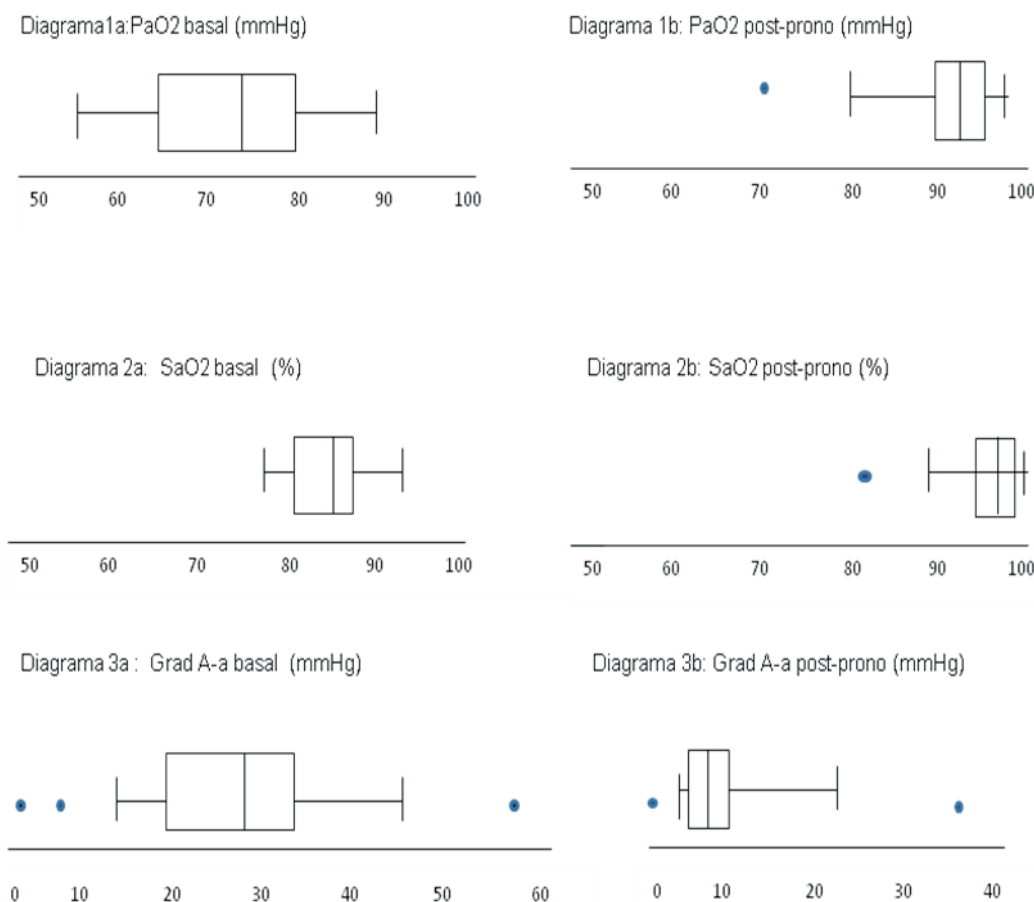


Fig. 1. Variables relacionadas al intercambio gaseoso y transporte de oxígeno en posición supino basal y posterior a 4 horas en prono.

El registro basal promedio de las variables relacionadas al intercambio gaseoso del grupo en estudio se presentan en las Figs. 2 y 3. Durante los 240 minutos de posición en decúbito prono, el 96,6% de los pacientes presentó respuesta adecuada. La PaO₂ promedio basal se registró en 75,2 mmHg y posterior al cambio de posición fue de 90,55 mmHg ($p < 0,0001$), igualmente la SaO₂ mejoró de 84% a 96% ($p = 0,0006$) y el Gradiente Alveolo-arterial de O₂ descendió de 12,03 mmHg a 9,24 mmHg ($p = 0,0005$). Al completar cuatro horas en posición decúbito prono los pacientes fueron regresados a decúbito supino mediante la técnica señalada con anterioridad. La comparación entre la basal y el retorno a supino se presenta en la Tabla I.

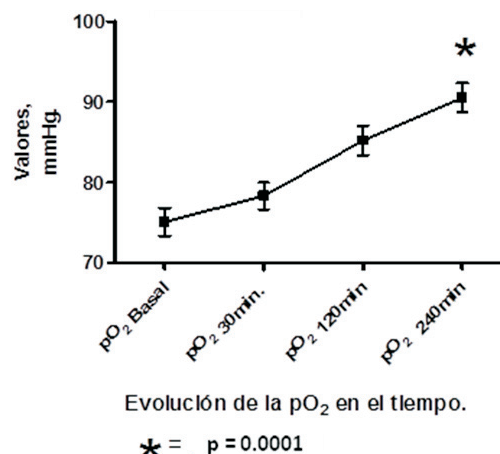


Fig. 2. Evolución de la pO₂ en el tiempo. Se observan cambios importantes en estas variables desde la segunda hora del cambio de posición, con ascenso estadísticamente significativo de la pO₂ tras 240 min en posición prona.

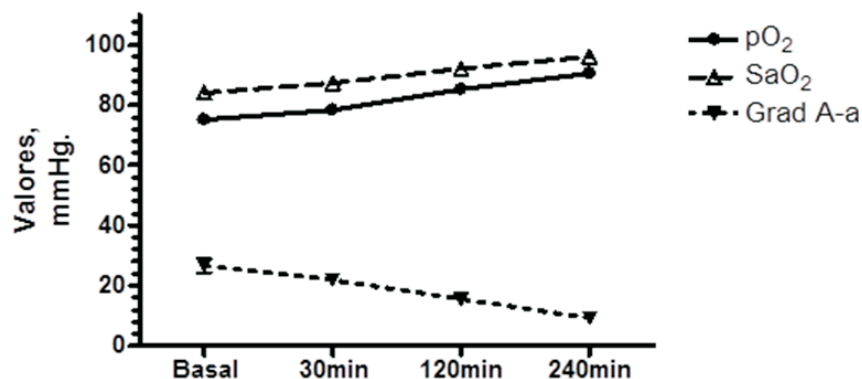


Fig. 3. Evolución de los gases en sangre. El efecto de la posición prona sobre la PaO₂, SaO₂ y Gradiente A-a desde la posición basal y transeurridos 240min. post-prono. Se observan cambios en estas variables desde la segunda hora del cambio de posición.

TABLA I
VARIABLES RELACIONADAS A INTERCAMBIO GASEOSO Y TRANSPORTE DE OXÍGENO EN POSICIÓN SUPINA BASAL Y EN POSICIÓN SUPINO POSTERIOR A 4 HORAS EN DECÚBITO PRONO

Variable	Posición basal	Posición supino posterior a 4 h en prono	Valor de la p
pH	7,31	7,41	0,1472
PaCO ₂ (mmHg)	36,8	30,9	0,4395
PaO ₂ (mmHg)	75,1	90,5	<0,0001
SaO ₂ (%)	84	96	0,0006
GradA-a (mmHg)	12,03	9,24	0,0005

PaCO₂, presión arterial de dióxido de carbono. PaO₂, presión arterial de oxígeno. SaO₂, saturación arterial de oxígeno. Grad.A-a, gradiente alveolo-arterial de O₂.

La capacidad funcional fue medida a través del Test de la Marcha de 6 minutos y está representada en la Fig. 4, en la cual se muestra la mejoría estadísticamente significativa desde una media basal en metros recorridos de 330 m y posterior a 30 días con la aplicación de la técnica a 470 m.

No se encontraron complicaciones durante el estudio para discontinuar el protocolo establecido.

En todos los parámetros representados en cada uno de los diagramas se observan cambios desde la posición basal y tras 4 horas post-prono, éste último grupo, en todos los diagramas, presenta mediana de distribución simétrica y uniforme. Diagrama 1: la mediana muestra mejoría de la PaO₂ desde

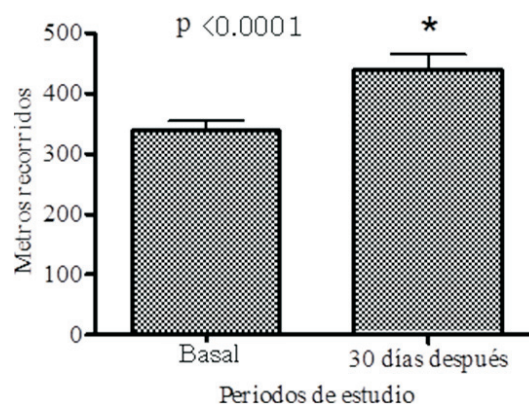


Fig. 4. Test de la marcha 6 minutos. Muestra mejoría estadísticamente significativa de la capacidad funcional representada con mayor tolerancia al ejercicio en metros recorridos desde una media basal y posterior a 30 días con la aplicación de la técnica.

el estado basal: diagrama 1a(76 mmHg) y posterior al prono: diagrama 1b (93 mmHg); Diagrama2: la mediana muestra mejoría de la SaO₂ desde el estado basal 2a(86%) y posterior al prono 2b (98%); Diagrama 3: la mediana muestra mejoría del GradA-a desde el estado basal 3a (26 mmHg) y posterior al prono 3b (13 mmHg).

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación coinciden con otras series respecto a la mejoría en el intercambio gaseoso en pacientes con SDRA que son sometidos a ventilación mecánica (dónde clásicamente tiene aplicabilidad dicha técnica) y movilizados a posición decúbito prono.

Existen varios mecanismos propuestos que intentan explicar la mejoría con el cambio de posición: a) mejoría en la mecánica respiratoria por mejor movimiento diafragmático; b) redistribución favorable de la perfusión a zonas mejor ventiladas; c) distribución homogénea de la ventilación y d) mejoría de la función miocárdica (12, 13); sin embargo, ninguno de estos mecanismos en forma aislada ha demostrado conseguir la mejoría en el intercambio gaseoso de estos pacientes, por lo que se considera que es el conjunto de estos mecanismos el responsable del incremento en la oxigenación.

Al posicionar los pacientes en decúbito prono se observó una disminución significativa en los cortocircuitos intrapulmonares que es atribuible principalmente a dos factores: a) disminución de la presión mecánica ejercida por las vísceras sobre las zonas posterobasales del pulmón que mejoran la mecánica respiratoria y b) mejor distribución del flujo y ventilación pulmonar.

Este estudio mostró mejoría, estadísticamente significativa, en 96,6% de los pacientes en quienes se produjo una reducción de los cortocircuitos intrapulmonares con el consecuente incremento en la satu-

ración y concentración arterial de oxígeno, sin afectar los parámetros hemodinámicos. Esto condujo a resultados satisfactorios en el test de caminata de seis minutos con mejoría, también estadísticamente significativa, en metros recorridos después de 30 días.

La consistencia en el tiempo de estos resultados se traduce en mejora del estado de hipoxia crónica, la calidad del sueño nocturno, además de contribuir a mejorar la demanda fisiológica impuesta por la 6MWT, prueba cuyos resultados favorables, además de una mejor respuesta a la actividad física cotidiana, añade valor pronóstico positivo con un mejor índice de sobrevida, específicamente en pacientes con hipertensión pulmonar (18). De esta forma, se podría considerar la inclusión de la técnica prona para el sueño como medida de recomendación adicional ideal en el manejo de esta entidad, por su inocuidad y su fácil aplicabilidad.

Esta técnica no ha sido reproducida en las investigaciones como medida de recomendación en pacientes con HTP. Por lo tanto, se considera necesario realizar estudios que incluyan un mayor número de pacientes, establecer un protocolo común respecto a objetivos y tratamiento, en busca de la respuesta a interrogantes como ¿qué grupo de pacientes resultan con mayor beneficio durante el cambio de posición?, ¿mejora la sobrevida este cambio de posición? Estas y otras preguntas podrán ser respondidas en la medida que se incremente el conocimiento de la enfermedad y de sus opciones terapéuticas.

REFERENCIAS

1. McLaughlin VV, Archer SL, Badesch DB: Expert Consensus Document on Pulmonary Hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1573-1619.
2. Ocaña Medina C, García Hernández FJ, Castillo Palma MJ, Sánchez Román J.

- How to evaluate the quality of life in patients with pulmonary hypertension. *Doym UpDate-Adv in Pulm Hyp* 2010; 18(7):1-4.
3. **Kleber FX, Vietzke G, Wernecke KD.** Impairment of ventilatory efficiency in heart failure: prognostic impact. *Circ Res* 2000; 101: 2803-2809.
 4. **Ting H, Sun XG, Chuang ML.** A noninvasive assessment of pulmonary perfusion abnormality in patients with primary pulmonary hypertension. *Chest* 2000; 119: 824-832.
 5. **Douglas WW, Rehder K, Beynen FM, Sessler AD, Marsh HM.** Improved oxygenation in patients with acute respiratory failure: the prone position. *Am Rev Respir Dis* 1977; 115:559-566.
 6. **Lamm WJE, Graham MM, Albert RK.** Mechanism by which the prone position improves oxygenation in acute lung injury. *Am J Resp Crit Care Med* 1994; 150:184-193.
 7. **Henderson AC, Sá RC, Theilmann RJ, Buxton RB, Prisk K, Hopkins SR.** The gravitational distribution of ventilation-perfusion ratio is more uniform in prone than supine posture in the normal human lung. *J Appl Physiol* 2013; 115(3): 313-324.
 8. **Bryan AC.** Conference on the scientific basis of respiratory therapy: pulmonary physiotherapy in the pediatric age group. Comments of a devil's advocate. *Am Rev Respir Dis* 1974; 110:143-144.
 9. **Sud S, Friedrich JO, Taccone P, Polli F, Adhikari NK, Latini R, Pesenti A, Guérin C, Mancebo J, Curley MA, Fernandez R, Chan MC, Beuret P, Voggenreiter G, Sud M, Tognoni G, Gattinoni L.** Prone ventilation reduces mortality in patients with acute respiratory failure and severe hypoxemia: systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 2010; 36: 585-599.
 10. **Chatte G, Sab JM, Dubois JM, Sirodot M, Gaussergues P, Robert D.** Prone position in mechanically ventilated patients with severe acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155:473-478.
 11. **Gattinoni L, Vagginelli F, Carlesso E, Taccone P, Conte V, Chiumello D, Valenza F, Caironi P, Pesenti A.** Decrease in PaCO₂ with prone position is predictive of improved outcome in acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2003; 31:2727-2733.
 12. **Jolliet P, Bulpa P, Chevrolet JC.** Effects of the prone position on gas exchange and hemodynamics in severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1998; 26:1977-1985.
 13. **Vieillard-Baron A, Rabiller A, Chergui K, Peyrouset O, Page B, Beauchet A.** Prone position improves mechanics and alveolar ventilation in acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 2005; 31:220-226.
 14. **Guérin C, Reigné J, Richard JC, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, Mercier E.** Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2013; 368(23):2159-68. doi: 10.1056/NEJMoa1214103. Epub 2013 May 20.
 15. **Mure M, Martling CR, Lindahl SG.** Dramatic effect on oxygenation on patients with severe acute lung insufficiency treated in the prone position. *Crit Care Med* 1997; 25:1539-1544.
 16. **Nazzareno G, Marius M, Humbert M, Torbick A, Jean-Luc V, JABarbera, Beghetti M, Corris P, Gaine S, J Gibbs, Gomez-Sanchez MA, Jondeau G, Klepetko W, Opitz C, Peacock A, Lewis R, Zellweger M, Simonneau G.** Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 2009; 30: 2493-2537.
 17. **The American Thoracic Society. ATS Statement.** Guidelines For The Six-Minute Walk Test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166:111-117.
 18. **Miyamoto S, Nagaya N, Satoh T, Kyotani S, Sakamaki F, Fujita M.** Clinical correlates and prognostic significance of six-minute walk test in patients with primary pulmonary hypertension. Comparison with cardiopulmonary exercise testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2000; 161: 487-492.