

# Cirugía de reducción de volumen pulmonar en pacientes con enfisema

F. Saldías y J.I. Sznajder

Division of Pulmonary and Critical Care Medicine, Michael Reese Hospital and Medical Center, University of Illinois, Chicago.

## Introducción

El enfisema pulmonar es una enfermedad crónica progresiva invalidante, ligada al consumo de tabaco de la población, con un incremento significativo en las tasas de mortalidad durante la última década<sup>1</sup>. El tratamiento médico convencional para los pacientes con enfisema ha tenido un impacto limitado en la calidad de vida y supervivencia de los enfermos, lo cual ha estimulado la búsqueda de nuevas modalidades terapéuticas, incluyendo la cirugía de reducción de volumen pulmonar (CRVP)<sup>2,3</sup>.

La CRVP para pacientes con enfisema pulmonar en etapa avanzada fue propuesta hace más de 35 años<sup>4,5</sup>, donde se obtuvo mejoría clínica significativa en el 75% de los pacientes, la cual en algunos casos persistió durante un período superior a 5 años. Sin embargo, el procedimiento estuvo asociado a una elevada mortalidad postoperatoria (16%) y no se realizaron estudios funcionales objetivos que sustentaran la mejoría subjetiva de los enfermos.

A comienzos de esta década, la cirugía videoasistida unilateral con láser para la ablación de bulas en pacientes con enfisema reportó una mortalidad del 14% a los 3 meses y un 36% de mejoría en el volumen espiratorio forzado del primer segundo<sup>6</sup>. Sin embargo, la magnitud de la mejoría funcional fue artificialmente elevada por la inclusión de pacientes con bulas gigantes, en los cuales el beneficio de la cirugía ha sido ampliamente documentado<sup>7-9</sup>. Recientemente, un equipo con amplia experiencia en trasplante pulmonar ha replanteado la CRVP realizando esternotomía y resección pulmonar bilateral con estapler, obteniendo mejoría significativa de la función respiratoria, magnitud de la disnea, tolerancia al ejercicio y calidad de vida de los enfermos<sup>10,11</sup>.

Seguido a esto, innumerables centros en los EE.UU. han procedido de forma incontrolada a operar pacientes con EPOC con diversas técnicas y resultados varia-

bles<sup>6,12-23</sup>. Tanto es así, que la CRVP fue propuesta como el equivalente de la cirugía de revascularización miocárdica en pacientes con cardiopatía coronaria. Este ímpetu inicial ha disminuido significativamente desde que Medicare (el sistema de seguro de salud en los EE.UU. para la población mayor de 65 años) rehusara pagar por esta cirugía de coste elevado y resultados dispares. A mediados de 1996, el Instituto Nacional de Salud de los EE.UU. (NIH) con el apoyo de Medicare llamaron a licitación a los centros asistenciales que contaran con el equipo técnico, tuvieran más de 50 casos de experiencia y capacidad de enrolar y estudiar prospectivamente 150 pacientes por año, con el propósito de que evaluaran tres modalidades terapéuticas: a) rehabilitación pulmonar exclusiva; b) CRVP mediante esternotomía, y c) CRVP bilateral mediante toracoscopia. Alrededor de 20 centros fueron elegidos para evaluar cerca de un millar de pacientes con EPOC avanzada en los próximos 6 años y comparar los resultados fisiológicos, así como la morbilidad y mortalidad entre los tres métodos de tratamiento. Esto constituye un paso activo de los NIH de los EE.UU. para intentar determinar si esta forma de cirugía, que puede llegar a costar billones de dólares al año, es efectiva y puede mejorar la calidad de vida del paciente enfisematoso. A continuación describimos con más detalle la implementación de la CRVP.

## Indicaciones

Se recomienda la CRVP en pacientes con enfisema pulmonar avanzado no asociado a otras modalidades de EPOC, correspondiendo a los grados 3 y 4 en la escala de disnea modificada del Medical Research Council. En el estudio radiográfico se observa acentuada hiperinsuflación pulmonar, la cual se evidencia en la radiografía de tórax por diafragmas aplanados, aumento del diámetro anteroposterior y translucidez del parénquima pulmonar. La magnitud y distribución del enfisema pulmonar puede ser evaluada mediante tomografía computarizada de tórax de alta resolución. El estudio funcional respiratorio que incluye espirometría y medición de volúmenes pulmonares mediante pletismografía revela obstrucción grave irreversible del flujo aéreo asociado a un aumento del aire atrapado, evidenciado por un marcado aumento del volumen residual. Estos pacientes suelen presentar

Correspondencia: Dr. J.I. Sznajder.  
División of Pulmonary and Critical Care Medicine.  
Michael Reese Hospital and Medical Center.  
2929 S. Ellis Avenue, RC-216.  
Chicago, IL 60616.

Recibido: 3-2-97; aceptado para su publicación: 12-2-97.

*Arch Bronconeumol* 1997; 33: 263-267

desaturación arterial durante el ejercicio e hipoxemia en reposo, requiriendo suplementación de oxígeno.

### Objetivos de la CRVP

El enfisema ocasiona un cierre precoz de la vía aérea periférica asociado a una reducción en los flujos espiratorios e hiperinsuflación pulmonar progresiva. El gas atrapado en los pulmones restringe la capacidad inspiratoria, afecta a la eficiencia de los músculos inspiratorios y aumenta el trabajo respiratorio del paciente enfisematoso. El propósito de la cirugía es reseca las zonas más disfuncionales del parénquima pulmonar, conservando las zonas con mejor relación ventilación-perfusión e intercambio gaseoso. Esto determina un aumento en la tracción elástica circunferencial sobre la vía aérea pequeña y reducción en el grado de hiperinsuflación pulmonar, obteniéndose una mejoría en los flujos espiratorios y disminución en el volumen residual después de la cirugía. De este modo, el paciente ideal es aquel que presenta zonas heterogéneas de enfisema evidenciado en la tomografía computarizada de tórax y cintigrafía ventilación-perfusión. El paciente con enfisema difuso homogéneo y/o acentuada destrucción del parénquima pulmonar ( $VEF_1 < 20\%$  teórico) suele ser excluido de los programas de CRVP, siendo sólo candidato apropiado para programas de trasplante pulmonar.

Se han propuesto por lo menos cuatro mecanismos diferentes para intentar explicar la mejoría sintomática y funcional después de la CRVP.

1. *Retracción elástica pulmonar.* Brantigan et al plantearon que la resección de segmentos periféricos del parénquima pulmonar permitiría aumentar la tracción elástica sobre la vía aérea periférica en la medida que el pulmón remanente se reexpandiera para ocupar el volumen de la caja torácica<sup>4,5</sup>. Estudios recientes han permitido documentar estos cambios en la retracción elástica pulmonar<sup>24,25</sup> y resistencia a los flujos espiratorios<sup>12</sup> después de la cirugía.

2. *Relación ventilación-perfusión.* En el enfisema, la presencia de zonas hiperinsufladas puede ocasionar atelectasia de regiones adyacentes, comprometiendo su ventilación y aumentando el *shunt* intrapulmonar, causando hipoxemia en estos enfermos. La resección del pulmón disfuncionante puede mejorar los trastornos del intercambio gaseoso mediante la remoción de las áreas con *shunt* y peor relación ventilación-perfusión.

3. *Músculos respiratorios.* Considerando que el diafragma y los músculos intercostales tienen una longitud óptima en la cual son capaces de generar una máxima tensión, la hiperinsuflación pulmonar deteriora la eficiencia, fuerza y tolerancia a la fatiga de los músculos respiratorios. La CRVP permite mejorar la configuración de la caja torácica y del diafragma, aumentando la eficiencia de la musculatura respiratoria<sup>26</sup>.

4. *Cambios hemodinámicos.* Se ha planteado que la CRVP puede tener efectos favorables sobre la función miocárdica, disminuyendo la poscarga del ventrículo derecho mediante el reclutamiento de capilares pulmonares desde las zonas hipoperfundidas después de la expansión del pulmón atelectásico. Además, la cirugía

permite reducir la magnitud de la hiperinsuflación y PEEP intrínseco que pueden afectar el retorno venoso sistémico, la poscarga del ventrículo derecho y el trabajo respiratorio<sup>27-31</sup>.

### Evaluación preoperatoria

La evaluación inicial considera la historia clínica, el examen físico, el perfil bioquímico, la radiografía de tórax y el electrocardiograma estándar. La tomografía computarizada de tórax permite definir mejor los cambios estructurales asociados con el enfisema y descartar la presencia de morbilidad asociada, como una neoplasia pulmonar o bronquiectasias. En la mayoría de los programas se solicita una cintigrafía pulmonar de ventilación-perfusión cuantitativa que permite identificar diferencias regionales en la ventilación y perfusión, y seleccionar las porciones más disfuncionales del parénquima pulmonar para ser reseca. La ecocardiografía con Doppler se utiliza para evaluar la función miocárdica, considerando sus limitaciones técnicas en pacientes con hiperinsuflación pulmonar. La pesquisa de signos indicativos de hipertensión pulmonar, como insuficiencia valvular pulmonar y/o tricuspídea, hipertrofia y/o dilatación de cavidades derechas, obliga a efectuar un estudio hemodinámico invasivo para confirmar o descartar este diagnóstico.

En la evaluación funcional pulmonar se incluye una espirometría y medición de volúmenes pulmonares mediante pletismografía. Los volúmenes medidos por la técnica de dilución de gases suelen subestimar la magnitud del gas atrapado y el volumen residual en pacientes con enfisema avanzado, siendo esta discrepancia utilizada para estimar la magnitud del pulmón disfuncionante<sup>10</sup>. La prueba de marcha de 6 min ha sido empleada en la evaluación funcional de los pacientes con EPOC, incluyendo aquellos sometidos a trasplante pulmonar, programas de rehabilitación física, y también en los candidatos a cirugía resectiva. Finalmente, en varios centros se realiza una prueba de ejercicio cardiopulmonar para evaluar la condición cardiorrespiratoria del enfermo antes de la cirugía.

Considerando que sólo un 10-30% de los enfermos referidos para CRVP son aceptados en los distintos programas<sup>12-14</sup>, los principales criterios de inclusión y exclusión empleados son los siguientes:

#### Criterios de inclusión

1. Portador de enfisema pulmonar avanzado.
2. Disnea invalidante (grados 3 y 4 según la escala de disnea modificada del Medical Research Council).
3.  $VEF_1$  posbroncodilatador entre el 20 y el 40% del valor teórico.
4. Volumen residual (por pletismografía) superior al 200% del valor teórico.
5. Evidencias de hiperinsuflación pulmonar en la radiografía y TAC de tórax.
6. Distribución heterogénea del enfisema evidenciado mediante tomografía y cintigrafía pulmonar cuantitativa.

7. Capacidad de participar en un programa de rehabilitación pulmonar preoperatoria.

#### *Criterios de exclusión*

1. Edad superior a los 80 años.
2. Consumo de tabaco durante los últimos 6 meses.
3. Presencia de hipertensión pulmonar (presión sistólica > 45 mmHg, media > 35 mmHg).
4. PaCO<sub>2</sub> mayor de 55 mmHg.
5. Obesidad mórbida o desnutrición no controlada.
6. Cardiopatía coronaria y/o disfunción del ventrículo izquierdo significativa.
7. Presencia de otra condición médica que limite las expectativas de vida del enfermo (p. ej., neoplasia no controlada, insuficiencia cardíaca congestiva, cirrosis hepática, etc.).
8. Dependencia de ventilación mecánica.
9. Presencia de bronquitis crónica, cifoscoliosis severa, bronquiectasias o asma bronquial.

#### **Manejo preoperatorio**

El paciente aceptado para CRVP debe ingresar en un programa de rehabilitación física formal supervisado que incluya ejercicios respiratorios, fortalecimiento muscular, repleción nutricional y acondicionamiento físico global. Durante el ejercicio debe monitorizarse la SaO<sub>2</sub> y en caso necesario se administrará oxígeno suplementario para mantener la SaO<sub>2</sub> por encima del 90%. El objetivo del programa es lograr que el paciente realice 30 min de ejercicio ininterrumpido en un *treadmill* o bicicleta ergonómica. En los pacientes que reciben dosis elevadas de esteroides, se intenta reducir su dosis al mínimo e idealmente lograr su suspensión antes de la cirugía. Los esteroides inhalatorios pueden ser de utilidad para cumplir este objetivo.

La utilidad de la rehabilitación pulmonar preoperatoria es motivo de controversia, especialmente considerando su elevado coste económico y la condición física precaria de muchos enfermos. En algunas instituciones se excluye de la cirugía a los pacientes que no cumplen este requisito<sup>12,14</sup>, mientras que en otros centros se intenta incluir a todos los enfermos en un programa de rehabilitación preoperatoria pero no se excluyen de la cirugía a quienes no pueden cumplir con los objetivos del mismo<sup>15-17</sup>.

#### **Técnicas quirúrgicas**

En los últimos 5 años han aparecido publicaciones que comunican los resultados de la CRVP en pacientes con enfisema pulmonar avanzado, en los cuales se han empleado diferentes vías de abordaje quirúrgico (esternotomía, toracotomía y toracoscopía) y técnicas quirúrgicas (ablación de bulas con láser y/o resección de parénquima con estapler).

#### *Cirugía con láser*

La cirugía con láser ha sido utilizada para la ablación de bulas en los enfermos con enfisema avanzado, con

tasas de mortalidad que oscilan entre el 0 y el 18%<sup>6,18,19</sup>. Se han observado incrementos moderados de los flujos espiratorios (el 13-30% de aumento en el VEF<sub>1</sub>), mejora de la capacidad funcional en la prueba de marcha y ejercicio, y reducción en los requerimientos de oxígeno en grupos seleccionados de enfermos. La permanencia en el hospital osciló entre 11-13 días, siendo la pérdida de aire persistente un problema prevalente en el período postoperatorio inmediato. En un estudio prospectivo controlado, McKenna et al<sup>16</sup> compararon la eficacia de la bulectomía con Nd:YAG láser y la cirugía resectiva unilateral con estapler en 72 pacientes con enfisema difuso. La selección de los enfermos y la mortalidad operatoria fue similar, pero los pacientes sometidos a cirugía resectiva con estapler presentaron un mayor incremento del VEF<sub>1</sub> y disminución de los requerimientos de oxígeno en el postoperatorio.

En los estudios descritos, se realizó cirugía vídeo-asistida unilateral para la ablación de bulas en pacientes con enfisema avanzado (VEF<sub>1</sub> promedio: 0,63-0,75 l), empleándose distintas técnicas de láser (CO<sub>2</sub> frente a Nd:YAG, rayo libre frente a de contacto); se obtuvo mejoría de la disnea, aumento de los flujos espiratorios y capacidad de ejercicio. Sin embargo, los cambios han sido de menor magnitud que los obtenidos con la cirugía convencional con estapler.

#### *Cirugía combinada*

En un grupo de 28 pacientes utilizando cirugía vídeo-asistida con estapler asociado a ablación de bulas con láser, no hubo mortalidad operatoria pero sí tres decesos tardíos, y pérdidas prolongadas de aire ocurrieron en el 42% de los casos<sup>20</sup>. Se observó una mejoría subjetiva en el 79% de los enfermos, el VEF<sub>1</sub> aumentó un 34% y algunos pacientes pudieron suspender o reducir las dosis de esteroides y el oxígeno suplementario. Mientras que en otro estudio de 500 procedimientos consecutivos en 443 pacientes se comunicó una mortalidad global del 5,4% y una estancia hospitalaria promedio de 18 días<sup>21</sup>. Factores de riesgo de mortalidad en el seguimiento a 3 meses fueron el uso de oxígeno y/o esteroides en el preoperatorio, postración, hipoxemia e hipercapnia extremas. En el seguimiento realizado a 229 pacientes, el 87% presentó mejoría subjetiva de la disnea, el VEF<sub>1</sub> aumentó un 31% y la duración de la prueba de ejercicio en *treadmill* aumentó de 5 a 8 min, pero no se observaron cambios significativos en el intercambio gaseoso.

#### *Cirugía resectiva con estapler*

*Esternotomía.* Recientemente, Cooper et al<sup>22</sup> han comunicado los resultados de 150 enfermos sometidos a CRVP mediante esternotomía y resección con estapler. Todos los pacientes fueron extubados al finalizar el procedimiento con excepción de un caso y la mortalidad a los 3 meses fue del 4%. La estancia intrahospitalaria promedio de los últimos 50 enfermos fue de 7 días, el VEF<sub>1</sub> aumentó un 51%, la PaO<sub>2</sub> se elevó en 8 mmHg y el 70% de los enfermos pudieron suspender el suplemento de oxígeno. La supervivencia actuarial a 2 años

de este grupo fue del 92%, lo cual se compara favorablemente con las tasas de mortalidad de los enfermos con enfisema pulmonar en fase avanzada. Además, es conveniente destacar que el beneficio funcional, mejoría de la disnea y calidad de vida se ha mantenido durante el seguimiento de los enfermos durante un período de 2 años.

Varios grupos<sup>12,13,15,31</sup>, utilizando esta técnica quirúrgica, han obtenido mejoría funcional en una elevada proporción de enfermos (que oscila entre el 50-75%) y una aceptable mortalidad operatoria (3,8-10%). En la CRVP bilateral se ha documentado una mejoría significativa de los índices espirométricos, capacidad funcional, magnitud de la disnea e intercambio gaseoso de los enfermos. También se ha observado una mejoría de la retracción elástica, nivel de PEEP intrínseco, distensibilidad dinámica y resistencia de la vía aérea asociado a disminución en el trabajo respiratorio después de la cirugía<sup>12,24,25</sup>.

*Cirugía videoasistida.* Considerando las características de los enfermos y su elevado riesgo quirúrgico, varios centros han propugnado la cirugía videoasistida uni o bilateral para minimizar la morbimortalidad perioperatoria<sup>16,23,29,30</sup>. En varios estudios, con un número reducido de pacientes, se ha comunicado una tasa de mortalidad aceptable (2,5-3,5%), con una mejoría significativa en los flujos espiratorios (el 27-35% de incremento de VEF<sub>1</sub>) y la capacidad funcional, y una acentuada reducción en los requerimientos de oxígeno y esteroides. Recientemente, se evaluó el rendimiento de la cirugía toracoscópica unilateral y bilateral en 166 pacientes con enfisema difuso<sup>30</sup>. Aunque la morbimortalidad perioperatoria fue similar, en los pacientes sometidos a cirugía bilateral se observó un mayor alivio de la disnea, incremento del VEF<sub>1</sub>, disminución de los requerimientos de oxígeno y esteroides, y menor mortalidad en el seguimiento durante un año. De este modo, los autores recomiendan efectuar cirugía resectiva bilateral en los enfermos con enfisema heterogéneo en ambos campos pulmonares, manteniendo la CRVP unilateral para los pacientes con enfisema unilateral, antecedentes de toracotomía o pleurodesis previa. Un grupo europeo ha confirmado los efectos beneficiosos de esta modalidad terapéutica en 20 pacientes. Sin mortalidad operatoria, en el seguimiento a 3 meses el VEF<sub>1</sub> aumentó un 42% y en la prueba de ejercicio el consumo de oxígeno máximo subió de 10 a 13 ml/kg/min<sup>29</sup>.

En resumen, la CRVP ha demostrado proveer una mejoría funcional subjetiva (magnitud de la disnea) y objetiva (índices espirométricos, prueba de marcha, prueba de ejercicio, intercambio gaseoso) en grupos seleccionados de pacientes portadores de enfisema pulmonar en etapa avanzada. La cirugía toracoscópica y a cielo abierto han documentado niveles similares de morbimortalidad y mejoría funcional a corto plazo. De este modo, en este momento, la técnica quirúrgica recomendada depende primordialmente de la experiencia del equipo quirúrgico y características del enfermo. El método de resección del parénquima pulmonar ha variado en el curso del tiempo. El método empleado con ma-

yor frecuencia ha sido resección del tejido pulmonar con estapler, siendo el resultado funcional de la CRVP bilateral superior a la cirugía unilateral con una similar morbimortalidad perioperatoria.

La CRVP produce una mejoría funcional significativa en grupos seleccionados de enfermos con enfisema en fase terminal, pero aún se dispone de escasa información del resultado obtenido en el seguimiento a largo plazo. La iniciativa del NIH<sup>32</sup> intenta evaluar prospectivamente la viabilidad de esta modalidad terapéutica, definir la población que se beneficia de la misma y el rendimiento de las distintas técnicas quirúrgicas, considerando las características de los enfermos, su elevado riesgo quirúrgico y el elevado coste económico del procedimiento (entre 50.000 y 75.000 dólares por paciente). Potencialmente, este procedimiento puede constituir una alternativa terapéutica al trasplante pulmonar y permitir aumentar la supervivencia del paciente enfisematoso en varios años. Los estudios multicéntricos en marcha van a proveer la información necesaria sobre su eficacia y utilidad en los distintos grupos de enfermos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Feinleib M, Rosenberg H, Collins J et al. Trends in COPD morbidity and mortality in the United States. *Am Rev Respir Dis* 1989; 140(Supl): 9-18.
2. Gaensler EA, Cugell DW, Knudson RJ, FitzGerald MX. Surgical management of emphysema. *Clin Chest Med* 1983; 4: 443-463.
3. Deslauriers J. History of surgery for emphysema. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 8: 43-51.
4. Brantigan OC, Mueller E. Surgical treatment of pulmonary emphysema. *Am Surg* 1957; 23: 789-804.
5. Brantigan OC, Mueller E, Kress MB. A surgical approach to pulmonary emphysema. *Am Rev Respir Dis* 1959; 80: 194-202.
6. Wakabayashi A, Brenner M, Kayaleh RA et al. Thoracoscopic carbon dioxide laser treatment of bullous emphysema. *Lancet* 1991; 337: 881-883.
7. Billig DM. Surgery for bullous emphysema. *Chest* 1976; 70: 572-573.
8. Delarue NC, Woolf CR, Sanders DR et al. Surgical treatment for pulmonary emphysema. *Can J Surg* 1977; 20: 222-230.
9. Connolly JE, Wilson A. The current status of surgery for bullous emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1989; 97: 351-361.
10. Cooper J, Trulock E, Triantafillou A et al. Bilateral pneumectomy (volume reduction) for chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995; 109: 106-119.
11. Cooper JD, Patterson GA. Lung-volume reduction surgery for severe emphysema. *Chest Surg Clin N Am* 1995; 5: 815-831.
12. Miller DL, Dowling RD, McConnell JW, Skolnick JL. Effects of lung volume reduction surgery on lung and chest wall mechanics. Orlando: 32nd Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons, 1996.
13. Miller JJ Jr, Lee RB, Mansour KA. Lung volume reduction surgery: lessons learned for emphysema. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1.464-1.469.
14. Cooper JD, Patterson GA. Lung-volume reduction surgery for severe emphysema. *Chest Surg Clin N Am* 1995; 5: 815-831.
15. Argenziano M, Moazami N, Thomashaw B et al. Extended indications for volume reduction pneumectomy in advanced emphysema. Orlando: 32nd Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons, 1996.
16. McKenna RJ Jr, Brenner M, Gelb AF et al. A randomized, prospective trial of stapled lung reduction versus laser bullectomy for diffuse emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 317-322.
17. Nauenheim KS, Keller CA, Krucylak PE, Ruppel G, Singh A, Osterloh J. Unilateral VATS lung reduction. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1.092-1.098.

18. Little AG, Swain JA, Nino JJ, Prabhu RD, Schlachter MD, Barcia TC. Reduction pneumoplasty for emphysema. *Ann Surg* 1995; 222: 365-374.
19. Hazelrigg S, Boley T, Henkle J et al. Thoracoscopic laser bullectomy: a prospective study with three month results. *J Thorac Cardiovasc Surg*.
20. Eugene J, Ott RA, Gogia HS, Dos Santos C, Zeit R, Kayaleh RA. Video-thoracic surgery for treatment of end-stage bullous emphysema and chronic obstructive pulmonary disease. *Am Surg* 1995; 61: 934-936.
21. Wakabayashi A. Thoracoscopic laser pneumoplasty in the treatment of diffuse bullous emphysema. *Ann Thorac Surg* 1995; 60: 936-942.
22. Cooper JD, Patterson GA, Sundaresan Rs, Trulock EP, Yusef RD, Pohl MS et al. Results of 150 consecutive bilateral lung volume reduction procedures in patients with severe emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112: 1.319-1.330.
23. Keenan RJ, Lanreanu RJ, Sciarba FC et al. Unilateral thoracoscopic surgical approach for diffuse emphysema. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111: 308-316.
24. Sciarba FC, Rogers RM, Keenan RJ et al. Improved elastic recoil and pulmonary function after lung reduction surgery for diffuse emphysema. *N Engl J Med* 1996; 334: 1.095-1.099.
25. Gelb A, McKenna R, Brenner M, Fischel R, Baydur A, Zamel N. Contribution of lung and chest wall mechanics following emphysema resection. *Chest* 1996; 110: 11-17.
26. Traveline JM, Addonizio VP, Criner GJ. Effect of bullectomy on diaphragm strength. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 152: 1.697-1.701.
27. Dahan M, Salerin F, Berjaud J, Renella J, Gaillard J. Interet de l'exploration hemodynamique dans les indications chirurgicales des emphysemes. *Ann Chir* 1989; 43: 669-672.
28. Barker SJ, Clarke C, Trivedi N, Hyatt J, Fynes M, Roessler P. Anesthesia for thoracoscopic laser ablation of bullous emphysema. *Anesthesiology* 1993; 78: 44-50.
29. Bingisser R, Zollinger A, Hauser M, Bloch K, Russi E, Weder W. Bilateral volume reduction surgery for diffuse pulmonary emphysema by video-assisted thoracoscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112: 875-882.
30. McKenna RJ, Brenner M, Fischel RJ, Gelb AF. Should lung volume reduction for emphysema be unilateral or bilateral? *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 112: 1.331-1.339.
31. Daniel M, Chan BK, Bhaskar V et al. Lung volume reduction surgery: case selection, operative technique and clinical results. *Ann Surg*.
32. Weinmann G, Hyatt R. NHLBI Workshop Summary. Evaluation and research in lung volume reduction surgery. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 154: 1.913-1.918.