

Optimización del Soporte Ventilatorio del Donante Pulmonar. Revisión Bibliográfica

Autores: Ruiz Vanesa Romina¹, Da Lozzo Alejandro Gabriel², Midley Alejandro Daniel¹

¹Sección de Rehabilitación y Cuidados Respiratorios. Servicio de Kinesiología. Hospital Italiano de Buenos Aires

²Sección de Cirugía Torácica y Trasplante Pulmonar. Servicio de Cirugía General. Hospital Italiano de Buenos Aires

Correspondencia

Vanesa Romina Ruiz
vanesa.ruiz@hospitalitaliano.org.ar

Recibido: 27.10.2016

Aceptado: 27.03.2017

Resumen

La escasez de órganos para trasplante pulmonar es una problemática mundial. El soporte ventilatorio sub óptimo de los potenciales donantes cadavéricos tiene como consecuencia un aumento en el rechazo de los pulmones por los equipos de trasplante. El objetivo de la revisión es recopilar y organizar la información sobre el soporte ventilatorio del potencial donante pulmonar cadavérico y las estrategias ventilatorias disponibles para optimizar los pulmones antes de su ablación.

Palabras clave: trasplante pulmonar, ventilación mecánica, muerte cerebral, procuración de órganos y tejidos

Abstract

Optimization of pulmonary donor ventilatory support. Bibliographic revision

The shortage of cadaveric organ donors for lung transplantation is a global problem. One of the consequences of poor ventilatory support in potential lung donors is an increase in organ rejection by the lung transplant team. The aim of the revision is to gather and compile information about ventilator support and strategies in potential lung donors to optimize organ condition before harvest.

Key words: lung transplantation, respiration artificial, brain death, tissue and organ procurement

Introducción

El trasplante pulmonar (TP) es una opción de tratamiento para las personas con enfermedades pulmonares avanzadas y progresivas a pesar del máximo tratamiento médico disponible¹. El número de trasplantes está limitado por la escasez de órganos adecuados, lo cual genera una elevada mortalidad en lista de espera. En Argentina, tuvo un promedio de 21,15% en el período 2011-14². Los principales donantes pulmonares en nuestro país son los pacientes con muerte encefálica ventilados en las unidades de cuidados intensivos. La tasa de donación en Argentina es de 14,38 donantes por millón de habitantes (DPMH), muy por debajo de países como España (34 DPMH)³. El problema

aumenta con la baja utilización de los donantes reales: sólo el 6% fueron utilizados en TP en el período 2011-2015⁴. La baja tasa de procuración tiene múltiples causas. Una de ellas es el soporte ventilatorio sub óptimo de los potenciales donantes de órganos⁵.

El criterio de aceptabilidad más relevante para evaluar la función pulmonar de un potencial donante es una relación entre la presión arterial de oxígeno y la fracción inspirada de oxígeno ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) > 300, con una FiO_2 de 1 y una presión positiva al final de la espiración (PEEP, por sus siglas en inglés) de 5 cmH_2O ⁶. Si bien este límite parece estricto, la utilización de donantes con $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ menores implica la aceptación de un mayor índice de complicaciones en los receptores³. La respuesta

inflamatoria derivada de la muerte cerebral y/o como consecuencia de un soporte ventilatorio injurioso puede ocasionar caídas de la $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$. Se encontró a la ventilación mecánica con volúmenes *tidal* (V_t) > 10 mL/kg de peso corporal ideal (PCI) como factor independiente para el desarrollo de injuria pulmonar aguda con un *odds ratio* de 5.4⁷. Mascia y col. realizaron una encuesta sobre el manejo ventilatorio de potenciales donantes. Reportaron varias intervenciones potencialmente nocivas, como ser V_t elevado ($9,7 \pm 1,6$ mL/kg de PCI), PEEP bajas ($3,3 \pm 2,7$ cmH₂O), aspiración abierta de secreciones y prueba de apnea sin PEEP. El 45% de los donantes tenían $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$ y a pesar de esto no se realizaron maniobras de reclutamiento ni se modificó la programación del ventilador a una estrategia de protección pulmonar⁸.

Las prioridades de los cuidados críticos del potencial donante cadavérico pulmonar deben ser proteger a los pulmones de la injuria y optimizar a aquellos que han sido rechazados por $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$. Para lograr que sean considerados aptos para la donación existen distintas estrategias ventilatorias destinadas a mejorar este cociente. Las guías de ventilación mecánica para donantes en Argentina no han sido actualizadas desde 2005⁹. El objetivo de esta revisión es recopilar y organizar la información sobre las recomendaciones para el soporte ventilatorio del donante pulmonar y las estrategias ventilatorias disponibles para optimizar la función pulmonar previo a la ablación.

Método

Se realizó una revisión bibliográfica en PubMed, LiLACS y Cochrane, limitada a estudios en idioma inglés y español realizados en humanos, población adulta (mayores a 19 años) hasta enero 2015. Se utilizaron los siguientes términos MeSH unidos por el conector "AND": *lung transplantation, respiration artificial, tissue donors, tissue and organ procurement*. Se incluyeron artículos en los cuales se encontraba detallada la programación ventilatoria y/o aquellos que comparaban intervenciones destinadas a optimizar los pulmones de los potenciales donantes con un grupo control, evaluada a través de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, tasa de procuración y/o sobrevida. Se excluyeron artículos que utilizaban medicamentos para optimizar la oxigenación, publicaciones duplicadas o realizadas en animales o población pediátrica, y aquellos que no informaban

sobre resultados de TP. Se completó manualmente con la revisión de referencias bibliográficas de los artículos hallados. Este proceso se realizó de manera iterativa.

Resultados

Luego de eliminar los artículos repetidos, se evaluaron 231 estudios basados en el título y el resumen. Se excluyeron 158 y 73 artículos pasaron a una evaluación de texto completo. Fueron incorporados en esta revisión 22 estudios que cumplían los criterios de inclusión. Dieciséis detallaban la programación del ventilador en el potencial donante pulmonar y se encuentran presentados en la Tabla 1¹⁰⁻²⁵. La escasez de órganos para trasplante ha obligado al desarrollo de protocolos destinados a recuperar los pulmones de los donantes con $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$. Los mismos se describen en la Tabla 2^{13, 17, 18, 22, 26-31}. Todos lograron aumentar el número de donantes, órganos ablacionados y trasplantes realizados. En 2010, Mascia y col demostraron que una estrategia protectora generaba una diferencia significativa en el número de pulmones elegibles y ablacionados para trasplante en comparación con una estrategia convencional. La estrategia convencional consistía en ventilar a los donantes según el manejo habitual reportado en el 2006 por el mismo grupo^{8, 18}. La estrategia protectora abordaba cuatro factores que podrían afectar la conservación del pulmón: V_t bajos, PEEP altas, uso de sistema cerrado de aspiración (SCA), prueba de apnea en presión positiva continua en la vía aérea (CPAP, por sus siglas en inglés) y maniobras de reclutamiento (MR). Estos cuatro factores se citan como protocolo ventilatorio a seguir en las últimas recomendaciones sobre soporte ventilatorio del donante^{21, 25, 32-34}. Incluso Bansal y col. proponen un algoritmo de trabajo basado en la mismo³⁴.

Modos Ventilatorios

No existe evidencia que demuestre que un modo ventilatorio sea superior a otro en entregar un V_t de 6 mL/kg de PCI o limitar la presión *plateau*^{19,32}. Dos grupos de trabajo proponen al *Airway Pressure Release Ventilation - Intermittent Mandatory Ventilation* (APRV-IMV, por sus siglas en inglés) como una alternativa para optimizar la oxigenación del donante pulmonar^{20,28}.

TABLA 1. Publicaciones sobre programación del ventilador en el potencial donante pulmonar ordenado cronológicamente.

Autor/Año	Modo	Volumen Tidal (mL/kg)	PaCO ₂ (mmHg)	pH	PaO ₂ (mmHg)	PEEP (cmH ₂ O)	FiO ₂ /SpO ₂ (%/%)	Presión Pico (cmH ₂ O)	Presión Plateau (cmH ₂ O)
Powner, Darby & Stuart ¹⁰ /2000 (6-8 si ALI)*	VC-CMV	8-12	-	-	40 / > 92	< 45	< 35	-	-
Rosengard et al ¹¹ /2002	-	10-12	30-35	7.35-7.45	> 100	5	40 / > 95	< 30 [†]	-
Wood et al ¹² /2004	-	8-10	35-40	7.35-7.45	> 100	5	40 / > 95	-	< 30
Angel et al ¹³ /2006	VC-CMV	10	-	-	-	5	-	-	-
Shemie et al ¹⁴ /2006	-	8-10	35-45	7.35-7.45	≥ 80	5	- / ≥ 95	≤ 30	-
Del Rio et al ¹⁵ /2009	-	6-7	35-45	7.35-7.45	100	8-10	- / > 95	-	< 30
Kucewicz et al ¹⁶ /2009	VC-CMV	6-8	40-45	-	≥ 90	8-10	-	-	-
Kirschbaum & Hudson ¹⁷ /2010	VC-CMV ó PC-CMV	10-12	35-45	7.35-7.45	-	5-8	40 / -	< 35	-
Mascia et al ¹⁸ /2010	-	6-8	40-45	-	≥ 90	8-10	-	< 30	-
Frontera & Kalb ¹⁹ /2010	VC-CMV	6	-	-	-	7.5-10	-	-	< 30
Powner & Graham ²⁰ /2010	APRV-IMV	-	-	7.35-7.45	> 100	0	40 / -	< 35	-
McKeiwn, Bonser & Kellum ²¹ /2012	-	6-8	35-45	7.35-7.45	> 80	-	- / > 95	-	-
Paries et al ²² /2012	VC-CMV	6-10	40-45	-	-	5	- / > 90	-	-
Bugedo et al ²³ /2014	VC-CMV	6-8	35-50	-	-	5-10	< 60 / -	-	< 25-30
Del Sorbo, Parotto & Slutsky ²⁴ /2014	-	6-8	35-45	7.35-7.45	≥ 80	8-10	- / ≥ 95	< 30	-
Bansal et al ²⁵ /2014	-	6-8	35-50	-	-	8-10	< 50 / > 92-95	-	< 30

mL/kg: mililitros/kilogramo de peso corporal ideal, PaCO₂: presión arterial de dióxido de carbono, expresada en milímetros de mercurio; pH: potencial hidrógeno; PaO₂: presión arterial de oxígeno, expresada en milímetros de mercurio cmH₂O; PEEP: positive end expiratory pressure, expresada en centímetros de agua; FiO₂: fracción inspirada de oxígeno, expresada en porcentaje; SpO₂: saturación arterial de oxígeno, expresada en porcentaje; ALI: Acute Lung Injury; VC-CMV: volumen control continuos mandatory ventilation; APRV-IMV: airway pressure release ventilation intermittent mandatory ventilation; PC-CMV: pressure control continuos mandatory ventilation. *En caso de presentar ALI, se recomienda ventilar con Vt más bajos. [†]Expresado en mmHg.

Maniobras de reclutamiento

Algunos trabajos utilizan a las MR como única herramienta para mejorar el intercambio gaseoso^{27, 29, 30}. Otros como un elemento más dentro de un conjunto de medidas^{13, 15, 18, 26, 31}. Las formas descritas pueden ser reclutamiento con Vt,^{13, 18, 25} insuflación sostenida,^{14, 15, 17} o ambos tipos^{16, 31}. Gabbay y cols. fueron los primeros en tomar una conducta activa utilizando Vt y PEEP altas²⁶. No todas las MR son iguales en cuanto a eficacia y efectos adversos. En la actualidad, no se conoce la mejor técnica de reclutamiento pero el denominador común de todas es mantener un nivel de PEEP posterior a la maniobra, mayor al inicial a fin de evitar el colapso alveolar³⁵.

Prueba de apnea

El diagnóstico de muerte cerebral se realizaba mediante la desconexión del paciente del ventilador, observando ausencia de movimientos respiratorios hasta lograr una PaCO₂ > 60 mmHg^{7, 15}. Es posible que la prueba de apnea contribuya a empeorar la función respiratoria de los potenciales donantes de pulmones al generar atelectasias y por ende disminuir la PaO₂/FiO₂²². Por lo tanto, el mantenimiento del donante pulmonar debe co-

menzar durante la prueba de apnea. Para evitar el colapso alveolar las recomendaciones actuales sugieren realizarlo con el ventilador en modo CPAP o con una válvula de PEEP de 10 cmH₂O en la salida espiratoria^{15, 16}.

Sistemas cerrados de aspiración de secreciones y otras medidas

La prevención de la neumonía asociada a la ventilación mecánica (NAV), los cambios de decúbito del paciente y la aspiración de secreciones deben continuar luego de declarada la muerte cerebral^{5, 14, 16, 19}. Las medidas para prevenir la NAV consisten en colocar la cabecera de la cama elevada (30-45°), la aspiración frecuente de la secreción oral y mantener la presión del balón traqueal > 25 cmH₂O^{13, 15, 16, 21}. La utilización de SCA es un eslabón fundamental dentro del conjunto de medidas para minimizar el desreclutamiento pulmonar^{15-18, 24, 31, 36}. La realización de lavado broncoalveolar (BAL) en el donante puede tener utilidad para realizar aspiración de secreciones, evaluar la anatomía bronquial y toma de cultivos que guíen la antibioticoterapia posterior al implante^{3, 9, 12, 13, 26}. También se recomienda prevenir las atelectasias, realizando maniobras kinésicas a tal fin y técnicas de expansión pulmonar^{9, 12}.

TABLA 2. Protocolos para optimizar la oxigenación del potencial donante pulmonar

Autor (Cita) / Año	Tipo de estudio	Número de potenciales	Intervención Ventilatoria para donantes con $PaO_2/FiO_2 < 300$	Mejoría de la PaO_2/FiO_2	Resultados Tasa de procuración pulmonar	Sobrevida
Gabbay et al ²⁶ / 1999	Estudio retrospectivo: donantes ideales vs marginales	219	Maniobra de reclutamiento: altos V_t y PEEP Toilette bronquial por fibrobroncoscopia Fisioterapia Respiratoria	PaO_2/FiO_2 : 87 (37-246), siendo ≥ 300 en 20 donantes (34%)	57% (64 donantes) vs 43%	Sin diferencia significativa a los 30 días (94%), al año (83%), 2 (70%) y 3 años (62%)
Angel et al ¹³ / 2006	Estudio prospectivo comparado con cohorte retrospectiva	711	Maniobra de reclutamiento: Modo PC-CMV, Pi 25 cmH_2O y PEEP 15 cmH_2O durante 2 horas, por única vez Medidas de prevención de NAVM Lavado broncoalveolar	PaO_2/FiO_2 : 463 vs 416; $P = .02$	25.5% (21.1-29.8) vs 11.5% (8.1-15.0); $P < .0001$	Diferencia significativa a los 30 días (99% vs 81%; $P = .005$) pero no al año (85% vs 76%; $P = .14$)
Noiseux et al ²⁷ / 2009	Estudio prospectivo comparado con cohorte retrospectiva	430	Maniobra de reclutamiento: CPAP 30 cmH_2O durante 30 segundos realizado 2 veces	Mejoría del 15% de la PaO_2/FiO_2 en el 40% de los donantes	Aumentó 33% en 2006, 24% en 2007 y 2008	No reporta
Kirschbaum & Hudson ¹⁷ / 2010	Estudio prospectivo comparado con cohorte retrospectiva		Maniobra de reclutamiento: CPAP de 40 cmH_2O durante 30 segundos cada 20 minutos realizado 3 veces y ante cualquier desconexión Medidas de prevención de NAVM Fisioterapia Respiratoria	No reporta	Número de trasplantes 135 vs 37 (aumento del 265%)	No reporta
Mascia et al ¹⁸ / 2010	Ensayo clínico randomizado multicéntrico: estrategia protectora vs convencional	118	Estrategia protectora (6-8 mL/kg) y PEEP 8-10 cmH_2O Maniobra de reclutamiento: doble del V_t durante 10 respiraciones ante cualquier desconexión Prueba de apnea en CPAP Sistema cerrado de aspiración	396 \pm 107 vs 332 \pm 170; $P < .05$	54% vs 27%; $P = .004$	Sin diferencia significativa a los 6 meses (75% vs 69%)
Hanna et al ²⁸ / 2011	Estudio retrospectivo de casos	90	APRV-IMV (Pi 20-25 cmH_2O , Fr 6-10 r/min y FiO_2 0.4) vs VC-CMV (V_t 5-10 mL/kg , Fr 10-12 r/min , FiO_2 0.4 y PEEP 5 cmH_2O)	498 \pm 43 vs 334 \pm 104; $P < .001$	84% vs 18%; $P < .001$	Sin diferencia significativa a los 36 meses (91% vs 71%)
Paries et al ²² / 2012	Estudio prospectivo comparativo con una cohorte histórica	54	Maniobra de reclutamiento: CPAP de 35 cmH_2O durante 40 segundos luego de la prueba de apnea	283 \pm 117 vs 236 \pm 103; $P < .05$	El número de potenciales donantes disminuyó 0% (0-34%) vs 58% (28-85%); $P < .001$	No reporta
Philpot et al ²⁹ / 2012	Reporte de casos	2	Maniobra de reclutamiento: aumento escalonado de la PEEP cada 2 minutos hasta 40 cmH_2O y/o Presión Plateau 55 cmH_2O y luego disminución escalonada cada 3 minutos hasta 15 cmH_2O y/o se detecte una disminución de la SpO_2 de 1-2% de la máxima alcanzada	Mejoría de 239 a 401 y de 190 a 3945	Donaron ambos	100% al año
Parto et al ³⁰ / 2013	Estudio prospectivo experimental	127	Maniobra de reclutamiento: Modo PC-CMV, Pi 25-30 cmH_2O y PEEP 10-15 cmH_2O durante 2 horas, por única vez	PaO_2/FiO_2 : 345 \pm 81 vs 274 \pm 44; $P = .047$	Se recuperaron 10 donantes (32%) y 8 pulmones fueron trasplantados	No reporta
Miñambres et al ³¹ / 2014	Estudio prospectivo comparado con cohorte retrospectiva	102	Estrategia protectora (6-8 mL/kg) y PEEP 8-10 cmH_2O Maniobra de reclutamiento: PEEP de 18-20 cmH_2O durante 1 minuto, luego disminuir 2 cmH_2O cada minuto y aumentar el V_t un 50% durante 10 respiraciones. Realizar cada hora y antes de cada desconexión del ventilador. Prueba de apnea en CPAP Medidas de prevención de la NAVM	$PaO_2/FiO_2 > 300$ luego de intervención: 50% vs 20.1%; $P < .001$	Tasa de procuración pulmonar: se cuadruplicó; $P < .001$	Sin diferencia significativa a los 30 días (82.1% vs 91.8%; $P = .205$) y a los 90 días (82.1% vs 82%; $P = 1.000$)

V_t : volumen tidal; PEEP: positive end expiratory pressure; PC-CMV: pressure control continuos mandatory ventilation; Pi : presión inspiratoria; cmH_2O : centímetros de agua; NAVM: neumonía asociada a la ventilación mecánica; mL/kg : mililitros/kilogramo de peso corporal ideal; APRV-IMV: airway pressure release ventilation intermittent mandatory ventilation; Fr: frecuencia respiratoria, expresada en respiraciones por minuto; FiO_2 : fracción inspirada de oxígeno; VC-CMV: volumen control continuos mandatory ventilation

Discusión

Se puede observar que las primeras recomendaciones sobre ventilación del donante de órganos eran similares a las propuestas para los pacientes con lesiones cerebrales con el fin de proteger al cerebro. Se basaban en el uso de V_t altos para obtener una hiperventilación moderada como tratamiento agudo de la hipertensión intracraneal y niveles de PEEP más bajos para optimizar la oxigenación mientras se preserva el retorno venoso cerebral⁷. La evolución del soporte ventilatorio del donante experimentó un cambio de estrategia al igual que la ventilación mecánica propiamente dicha³⁷. Desde la publicación del artículo de la *ARDS Network* la estrategia ventilatoria protectora destinada a pacientes con síndrome de distrés respiratorio del adulto (SDRA) fue avanzando como propuesta para ventilar pulmones normales^{38,39}. A partir del año 2009 comienzan las publicaciones orientadas a una estrategia protectora: V_t bajos, PEEP altas, pruebas de apnea en CPAP, MR después de cada desconexión del respirador y aspiración de secreciones usando un SCA. Últimamente el concepto de manejar al potencial donante como cualquier otro paciente crítico ha ganado peso a nivel mundial⁴⁰. Sin embargo, en la Argentina todavía se recomienda la programación ventilatoria de Wood y col. del 2004⁹. La certificación de la muerte cerebral incluye la desconexión del ventilador y se sugiere prevenir y resolver las atelectasias con maniobras kinésicas y aspiración de secreciones^{9,12}. Más aún, la adherencia a la estrategia protectora en nuestro país para pacientes con SDRA es escasa según lo descrito por Estenssoro y col: V_t 7,8-8,1 mL/kg de PCI, PEEP 8-12cmH₂O y utilización de MR en un 8-35%⁴¹. Recientemente se publicó una revisión donde sugieren la ventilación protectora para los donantes pero sin describir un protocolo³.

La relación $PaO_2/FiO_2 > 300$ es un criterio que se mantiene en el programa nacional de procuración de órganos. Más aún, durante el período 2009-2013 los donantes utilizados en la Argentina tenían una PaO_2/FiO_2 promedio de 430³. Evidentemente, los equipos de trasplante local prefieren PaO_2/FiO_2 más altas. Al igual que lo observado por Angel y col. tener una $PaO_2/FiO_2 > 400$ fue la variable más influyente de aceptación del órgano¹³. Por lo tanto, las estrategias dirigidas a optimizar la oxigenación tienen un impacto directo en incrementar el número de trasplantes.

Como ha sido expuesto, una simple modificación del soporte ventilatorio, como ser la aplicación de una estrategia protectora, asociado a MR, utilización de SCA y realización de la prueba de apnea en CPAP, tienen un impacto clínico significativo¹⁸. Considerando la baja tasa de procuración pulmonar en Argentina, se requieren actualizar las recomendaciones para manejo del donante pulmonar e implementarlo en todo el país de forma multidisciplinaria. Nuestro rol como especialistas en cuidados críticos respiratorios es identificar a los potenciales donantes pulmonares y aplicar las estrategias ventilatorias disponibles para protegerlos y optimizarlos. De esta manera, se podría aumentar la disponibilidad de órganos y disminuir muchas de las muertes que ocurren entre los pacientes en lista de espera para TP.

Conclusión

Si bien la estrategia de ventilación ideal para el donante pulmonar queda por determinar, la evidencia actual recomienda la ventilación protectora y la aplicación de estrategias para recuperar y optimizar los pulmones antes de la ablación. El uso de protocolos aumenta la tasa de procuración pulmonar.

Conflicto de interés: Los autores del trabajo declaran no tener conflictos de intereses relacionados con esta publicación.

Bibliografía

1. Román A, Ussetti P, Solé A et al. Normativa para la selección de pacientes candidatos a trasplante pulmonar. Arch Bronconeumol 2011; 47: 303-309.
2. L. Bisigniano. Directora - Dirección Científico Técnica INCUCAI. Comunicación personal. Febrero/2015.
3. Da Lozzo A, Nicolás M, Dietrich A et al. Donante pulmonar con criterio expandido. Rev Arg Trasplant 2015; 7: 64-73.
4. Sintra INCUCAI. Consulta efectuada 20/03/2016. Período 2011/2015. 184 pacientes trasplantados en lista de pulmón y cardiopulmonar / 2950 donantes reales = 6,24%.
5. Mascia L, Mastromauro I, Viberti S, Vincenzi M, Zanello M. Management to optimize organ procurement in brain dead donors. Minerva Anestesiol 2009; 75: 125-33.
6. Frost AE. Donor criteria and evaluation. Clin Chest Med 1997; 18: 231-7.
7. Mascia L, Zavala E, Bosma K, et al. High tidal volume is associated with the development of acute lung injury after severe brain injury: an international observational study. Crit Care Med 2007; 35: 1815-20.
8. Mascia L, Bosma K, Pasero D, et al. Ventilatory and hemodynamic management of potential organ donors: an observational survey. Crit Care Med 2006; 34: 321-7.

9. Manual comisión de selección y mantenimiento del donante de órganos. En: <http://www.incucai.gov.ar/index.php/materiales-y-recursos/profesionales>
10. Powner DJ, Darby JM, Stuart SA. Recommendations for mechanical ventilation during donor care. *Prog Transplant* 2000;10:1
11. Rosengard BR, Feng S, Alfrey EJ, et al. Report of the Crystal City meeting to maximize the use of organs recovered from the cadaver donor. *Am J Transplant* 2002; 2: 701-11
12. Wood KE, Becker BN, McCartney JG, D'Alessandro AM, Coursin DB. Care of the potential organ donor. *N Engl J Med* 2004; 351: 2730-9. doi:10.1056/NEJMra013103.
13. Angel LF, Levine DJ, Restrepo MI, et al. Impact of a lung transplantation donor-management protocol on lung donation and recipient outcomes. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 174: 710-6.
14. Shemie SD, Ross H, Pagliarello J, et al. Organ donor management in Canada: recommendations of the forum on Medical Management to Optimize Donor Organ Potential. *CMAJ* 2006; 174: S13-32.
15. Del Río F, Escudero D, De La Calle B, Vidal FG, Paredes MV, Núñez JR. Evaluación y mantenimiento del donante pulmonar. *Med Intensiva* 2009; 33: 40-9.
16. Kucewicz E, Wojarski J, Zegleń S, et al. The protocol for multi organ donor management. *Anestezjol Intensywna Ter* 2009 ;41: 246-52.
17. Kirschbaum CE, Hudson S. Increasing organ yield through a lung management protocol. *Prog Transplant Aliso Viejo Calif* 2010; 20: 28-32.
18. Mascia L, Pasero D, Slutsky AS, et al. Effect of a lung protective strategy for organ donors on eligibility and availability of lungs for transplantation: a randomized controlled trial. *JAMA* 2010; 304: 2620-7.
19. Frontera JA, Kalb T. How I manage the adult potential organ donor: donation after neurological death (part 1). *Neurocrit Care* 2010; 12: 103-10
20. Powner DJ & Graham R. Airway pressure release ventilation during adult donor care. *Prog Transplant* 2010; 20: 269-273.
21. McKeown DW, Bonser RS, Kellum JA. Management of the heartbeating brain-dead organ donor. *Br J Anaesth* 2012; 18: 96-107.
22. Paries M, Boccheciampé N, Raux M, Langeron O, Nicolas-Robin A. Benefit of a single recruitment maneuver after an apnea test for the diagnosis of brain death. *Crit Care*. 2012; 16(4): R 16.
23. Bugedo G, Bravo S, Romero C, Castro R. Manejo del potencial donante cadáver. *Rev Med Chile* 2014; 142: 1584-1593.
24. Del Sorbo L, Parotto M, Slutsky AS. Increasing the number of lungs available for transplantation. *Minerva Anestesiol* 2014; 80: 8.
25. Bansal R, Esan A, Hess D, et al. Mechanical ventilatory support in potential lung donor patients. *Chest* 2014; 146: 220-7.
26. Gabbay E, Williams TJ, Griffiths AP, et al. Maximizing the utilization of donor organs offered for lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160: 265-71.
27. Noiseux N, Nguyen BK, Marsolais P, et al. Pulmonary recruitment protocol for organ donors: a new strategy to improve the rate of lung utilization. *Transplant Proc* 2009; 41: 3284-9.
28. Hanna K, Seder CW, Weinberger JB, Sills PA, Hagan M, Janczyk RJ. Airway pressure release ventilation and successful lung donation. *Arch Surg* 2011; 146: 325-8.
29. Philpot SJ, Pilcher DV, Graham SM, Snell GI. Lung recruitment manoeuvres should be considered when assessing suitability for lung donation. *Crit Care Resus* 2012; 14(3)
30. Parto S, Shafaghi S, Khoddami-Vishteh HR et al. Efficacy of Recruitment Maneuver for Improving the Brain Dead Marginal Lungs to Ideal. *Transplant Proc* 2013; 45: 3531-3533.
31. Miñambres E, Coll E, Duerto J, et al. Effect of an intensive lung donor-management protocol on lung transplantation outcomes. *J Heart Lung Transplant Off Publ Int Soc Heart Transplant* 2014; 33: 178-84.
32. Slutsky AS, Ranieri VM. Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med* 2013; 369: 2126-36.
33. Munshi L, Keshavjee S, Cypel M. Donor management and lung preservation for lung transplantation. *Lancet Respir Med* 2013; 1: 318-28.
34. Lucangelo U, Del Sorbo L, Boffini M, Ranieri VM. Protective ventilation for lung transplantation. *Curr Opin Anaesthesiol* 2012; 25: 170-4.
35. Marini JJ. How best to recruit the injured lung? *Crit Care Lond Engl* 2008; 12: 159.
36. Maggiore S, Lellouche F, Pigeot J, Taille S, Deye N, Durmeyer X, et al. Prevention of Endotracheal Suctioning-induced Alveolar Derecruitment in Acute Lung Injury. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 1215-24.
37. Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, Ferguson ND, Peñuelas O, Abaira V, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 188: 220-30.
38. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000; 342: 1301-8.
39. Determann RM, Royakkers A, Wolthuis EK, Vlaar AP, Choi G, Paulus F, et al. Ventilation with lower tidal volumes as compared with conventional tidal volumes for patients without acute lung injury: a preventive randomized controlled trial. *Crit Care Lond Engl* 2010; 14: R1.
40. Klesney-Tait JA, Eberlein M. Lung protective ventilation in donors: an ounce of prevention. *Chest* 2014; 146: 4-6.
41. Ríos FG, Estenssoro E, Villarejo F, et al. Lung function and organ dysfunctions in 178 patients requiring mechanical ventilation during the 2009 influenza A (H1N1) pandemic. *Crit Care Lond Engl* 2011; 15: R201.