

## Evaluación y mantenimiento del donante pulmonar

FRANCISCO DEL RÍO<sup>a</sup>, DOLORES ESCUDERO<sup>b</sup>, BRAULIO DE LA CALLE<sup>c</sup>, FEDERICO GORDO VIDAL<sup>d</sup>,  
MARÍA VALENTÍN PAREDES<sup>e</sup> Y JOSÉ RAMÓN NÚÑEZ<sup>f</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Clínico San Carlos. Madrid. España.

<sup>b</sup>Servicio de Medicina Intensiva. Hospital Universitario Central de Asturias. Oviedo. Asturias. España.

<sup>c</sup>Servicio de Medicina Intensiva. Hospital General Universitario Gregorio Marañón. Madrid. España.

<sup>d</sup>Servicio de Medicina Intensiva. Hospital del Henares. Coslada. Madrid. España.

<sup>e</sup>Servicio de Nefrología. Organización Nacional de Trasplantes. Madrid. España.

<sup>f</sup>Servicio de Cirugía General y del aparato digestivo. Hospital Clínico San Carlos. Madrid. España.

España es, con 34,3, el país con mayor tasa de donantes por millón de población. A pesar de estas cifras, la necesidad de pulmones para trasplante es siempre mayor que el número de órganos obtenidos. La tormenta simpática catecolaminica producida durante el enclavamiento cerebral y la instauración de una situación de muerte encefálica conlleva una serie de alteraciones fisiopatológicas que pueden poner en peligro la viabilidad del pulmón. En el presente trabajo se realiza una revisión sobre la evaluación del donante pulmonar y su mantenimiento. Se recomienda realizar, en todos los donantes potenciales de pulmón, el test de apnea con CPAP y se repasan los criterios para la donación de pulmón tanto en condiciones ideales como procedentes de donantes subóptimos. La protocolización de un mantenimiento agresivo que incluya una estrategia ventilatoria protectora, restricción en el aporte de líquidos, uso de antibióticos profilácticos, corticoides, y el uso sistemático de medidas encaminadas a evitar el colapso alveolar, junto con maniobras destinadas a conseguir un mayor reclutamiento pulmonar, puede optimizar el manejo del donante pulmonar y obtener un mayor número de órganos para trasplante.

**PALABRAS CLAVE:** *Mantenimiento del donante pulmonar. Criterios de donante de pulmón. Trasplante de pulmón. Test de apnea.*

Correspondencia: Dr. F. del Río Gallegos.  
Coordinador de Trasplantes. Hospital Clínico San Carlos.  
Prof. Martín Lagos, s/n. 28040 Madrid. España.  
Correo electrónico: frio.hcsc@salud.madrid.org

Manuscrito aceptado el 17-3-2008.

## EVALUATION AND MAINTENANCE OF LUNG DONOR

Spain has a rate of 34.4 donors per million population, making it the country with the highest rate of organ donation all over the world. In spite of these values, need of lungs for transplantation is always greater than the number of organs obtained. The adrenergic storming produced during brain herniation and the initiation of a brain death condition entail a series of pathophysiological alterations that can endanger the lung viability. In this paper, we review the evaluation of lung donor and its maintenance. In all the potential lung donors, the Apnea Test with CPAP should be done and the criteria for the donation of the lung under ideal conditions and with expanded criteria lung donors are reviewed. The protocol of aggressive maintenance including a protective ventilation strategy, restricted fluid intake, use of prophylactic antibiotics, corticosteroids and the systematic use of measures aimed at avoiding alveolar collapse together with maneuvers aimed at achieving better lung recruitment can improve the management of the lung donor and obtain a greater number of organs for transplantation.

**KEY WORDS:** *Lung donor maintenance. Lung donor criteria. Lung transplant. Apnea test.*

## INTRODUCCIÓN

El denominado modelo español ha hecho de nuestro país referente mundial en materia de donación y trasplante. En 2006 la tasa de donantes por millón de población se situó en 33,8, frente a 25,5 de Estados Unidos y 18,8 de la Unión Europea. Aunque no disponemos aún de los datos de otros países, España ha

elevado en 2007 la tasa de donantes a 34,3 por millón de población. En cuanto a trasplantes de órgano sólido, España mantiene también posiciones de cabeza en el número de los realizados y en supervivencia del injerto. El menos habitual es el trasplante de pulmón. Nuestro país trasplanta aproximadamente el 6% del total de los pulmones del mundo, con una tasa de 3,8 trasplantes/millón de población, frente a 4,7 de Estados Unidos y 3,6 de Australia y Nueva Zelanda. Si nos comparamos con países de nuestro entorno, realizamos menos trasplantes que Suiza, Suecia, Austria, Canadá y Estados Unidos.

De los donantes multiorgánicos sólo el 21,9% son potenciales donantes de pulmón<sup>1</sup>. El resto se desestima por diferentes razones<sup>2,3</sup> (alteraciones radiológicas o deterioro del intercambio gaseoso en el mantenimiento, aspecto macroscópico, atelectasia, contusión, infección, etc.). Esta escasa disponibilidad de órganos válidos para el trasplante deriva de dos factores principales: *a*) la extraordinaria sensibilidad de los pulmones a la infección y a la lesión producida por la ventilación mecánica durante el período de ingreso en UCI, y *b*) los donantes de órganos están desplazándose hacia las bandas de mayor edad, con lo que queda excluida la donación de pulmón en muchos casos. En 2005 la media de edad de los donantes multiorgánicos en España se situó en 51,4 años, frente a los 34,5 del año 1992.

A la carencia de órganos disponibles hay que sumar la mortalidad en lista de espera de trasplante de pulmón (el 5,3% en 2006) y la restrictiva entrada de candidatos<sup>4</sup>. La media de estancia en lista de espera en 2005 llegó a los 298 días (para pacientes con grupo sanguíneo 0). A fecha 1 de enero de 2008 permanecían en lista de espera de trasplante de pulmón 133

pacientes frente a los 144 del 1 de enero de 2007. El número de trasplantes/año ha aumentado a lo largo de los tres últimos, aunque también lo ha hecho el número de pacientes que entran en lista de espera; esta cifra se mantiene estable al principio de cada año.

Sin duda alguna constituye un reto para la medicina intensiva en España optimizar la evaluación del potencial donante de pulmón y su mantenimiento en la UCI de cara a obtener el mayor número de órganos válidos posibles.

La figura 1 muestra la evolución de la donación pulmonar frente a la de donantes multiorgánicos y la figura 2 el número total de trasplantes de pulmón realizados en España durante los últimos años.

## EVALUACIÓN DEL DONANTE PULMONAR

El donante de pulmón debe cumplir, en primer lugar, los criterios del donante multiorgánico. Es requisito imprescindible la certificación de la muerte por criterios neurológicos (muerte encefálica)<sup>5</sup> o por criterios cardiorrespiratorios, tal y como se recogen en el Real Decreto RD 2070/1999<sup>6</sup>. En segundo lugar, se deben atender las recomendaciones de la Organización Nacional de Trasplantes (ONT) relativas a la prevención de transmisión de enfermedades entre donante y receptor de tipo infeccioso o tumoral<sup>7</sup>. Debido al progresivo aumento del número de donantes nacidos fuera de España se ha hecho necesario un proceso de revisión destinado a la detección de enfermedades importadas. Los criterios generales de selección del donante multiorgánico se recogen en la tabla 1.

La valoración específica como potencial donante de pulmón surge de una historia clínica meticulosa. En ella se deben recoger especialmente los antece-

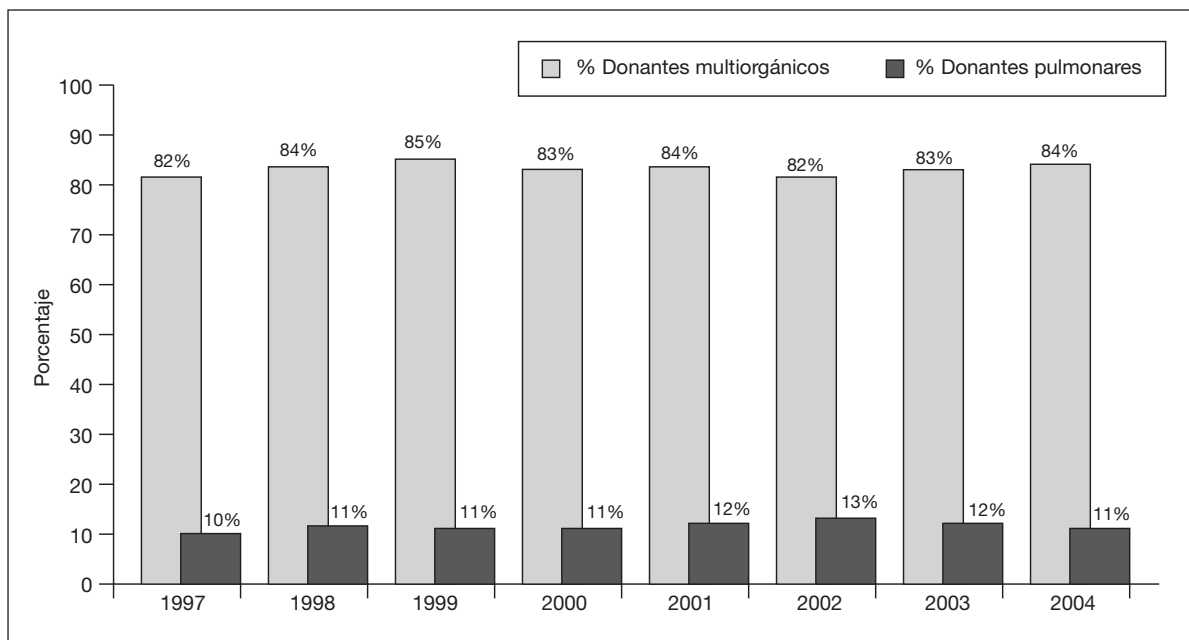


Figura 1. Evolución de la donación de pulmón en relación con los donantes multiorgánicos entre 1997 y 2004.

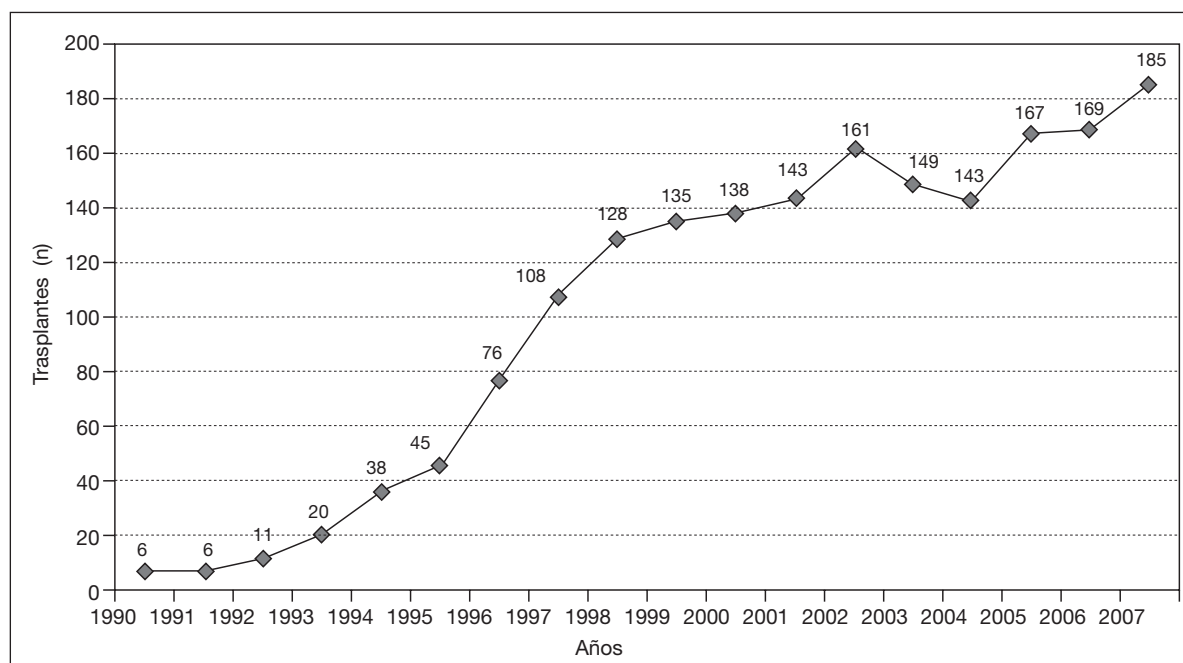


Figura 2. Evolución del número total de trasplantes de pulmón realizados en España durante los últimos años.

**TABLA 1. Criterios necesarios para la aceptación como tal de un posible donante multiorgánico**

Diagnóstico de muerte por criterios neurológicos o cardiorrespiratorios
Consentimiento familiar y judicial (éste sólo si es necesario)
Serología negativa para HIV, HTLV, hepatitis B, hepatitis C y RPR
Sin antecedentes de enfermedad maligna
Sepsis no controlada o con microorganismo desconocido
Tuberculosis activa
Encefalitis viral
Ausencia de prácticas de riesgo (adicción a drogas vía parenteral, promiscuidad)
Cribado de enfermedades de riesgo según la historia del potencial donante (país de nacimiento, viajes recientes)

dentes de enfermedad pulmonar, tabaquismo, medido en paquetes año, y la historia profesional valorando riesgo de exposición susceptible de producir enfermedad pulmonar (asbesto, sílice, vapores tóxicos).

### Criterios de inclusión como potencial donante de pulmón

Se aceptan los siguientes criterios para considerar válido a un potencial donante de pulmón:

- Edad menor de 60 años. Entre 60 y 65 en España se consideran donantes marginales (véase más adelante). En otros países, como Estados Unidos, hay programas que suben el límite a 65 años, y además hacen una valoración individualizada y flexible de la edad como criterio de inclusión, considerando las cir-

cunstancias del receptor antes de rechazar al donante<sup>8-11</sup>.

- Que no haya antecedentes de tabaquismo de más de 20 paquetes/año.

- PaO<sub>2</sub> mayor de 300 mmHg tras mantener al potencial donante con una FiO<sub>2</sub> de 1 y una PEEP de al menos 5 cmH<sub>2</sub>O durante 5 min.

- Ausencia de alteraciones radiológicas de interés. No contraindican la donación: atelectasias, edema pulmonar neurogénico, pequeñas contusiones o neumotórax que se detecten en los primeros momentos y mejoren con el manejo clínico adecuado. Tampoco contraindica la donación la contusión en uno de los pulmones; se puede donar el sano, siempre que se cumpla el resto de las condiciones. La radiografía de tórax ha de ser normal en el momento previo a la extracción.

- Ausencia de enfermedad pulmonar previa, incluida el asma.

- Las intervenciones quirúrgicas o heridas penetrantes contraindican la donación del pulmón afecto; se puede valorar el contralateral.

- Ausencia de broncoaspiración. En un estudio prospectivo realizado en Francia la broncoscopia resultó anormal en el 38% de los donantes estudiados. Aunque no se logró establecer una correlación adecuada entre los hallazgos endoscópicos y la evolución del receptor, los receptores de donantes con una radiología torácica normal y un buen intercambio gaseoso, pero con signos endoscópicos de aspiración gástrica, tuvieron peor evolución y una mortalidad más elevada<sup>12</sup>.

- Ausencia de secreciones purulentas en las broncoaspiraciones o en la broncoscopia.

– Tinción de Gram de broncoaspirado libre de bacterias o de hongos y número significativo de leucocitos. La neumonía es una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en el receptor en el período inmediato al trasplante<sup>13,14</sup>. El estudio microbiológico del donante permite orientar el tratamiento a seguir en el receptor. En algunos casos, como en el del aislamiento de microorganismos multirresistentes, se contraindica la donación. En la mayor parte de los casos, sin embargo, una tinción de Gram positiva en el donante no es un predictor independiente del riesgo de desarrollo de neumonía en el receptor a los 30 días del trasplante<sup>15</sup>. De hecho no hay una clara correlación entre los agentes causantes de neumonía en el receptor y los aislados en el donante antes de la extracción<sup>16</sup>. La presencia de gérmenes en la tinción de Gram no contraindica de forma absoluta la donación de un órgano por lo demás aceptable.

### Criterios de exclusión como donante de pulmón

Se establecen como criterios de exclusión los siguientes:

- Historia de enfermedad pulmonar no recuperable.
- Radiología de tórax patológica por cualquier causa en el momento de la valoración final previa a la extracción (excluida la donación de pulmón sano con contralateral afecto por causa traumática).
- Tiempo de intubación mayor de 72 h. Ésta no es una contraindicación absoluta, pero el riesgo de contaminación por microorganismos nosocomiales en pacientes sometidos a ventilación mecánica hacen deseable limitar el tiempo de intubación.
- Antecedente de broncoaspiración. Aunque en la historia clínica no haya un claro antecedente, se debe descartar a los potenciales donantes en los que aparezcan lesiones en la mucosa bronquial o secreciones indicativas de aspiración gástrica.
- Síndrome de Guillain-Barré.
- Infección diseminada por hongos, virus o micobacterias. Sí se debe valorar como potenciales donantes a aquellos que presenten bacteriemia con estabilidad hemodinámica (aunque precisen soporte vasoactivo derivado de la propia situación de muerte encefálica), que no presenten disfunción multiorgánica y que lleven más de 48 h de antibioterapia. El tratamiento en el receptor deberá continuarse en estos casos hasta completar el ciclo terapéutico.
- Meningitis por *Listeria monocytogenes*, micobacterias, hongos o protozoos y encefalitis herpética. Sí se incluye como donantes a aquellos en que la meningitis se considere la causa de la muerte encefálica, siempre y cuando se conozca el agente causal, se haya tratado adecuadamente al menos 48 h antes de la extracción y no haya focos extrameningeos de infección.
- Infección por virus delta de la hepatitis.
- Colonización pulmonar por microorganismos multirresistentes o por *Aspergillus* spp. u otros hongos filamentosos.

Los criterios generales de selección del donante multiorgánico incluyen los destinados a minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades neoplásicas. A este respecto desde la ONT se promovió la elaboración de un documento de consenso en el que se establecen criterios específicos de inclusión y exclusión<sup>7</sup>. El riesgo de transmisión de tumores, tras una minuciosa historia clínica, es bajo y la publicación de casos de estas características es algo excepcional. El registro de tumores de la ONT de los últimos 15 años ha cifrado la tasa de donantes con tumor no detectado en 6,1 por mil donantes. De estos donantes con tumor, sólo 5 (2,9/10.000 donantes) transmitieron el tumor al receptor<sup>7</sup>. Otros registros, como el de la organización estadounidense de trasplantes –United Network for Organ Sharing (UNOS)– o el del registro danés Bikerland, ofrecen cifras similares.

Actualmente no está recomendada la determinación sistemática de marcadores tumorales antes de la donación, y sólo se deberá realizarla en los casos en que haya sospecha clínica o historia compatible con neoplasia. No es necesario realizar de forma sistemática la determinación del antígeno prostático específico (PSA) en varones. En el registro de la ONT no hay casos inscritos de transmisión de cáncer de próstata de donante a receptor, aun a pesar de que por la edad de los donantes es altamente probable que un cierto porcentaje pueda tener neoplasias intraepiteliales. Sólo será necesario determinar la cifra de PSA en los pacientes con historia de enfermedad prostática.

Tampoco hay, en el registro de la ONT, casos de transmisión de tumores renales desde donantes portadores de esta enfermedad. De acuerdo con este registro, la neoplasia se detectó en el estudio histológico tras el implante en el receptor en 47 casos. Con estos donantes se realizaron 57 trasplantes. Se practicó transplantectomía profiláctica en 12 casos. Todos los receptores permanecían libres de enfermedad a los 3 años.

La determinación de gonadotropina coriónica humana en sangre u orina ha sido el único cribado sistemático en los donantes de órganos durante mucho tiempo. Esta hormona se encuentra aumentada en orina en las pacientes portadoras de un coriocarcinoma y en los varones con tumores germinales de testículo. Actualmente la mayoría de los equipos de coordinación de trasplantes no realizan esta determinación de forma sistemática.

También está la posibilidad de donar los órganos aun con determinadas neoplasias constatadas. No contraindica la donación la presencia de los siguientes tumores:

- Carcinoma in situ, excepto en cáncer de mama, pulmón, coriocarcinoma, melanoma y sarcoma.
- Tumores de piel de bajo grado, poco metastatizantes (carcinoma basocelular).
- Tumores primarios del sistema nervioso central que rara vez metastatizan fuera de éste (tabla 2).

Hay condicionantes derivados de la necesaria compatibilidad entre donante y receptor, como el grupo

TABLA 2. Tumores del sistema nervioso central que condicionan la donación de órganos para trasplante

Grupo I: No contraindican la donación	Grupo II: Pueden contraindicar la donación*	Grupo III: Contraindican la donación
Astrocitoma anaplásico	Astrocitoma anaplásico	Glioblastoma multiforme
Astrocitoma pilocítico	Oligodendroglioma anaplásico	Pineoblastoma
Xantastrocitoma pleomorfo	Oligoastrocitoma anaplásico	Meduloblastoma
Astrocitoma subependimario	Ependimoma anaplásico	Tumor neuroectodérmico
Oligodendroglioma	Tumor de plexo coroideo	Teratoma atípico
Oligoastrocitoma	Gliomatosis del cerebro	Rabdomiosarcoma atípico
Ependimoma		Meduloepitelioma
Ependimoma mixopapilar		Ependimoblastoma
Subependimoma		Germinoma
Papiloma del plexo coroideo		Tumor embrionario
Glioma del tercer ventrículo		Coriocarcinoma
Gangliocitoma		Teratoma inmaduro
Ganglioglioma infantil		Teratoma malignizado
Astrocitoma infantil		Meningioma maligno
Tumor desmoplástico embrionario		Hemangiopericitoma
Ganglioglioma		Sarcoma intracraneal
Liponeurocitoma de cerebelo		Cordoma
Meningioma		Linfoma cerebral
Meningioma atípico		
Meningioma de células claras		
Meningioma coroideo		
Craniofaringioma		
Hemangioblastoma		
Schwannoma acústico		
Pineocitoma		
Teratoma maduro		

\*Donantes con estos tumores pueden ser considerados para la donación en ausencia de otros factores de riesgo.

sanguíneo y Rh. Otros parámetros no excluyen ni contraindican la posibilidad de la donación de pulmón, pero sí condicionan la posible donación a un receptor concreto. Éstos son:

- Antropometría compatible con el receptor. Peso y talla deben estar en una proporción del  $\pm 20\%$ . Circunferencia torácica medida a nivel del apéndice xifoides equivalente ( $\pm 10\%$ ). Diámetros radiológicos compatibles ( $\pm 10\%$ ).

- Compatibilidad de la capacidad pulmonar total (TLC) y la capacidad vital forzada (FVC) teóricas entre donante y receptor. Se admite una FVC teórica 1,25-1,5 veces la del donante en receptores con enfisema y discretamente superiores a la del donante en receptores con fibrosis pulmonar. En algunos casos en los que hay desproporción antropométrica entre donante y receptor se hace necesaria una cirugía de reducción (plicatura o lobectomía).

### Donantes marginales de pulmón

Uno de los principales problemas en todo el mundo en el trasplante de órganos es la escasez de éstos. Hoy se acepta que están los denominados donantes marginales o con criterios expandidos, que permiten encontrar nuevas fuentes para aumentar el banco de donantes. Dada la escasez de pulmones disponibles para el trasplante, se acepta la valoración de los denominados donantes subóptimos o marginales. Estos donantes se definen por las siguientes características:

- Edad entre 60 y 65 años.
- Tabaquismo: 20 y 30 paquetes/año.
- PaO<sub>2</sub> entre 250 y 300 mmHg. La determinación debe realizarse tras mantener al potencial donante con FiO<sub>2</sub> de 1 y PEEP de al menos +5 cmH<sub>2</sub>O durante al menos 5 min. Si hay mejoría del intercambio gaseoso tras un manejo agresivo del donante, como se detalla más adelante, se podrá considerar la donación.
- Ventilación mecánica de más de 72 h.

Sólo se debe aceptar donantes subóptimos en los que concurra una sola de las características expuestas. La presencia simultánea de dos o más excluye la posibilidad de la donación de pulmones. El trasplante con donantes marginales no presenta una mayor mortalidad a largo plazo, pero sí a los 30 días del trasplante según algunos autores<sup>17</sup>, si bien es cierto que otros no encuentran diferencias significativas en el primer mes tras el trasplante<sup>18</sup>.

En cuanto al receptor de un pulmón procedente de un donante marginal, es necesaria la valoración cuidadosa y específica de cada caso. Se debe considerar la enfermedad que indica el trasplante en el receptor y el procedimiento quirúrgico necesario. Los criterios de selección de los donantes de pulmón óptimos y marginales se resumen en la tabla 3.

Dentro del grupo de donantes con criterios expandidos, en España hay cada vez más programas de donación a corazón parado que han demostrado su calidad y validez<sup>19-21</sup>. Los resultados publicados en trasplante renal<sup>22</sup> y más recientemente los de hígado y pulmón<sup>23,24</sup> avalan este tipo de donación.

**TABLA 3. Resumen de los criterios generales de selección y exclusión para la donación de pulmón**

<p>Criterios para la donación de pulmón:</p> <p>Edad &lt; 60 años. Excepcionalmente se pueden considerar hasta los 65 años</p> <p>Radiografía de tórax sin alteraciones importantes:</p> <p>Contusiones pequeñas, neumotórax, hemotórax o pequeñas atelectasias no contraindican la donación de forma absoluta</p> <p>La contusión o hemotórax unilateral no contraindica la donación del pulmón contralateral. En presencia de patología pulmonar exclusivamente unilateral, no descartar como donante pulmonar, aun con <math>\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 &lt; 300</math> mmHg</p> <p><math>\text{PaO}_2 &gt; 300</math> mmHg con <math>\text{FiO}_2</math> 1 y PEEP de 5 <math>\text{cmH}_2\text{O}</math></p> <p>Donantes subóptimos potencialmente recuperables:</p> <p><math>\text{PaO}_2 &gt; 200</math> con <math>\text{FiO}_2</math> 1 y PEEP 5</p> <p>Sin antecedentes de broncoaspiración con repercusión clínica</p> <p>Sin evidencia de secreciones bronquiales purulentas mantenidas</p> <p>Ausencia de contusiones, traumatismo grave o cirugía previa en el pulmón donante</p> <p>Contraindicaciones absolutas para donantes de pulmón:</p> <p>Historia clínica de afección pulmonar crónica o aguda no recuperable</p> <p>Radiografía o tomografía computarizada de tórax claramente patológicas</p> <p>Historia clínica de broncoaspiración demostrada o con secreciones purulentas mantenidas (constatado por aspiraciones endobronquiales o broncoscopia)</p>
---

En el caso concreto del donante pulmonar en asistolia, las primeras experiencias fueron publicadas en 2001 por Steen et al<sup>25,26</sup>, y a partir de entonces España ha desarrollado con éxito un programa de esas características. Los resultados son excelentes 5 años después de iniciarse el programa<sup>24</sup>. Los pacientes trasplantados con pulmones procedentes de donantes en asistolia tienen resultados similares a los obtenidos con los donantes no subóptimos de muerte encefálica.

## MANTENIMIENTO DEL DONANTE DE PULMÓN

La instauración de la muerte encefálica y las alteraciones fisiopatológicas producidas durante el enclavamiento pulmonar producen graves alteraciones endocrinas y una intensa reacción inflamatoria que puede afectar al tejido pulmonar; por otra parte, como se ha comprobado en variedad de modelos experimentales, hay lesión alveolar y edema pulmonar histológico muy similares a los causados por la ventilación mecánica.

El mantenimiento del donante de pulmón sigue las pautas del mantenimiento general del donante multiorgánico destinadas a conseguir una oxigenación adecuada y una estabilidad hemodinámica. A éstas se añaden algunas específicas para el pulmón encaminadas a incrementar la obtención de pulmones válidos para el trasplante<sup>27,28</sup>.

Son varias las razones por las que el pulmón es el órgano más frágil y, por lo tanto, el que menos veces

se logra obtener con criterios de validez para el trasplante. En primer lugar, el grupo de pacientes politraumatizados aporta un buen número de donantes con traumatismo torácico. Debemos aquí insistir en que la contusión de un pulmón no contraindica necesariamente la donación del contralateral (fig. 3). En segundo lugar, las contusiones o el exceso de líquido intrapulmonar, en relación con la ventilación mecánica, favorecen la aparición de infección nosocomial con deterioro de la función respiratoria. En tercer lugar, el riesgo de edema de pulmón es muy elevado, debido a la aparición de edema neurogénico o por un excesivo aporte de volumen durante la fase de estabilización hemodinámica<sup>29,30</sup>. Por último la pérdida de la ventilación espontánea facilita la aparición de zonas de colapso pulmonar que alteran el intercambio gaseoso y aumenta el riesgo de infección.

La estrategia de optimización del donante de pulmón se basa en los siguientes puntos:

### 1. Cuidados de la vía aérea:

– Aspiraciones endobronquiales con baja presión, realizadas a través del diafragma de la pieza en T, y sólo cuando sea necesario. Evitar los protocolos de cuidados que propugnan aspiraciones frecuentes e innecesarias, que someten a los pulmones a situaciones de desreclutamiento alveolar por despresurización de la vía aérea. Si se obtienen secreciones purulentas, se debe realizar una tinción de Gram para comprobar si hay agentes patógenos.

– En caso de atelectasia, realizar drenajes posturales, percusión con vibrador y broncoscopia precoz siempre que sea necesario para una correcta *toilette* bronquial. Mantener la posición del paciente incorporada 30°.

### 2. Estrategia ventilatoria:

– La medidas destinadas a tratar de obtener los pulmones para el trasplante deben iniciarse desde el momento en que se establece la sospecha de muerte encefálica. Para constatarla es necesario comprobar la ausencia de actividad del tronco del encéfalo y, por lo tanto, la presencia de apnea. El mantenimiento del donante pulmonar empieza en el test de apnea. Éste se debe realizar siempre con el ventilador en modo CPAP con una presión de al menos 10  $\text{cmH}_2\text{O}$ , para evitar así la despresurización y el colapso alveolar. En caso de no disponer de ventiladores con modalidad CPAP, se puede realizar mediante un tubo en T y la colocación de una válvula de PEEP de 10  $\text{cmH}_2\text{O}$  en la salida espiratoria. El test se realizará tras hiperoxigenar al paciente durante 15 min con una  $\text{FiO}_2$  de 1. Después de extraer gasometría para determinar el nivel de  $\text{PaCO}_2$ , se comprobará la situación de apnea. Se observará la ausencia de movimientos respiratorios torácicos o abdominales hasta alcanzar una  $\text{PaCO}_2$  por encima de 60 mmHg<sup>31,32</sup>. Una vez realizado el test de apnea, el objetivo debe ser mantener la  $\text{PaCO}_2$  dentro de los valores normales de 35-45 mmHg (figs. 4 y 5).

– Realizar ventilación protectora de forma similar a la propuesta en el paciente con síndrome disneico

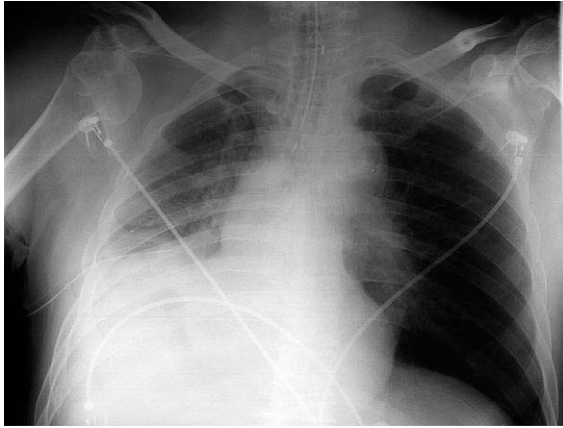


Figura 3. Radiografía de tórax de un donante con traumatismo en el hemitórax derecho y el pulmón izquierdo sano, en el que se logró rescatar este pulmón para la donación tras un adecuado mantenimiento.

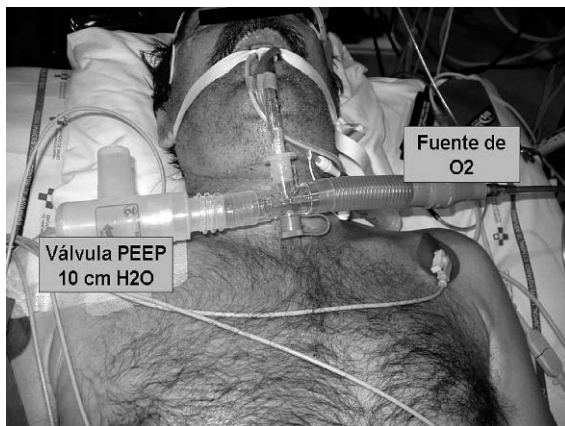


Figura 4. Realización del test de apnea mediante tubo en T y válvula de PEEP de 10 cmH<sub>2</sub>O para evitar la despresurización de la vía aérea.

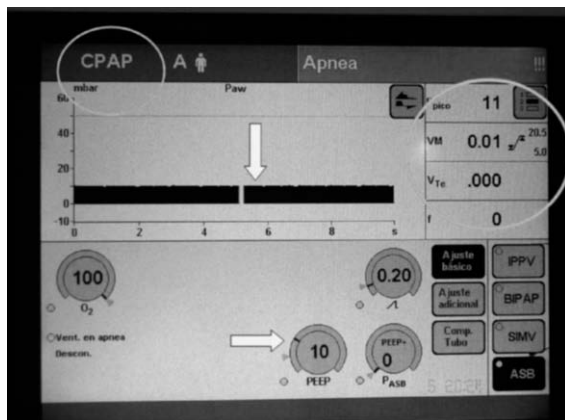


Figura 5. Monitor del ventilador durante la realización del test de apnea en un potencial donante de pulmón con el ventilador en modo CPAP para evitar el colapso alveolar.

del adulto (SDRA). Utilizar volúmenes corrientes de 6-7 ml/kg de peso ideal. De esta forma se disminuye la presión alveolar y el daño relacionado con la ventilación mecánica<sup>33-36</sup>.

- Utilizar la FiO<sub>2</sub> mínima que asegure una PaO<sub>2</sub> alrededor de 100 mmHg o una SatO<sub>2</sub> por encima del 95%.

- Utilizar el valor de PEEP óptimo, es decir, aquel que permita utilizar una FiO<sub>2</sub> más baja para una PaO<sub>2</sub> en torno a 100 mmHg. El valor de PEEP debe ser de al menos 5 cmH<sub>2</sub>O, aunque es deseable fijarlo en más de 8 cmH<sub>2</sub>O para disminuir el riesgo de atelectasias. También se debe utilizar ventilación con suspiros.

- Mantener una presión *plateau* por debajo de 30 cmH<sub>2</sub>O para minimizar el daño pulmonar.

- El pH debe estar entre 7,35 y 7,45 para evitar el daño pulmonar derivado de la alcalosis respiratoria y conseguir la correcta homeostasis.

- En caso de áreas de colapso pulmonar o deterioro del intercambio gaseoso, se debe elevar el valor de PEEP<sup>37-39</sup> de acuerdo con la pauta propuesta por el ARDS Task Force (tabla 4). No hay un consenso absoluto respecto al valor óptimo de PEEP, y se lo establece en la menor cifra necesaria para mantener una PaO<sub>2</sub> en torno a 100 mmHg sin un deterioro de la presión alveolar ni la situación hemodinámica del potencial donante. Para decidir las cifras de PEEP se realizará siempre una valoración individual según la respuesta en la oxigenación y las curvas presión-volumen con el fin primordial de evitar la sobredistensión pulmonar. Si es necesario, debe recurrirse al empleo de maniobras de reclutamiento respiratorio<sup>40</sup>. De no mejorar el intercambio gaseoso, con maniobras de reclutamiento y el resto del mantenimiento comentado, de forma excepcional se puede valorar un giro a decúbito prono<sup>41,42</sup>. La ventilación en prono tiene el inconveniente de impedir algunas de las técnicas necesarias en el manejo del donante, tales como la extracción de ganglios para estudios de histocompatibilidad, la ecocardiografía o la cateterización arterial y venosa. La evaluación de la función pulmonar de cara a la donación y tras la realización de maniobras terapéuticas se resume en la tabla 5.

### 3. Medidas generales:

- Fluidoterapia: el objetivo es mantener una precarga adecuada pero no excesiva para asegurar la estabilidad hemodinámica. Mantener presión venosa central de 6-8 mmHg y presión capilar pulmonar de 8-12 mmHg. La razón que justifica no sobrecargar de líquidos al donante durante la fase de mantenimiento es la extrema fragilidad del pulmón a la sobrecarga hídrica tras la muerte encefálica, y la cantidad de órganos que se pierden como consecuencia del deterioro del intercambio gaseoso en las horas previas a la extracción por aumento del agua pulmonar. Es deseable llegar a la estabilización hemodinámica tras la muerte encefálica con el apoyo de fármacos vasoactivos; en este sentido es de elección la noradrenalina. El manejo agresivo del potencial donante de órganos tras la muerte encefálica mejora el rendimiento en cuanto a la obtención de órganos válidos para el trasplante. En el caso del trasplante de pulmón, influye

**TABLA 4. Valores de PEEP recomendados en función de la FiO<sub>2</sub>, de acuerdo con las recomendaciones del SDR Network**

FiO <sub>2</sub>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
PEEP	5	5-8	5-10	10	10-14	14	14-18	20-24

**TABLA 5. Valoración de la función pulmonar en el donante subóptimo para una evaluación definitiva de la posibilidad del trasplante**

Valoración de la función pulmonar  
 Gasometría arterial realizada con FiO<sub>2</sub> de 1 y PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O durante 5 min:  
 PaO<sub>2</sub> > 300 mmHg: donante ideal  
 PaO<sub>2</sub> < 300 mmHg. Considerar potencial recuperación, valorando clínica y radiografía de tórax  
 Gasometría arterial realizada tras 15-20 min de ventilación con PEEP de 15-20 cmH<sub>2</sub>O u otro tipo de maniobras de reclutamiento para revertir el colapso alveolar  
 Gasometría después de cada intervención terapéutica

además positivamente en la evolución en el receptor<sup>43,44</sup>. También hace posible recuperar posibles donantes incluidos en la categoría de marginales o subóptimos<sup>27,45-47</sup>.

– Antibioterapia: en el caso de que el paciente no esté recibiendo terapia antibiótica, se deberá iniciar tratamiento profiláctico lo más precozmente posible. Las pautas aceptadas son la administración de amoxicilina-clavulánico, 2 g/6 h intravenoso (iv), o cefotaxima, 2 g/6 h iv o ceftriaxona, 1 g/12 h iv. En pacientes con historia de alergia a betalactámicos, se puede usar levofloxacino, 500 mg/12 h iv.

– Cada servicio de medicina intensiva puede optar por utilizar la pauta antibiótica que considere más adecuada en función de su propia experiencia, tiempo de estancia en UCI y flora habitual.

– La metilprednisolona, a dosis de 15 mg/kg ha demostrado mejorar la función pulmonar y facilitar el mantenimiento general del donante multiorgánico<sup>48,49</sup>. Los esteroides actúan en diferentes aspectos tras la muerte encefálica. Por un lado, disminuyen la liberación de radicales libres y mediadores inflamatorios, como el factor de necrosis tumoral y las interleucinas (IL), así como la activación de neutrófilos, reduciendo los fenómenos inflamatorios sistémicos, la lesión pulmonar y el fracaso multiorgánico<sup>48,49</sup>. Por otra parte se ha visto que concentraciones elevadas de IL-8 en el lavado broncoalveolar del donante conllevan grave disfunción pulmonar y aumento de la mortalidad en el receptor<sup>50</sup>.

#### 4. Situaciones especiales:

– Es obligado intentar recuperar a los potenciales donantes en los que, a pesar de una PaO<sub>2</sub> de 250-300 mmHg, la radiología de tórax muestra afección unipulmonar con un pulmón sano<sup>51</sup>. La evolución gasométrica favorable a los 30 y 60 min tras una terapia agresiva debe apoyar la intención de progresar en el mantenimiento. El hecho de no mejorar tras la aplicación de estas medidas sí debe descartar la donación pulmonar<sup>51</sup>.

**TABLA 6. Resumen del protocolo de mantenimiento del donante de pulmón**

1. Realización del test de apnea con el ventilador en modo CPAP
2. Cuidados de la vía aérea  
 Fisioterapia respiratoria  
 Decúbitos laterales  
 Aspirar secreciones endobronquiales a través del diafragma y en condiciones de máxima asepsia
3. Ventilación mecánica  
 Posición semiincorporada a 30°  
 Mantener pH 7,35-7,45  
 Corregir hiperventilación y mantener PaCO<sub>2</sub> 35-45 mmHg  
 FiO<sub>2</sub> mínima para mantener PaO<sub>2</sub> 100 mmHg o saturación de oxígeno > 95%  
 Volumen corriente 6-7 ml/kg peso ideal  
 PEEP > 8-10 cmH<sub>2</sub>O y valoración individual según curvas presión-volumen para evitar sobredistensión pulmonar  
 Presión *plateau*, 30 cmH<sub>2</sub>O  
 Ventilación con suspiros  
 Valoración individual: maniobras de reclutamiento y ventilación en pronó
4. Fluidoterapia  
 Reposición de volumen evitando edema pulmonar  
 Mantener PVC 6-8 mmHg  
 Swan-Ganz: PCP 8-12 mmHg  
 PICCO: índice de agua extravascular pulmonar (EVLWI) < 10 ml/kg  
 Diuréticos
5. Antibióticos profilácticos
6. Tratamiento esteroideo. Metilprednisolona 15 mg/kg iv

Recientemente se ha publicado la utilización de surfactante exógeno bovino en dosis de 100 mg/kg de peso del donante e instilado mediante broncoscopia. El surfactante fue distribuido uniformemente por todos los segmentos pulmonares del donante, y se obtuvo mejores resultados funcionales del injerto cuando se comparaba con los del grupo control. Los autores apuntan a que la utilización del surfactante en donantes marginales podría incrementar el número de pulmones obtenidos para trasplante<sup>52</sup>. El desarrollo de nuevas y más eficaces soluciones de preservación también ha permitido mejorar la viabilidad de los órganos durante el período de isquemia fría<sup>53</sup>. El protocolo de mantenimiento del donante pulmonar se resume en la tabla 6.

## CONCLUSIONES

En las unidades de medicina intensiva se puede realizar una estrecha vigilancia y la monitorización del donante pulmonar. Un correcto mantenimiento hemodinámico, el manejo de líquidos y la ventilación adecuada, acompañados de unos estrictos cuidados respiratorios generales, pueden contribuir a optimizar la función pulmonar, con lo que en algunos casos se



consigue aumentar el banco de donantes y rescatar donantes no ideales, lo que permitirá incrementar el número total de órganos para trasplante.

## BIBLIOGRAFÍA

- McCowan MJ, Hall TS, Babcock WD, Solinger LL, Hall KW, Jablons DM. Changes in radiographic abnormalities in organ donors; associations with lung transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2005;24:323-30.
- Garrity ER, Moore J, Mulligan MS, Shearon TH, Zucker MJ, Murray S. Heart and lung transplantation in the United States, 1996-2005. *Am J Transplant.* 2007;7:1390-403.
- Pearson RN. Lung transplantation: current status and challenges. *Transplantation.* 2006;81:1609-15.
- Disponible en: <http://www.ont.es/Estadística>
- Escalante Cobo JL, Escudero Augusto D. Conclusiones de la III Conferencia de Consenso de la SEMICYUC. Muerte encefálica en las Unidades de Cuidados Intensivos. *Med Intensiva.* 2000;24:193-7.
- RD 2070/1999 de 30 de diciembre. BOE de 2 de enero de 2000.
- Disponible en: <http://www.ont.es/Consenso>
- Orens JB, Estenne M, Arcasoy S, Conte J, Corris P, Egan J, et al; Scientific Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. International guidelines for the selection of lung transplant candidates: 2006 update – a consensus report from the Pulmonary Scientific Council of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2006;25:745-55.
- Fischer S, Gohrbandt B, Struckmeier P, Niedermayer J, Simon A, Hagl C, et al. Lung transplantation with lungs from donors fifty years of age and older. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129:919-25.
- Dahlman S, Jeppsson A, Scherstén H, Nilsson F. Expanding the donor pool: lung transplantation with donors 55 years and older. *Transplant Proc.* 2006;38:2691-3.
- De Perrot M, Waddell TK, Shargall Y, Pierre AF, Fadel E, Uy K, et al. Impact of donors aged 60 years or more on outcome after lung transplantation: results on an 11-year single-center experience. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133:525-31.
- Riou B, Guesde R, Jacquens Y, Duranteau R, Viars P. Fiberoptic bronchoscopy in brain – dead organ donors. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;150:558-60.
- Griffith BP, Hardesty RL, Armitage JM, Hattler BG, Pham SM, Keenan RJ, et al. A decade of lung transplantation. *Ann Surg.* 1993;218:310-8.
- Chaparro C, Maurer JR, Chamberlain D. Causes of death in lung transplant recipients. *J Heart Lung Transplant.* 1994;13:758-66.
- Weill D, Dey GC, Hicks RA, Young KR Jr, Zorn GL Jr, Kirklin JK, et al. A positive donor gram stain does not predict outcome following lung transplantation. *J Heart Lung Transplant.* 2002;21:555-8.
- Low DE, Kaiser LR, Haydock DA, Truelok E, Cooper J. The donor lung: Infectious and pathologic factors affecting outcome in lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;106:614-21.
- Luckraz H, White P, Sharples LD, Hopkins P, Wallwork J. Short and long term outcomes of using pulmonary allograft donors with low PO<sub>2</sub>. *J Heart Lung Transplant.* 2005;24:470-3.
- Gabbay E, Williams TJ, Griffiths AP, MacFarlane LM, Kotsimbos TC, Esmore DS, et al. Maximizing the utilization of donor organs offered for lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;160:265-71.
- Matesanz R, Miranda B. Outcome of transplantation of non-heart-beating donor kidneys. *Lancet.* 1995;346:53.
- De Lucas García N, Núñez Peña JR, Del Río Gallegos FJ. Donación en asistolia. *Revista de Electrónica de Medicina Intensiva.* 2002;2. Disponible en: <http://remi.uninet.edu/2002/07>
- Del Río F, Núñez JR, Soria A, Moreno MA, Varela A, Calatayud J. Non Heart beating donors. Successfully expanding the donor's pool. *Ann Transplant.* 2004;9:19-20.
- Sánchez Fructuoso AI, Marques M, Del Río F, Núñez JR, Barrientos A. Victims of cardiac arrest occurring outside the hospital: a source of transplantable kidneys. *Ann Intern Med.* 2006;145:157-64.
- Núñez JR, Varela A, Del Río F, Gámez P, Calatayud J, Córdoba M, et al. Bipulmonary transplant with lungs obtained from two non Heart beating donors died out of the hospital. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127:297-9.
- Gómez de Antonio D, Marcos R, Laporta R, Usetti P, Moradiellos J, Del Río F, et al. Results of clinical lung transplant from uncontrolled non heart beating donors. *J Heart Lung Transplant.* 2007;26:270-6.
- Steen S, Sjoberg T, Pierre L, Liao Q, Eriksson L, Algotsson L. Transplantation of lungs from a non heart beating donor. *Lancet.* 2001;357:825-9.
- Steen S, Ingemansson R, Algimantas B, Bolys R, Roscher R, Sjoberg T. Successful transplantation of lungs topically cooled in the non- heart-beating donor for 6 hours. *Ann Thorac Surg.* 1997;63:345-51.
- Grupo de Trabajo para el mantenimiento del donante de órganos torácicos. Protocolo de manejo del donante torácico: estrategias para mejorar el aprovechamiento de órganos. *Rev Esp Trasp.* 2006;15:9-18.
- Studer SM, Orens JB. Cadaveric organ donor selection and management. *Semin Respir Crit Care Med.* 2006;27:492-500.
- López-Aguilar J, Villagra A, Bernabe F, Murias G, Piacentini E, Real J, et al. Massive brain injury enhances lung damage in an isolated lung model of ventilator induced lung injury. *Crit Care Med.* 2005;33:1077-83.
- Avlonitis VS, Wigfield CH, Kirby JA, Dark JH. The hemodynamic mechanisms of lung injury and systemic inflammatory response following brain death in the transplanted donor. *Am J Transplant.* 2005;5:684-93.
- Lévesque S, Lessard M, Nicole P, Langevin S, Langevin J, Le Blanc F. Apnea testing for diagnosis of brain death: Comparison of 3 techniques. *Can J Anesth.* 2003;50:3.
- Lévesque S, Lessard M, Nicole P, Langevin S, LeBlanc F, Lanzier F, et al. Efficacy of a T-piece system and a continuous positive airway pressure system for apnea testing in the diagnosis of brain death. *Crit Care Med.* 2006;34:2213-6.
- Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G. Effect of a protective ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338:347-54.
- Stewart TE, Meade MO, Cook DJ, Granton JT, Hodder Rv, Lapinsky SE. Evaluation of a ventilation strategy to prevent barotraumas in patients at a high risk for acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338:355-61.
- Kuttsogianis D, Pagliarello G, Doig C, Ross H, Shemie S. Medical management to optimize donor organ potential: review of the literature. *Can J Anesth.* 2006;53:820-30.
- Gordo F, Delgado C, Calvo E. Lesión pulmonar inducida por la ventilación mecánica. *Med Intensiva.* 2007;31:18-26.
- The acute respiratory distress syndrome network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2000;342:1301-8.
- Villar J, Kacmarek R, Pérez Méndez L, Aguirre Jaime A. A high positive end expiratory pressure, low tidal volume ventilatory strategy improves outcome in persistent acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *Crit Care Med.* 2006;34:1311-8.
- Grasso S, Stripoli T, DeMichele M, Bruno F, Moschetta M, Angelelli G, et al. ARDS net ventilatory protocol and alveolar hyperinflation: role of positive end expiratory pressure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;176:761-7.
- Blanch L, Fernández R, López Aguilar J. Recruitment maneuvers in acute lung injury. *Respir Care Clin N Am.* 2002;8:2891-4.
- Gattinoni L, Tognoni G, Pesenti A, Taccone P, Mascheroni D, Labarta V, et al; Prone-supine Study Group. Effect of prone positioning on the survival of patients with acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 2001;345:568-73.
- Real López, Enrique Arias C. El decúbito prono en el síndrome de distress respiratorio del adulto: cuidados de enfermería. *Enferm Intensiva.* 2002;13:146-54.
- Mascia L, Bosma M, Pasero D, Galli T, Cortese G. Ventilatory and hemodynamic management of potential organ donors: An observational survey. *Crit Care Med.* 2006;34:321-7.

44. Angel LF, Levine DJ, Restrepo MI, Johnson S, Sako E, Carpenter A, 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.
45. Gabbay E, Williams T, Griffiths A, McFarlane L, Kotsimbos T, Esmore D, et al. Maximizing the utilization of donor organs offered for lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;160:265-71.
46. Straznicka M, Follete D, Eisner M, Roberts P, Menza R, Babcock W. Aggressive management of lung donors classified as unacceptable: Excellent recipient survival one year after transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;124:250-8.
47. Rosendale J, Kauffman H, McBride M, Chabalewski F, Zaroff J, Garrity E, et al. Aggressive pharmacologic donor management results in more transplanted organs. *Transplantation.* 2003;75:482-7.
48. Follete DM, Rudich SM, Babcock VD. Improved oxygenation and increased lung donor recovery with high dose steroid administration after brain death. *J Heart Lung Transplant.* 1998;17:423-9.
49. Venkateswaran RV, Patchell VB, Wilson IC, Mascaro JG, Thompson RD, Quinn DW, et al. Early donor management increases the retrieval rate of lungs for transplantation. *Ann Thorac Surg.* 2008;85:278-86.
50. Fisher AJ, Donnelly SC, Hirani N, Haslett C, Strieter RM, Dark JH, et al. Elevated levels of interleukin-8 in donor lung is associated with early graft failure after lung transplantation. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163:259-65.
51. Puskas JD, Winton TL, Miller JD, Scavuzzo M, Patterson GA. Unilateral donor lung dysfunction does not preclude successful contralateral single lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103:1015-7.
52. Strüber M, Fischer S, Niedermeyer J, Warnecke G, Gohrbandt B, Görler A, et al. Effects of exogenous surfactant instillation in clinical lung transplantation: A prospective, randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133:1620-5.
53. Miñambres E, González-Castro A, Rabanal J, Superviola B, Ortega FJ, Zurbano F, et al. Estudio comparativo de dos soluciones de preservación en la función inicial del trasplante bipulmonar en humanos. *Med Intensiva.* 2007;31:1-5.