

Trasplante pulmonar en un modelo experimental. Capacitación para residentes de cirugía torácica

Marco Antonio Íñiguez-García,* □ Rogelio Jasso-Victoria,‡ J. Raúl Olmos-Zúñiga,‡ Claudia Hernández-Jiménez,‡ Rogelio García-Torrentra,§ Dante Escobedo-Sánchez,|| Marcelino Alonso-Gómez,§ Enrique Guzmán-de-Alba,* Juan Carlos Vázquez-Minero,* José Luis Téllez-Becerra*

* Subdirección de Cirugía, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER).

‡ Dpto. de Cirugía Experimental, INER; § Servicio de Terapia Respiratoria, INER;

|| Servicio de Broncoscopía y Endoscopía, INER.

Trabajo recibido: 06-X-2012; aceptado: 06-XI-2012

RESUMEN. Introducción: El trasplante pulmonar es actualmente una realidad terapéutica para pacientes con enfermedades pulmonares irreversibles y terminales, sin otra alternativa terapéutica y que tengan una calidad de vida inaceptable y una esperanza de vida limitada. El objetivo de cualquier programa actual de entrenamiento quirúrgico debe ayudar al cirujano inexperto a automatizar las habilidades psicomotoras básicas antes de operar a un paciente. **Modelo experimental:** El desarrollo del modelo fue llevado a cabo en el departamento de Cirugía Experimental del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias «Ismael Cosío Villegas» de la ciudad de México; se realizó en conjunto con los residentes de cirugía cardiotorácica, broncoscopía y estudiantes de la carrera de técnicos en terapia respiratoria. Para el estudio se usaron 40 cerdos de raza York Landrace clínicamente sanos. **Resultados:** La realización de este modelo consiente que los residentes efectúen un trasplante experimental que les permita familiarizarse e identificar los procesos, así como adquirir y desarrollar las habilidades quirúrgicas y los procedimientos invasivos que deben llevar a cabo durante la fase clínica, con el fin de evitar errores y llevar a buen fin el trasplante. Además, de manera indirecta permite la realización del trabajo en equipo, planeación quirúrgica, coordinación y toma de decisiones. **Comentario:** El modelo realizado es único en su tipo en México, pues no hay simuladores reales o virtuales para trasplante pulmonar. Hoy, el residente de cirugía torácica trabaja en el laboratorio de cirugía experimental como parte de su formación, y confiamos que en un futuro próximo sea posible aplicar el modelo a la práctica clínica.

Palabras clave: Trasplante pulmonar, modelo experimental, residentes de cirugía torácica.

ABSTRACT. Introduction: Lung transplantation is now a reality for the clinically irreversible and terminal lung disease with no other therapeutic alternative, having an unacceptable quality of life and limited life expectancy. The goal of any surgical training program must now help the inexperienced surgeon to automate basic psychomotor skills before operating on a patient. **Experimental mode:** The development of the model is carried out in the Department of Experimental Surgery, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias «Ismael Cosío Villegas» was held in conjunction with cardiothoracic surgery residents, students of bronchoscopy and technical career in respiratory therapy. For the study used 40 York Landrace breed pigs clinically healthy. **Results:** The realization of this model agrees that residents taking an experimental transplant to familiarize them and identify the processes and skills acquired and developed surgical and invasive procedures that must be performed during the clinical phase, in order to avoid errors and bring to conclusion the transplant. Besides indirectly allows the realization of teamwork, surgical planning, coordination and decision-making. **Comment:** The model made, unique in its kind in Mexico since no real or virtual simulators for lung transplantation and today the thoracic surgical resident working in the laboratory of experimental surgery as part of their training. And we hope that in the near future be possible to apply the model to clinical practice.

Key words: Lung transplantation, experimental model, thoracic surgery residents.

INTRODUCCIÓN

El trasplante pulmonar (TP) es actualmente una realidad terapéutica para pacientes que tienen enfermedades pulmonares irreversibles y terminales, tales como neumopatía avanzada de carácter obstructivo, restrictivo, séptico o vascular, sin otra alternativa terapéutica y que tengan una calidad de vida inaceptable y una esperanza

de vida limitada. No obstante, este procedimiento se realiza siempre y cuando el enfermo no padezca otras enfermedades extrapulmonares graves asociadas, ni antecedente reciente de neoplasia.¹

El TP consiste en transferir un pulmón o ambos pulmones de un individuo (donador) a otro (receptor), con el objeto de reemplazar la función de los que se encuentran dañados.²

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medicgraphic.com/neumologia>

Desarrollo histórico del trasplante pulmonar

En la segunda década del siglo pasado, Carrel y Guthrie crearon el antecedente inicial del TP al realizar un trasplante heterotópico de bloque cardiopulmonar como parte de sus experimentos de cirugía vascular.³ Los primeros TP experimentales en animales fueron realizados en la década de los cuarenta por el soviético Demikhov.⁴ Sin embargo, pasaron aproximadamente dos décadas más para que James Hardy realizará el primer TP clínico en un prisionero de 58 años de edad, quien sobrevivió 18 días y murió debido a complicaciones renales.⁵ Menos de un mes después, se efectuó el segundo trasplante registrado en la Universidad de Pittsburgh; el paciente sobrevivió 7 días.

En 1980 se habían reportado ya 38 TP en el mundo. De éstos, sólo 16 pacientes lograron sobrevivir más de un mes; sin embargo, la era de los trasplantes exitosos tuvo inicio hasta el 7 de noviembre de 1983 cuando Cooper y colaboradores trasplantaron por primera vez, en la Universidad de Toronto, un solo pulmón con supervivencia a largo plazo (6 años).⁵

En México, el 24 enero de 1989 Santillan-Doherty *et al.* realizaron el primer TP unipulmonar izquierdo en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas (INER), en un paciente con fibrosis pulmonar que sobrevivió poco más de 8 años. De acuerdo a lo publicado por Santillán-Doherty, en México se han realizado 22 trasplantes desde 1989 hasta el 2003.⁶

En el INER, el último TP se realizó en 2006 y a nivel nacional, en toda la República Mexicana, el último fue en el Centro Médico Nacional Siglo XXI durante este mismo año, sin éxito (datos no publicados).

Avances en el trasplante pulmonar

Recientemente, el TP ha tenido buenos resultados debido a la mejor selección del donador y del receptor; los avances en la técnica quirúrgica y las estrategias inmunosupresoras han mejorado extraordinariamente los resultados.⁷ Sin embargo, el rechazo crónico representa el mayor problema de supervivencia, tanto a mediano como a largo plazo, y es uno de los objetivos de la investigación a nivel internacional.⁸

Entre los avances quirúrgicos del TP se encuentran el implante pulmonar bilateral secuencial, el acceso mediante toracotomías anteriores con o sin división transversa esternal, la reducción de la incidencia de complicaciones bronquiales mediante la disminución de la longitud del bronquio del donador y la mejoría de la estrategia de preservación de los injertos, con

la introducción anterógrada y retrograda de mejores soluciones de preservación.⁹⁻¹²

En varios países el uso de tecnología como el sistema de perfusión pulmonar *ex vivo* es utilizado para recuperar pulmones subóptimos, que han sido previamente rechazados para el trasplante. Esta técnica consiste en mantener los pulmones fuera del cuerpo por períodos de tiempo prolongados en condiciones fisiológicas de ventilación, perfusión y oxigenación (como si todavía se encontrara en el donador); esto permite la aplicación de tratamientos para que el órgano recupere sus funciones y pueda ser trasplantado.¹³

El procedimiento quirúrgico del TP se inicia en el donador mediante la extracción de los injertos pulmonares y mediante su preservación y transporte. Mientras que en el centro donde se realizará el trasplante, una vez que se ha comprobado la viabilidad del injerto en el receptor, se realiza la neumonectomía o neumonectomías seguidas del implante unilateral o bilateral secuencial de los injertos. Sin embargo, para la realización de este procedimiento se requiere de todo un equipo multidisciplinario con un entrenamiento tanto a nivel experimental como clínico.

Formación del residente de cirugía cardiotorácica para la realización de trasplante pulmonar

El Plan Único de Especializaciones Médicas (PUEM) en cirugía cardiotorácica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) contempla en el programa de estudios del seminario de atención médica I, II, III y IV, en la página 38, en el apartado de cirugía toraco-pulmonar III y IV, los temas de trasplante pulmonar.¹⁴

La realización de la especialidad de cirugía cardiotorácica se proyecta en dos direcciones: teórica y práctica, ambas consustanciales e igualmente útiles. Con la primera se trata de formar un núcleo de conocimientos quirúrgicos que sirva de soporte a cuantas habilidades o actitudes específicas deban desarrollarse. Con la segunda se trata de aplicar en la práctica dichos conocimientos teóricos, lo que se logra sobre todo con el trabajo diario en la clínica. Pero cuando se trata de técnicas especiales como el TP, el manejo quirúrgico de las estructuras pulmonares y vasculares requieren de un entrenamiento especial para evitar errores, y la presencia de tiempos perdidos durante la realización del mismo. Esto hace que se dificulte la enseñanza durante la clínica y se ponga en riesgo la integridad del paciente. El entrenamiento tradicional para la cirugía cardiotorácica se lleva a cabo mediante la observación del residente, y la posterior aplicación de las destrezas observadas siempre supervisadas por los cirujanos con mayor experiencia. Sin embargo, en un ambiente

con situaciones reales e irrepetibles, el entrenamiento de habilidades quirúrgicas se ve afectado negativamente. Por esto, se han diseñado modelos para el entrenamiento quirúrgico con el objeto de desarrollar habilidades sin arriesgar la integridad o el resultado quirúrgico de los pacientes, y permitir la retroalimentación y asesoramiento por parte del personal encargado del entrenamiento.¹⁵⁻²⁰

El desarrollo de modelos es de suma importancia y se han propuesto diferentes tipos, como los virtuales con base en programas informáticos y aprovechando la tecnología de los simuladores. Estos modelos son útiles pero caros y poco accesibles. Los modelos inorgánicos como los maniquíes que simulan la anatomía humana, carecen de elasticidad y su consistencia tiende a ser distinta, además de que su uso es monótono. En cuanto a los modelos orgánicos, como la utilización de cadáveres humanos, aunque son los más aptos para el entrenamiento quirúrgico, requieren de conservación y mantenimiento en instalaciones adecuadas, aprobación por parte de las autoridades sanitarias de diversos comités de las instituciones hospitalarias, así como la disponibilidad de los mismos (ya que la conservación del cadáver se limita a las primeras 24 horas después del fallecimiento o el espécimen es congelado).¹⁵⁻²⁰

El objetivo de cualquier programa actual de entrenamiento quirúrgico debe ayudar al cirujano inexperto a automatizar las habilidades psicomotoras básicas antes de operar a un paciente.¹⁵

En el presente estudio se propone la utilización del modelo experimental porcino, dado su disponibilidad y sus similitudes con las estructuras anatómicas humanas, para que el cirujano de tórax se entrene para realizar el TP. También para que los residentes de broncoscopía realicen sus procedimientos endoscópicos y los estudiantes de terapia respiratoria ensayan los diferentes modos ventilatorios.

Modelo experimental

El desarrollo del modelo es realizado un jueves de cada mes en el departamento de Cirugía Experimental del INER, en conjunto con los residentes de cirugía cardiotorácica, broncoscopía y estudiantes de la carrera de técnicos en terapia respiratoria. El equipo quirúrgico estuvo formado por dos equipos de residentes supervisados por un cirujano torácico adscrito a la Subdirección de Cirugía del INER y por el equipo de cirugía experimental. El primer equipo se dedicó a realizar la procuración y el segundo a la colocación del implante. Ambos equipos contaron con un residente de broncoscopía y dos estudiantes de terapia respiratoria

(también supervisados por sus médicos adscritos a cada servicio).

Para el estudio, se usaron 40 cerdos de raza York Landrace, clínicamente sanos, con un peso de entre 20-25 kg, los cuales fueron manejados de acuerdo con las especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio de la Norma Oficial Mexicana²¹ y de la *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* de los Estados Unidos de América.²²

De estos animales, 20 fueron utilizados como donadores y 20 como receptores, y a todos se les realizó antes y después de la cirugía, broncoscopía, evaluación hemodinámica, gasométrica, y mecánica pulmonar antes, durante y después del procedimiento quirúrgico.

Anestesia

Todos los animales fueron sometidos a 12 horas de ayuno para alimentos sólidos y 6 horas para líquidos. Se les aplicó como preanestésico sulfato de atropina (Atropisa, Pisa, Guadalajara, México) (0.044 mg/kg SC). La anestesia se indujo con una mezcla de tiletamina zolecepam (Zoletil, Virbac, Carros, Francia) (4 mg/kg IM). Después se colocó un catéter en la vena de la oreja para tener una vía permeable para la administración de líquidos; se conectaron a un monitor de signos vitales (Datacospe Passport, New Jersey, USA) y se intubaron con una cánula orotraqueal del número 6 (Baxter, California, USA). Cuando los animales no pudieron ser intubados por no estar en un plano anestésico adecuado, les fue aplicado propofol (Recofol, Bayer, Turku, Finlandia) (6 mg/kg IV).

Previamente al inicio de la cirugía, a todos los cerdos se les administró como analgésico ácido tolafenámico (Tolfedine, Vetoquinol, Lure Cedex, Francia) (2 mg/kg IM) y tramadol (Tradol, Grünenthal, D.F., México) (2 mg/kg IM).

Asistencia mecánica ventilatoria

El animal intubado fue conectado a un ventilador mecánico (AVEA, Vyasis Respiratory Care Inc. Palm Spring, USA) y la anestesia se mantuvo con isofluorano al 2% (Soflorane, Pisa, Guadalajara, México). La asistencia mecánica ventilatoria (AMV) se realizó mediante ventilación controlada por volumen, utilizando una frecuencia de 25 respiraciones por minuto, volumen corriente (Vt) de 10 mL/kg, fracción inspirada de O₂ (FiO₂) de 50-70% (dependiendo de SpO₂), trigger de 2, presión inspiratoria al final de la inspiración (PEEP) de 5, relación inspiración-expiración de 1:2 y flujo inspiratorio (15-30 L/min). En los animales donadores, al concluir la disección del bloque cardiopulmonar se incrementó la FiO₂ al 100%

durante 10 minutos, y se tomó una gasometría arterial y venosa para valorar el funcionamiento pulmonar.

Técnicas quirúrgicas

Cateterismo para la realización de hemodinamia y gasometría

En todos los animales se realizó un incisión paramedial en la región cervical, se localizaron y disecaron la vena yugular y la carótida derecha. Una vez disecados los vasos a través de la yugular, se introdujo un catéter de termodilución 5 Fr de diámetro (Swan Ganz, Standard Thermodilution Balloon Catheter, Edwards Lifesciences, Quebec, Canadá) que se conectó al monitor de signos vitales; posteriormente se dirigió hasta la arteria pulmonar para el registro de las presiones de la misma y la presión venosa central. El catéter también fue conectado a una computadora de gasto cardíaco (Hemodynamic Profile Computer Spectramed model SP-1445, USA) con la que se calculó éste y las resistencias vasculares pulmonares y sistémicas. En la carótida se colocó un catéter de polivinilo de una sola luz (Cordis Corp, Johnson & Johnson, Boston, USA) (figura 1) que también fue conectada al monitor de signos vitales para el registro de los parámetros hemodinámicos sistémicos.

Donador

Se le realizó esternotomía media, se disecaron y seccionaron la vena ácigos y hemiácigos (cava izquierda); se disecaron y refirieron las venas cava y la tráquea, se continuó con la disección del tronco de la arteria pulmonar (AP) y la aorta. Acto seguido se le administró 28 UI/kg de heparina, después se le colocó una jareta con polipropileno de 4-0 (Prolene, Ethicon, New Jersey, USA) en el tronco de la AP, se introdujo un catéter a



Figura 1. Se observa catéter en arteria carótida.

través de ésta y se dio inicio a la perfusión y lavado de ambos pulmones con la solución de preservación a 4 °C con solución de cloruro de sodio al 0.9% a presión de 20 cmH₂O a dosis de 20 mL/kg (figura 2). Iniciada la perfusión del pulmón izquierdo fueron ligadas y seccionadas las cavas, se seccionó la aorta en su salida del corazón, se hizo un corte en la orejuela izquierda para liberar la solución de perfusión e inmediatamente después se pinzó y se seccionó la tráquea. Concluido esto, se extrajo el bloque cardiopulmonar y se realizó la cirugía de banco en donde se disecaron y seccionaron la arteria pulmonar izquierda, las venas pulmonares izquierdas, incluyendo un rodete de aurícula izquierda y el bronquio principal izquierdo (figura 3). A continuación, el pulmón se colocó en un recipiente estéril, lleno de la misma solución con la que se preservó; después fue cubierta con gasas estériles y mantenido en refrigeración a 4 °C hasta concluida la neumonectomía del receptor.

Receptor

En 18 cerdos en decúbito lateral derecho se realizó una toracotomía izquierda a nivel del quinto espacio intercostal y se expuso y disecó el hilio pulmonar izquierdo. Consecutivamente, fueron pinzados y seccionados la AP izquierda y el bronquio izquierdo. De inmediato, se



Figura 2. Obsérvese la arteria pulmonar canulada.

pinzaron las venas pulmonares izquierdas (a través de la colocación de una pinza de Satinzy sobre la aurícula izquierda y sin ocluir las venas pulmonares derechas) y, seccionadas a nivel de su entrada al pulmón, se abrieron para comunicarse entre sí y formar una sola luz (rodete). Finalizado el procedimiento, dio inicio el trasplante con la anastomosis de la AP (figura 4) con sutura continua de polipropileno de 4 ceros (Prolene, Ethicon, New Jersey, USA). Se continuó con la anastomosis del rodete de aurícula izquierda con el mismo patrón y material de sutura. Concluida la anastomosis, fueron

retirados los *clamp* vasculares para reiniciar la perfusión del pulmón transplantado. Posteriormente, se llevó a cabo la anastomosis bronquial con sutura continua para la parte membranosa y puntos separados para la parte cartilaginosa con polidioxanona de 4 ceros (PDS, Ethicon, New Jersey, USA). Se retiró la pinza (figura 4a), y el pulmón transplantado se ventiló hasta que no hubo aparentes zonas de atelectasia (figura 5). Por último, fue colocada una sonda de drenaje endopleural y se prosiguió con el cierre convencional de la toracotomía.

Los dos animales restantes fueron colocados en decúbito dorsal y les fue practicado TP bilateral secuencial mediante toracotomías anteriores con división transversa esternal. Al realizar este tipo de trasplante pulmonar, la técnica de disección fue la misma que para el unipulmonar, pero en éste se anastomosó primero el bronquio, la arteria y finalmente la aurícula.

RESULTADOS

Durante el desarrollo del modelo fueron surgiendo algunos inconvenientes que han sido superados conforme



Figura 3. Realización de la llamada cirugía de banco.



Figura 4. Obsérvese el inicio de la anastomosis de la arteria pulmonar.

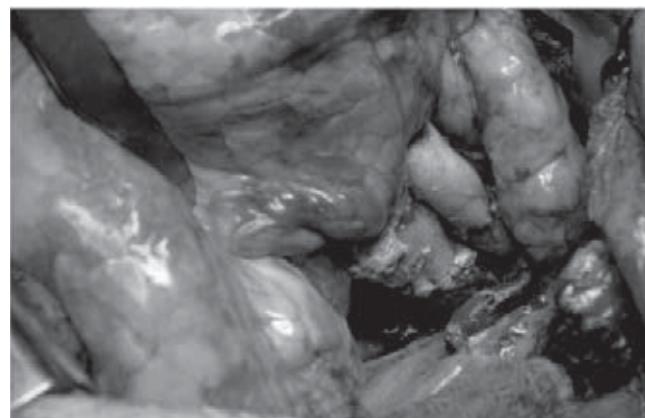


Figura 4a. Apreciación de las anastomosis término-terminal bronquial y arterial ya finalizadas.

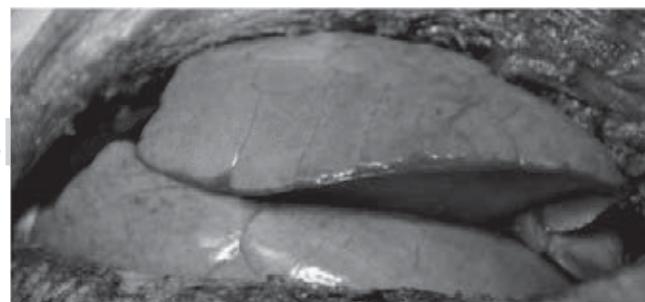


Figura 5. Se aprecia el pulmón izquierdo implantado e insuflado.

ha pasado el tiempo. El primero de ellos fue que los cerdos son difíciles de intubar debido a que la distancia entre la entrada de la cavidad oral y la epiglottis es muy larga, razón por lo cual es necesario una hoja de laringoscopio recta del número 3. Además, el diámetro de la luz traqueal en los cerdos de esta talla es muy reducido, lo que sólo permite el uso de cánulas orotraqueales no mayores al número 6. Éstas, sólo permiten realizar los procedimientos broncoscopicos utilizando broncoscopios de pequeño calibre.

Otro hallazgo observado fue que 34 ($p < 0.05$, t de Student) de los 40 cerdos anestesiados para realizar este modelo, presentaron broncoespasmo,¹ que se solucionó mediante la aplicación de bromuro de ipratropio/salbutamol (Combivent[®]) Boehringer Ingelheim Limited, Reino Unido.

También se observó que durante la intubación, al levantar la epiglottis para introducir la cánula orotraqueal, entran rápidamente en apnea e hipoxia. Por esta complicación, durante la intubación se presentó el fallecimiento de un cerdo (utilizado como donador, simulando un donador en asistolia). Con respecto a la broncoscopia, en todos los casos fue posible realizarla sin mayor problema; aunque por el tamaño de la cánula orotraqueal utilizada, sólo pudo introducirse un broncoscopio de 3 mm (Olympus), el cual no tenía acceso a los lóbulos pulmonares más caudales.

Para la procuración, en general, no se presentaron problemas con la esternotomía media, la disección y obtención de los injertos. En 16 cerdos se llevó a cabo la procuración en bloque corazón-pulmón y en los dos últimos, cardiectomía *in situ*, y finalmente el bloque bipulmonar. De los animales receptores en 15 de ellos el trasplante fue exitoso; sin embargo, los otros cinco cerdos fallecieron por diferentes complicaciones. Dichas complicaciones se presentaron durante las primeras prácticas.

Al practicar la toracotomía, se observó que si ésta es realizada de forma muy posterior, entonces la arteria intercostal resulta lesionada, razón por la que dos cerdos fallecieron por choque hipovolémico. En cuanto al abordaje por toracotomía bilateral con esternotomía transversa en concha de almeja para realizar el TP bipulmonar secuencial, no fue fácil disecar las arterias torácicas internas para ligarlas y evitar el sangrado.

Al realizar la neumonectomía, inicialmente se colocó una pinza en la arteria, en la aurícula y en el bronquio, pero éstas disminuían el espacio quirúrgico dificultando la realización de las anastomosis; por lo tanto, se decidió ligar la arteria y venas pulmonares lo más distal posible (a su entrada al pulmón), así como pinzar solamente el bronquio y crear más espacio, permitiendo

efectuar la sutura del injerto de manera más fácil. El bronquio fue pinzado debido a que no se contaba con intubación selectiva. Cabe mencionar que al pinzar el bronquio, se ajustaban los parámetros de la ventilación mecánica para realizar ventilación unipulmonar.

Las anastomosis de la AP y el bronquio se realizaron sin mayores problemas. No obstante, en dos cerdos la anastomosis del rodete de la aurícula presentó complicaciones debido a que ésta se rasga con mucha facilidad y ello provocó el fallecimiento de los animales. El otro cerdo que falleció fue porque al momento de pinzar la auricular desarrolló arritmia cardiaca que no fue posible revertir.

En relación con la AMV si no se aplicaban medidas protectoras, se provocaban cambios hemodinámicos y formación de bolas enfisematosas (por sobreinsuflación). Al valorar la hemodinamia y las gasometrías arteriales, se observó que éstas se mantienen dentro de sus valores de referencia tanto en el donador como en el receptor después del trasplante.

La realización de las broncoscopías postrasplante permitió observar que, en todos los casos, las anastomosis bronquiales se realizaron adecuadamente.

Al valorar la mecánica pulmonar, se observaron cambios en la distensibilidad durante la esternotomía y toracotomías, pero ésta disminuyó durante el pinzamiento del bronquio y después del trasplante.

La elaboración del modelo de trasplante pulmonar porcino permite a los residentes de las diferentes áreas que intervienen en él, efectuar un trasplante experimental que les permita familiarizar e identificar los procesos que deben llevar a cabo durante la fase clínica con el fin de evitar errores y llevar a buen fin el trasplante. Además, de manera indirecta fomenta la realización del trabajo en equipo, la planeación quirúrgica, la coordinación y la toma de decisiones.

Durante la realización del modelo, el residente de cirugía torácica adquiere de forma directa la destreza sobre los distintos abordajes durante el TP (toracotomía izquierda o derecha, esternotomía media, toracotomía bilateral con esternotomía transversa en concha de almeja), disección del hilio pulmonar, resección pulmonar anatómica (neumonectomía), preservación anterógrada y retrograda del órgano, así como de la cirugía de banco. También favorece que el residente realice anastomosis vasculares y bronquiales. A su vez, al residente de anestesia y estudiante de terapia respiratoria les faculta la realización de prácticas de intubación orotraqueal y la colocación de catéteres vasculares, además del manejo anestésico, ventilatorio y hemodinámico. A los residentes de broncoscopia, les permite la realización de lavados bronquioalveolares y revisión de las anastomosis.

COMENTARIO

Lamentablemente en la República Mexicana, por diversas razones, no se realiza trasplante pulmonar, y debido a que es una alternativa de tratamiento para otros países nosotros también deberíamos ofrecerla a nuestros pacientes. Como parte de esta necesidad, en el INER dio inicio este modelo único en su tipo en México, ya que no hay simuladores reales o virtuales para TP. Hoy, el residente de cirugía torácica trabaja en el laboratorio de cirugía experimental como parte de su formación. Confiamos que en un futuro próximo sea posible aplicar el modelo a la práctica clínica.

REFERENCIAS

1. Davis RD Jr, Pasque MK. *Pulmonary transplantation*. Ann Surg 1995;221:14-28.
2. Montero R, Vicente R. *Tratado de trasplantes de órganos. Tomo II*. Madrid: ARAN Publicaciones Médicas; 2006.
3. Bolman M, Shumway S, Estrin J, et al. *Lung and heart-lung transplantation*. Ann Surg 1991;214:456-468.
4. García-Covarrubias L, Salerno TA, Panos AL, Pham SM. *Estado actual del trasplante pulmonar*. Gac Med Mex 2007;143:323-332.
5. Hardy Jd, Eraslan S, Webb Wr. *Transplantation of the lung*. Ann Surg 1964;160:440-448.
6. Santillán-Doherty P, Jasso-Victoria R, Olmos-Zúñiga R, et al. *Trasplante de Pulmón*. Rev Inv Clín 2005;57:350-357.
7. Bhorade SM, Stern E. *Immunosuppression for lung transplantation*. Proc Am Thorac Soc 2009;6:47-53.
8. Salvatierra VA. *Trasplante pulmonar en España*. Arch Bronconeumol 2004;40:41-48.
9. Haverick A. *Preservation for clinical lung transplantation*. Current Topics in General Thoracic Surgery: lung transplantation. Amsterdam: Elsevier; 1995.
10. Steen S, Kimblad PO, Sjöberg T, Lindberg L, Ingemansson R, Massa G. *Safe lung preservation for twenty-four hours with Perfadex*. Ann Thorac Surg 1994;57:450-457.
11. Kelly RF, Murar J, Hong Z, et al. *Low potassium dextran lung preservation solution reduces reactive oxygen species production*. Ann Thorac Surg 2003;75:1705-1710.
12. Gámez P, Córdoba M, Millán I, et al. *Mejoras en la preservación pulmonar. Tres años de experiencia con una solución de dextrano bajo en potasio*. Arch Bronconeumol 2005;41:16-19.
13. Cypel M, Yeung JC, Liu M, et al. *Normothermic ex vivo lung perfusion in clinical lung transplantation*. N Engl J Med 2011;364:1431-1440.
14. Subdivisión de Especializaciones Médicas, División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Medicina de la UNAM. *Plan Único de Especializaciones Médicas en Cirugía Cardiotorácica*. México: Facultad de Medicina, UNAM; 2012.
15. Graue-Wiechers E. *La enseñanza de la cirugía en la UNAM y algunos conceptos educativos*. Cir Cir 2011;79:66-76.
16. Alexander J. *The training of a surgeon who expects to specialize in thoracic surgery*. J Thoracic Surg 1936;5:579-582.
17. Miller JI Jr. *The complete cardiothoracic surgeon: qualities of excellence*. Ann Thorac Surg 2004;78:2-8.
18. Downs AR, Salvian AJ. *October 2003, 25th anniversary of the Canadian Society for Vascular Surgery*. Can J Surg 2003;46:330-331.
19. Ramos SG. *La cirugía torácica al borde del siglo XXI. Datos para la reflexión. Discurso inaugural del curso académico*. Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid: Sever-Cuesta; 1999.
20. Rodríguez-García JI, Turienzo-Santos E, Vigal-Brey G, Brea-Pastor A. *Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento*. Cir Esp 2006;79:342-348.
21. *Especificaciones Técnicas para la Producción, Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999*. Diario Oficial de la Federación, 6 de diciembre, 1999. Estados Unidos Mexicanos.
22. *Guía Para el Cuidado y Uso de Los Animales de Laboratorio*. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health U.S.A. Edición Mexicana Auspiciada por la Academia Nacional de Medicina. México, D.F., 2002.

✉ Correspondencia:

Dr. Marco Antonio Íñiguez-García
Cirujano torácico. Subdirección de Cirugía, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Ismael Cosío Villegas.
Calzada de Tlalpan 4502, Colonia Sección XVI,
04510, México, D.F.
Tel: 566668110
Correo electrónico: markcardio@hotmail.com;
marcoaig@iner.gob.mx

Los autores declaran no tener conflictos de interés