

Uso de bioprótesis para aumentar la resistencia a la tensión neumática de la broncorrafia en neumonectomía por trauma

Tte. Cor. M.C. Luis Manuel **García-Núñez**, FAMSUS,* Cap.1/o. Pas. Med. Salvador **Santiesteban-Meneses**,† Cap.1/o. Pas. Med. Abraham Mitzu **Pliego-Hernández**,‡ Cap.1/o. Pas. Med. Aline **Pineda-Cerón**,† Mayor M.C. Olliver **Núñez-Cantú**,§ Tte. Cor. M.C. José Lauro Gilberto **Delgado-Arámburo**,* *et al.*

Sección de Cirugía General/Trauma, Hospital Central Militar, S.D.N., México, D.F. - Laboratorio de Enseñanza e Investigación Quirúrgica, Escuela Médico Militar, Universidad del Ejército y Fuerza Aérea, S.D.N., México, D.F.

RESUMEN

Introducción. Cuando se requiere neumonectomía por trauma, la fístula broncopleurales es una grave complicación que causa elevada morbilidad.

Objetivo. Demostrar si el uso de bioprótesis aumenta la resistencia de la línea de sutura del muñón bronquial a la tensión neumática.

Material y métodos. Estudio experimental en perros; grupo A: broncorrafia con sutura; grupo B: misma técnica más refuerzo con bioprótesis autóloga (fragmento de vaina de recto abdominal). Análisis con prueba t, considerando significativo $p < 0.05$.

Resultados. Se incluyeron 30 sujetos por grupo; no hubo diferencia en peso (22.9 ± 1.4 vs. 22.8 ± 1.4 kg; $p = 0.91$), magnitud de sangrado (18.4 ± 4.9 vs. 16.6 ± 6.2 mL; $p = 0.21$) y tiempo de broncorrafia con cualquier técnica (12.3 ± 5.4 vs. 13.1 ± 3.9 min; $p = 0.96$). El tiempo quirúrgico no se incrementó en el grupo B (92.9 ± 28.2 vs. 73.5 ± 16.7 min; $p = 0.002$); sí hubo diferencia en la resistencia de la broncorrafia a la tensión neumática en la vía aérea (83.7 ± 36.3 vs. 122.7 ± 55.1 mmHg; $p = 0.002$); tiempo para obtener el injerto usado como bioprótesis: 11.5 ± 3.7 min.

Conclusiones. El uso de bioprótesis para reforzar el muñón bronquial aumenta la resistencia de la broncorrafia con sutura a la tensión neumática en la vía aérea y su obtención y colocación no aumenta el tiempo quirúrgico. No existen series clínicas que validen el empleo de esta estrategia en la neumonectomía por trauma.

Use of bioprothesis to increase the resistance to pneumatic tension in hand-sewn bronchorrhaphy during trauma pneumonectomy

SUMMARY

Background. When a pneumonectomy is required for trauma, bronchopleural fistula is a severe complication which incurs in high morbimortality.

Objective. To demonstrate whether the use of a bioprosthesis increases the resistance to pneumatic tension in the suture-line of the bronchial stump.

Material and methods. Experimental animal trial; group A manual bronchorrhaphy with suture without enforcement; group B enforcement with autolog bioprosthesis added to a similar technique (fragment of rectus abdominis sheath). Statistics t test, a value of $p < 0.05$ was considered significant.

Results. 30 models were included per group; there was not difference in weight (22.9 ± 1.4 vs. 22.8 ± 1.4 kg; $p = 0.91$), magnitude of bleeding (18.4 ± 4.9 vs. 16.6 ± 6.2 mL; $p = 0.21$) and length of bronchorrhaphy with any technique (12.3 ± 5.4 vs. 13.1 ± 3.9 min; $p = 0.96$). Total operative time was not increased significantly in group B (92.9 ± 28.2 vs. 73.5 ± 16.7 min; $p = 0.002$); in measurement of the point of breakdown of the resistance of manual-sutured bronchorrhaphy to pneumatic tension in the airway, (83.7 ± 36.3 vs. 122.7 ± 55.1 mmHg; $p = 0.002$) there was a significant difference when a bioprosthesis was used; time of harvesting of graft used as bioprosthesis 11.5 ± 3.7 min.

Conclusions. Use of bioprosthesis to enforce bronchial stump does not increase significantly the total operative time nor time of sutured manual bronchorrhaphy, and its harvesting does not modify the development of technique; however, it does increase signifi-

* Cirujano General y de Trauma, Hospital Central Militar, S.D.N., México, D.F., † Pasante de Medicina, Escuela Médico Militar, U.D.E.F.A., México, D.F. ‡ Jefe de Residentes de Cirugía, Hospital Central Militar, S.D.N., México, D.F. § Profesor de Cirugía, Escuela Médico Militar, U.D.E.F.A., México, D.F. || Residente de Cirugía, Escuela Militar de Graduados de Sanidad, U.D.E.F.A., México, D.F.

Correspondencia:

Dr. Luis Manuel García-Núñez.

Consultorio 45 PB, Hospital Ángeles de las Lomas, Av. Vialidad de la Barranca S/N, Col. Valle de las Palmas, 52763 Huixquilucan, Estado de México. Tel. y fax: (55) 5246-9768. Correo electrónico: lmgarcian@hotmail.com

Recibido: Mayo 12, 2010.

Aceptado: Junio 27, 2010.

cantly the point of breakdown of the resistance of manual-sutured bronchorrhaphy to pneumatic tension in the airway. Clinical series validating the use of this strategy in trauma pneumonectomy do not exist.

Palabras clave: Neumonectomía, bioprótesis, fistula bronquial.

Key words: Pneumonectomy, bioprosthesis, bronchial fistula.

Introducción

Según el Banco Nacional de Datos en Trauma de Estados Unidos,¹ el trauma es la principal causa de muerte e incapacidad en la población de 0 a 44 años en ese país. En México, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática² afirma que el trauma es la primera causa de mortalidad e incapacidad laboral, pero en un espectro etario más vasto, que va de 0 a 65 años de edad.³

El trauma torácico, cuya incidencia ha aumentado con el creciente uso del transporte automotor, desorden público,³⁻⁶ incremento en la actividad del crimen organizado y uso de armamento de mayor poder en operaciones militares,⁶ está involucrado en 30% de los casos de politraumatizados y es la causa directa de la muerte en 25% de estos pacientes.¹⁻⁶ Los órganos más lesionados en los casos mortales son los grandes vasos torácicos y el corazón.⁴⁻⁶ Una técnica empleada en la cirugía de control de daños en el tórax es la neumonectomía, manual o con grapas. Esta técnica incluye el control “en masa” de las estructuras aéreas y vasculares; también se puede realizar una ligadura común expedita de los vasos sanguíneos y ligadura separada del bronquio principal, para evitar la posibilidad de embolia aérea, una vez que el pulmón se separa de su lecho.⁷⁻¹⁴ Está indicado realizarla en lesiones de los vasos torácicos y pulmonares grado IV-V en la Escala de Gravedad de la Lesión de la Asociación Americana para la Cirugía del Trauma¹⁵ (*American Association for the Surgery of Trauma-Organ Injury Scale, AAST-OIS*) (*Cuadro 1*) y en complicaciones posteriores, como el “pulmón atrapado”.⁷⁻¹⁴

El uso de “bioprótesis” (material biológico usado para reparar, sustituir o reforzar una estructura anatómica) ha sido un tema de debate desde la década de los años setenta. Las bioprótesis pueden incrementar la resistencia de las líneas de sutura o de grapas a la tensión mecánica producida por la movilidad muscular o por el flujo aéreo o vascular,¹⁶⁻²⁹ ya que disminuyen el cizallamiento del material de sutura o de las grapas sobre el tejido y la posibilidad de ruptura.^{16,19,22,24-27,29} En México no hay estudios experimentales ni de investigación clínica que validen su utilidad para recomendarse en la práctica quirúrgica. Creemos que el uso de bioprótesis para aumentar la resistencia a la tensión en el muñón bronquial puede disminuir la incidencia de una complicación que cambia la evolución del paciente neumonectomizado por trauma, denominada “fístula bronco-pleural” (FBP),^{16,17,20,21,27-43} la cual consiste en la solución de continuidad de la línea de reparación quirúrgica del muñón del bronquio principal debido a tres factores: elevado volumen corriente de ventilación, elevados niveles de presión positiva al final de la espiración y maniobras de reclutamiento alveolar. Los tres factores mencionados son necesarios para ventilar el pulmón afectado, el cual tiene una respuesta pobre, y así tratar de evitar el síndrome de insuficiencia respiratoria progresiva del adulto,^{4-7,10,11} que coexiste comúnmente con la respuesta neuroendocrina al trauma quirúrgico y al choque hemorrágico en estos casos.⁴⁻¹¹ Por lo que creamos un modelo experimental en perros.

Cuadro 1. Escala de gravedad de la lesión pulmonar según la Asociación Americana para la Cirugía del Trauma.

Grado*	Graduación de la lesión pulmonar	
	Tipo de lesión	Descripción**
I	Contusión	Unilateral, < 1 lóbulo.
II	Contusión	Unilateral, un sólo lóbulo
III	Laceración	Neumotórax simple
	Contusión	Unilateral, > 1 lóbulo
	Laceración	Persistente (> 72 horas); fuga de aire de la vía aérea distal
IV	Hematoma	Hematoma intraparenquimatoso no expansivo
	Laceración	Mayor (segmentaria o lobar), fuga de aire
	Hematoma	Hematoma expansivo intraparenquimatoso
	Vascular	Lesión de ramas intrapulmonares primarias
V	Vascular	Lesión de vasos hiliares aislados
VI	Vascular	Transección total no contenida del hilio pulmonar

* Aumentar un grado si hay lesiones múltiples. El hemotórax está registrado bajo la escala de lesión del órgano vascular torácico. ** Basado en la evaluación más precisa de autopsia, cirugía o estudio radiológico.

Material y métodos

Estudio experimental, longitudinal, prospectivo, comparativo.

Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con los lineamientos descritos en la NOM-062-ZOO-1999: Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Se solicitó y se obtuvo autorización del Comité interno para el cuidado y uso de animales de laboratorio, dependiente del Comité de Ética de la Escuela Médico Militar, para realizar este estudio.

El estudio se realizó, de acuerdo con un muestreo de conveniencia, en 60 perros adultos mestizos, vivos, de cualquier sexo, peso entre 12 y 25 kg, edad de 2 a 5 años, de aspecto saludable y sometidos a desparasitación y vacunación, obtenidos del bioterio del Laboratorio de Adiestramiento e Investigación Quirúrgica de la Escuela Médico Militar.

Se dividió al universo de estudio en dos grupos de 30 sujetos cada uno, elegidos por sorteo; al grupo A (control) se le realizó broncorrafia con sutura, sin refuerzo; al grupo B (experimental) se le realizó broncorrafia con sutura, reforzada con bioprótesis autóloga (fragmento de vaina del recto abdominal).

El estudio comenzó con un período de veintiún días de observación en cautiverio, durante el cual se alimentó a los sujetos con croquetas comerciales, con un aporte calórico de 70 a 75 cal/kg/día. Todos los sujetos fueron sometidos a ayuno durante ocho horas preoperatorias.

Luego del período de observación, a cada sujeto (ambos grupos) se le realizó toracotomía abierta anterolateral derecha bajo anestesia general (xilazina 1-3 mg/kg, ketamina 10-20 mg/kg y pentobarbital sódico 25-30 mg/kg), intubación orotraqueal y ventilación mecánica; se localizó el hilio pulmonar; se disecaron las estructuras separando los vasos pulmonares del bronquio principal; se ligaron los vasos pulmonares en bloque con seda 2-0; se pinzó el bronquio principal y se resecó el pulmón, retirándolo del lecho.

A continuación, en los sujetos del grupo A (control) se reparó el muñón bronquial con surjete simple con polipropileno calibre 3-0 con aguja vascular, sin refuerzo (*Figura 1*).

En los sujetos del grupo B (experimental), se reparó el muñón bronquial con surjete simple con polipropileno calibre 3-0 con aguja vascular, reforzándolo con un segmento de la vaina anterior del músculo recto abdominal del lado derecho, de 5 x 2 cm (*Figura 2*) obtenido previamente del mismo sujeto mediante incisión en la línea media abdominal; la bioprótesis autóloga se colocó en el extremo del muñón bronquial y se incluyó en el surjete (*Figura 3*).

En ambos grupos se efectuó una prueba de tensión neumática, como se describe a continuación: a 5 cm proximales al extremo del muñón se pinzó el bronquio principal para construir una asa ciega con un volumen aproximado de 3 a 5 mL; se colocó solución salina en el hemitórax del sujeto y se sumergió en ella el extremo del muñón; se insertó un catéter Jhelco® calibre 14 a una distancia de 1.5 cm proximal a la ligadura y se insufló aire mediante un tensiómetro aneroide



Figura 1. Broncorrafia manual con sutura con surjete simple con material sintético no absorbible.

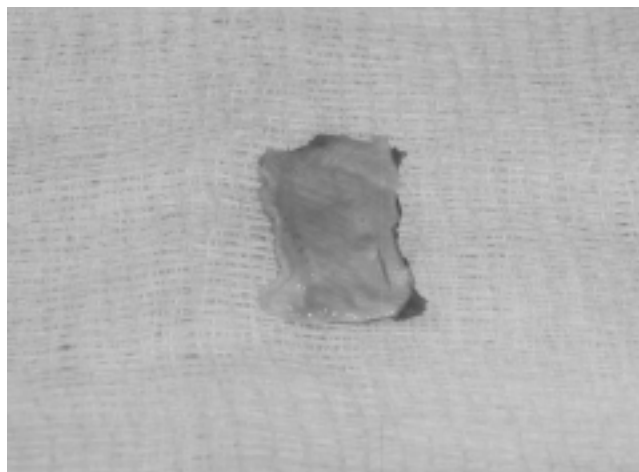


Figura 2. Fragmento de aponeurosis de recto abdominal empelado como bioprótesis para reforzar el muñón bronquial.



Figura 3. Broncorrafia manual en la cual es posible observar el fragmento de aponeurosis de recto abdominal incluido en la línea de sutura.

para medir la presión generada dentro de la asa ciega, valor obtenido a partir de la observación en la escala numérica del tensiómetro.

Para ambos grupos, se consideró “punto de cese de la resistencia de la broncorrafia a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea” a cualquier fuga aérea evidenciada como burbujeo en la solución salina.

Luego de obtener las mediciones se sacrificó a cada sujeto mediante sobredosis de anestesia. Se analizaron las siguientes variables:

- Peso total de cada sujeto, en kilogramos.
- Cantidad de sangrado, en mililitros: cantidad de sangre aspirada por el sistema de succión, más el cálculo de la cantidad de sangre en las gasas (una gasa = 5 mL) y en las compresas (una compresa empapada = 300 mL), desde el momento de la incisión cutánea inicial hasta terminar la broncorrafia (con o sin bioprótesis).
- Tiempo quirúrgico total, en minutos: desde el momento de la incisión en piel hasta terminar la broncorrafia (con o sin bioprótesis).
- Punto de cese de la resistencia de la broncorrafia (con o sin bioprótesis) a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea, en mmHg: en el momento de observar fuga aérea a través de la línea de sutura.
- Tiempo para realizar la broncorrafia, en minutos: a partir del momento en el que se pinzó el bronquio principal, hasta terminar la broncorrafia; en el caso del grupo B, se incluyó el tiempo de obtención del tejido empleado como bioprótesis.
- Tiempo para obtener el injerto de aponeurosis de vaina anterior del recto abdominal, en minutos: desde el momento de la incisión cutánea hasta el retiro del fragmento de aponeurosis.

Los datos obtenidos a partir de las variables de estudio se recolectaron en una hoja diseñada para el efecto. Para

estimar el tamaño de la muestra se empleó la tabulación de Arkin,^{44,45} obteniendo un número de modelos por brazo de estudio para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, poder de estudio = 80% ($\beta = 0.20$) y magnitud del significado de la diferencia de intervención > 50%. Para comparar el valor de las variables cuantitativas obtenidas utilizamos la prueba t, considerando como resultado significativo un valor de $p < 0.05$.⁴⁶ Para efectuar el análisis estadístico, se empleó el programa SPSS® 12.0 para Windows® (SPSS® Inc. 1999, Chicago IL).

Resultados

En las instalaciones del Laboratorio de Adiestramiento e Investigación Quirúrgica de la Escuela Médico Militar se realizó la técnica quirúrgica descrita en material y métodos a un total de sesenta sujetos que cumplieron los criterios de inclusión: treinta del grupo control y treinta del grupo experimental.

No hubo una diferencia significativa en los valores obtenidos a partir de ambos grupos por lo que respecta a: peso de los sujetos [22.9 ± 1.4 (20.8 - 25) vs. 22.8 ± 1.4 kg (20 - 25); $p = 0.908$], magnitud del sangrado [18.4 ± 4.9 (10 - 30) vs. 16.6 ± 6.2 (10 - 30) mL; $p = 0.209$] y tiempo de broncorrafia [12.9 ± 5.4 (6 - 32) vs. 13.1 ± 3.9 min (6 - 20); $p = 0.957$] (*Cuadro 2*).

Sí se encontró diferencia significativa al comparar el tiempo operatorio total [92.9 ± 28.2 (32 - 144) vs. 73.5 ± 16.7 min (45 - 110); $p = 0.002$]; el tiempo fue menor en el grupo en el que se colocó la bioprótesis (*Cuadro 2*). Por lo que respecta al punto de cese de la resistencia de la broncorrafia a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea, en el grupo A (control, sin bioprótesis) fue de 83.7 ± 36.3 mmHg (10 - 220), mientras que en el grupo B (experimental, con bioprótesis) fue de 122.7 ± 55.1 mmHg (51 - 360), encontrándose una diferencia significativa: hubo mayor resistencia en el grupo en el cual se empleó el refuerzo bioprotésico ($p = 0.002$) (*Cuadro 2, Figura 4*). Estudiamos específicamente el tiem-

Cuadro 2. Comparación de valores obtenidos a partir de datos demográficos y operatorios entre los grupos de estudio.

Variable	Grupo A media $\pm$ DS (rango)	Grupo B media $\pm$ DS (rango)	p [§]
Peso (kg)	22.9 ± 1.3 (20.8 - 24.5)	22.9 ± 1.4 (20 - 25)	0.908
Magnitud del sangrado (mL)	18.4 ± 4.9 (10 - 30)	16.6 ± 6.2 (10 - 30)	0.209
Tiempo operatorio total (min)	92.9 ± 28.2 (32 - 144)	73.5 ± 16.6 (45 - 110)	0.002
Punto de cese de la resistencia de la BS a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea (mmHg)	83.7 ± 36.3 (10 - 220)	122.7 ± 55.1 (51 - 360)	0.002
Tiempo de BS (min)	12.3 ± 5.4 (6 - 32)	13.1 ± 4 (6 - 20)	0.957
Tiempo de obtención de injerto tejido para injerto (min)		11.5 ± 3.8 (5 - 20)	

DS: Desviación Estándar. §: Prueba t, considerando un valor estadísticamente significativo $p < 0.05$. kg: kilogramos. mL: mililitros. min: minutos. BS: Broncorrafia con Sutura. mmHg: milímetros de mercurio.

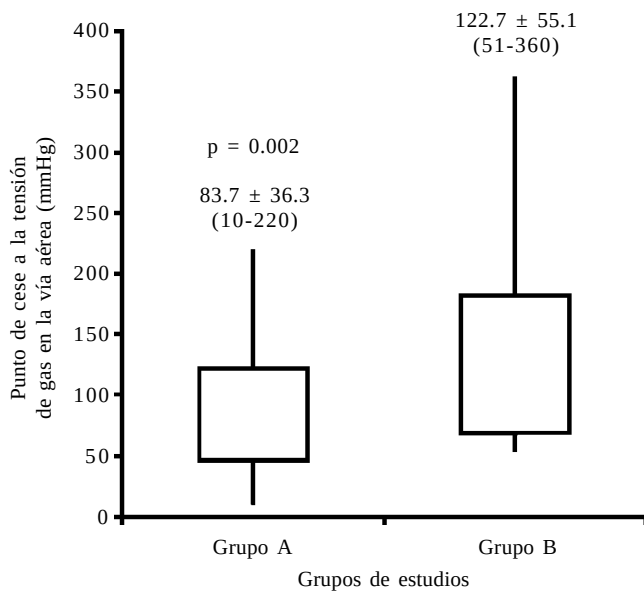


Figura 4. Gráfica comparativa del punto de cese de la resistencia de la broncorrafia manual con sutura a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea (mmHg) entre los grupos de estudio.

po empleado para obtener el injerto de aponeurosis del recto abdominal que fue usado como bioprótesis, encontrando que se requirió un tiempo medio de 11.5 ± 3.7 min (5 - 20) (Cuadro 2).

Discusión

Según el Papiro de Edwin Smith, las lesiones torácicas se conocen desde antes del año 3,000 A.C. Las crónicas griegas revelan casos de penetraciones torácicas y lesiones pulmonares devastadoras. En la *Ilíada* se encuentra una vívida descripción de la muerte de Sarpedon por Patroclo: "...fue penetrado con su lanza, y vimos su corazón latiendo y sus pulmones al respirar derramaban sangre espumosa..."^{4,5,7,11} En los siguientes siglos, eminencias como Galeno, Larrey, Beaumont, Paré y Dupuytren aportaron conocimientos al diagnóstico, terapia no operatoria y tratamiento quirúrgico del trauma pulmonar, pero fue en el final del siglo XIX cuando Duval describió la esternotomía media y en 1906 Spangaro reportó la toracotomía anterolateral izquierda; las mas grandes contribuciones a la cirugía del trauma penetrante.^{5,11} En la Segunda Guerra Mundial se reconoció la necesidad de tratar de forma "conservadoramente agresiva" el trauma pulmonar por medio de la inserción rápida de tubos pleurales; sin embargo, durante la guerra de Corea los cirujanos estadounidenses se enfrentaron a nuevos dilemas en lo que respecta al trauma exsanguinante. Poco se pudo hacer entonces, aún cuando se diseñaron protocolos de evacuación y reanimación avanzada, así como centros de trauma de campaña bien organizados, con capacidad de atención de trauma cardiotorácico. Empero, tanto en este conflicto como en el de Vietnam, la sobrevida del paciente con trauma torácico fue muy baja.^{4,5,8,9}

La experiencia obtenida de escenarios civiles y militares ha demostrado que los procedimientos cruentos como las resecciones anatómicas y el intento de efectuar reparaciones vasculares en trauma pulmonar con alto índice de gravedad son potencialmente mortales y poco tolerados por los pacientes graves. Los pacientes con trauma grave desarrollan fácilmente "la tetrada de Asensio" al someterlos a un procedimiento quirúrgico largo, lo que les ocasiona daño fisiológico irreversible o la muerte.^{10,47} El manejo temporal de las lesiones o "control de daños" debe de formar parte de las estrategias de los cirujanos de trauma y consiste en el control rápido del sangrado y de las fugas aéreas y gastrointestinales, resecciones rápidas de tejido desvitalizado y cierre reversible de cavidades corporales, con el fin de llevar al paciente a una Unidad de Terapia Intensiva para su recuperación metabólica; y luego de alcanzarse ese objetivo, efectuar la cirugía definitiva 24 a 72 horas después.⁴⁷ El progreso en la terapia del trauma grave en pacientes críticos se ha basado por tanto en la práctica de técnicas lo más cortas y simples posibles, como la neumonectomía.^{6,8,10-13,47}

De 9 a 15% de los pacientes con trauma torácico requieren de toracotomía y de 3 a 30% ameritan algún tipo de resección pulmonar.^{4,10,12} Hay casos, tales como las lesiones pulmonares grados IV-V de la Escala de Graduación de la Asociación Americana para la Cirugía del Trauma¹⁵ (Cuadro 1) en los que la neumonectomía es indispensable.^{6,8,10-13,47} Esta técnica quirúrgica, si bien representa una posibilidad última de sobrevivir para un paciente con una lesión pulmonar devastadora, también es un factor predictivo independiente de mortalidad, no sólo por la naturaleza de la lesión que la motivó, sino también por las profundas alteraciones anatómicas y fisiológicas que induce en el paciente.^{5,6,10,11}

- Isquemia súbita del pulmón pinzado.
- Gran aumento súbito de la post-carga del ventrículo derecho.
- Disminución de la oxigenación y de la ventilación del pulmón pinzado.

Otro factor que no se ha estudiado detalladamente, pero que contribuye al deterioro del estado de estos pacientes es la lesión por reperusión tanto en el pulmón pinzado como en el que no está lesionado.^{5,11} En la serie de Huh,¹⁴ que estudió a 371 pacientes con trauma pulmonar, fue necesaria una neumonectomía en 8% de los casos, con mortalidad de 67%; mientras que Karmy-Jones¹² reportó en su estudio multi-institucional, consistente en 143 pacientes con lesiones pulmonares, que 1% de los casos se manejaron con neumonectomía, con una mortalidad de 50%.

La FBP es una complicación postoperatoria, muy temida y potencialmente letal en la neumonectomía por trauma, descrita puntualmente por Asensio y García Núñez;¹¹ requiere de múltiples intervenciones médicas y quirúrgicas, prolonga la hospitalización y ocasiona morbilidad y mortalidad elevadas. Su incidencia varía en la literatura: de 0.5% a 12%,^{6,8,10-14,16-43,47} lo que se debe a la naturaleza de los manus-

critos donde se señala (reportes de casos y series cortas). Karmy-Jones¹² en su estudio multi-institucional reportó una incidencia de 0.5% y mortalidad de 100%; mientras que Wagner¹³ en la serie mas grande reportó una incidencia de 25% entre 12 pacientes, con mortalidad de 66%. En los pacientes traumatizados existen factores claramente relacionados con la aparición de FBP como:^{6,10-14,16-43,47}

- Ventilación mecánica, necesaria en 8% de los pacientes traumatizados y hasta en 88% de los casos que padecen lesiones graves.
- Muñón bronquial largo que predispone a isquemia y necrosis.
- Técnica deficiente de broncorrafia.
- Estado de choque.

La FBP consiste en una ruptura de la línea de reparación bronquial que ocasiona una fuga aérea de magnitud variable, resultante de la comunicación de la luz bronquial y el espacio pleural. Provoca alteraciones en la evolución postoperatoria del paciente al que se le realizó neumonectomía por trauma por:

- Potencial de causar toracopatía hipertensiva.
- Alteraciones en la relación entre ventilación y perfusión (V/Q), ya que con un mismo aporte de volumen corriente, el pulmón sano no ventila eficazmente, con disminución del volumen máximo de oxígeno (VO₂ max).
- Filtración de secreciones a la pleura y al mediastino y sepsis.^{16,17,20,21,27-43}

Se han implementado estrategias preventivas (limitación del periodo de ventilación mecánica, ventilación con bajo volumen corriente y ventilación de alta frecuencia con Percussionator®)¹¹ y terapéuticas (broncoscopia con instilación de cianoacrilatos^{22,23,25} y sellantes de fibrina,^{18,22,23,36} toracoscopia para broncorrafia o sello bronquial,^{27,39-41} uso de material protésico^{13,18-20,37,38,40} y toracotomía con reparación bronquial,^{17,19,21,26,33} que puede representar un trauma adicional -“second hit”-⁴⁷ e incrementar la morbilidad), todas ellas sin eficacia comprobada o con valor como paradigma en la literatura.

Por lo que respecta al uso del material protésico, desde 1997 De Groot,³⁷ reportó la utilidad del refuerzo bronquial con pericardio bovino en dos pacientes, uno de ellos reoperado por FBP persistente. El uso de material protésico para reforzar el muñón bronquial también fue reportado en 2001 por Mawatari¹⁸ en un paciente sometido a neumonectomía por patología infecciosa y afirmó que el refuerzo es una eficaz medida preventiva y que el material autólogo puede ser fácilmente obtenido del paciente, sin consecuencias. En 2004, Knott¹⁹ reportó el uso del pericardio bovino ya señalado por De Groot³⁷ para reconstruir una ruptura bronquial en un paciente con FBP persistente iatrogénica. En 2006 Haraguchi³⁸ reportó un estudio de serie de 12 pacientes oncológicos con FBP: empleó colgajos pediculados intercostales en cinco de ellos, con una tasa de éxito de 80%, pero con mortalidad de 100% en los que la estrategia falló. En relación con los aspectos clínicos de la neumonectomía por

trauma, Wagner¹³ hace mención de tres casos en los cuales se desarrolló FBP, uno de los cuales fue sometido a reoperación para realizarle broncorrafia con prótesis biológica: ninguno sobrevivió. Mathisen²⁰ reportó el empleo de colgajos pediculados vitalizados (omento) para el manejo de ciertos tipos de lesiones torácicas, entre las cuales se encuentra la FBP, con resultados sin validez estadística. En la única fuente comparable publicada en su campo experimental, en 2005 Downey⁴⁰ reportó que el refuerzo de la línea de broncorrafia con submucosa intestinal porcina incrementa significativamente la resistencia a la presión intrabronquial (hasta 75%), sin hacer mención sobre detalles de los tiempos quirúrgicos.

Desafortunadamente y con fundamento en lo anterior, no hay bases de datos sólidas con las que se pueda comparar nuestros resultados; las series clínicas^{7-9,12-14,16-43} y experimentales⁴⁰ existentes no permiten estratificar variables similares de estudio y efectuar estimaciones de comparación. En nuestro análisis no hubo diferencia en la magnitud del sangrado operatorio (18.4 ± 4.9 [10 - 30] vs. 16.6 ± 6.2 [10 - 30] mL; $p = 0.209$); sin embargo, eso tiene poca trascendencia y no es posible extrapolar el escenario a un ambiente de trauma, ya que aún cuando atendimos los principios de la técnica de neumonectomía por trauma (ligadura vascular en bloque y manejo separado del bronquio principal), efectuamos la broncorrafia en un ambiente electivo; el hecho de colocar el refuerzo con bioprótesis no modificó significativamente el tiempo de broncorrafia (12.9 ± 5.4 [6 - 32] vs. 13.1 ± 3.9 [6 - 20] min; $p = 0.002$). Nos llama la atención la diferencia a favor de un tiempo operatorio más corto en el grupo en el cual reforzamos la línea de reparación bronquial con bioprótesis (92.9 ± 28.2 [32 - 144] vs. 73.5 ± 16.6 [45 - 110] min; $p = 0.002$) aún cuando el tiempo de obtención del injerto fue 11.5 ± 3.7 min [5 - 20]. Sin embargo, no otorgamos importancia cardinal a que la técnica con bioprótesis es más breve (ya que aun cuando hay una diferencia significativa, es producto de una serie experimental limitada en número de casos) sino a que no prolonga significativamente el tiempo quirúrgico. Es claro que el refuerzo del muñón bronquial con bioprótesis aumenta la resistencia del mismo a la tensión aérea de manera significativa (grupo A 83.7 ± 36.3 [10 - 220] vs. grupo B 122.7 ± 55.1 [51 - 360] mmHg; $p = 0.002$).

Nuestra experiencia clínica en el uso de esta técnica operatoria, a similitud de varios centros de trauma, se limita a un sólo paciente traumatizado,⁶ en quien se obtuvieron excelentes resultados. Desgraciadamente, no hay series clínicas que validen el empleo de esta estrategia en la práctica quirúrgica. Deseamos que los resultados obtenidos en este estudio experimental estimulen la investigación de otras estrategias de reforzamiento del muñón bronquial, solas o en conjunto, y con esto, disminuir la posibilidad de aparición de FBP.

Conclusiones

En este estudio, la obtención de la bioprótesis no aumentó el tiempo operatorio total; y su colocación no aumentó el tiempo de la broncorrafia con sutura.

Cuando el muñón bronquial se reforzó con una bioprótesis autóloga, se incrementó significativamente el punto de cese de la resistencia de la broncorrafia a la tensión generada por el flujo de gas en la vía aérea.

Es posible que el uso de bioprótesis disminuya la posibilidad de desarrollar FBP en pacientes neumonectomizados por trauma.

Referencias

1. American College of Surgeons. National Trauma Data Bank [citado 20 Mar 2008][11 pantallas]. Disponible en: URL: <http://www.ntdbdatacenter.com/>
2. INEGI. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica [citado 20 Mar 2008][5 pantallas] Disponible en: URL: <http://www.inegi.gob.mx/>
3. Illescas FGJ. Epidemiología de trauma en la ciudad de México. *Trauma* 2003; 6(2): 40-3
4. Díaz JCM, Sesma AAG, Elola AM, Domene PO, González JAA. Traumatismo torácico penetrante. En: Asensio GJA, Meneu DJC, Moreno GE (Eds). *Traumatismos. Fisiopatología, diagnóstico y tratamiento*. 4a Ed. Madrid: Jarpay; 2005, p. 1-24.
5. Asensio JA, García-Núñez LM, Petrone P. Trauma to the heart. En: Feliciano DV, Mattox KL, Moore EE (Eds.). *Trauma*. 6th Ed. Nueva York: McGraw-Hill; 2008; p. 569-88.
6. García-Núñez LM, Delgado AJLG, Núñez CO, Duarte CKJ, Takakura DA, Magaña SIJ. Trauma torácico penetrante de alto índice de gravedad anatómica: casos donde la noción de rapidez y secuencia es crítica. *Rev Sanid Milit Mex* 2009; 63(3): 141-5.
7. Graham JM, Mattox KL, Beall AC Jr. Penetrating trauma of the lung. *J Trauma* 1979; 19(9): 665-9.
8. Wienczek RG Jr, Wilson RF. Central lung injuries: a need for early vascular control. *J Trauma* 1988; 28(10): 1418-24.
9. Powell RJ, Redan JA, Swan KG. The hilar snare, an improved technique for securing rapid vascular control of the pulmonary hilum. *J Trauma* 1990; 30(2): 208-10.
10. Asensio JA, Petrone P, García-Núñez LM, Deckelbaum DL. Emergency Department Thoracotomy. En: Asensio JA, Trunkey DD (Eds.). *Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care*. 4th Ed. Philadelphia: Mosby-Elsevier; 2008, p. 114-24.
11. Asensio JA, García-Núñez LM, Petrone P, King D. Operative management of pulmonary injuries: lung-sparing and formal resections. En: Asensio JA, Trunkey DD (Eds.). *Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care*. 2nd Ed. Philadelphia: Mosby-Elsevier; 2008, p. 282-95.
12. Karmy-Jones R, Jurkovich G J, Shatz D V, Brundage S, Wall M J, Engelhardt S, et al. Management of traumatic lung injury: a Western Trauma Association Multicenter review. *J Trauma* 2001; 51(6): 1049-53.
13. Wagner JW, Obeid FN, Karmy-Jones RC, Casey GD, Sorensen VJ, Horst HM. Trauma pneumonectomy revisited: the role of simultaneously stapled pneumonectomy. *J Trauma* 1996; 40(4): 590-4.
14. Huh J, Wall MJ Jr, Estrera AL, Soltero ER, Mattox KL. Surgical management of traumatic pulmonary injury. *Am J Surg* 2003; 186(6): 620-4.
15. Moore EE, Malangoni MA, Cogbill TH, Shackford SR, Champion HR, Jurkovich GJ, et al. Organ injury scaling. IV: Thoracic vascular, lung, cardiac and diaphragm. *J Trauma* 1994; 36(3): 299-300.
16. Klepetko W, Taghavi S, Pereszlenyi A, Bîrsan T, Groetzner J, Kupilik N, et al. Impact of a different coverage techniques on incidence of postpneumonectomy stump fistula. *Eur J Cardiothorac Surg* 1999; 15(6): 758-63.
17. Ginsberg RJ, Pearson FG, Cooper JD, Spratt E, Deslauriers J, Goldberg M, et al. Closure of chronic postpneumonectomy bronchopleural fistula using the transsternal transpericardial approach. *Ann Thorac Surg* 1989; 47(2): 231-5.
18. Mawatari T, Watanabe T, Takahashi N, Kusajima K, Nakamura M, Koshio T, et al. Bronchial stump reinforcement in right pneumonectomy with fascia lata and gelatin resorcin formalin (GRF) glue: case report. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 7(3): 159-61.
19. Daniel Knott P, Lorenz RR, Eliachar I, Murthy SC. Reconstruction of a tracheobronchial tree disruption with bovine pericardium. *Interact Cardio Vasc Thorac Surg* 2004; 3(4): 554-6.
20. Mathisen DJ, Grillo HC, Vlahakes GJ, Daggett WM. The omentum in the management of complicated cardiothoracic problems. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 95(4): 677-84.
21. López PLJ, López RC, Baamonde LJ, Freixinet GFJ, Cerezo MA, Salvatierra V. Tratamiento de la fístula broncopulmonar crónica postneumonectomía mediante trasposiciones musculares intratorácicas. *Neumosur* 1993; 5(1): 13-8.
22. Olmos-Zúñiga JR, Jasso-Victoria R, Sotres-Vega A, Cedillo LI, Gaxiola GM, Santillán DPY. Assessment of glutaraldehyde preserved bovine pericardium in non-anatomic resection of lung tissue in dogs (experimental study). *J Investig Surg* 2001; 14(1): 1-8.
23. Peddle E, Janssen LJ. E-Ring isoprostanes evoke chloride current in bovine bronchial epithelium. *Med Hypotheses Res* 2(4): 573-9.
24. Stolf NA, França Neto L, Costa R, Beyruti R, Santos P, Arruda RM. Fechamento do coto bronquico com retalho de duramater homóloga conservada em glicerina. *AMB Rev Assoc Med Bras* 1981; 27(7): 211-3.
25. Tarasov VA, Makhkamov AS, Sharov IuK, Boiarkin GM, Pobegalov ES. [A new technique of closing bronchial stump in extended or combined pneumonectomy]. [Ruso]. *Vopr Onkol* 2006; 52(5): 556-9.
26. Zieliński M, Malejczyk J. Doswiadczalne zamykanie siecia oskrzela glownego po pneumonektomii. *Pol Merkuriusz Lek* 2001; 11(64): 323-6.
27. Orzheshkovskii OV, Gridnev AV, Reshetov AV, Aleinikova OV. Ispol'zovanie bol'shogo sal'nika na nozhke pri pnevmonektomiiakh dlia profilaktiki bronkhial'nykh svishchei. *Grud Serdechno-sosudistaia Khir* 1991; (1): 40-2.
28. Müller LC, Abendstein B, Salzer GM. Use of the greater omentum for treatment and prophylaxis of anastomotic and stump dehiscence in major airway surgery. *Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 40(6): 323-5.
29. Chichevato D, Gorshenev A. Omentoplasty in treatment of early bronchopleural fistulas after pneumonectomy. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2005; 13(3): 211-6.
30. Deschamps C, Bernard A, Nichols FC, Allen MS, Miller DL, Trastek VF. Empyema and bronchopleural fistula after pneumonectomy: factors affecting incidence. *Ann Thorac Surg* 2001; 72(1): 243-7; discussion 248.
31. Asamura H, Naruke T, Tsuchiya R, Goya T, Kondo H, Suemasu K. Bronchopleural fistulas associated with lung cancer operations. Univariate and multivariate analysis of risk factors, management, and outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1992; 104(5): 1456-64.
32. Hollaus PH, Lax F, el-Nashef BB, Hauck HH, Lucciarini P, Pridun NS. Natural history of bronchopleural fistula after pneumonectomy: a review of 96 cases. *Ann Thorac Surg* 1997; 63(5): 1391-6; discussion 1396-7.
33. Padhi RK, Lynn RB. The management of bronchopleural fistulas. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1960; 39: 385-93.
34. Abruzzini P. Trattamento chirurgico delle fistule del bronco principale consecutiva a pneumonectomia per tubercolosi. *Chir Torac* 1961; 14: 165-71.
35. Perelman MI, Ambatjello GP. Transpleuraler, transsternaler und kontralateraler Zugang bei Operationen wegen Bronchialfistel nach Pneumonektomie. *Thoraxchirurgie* 1970; 18: 45-57.
36. Shimizu J, Tazikawa M, Yachi T, Arano Y, Hirano Y, Waseda R, et al. Postoperative bronchial stump fistula responding well to occlusion with metallic coils and fibrin glue via a tracheotomy: A case report. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 11(2): 104-8.
37. De Groot M, Douie W. Postpneumonectomy stump fistula in a ventilated patient. *Ann Thorac Surg* 1997; 63(2): 552-4.

38. Haraguchi S, Koizumi K, Hioki M, Hirata T, Hirai K, Mikami I, et al. Analysis of risk factors for postpneumonectomy bronchopleural fistulas in patients with lung cancer. *J Nippon Med Sch* 2006; 73(6): 314-9.
39. , Testori A, Cioffi U, De Simone M, Alloisio M, Galliera M, et al. Healing of bronchopleural fistula using a modified Dumon stent: a case report. *J Cardiothorac Surg* 2006; 1: 16.
40. Downey DM, Michel M, Harre JG, Pratt JW. Functional assessment of a new staple and reinforcement in lung resection. *J Surg Research* 2006; 131(1): 49-52.
41. Yoshida K, Saito G. Two successful cases in the treatment of postoperative bronchial stump fistulae. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 11(3): 194-7.
42. Jansen JP, Brutel de la Rivière A, Alting MP, Westermann CJ, Bergstein PG, Duurkens VA.. Postneumonectomy syndrome in adulthood. Surgical correction using an expandable prosthesis. *Chest* 1992; 101(4): 1167-70.
43. Nakamura Y, Ohata M, Kawabe K, Ueda A, Itoh K, Fujimoto H, et al. Left postpneumonectomy syndrome successfully treated with endobronchial stent. *Intern Med* 1998; 37(19): 880-3.
44. Jones JB. Research fundamentals: statistical considerations in research design: a simple person's approach. *Acad Emerg Med* 2000; 7(2): 194-9.
45. Guller U, DeLong ER. Interpreting statistics in medical literature: a vade mecum for surgeons. *J Am Coll Surg* 2004; 198(3): 441-58; comment in: *J Am Coll Surg* 2004; 199(1): 170.
46. Bhandari M, Pape HC, Giannoudis PV. Issues in the planning and conduct of randomized trials. *Injury* 2006; 37(4): 349-54.
47. Mohr AM, Asensio JA, Karsidag T, García-Núñez LM. Exsanguination: reliable models to indicate damage control. En: Asensio JA, Trunkey DD (Eds.). *Current Therapy of Trauma and Surgical Critical Care*. 3a Ed. Philadelphia: Mosby-Elsevier; 2008, p. 445-8.

Lista completa de autores:

1. Tte. Cor. M.C. Luis Manuel **García-Núñez FAMSUS.**
2. Cap.1/o. Pas. Med. Salvador **Santiesteban-Meneses.**
3. Cap.1/o. Pas. Med. Abraham Mitzu **Pliego-Hernández.**
4. Cap.1/o. Pas. Med. Aline **Pineda-Cerón.**
5. Mayor M.C. Olliver **Núñez-Cantú.**
6. Tte. Cor. M.C. José Lauro Gilberto **Delgado-Arámburo.**
7. Tte. Cor. M.C. Ruy **Cabello-Pasini.**
8. Tte. Cor. M.C. José María **Rivera-Cruz.**
9. Mayor M.C. Edgar Fernando **Hernández-García.**
10. M.C. Karla Josefina **Duarte-Camacho.**
11. Mayor M.C. Filiberto **Dávila-Serapio.**

