



## Stents traqueobronquiales. Una revisión

Javier Alfonso Pinedo Onofre,<sup>1</sup> José Amado Hernández Carrillo,<sup>1</sup> Eurídice Robles Pérez,<sup>1</sup>  
José Luis Téllez Becerra,<sup>1</sup> Hilda Patiño Gallegos,<sup>1</sup> José Morales Gómez<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Los stents son empleados en varias disciplinas médicas para el tratamiento de diversas enfermedades. El manejo de la obstrucción traqueobronquial es un reto desafiante tanto para neumólogos como para cirujanos torácicos, que requiere de un adecuado entrenamiento y conocimiento de los tipos de stents disponibles y sobre todo de la comprensión adecuada de las numerosas condiciones patológicas en las cuales se encuentra indicación para su empleo, así como de las complicaciones potenciales secundarias a la aplicación de estas prótesis en la vía aérea. El presente trabajo pretende ser una revisión completa sobre este tema, cuya finalidad principal es contribuir con estas temáticas.

**Palabras clave:** Estenosis traqueal, obstrucción de vía aérea, prótesis bronquial, prótesis traqueal, stent, stent bronquial, stent traqueal.

**ABSTRACT.** Different medical disciplines use stents to treat a wide range of diseases. Tracheobronchial obstruction management is a formidable challenge to both pneumologists and general thoracic surgeons, whom require adequate training and knowledge about available types of stents and mainly a correct comprehension of the numerous pathological conditions in which stenting is indicated properly, such as potential complications to the application of these prosthesis. The aim of the present paper is to contribute to this topics, and intends to be a complete review on this subject.

**Key words:** Airway obstruction, bronchial prosthesis, bronchial stent, stent, tracheal stenosis, tracheal stent, tracheal prosthesis.

### HISTORIA

Los *stents*, también llamados *endoprótesis*,<sup>1</sup> se emplean en numerosas disciplinas médicas para el tratamiento de diversas condiciones patológicas. El significado de la palabra «stent» según el Diccionario Médico Ilustrado Dorland es «un aparato delgado en forma de barra o filiforme empleado para proveer soporte para estructuras tubulares, para inducir o mantener su permeabilidad», mientras que para «endoprótesis» es definida como «un stent hueco».<sup>2</sup> También se define en la actualidad como «métodos estructurales artificiales para preservar la viabilidad y función de tejidos vivos».<sup>3</sup> Otra definición es la de una «prótesis cilíndrica hueca que mantiene la permeabilidad luminal y las dimensiones de una estructura

tubular mediante oposición a fuerzas compresivas extrínsecas y proveyendo soporte interno».<sup>4</sup>

El término «stent» proviene del dentista inglés Charles T. Stent (*Figura 1*), quien en 1856 desarrolló un material para impresión dental que posteriormente fue utilizado en 1916 durante la Primera Guerra Mundial por el cirujano plástico J.F. Esser como un molde sobre el cual daba forma a injertos para cirugía reconstructiva.<sup>3,5,6</sup> Por este motivo el procedimiento de colocar una de estas endoprótesis recibe en inglés el término «stenting».<sup>6</sup>

Ya desde 1915 se reportó la colocación de stents mediante broncoscopia.<sup>7</sup> Posteriormente en 1951 Belsey<sup>8</sup> y Bucher<sup>9</sup> describen por vez primera el empleo de stents metálicos en estenosis traqueales y bronquiales, aunque ya desde 1933 Canfield y Norton habían empleado el primer stent, fabricado de plata.<sup>10</sup> Sin embargo, la primera descripción de colocación exitosa de un stent en la vía aérea fue hecha por William W. Montgomery en 1964 durante una cirugía reconstructiva de tráquea cervical con el objetivo de prevenir una estenosis postoperatoria,<sup>11</sup> pero fue hasta un año más tarde que él mismo colocó una prótesis formal de silicón (un tubo-T).<sup>12</sup> En los años 80 Cesare Gianturco desarrolló el stent que lleva su nombre, originalmente como prótesis endovascular,<sup>3</sup> y en 1986 Wallace<sup>13</sup> reportó su experiencia con este stent en el árbol traqueobronquial de perros, que permitió lograr la apro-

<sup>1</sup> Subdirección de Cirugía, Departamento de Cirugía Cardiorrástica, Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER), México, D.F.

#### Correspondencia y solicitud de sobretiros:

Dr. Javier Alfonso Pinedo Onofre  
INER, Subdirección de Cirugía  
Calzada de Tlalpan Núm. 4502,  
Col. Sección XVI, Deleg. Tlalpan  
México, D.F., 14080  
Tel.: (55)56668110, Fax: (55)566609987  
E-mail: dr\_creatura@hotmail.com



**Figura 1.** Charles T. Stent. 1807-1885. Tomado de referencia 5, con permiso de la American Academy of the History of Dentistry.

bación para su empleo en humanos. La generación actual de stents de silicón fue iniciada por Duvall, Bauer y Cooper en los años 80, mientras que Dumon en 1990 introdujo el stent homónimo.<sup>14</sup>

## INTRODUCCIÓN

El manejo de pacientes con compromiso o dificultad respiratoria secundaria a obstrucción traqueobronquial es uno de los retos más desafiantes tanto para cirujanos como para neumólogos, a pesar de que puede ser un problema mecánico o funcional (ejemplificado por estenosis o formación de granulomas, y traqueomalacia, respectivamente) que potencialmente puede ser mejorado e incluso corregido en ausencia de enfermedad parenquimatosa o sistémica subyacente, ya que en pacientes que presentan compromiso por alguna enfermedad concomitante cualquier alteración en la homeostasis puede generar una descompensación significativa.<sup>3,4,15-20</sup>

El objetivo del tratamiento es lograr una mejoría duradera conservando una adecuada permeabilidad de la vía aérea, para lo cual existen varias opciones: dilatación, terapia con radiación (radioterapia externa, braquiterapia), terapia con láser, cirugía, y colocación de stents; en ocasiones y dependiendo de la etiología de la estenosis, puede emplearse una combinación de estas modalidades de tratamiento.<sup>3,4,10,15</sup> Numerosos estudios demuestran mejoría clínica posterior a la colocación de un stent en el 90-97% de los casos.<sup>21-26</sup>

## Cuadro 1. Tipos de stents.

Stent	Fabricante
<b>Metálicos expandibles</b>	
• Gianturco	Cook Medical Inc; Bloomington, IN
• Wallstent	Boston Scientific, Natick; MA
• Palmaz	Johnson & Johnson; New Brunswick, NJ
• Ultraflex	Boston Scientific; Natick MA
<b>Silicón</b>	
• Montgomery	Boston Medical Products; Westborough, MA
• Dumon	Boston Medical Products; Westborough, MA
• Hood	Hood Laboratories; Pembroke, MA
• Reynders	Reynders Medical Supply; Lennik, Belgium
• Natural	Samsung Medical Center; Seoul, Korea
<b>Híbridos</b>	
• Dynamic	Boston Scientific; Natick MA
• Poliflex	Boston Scientific; Natick MA
• Novastent	Novadis; Saint Victoret, France
• Orłowski	Rüsch AG; Kernertal, Germany
• Nitinol/teflón®	Local Manufacturer; Taewoong, Seoul, Korea
• AERO™ stent	Alveolus Inc.; Charlotte, NC

La colocación de stents es un procedimiento valioso en el tratamiento quirúrgico, ya que en pacientes con limitaciones anatómicas, enfermedad metastásica o malas condiciones generales, el empleo de técnicas de mínima invasión es de gran ayuda.<sup>3,27,28</sup>

## CLASIFICACIÓN

Existen diferentes modelos, cuyas propiedades y consecuentemente sus ventajas y desventajas dependen del material del cual están contruidos. Las dos principales categorías son los fabricados de silicón o de metal, pudiendo combinarse o bien emplearse otro tipo de material para fabricar modelos híbridos<sup>4,10,29-32</sup> (Cuadro 1).

## STENTS METÁLICOS

Inicialmente desarrollados para el sistema vascular, han sido adaptados para diversos órganos, incluyendo el árbol traqueobronquial.<sup>4</sup> Existen dos diseños básicos de stents metálicos, los autoexpandibles y los expandibles con balón. Los primeros son fabricados con metal que posee memoria (nitinol [aleación de titanio/níquel], aleaciones de acero inoxidable), y se expanden espontáneamente hasta su diámetro predeterminado al ser liberados; ejemplos de éstos son los stents Gianturco, Cragg, Memotherm y Wallstent. En contraste, los stents expandibles con balón no poseen expansibilidad dinámica,<sup>4</sup> y requieren ser expandidos activamente hasta el diámetro deseado, y son fabricados de tantalio o acero inoxidable; ejemplos de éstos son el stent Palmaz y el Strecker.<sup>33</sup>

Algunos modelos poseen una porción membranosa de silastic, basado esto en la anatomía traqueal normal, y otros tipos son cubiertos con una membrana de poliuretano.<sup>17,23</sup> En esta revisión nos orientaremos únicamente hacia los tipos de stents utilizados en la vía aérea.

Típicamente se colocan bajo guía broncoscópica flexible o fluoroscópica (lo cual facilita su colocación pero a su vez puede incrementar el riesgo de uso imprudente de los mismos<sup>34</sup>), y aunque esto puede llevarse a cabo con anestesia local, es preferible hacerlo bajo anestesia general, ya que proporciona un ambiente más controlado para un posicionamiento más preciso, y es mucho más cómodo para el paciente, ya que una vez colocados no pueden ser reposicionados o removidos sino con gran dificultad y riesgo para el paciente.<sup>3,4</sup>

Las ventajas de este tipo de stent son las siguientes:<sup>3,4,6,14,17,35-38</sup>

- Pueden ser insertados a través de un tubo endotraqueal o bajo anestesia local con relativa facilidad bajo guía fluoroscópica.
- No imposibilitan el drenaje de esputo debido a que el movimiento ciliar no es interrumpido.
- En un periodo de varias semanas son gradualmente cubiertos de mucosa, incorporándose a la pared de la vía aérea.
- Tienen una baja incidencia de migración.
- La ventilación generalmente no se ve afectada si el stent cubre un bronquio no estenosado, debido a que sus intersticios son no obstructivos.
- Son dinámicos y continúan expandiéndose con el paso del tiempo, particularmente si el tratamiento aplicado logra mejoría sobre la lesión que generó la estenosis.
- Poseen mayor fuerza radial y flexibilidad.
- Su delgada pared garantiza una mayor permeabilidad.

Sus desventajas:<sup>3,4,14,17,27,35-38</sup>

- Con frecuencia son sólo temporalmente efectivos para estenosis traqueobronquiales debidas a tumores intraluminales o a tejido de granulación, ya que ambos pueden crecer entre los alambres. Las versiones cubiertas disminuyen la incidencia de estos fenómenos.
- Se les considera como stents permanentes debido a que su remoción es difícil. En casos de stents cubiertos, las secreciones respiratorias pueden ser capaces de degradar la membrana de poliuretano.
- Pueden ser malposicionados durante su colocación, o pueden ser desplazados por migración progresiva, y no es posible reposicionarlos.
- Tendencia inexorable del metal a fracturas y fatiga (deterioro progresivo ocasionado por la aplicación repetitiva de una fuerza).
- Costo elevado.

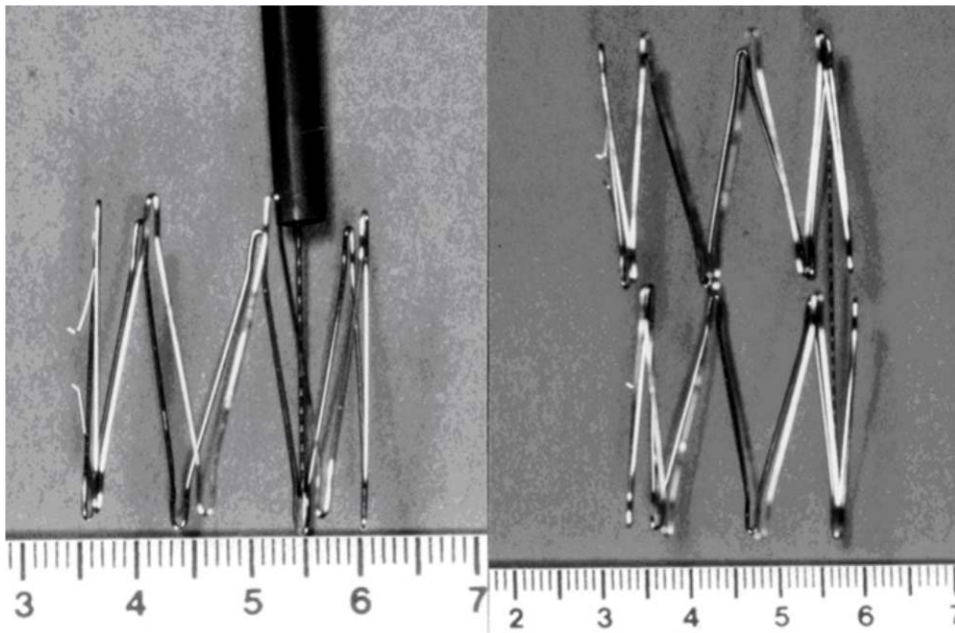
### Stent Gianturco

El primer stent metálico autoexpandible.<sup>39</sup> Construido de monofilamentos de alambre de acero inoxidable de 460 µm de diámetro en un patrón de «zig-zag» con cuatro o cinco vueltas, cuyos extremos se unen para formar un cilindro. La longitud es de 2.5 cm para la tráquea y 2 cm para los bronquios. Cuando se encuentra comprimido puede ser insertado en un introductor 12Fr, mientras que expandido su diámetro típico mide 6-40 mm. Posee pequeños ganchos en sus extremos que se fijan al tejido subyacente para prevenir su migración.<sup>3,36</sup> Durante su posicionamiento, los primeros diseños al separarse del introductor tendían a quedar malposicionados, por lo que se procedió a unir dos stents mediante una barra metálica, creando un stent tándem (*Figura 2*), el cual permitió mejor control y posicionamiento, pero ocasionalmente el stent se veía comprimido en la vecindad de la barra, una zona de debilidad, por lo que para corregir esto se diseñó el stent Gianturco-Rosch (*Figura 3*), en el cual los stents se conectan en múltiples puntos con sutura quirúrgica monofilamento, en lugar de una sola barra metálica simple.<sup>3,4,36</sup>

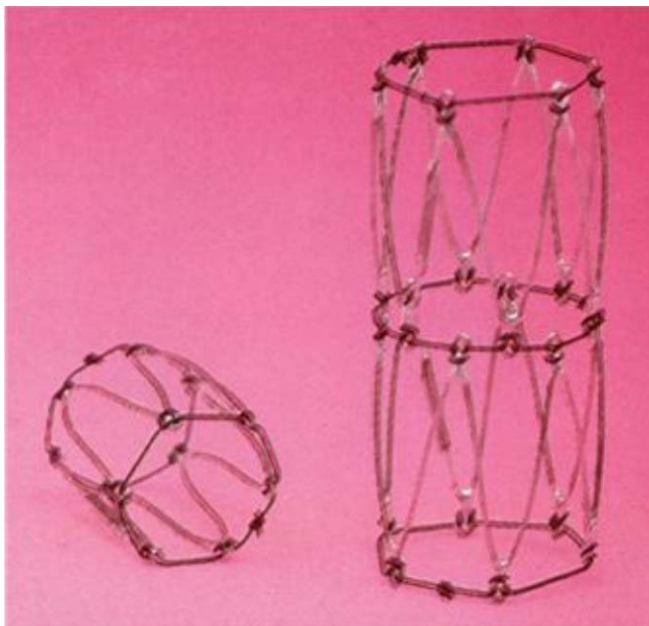
Inicialmente, fue el stent metálico más utilizado, sin embargo perdió su popularidad debido a su asociación con serias complicaciones inaceptables, tales como fístula traqueoesofágica, fractura y perforación de pared traqueobronquial con compromiso de estructuras vasculares adyacentes (erosión fatal de arteria pulmonar);<sup>4,6,35</sup> a pesar de esto existen reportes recientes que sugieren su empleo con buenos resultados en pacientes seleccionados.<sup>24,40-42</sup>

### Wallstent

Compuesto de 16-20 monofilamentos de acero inoxidable de 100 µm de diámetro trenzados para formar un tubo cilíndrico. Comprimido puede ser insertado en un introductor 7-9Fr (*Figura 4*). Los diámetros típicos son de 14-20 mm para la tráquea y 6-14 mm para los bronquios; la longitud varía de 2 a 7 cm; al ser colocados sufren un acortamiento del 20-40%.<sup>3,4</sup> No requiere anclas para prevenir la migración, ya que tiene una mayor superficie de contacto con la pared de la vía aérea, la cual le proporciona estabilidad y puede disminuir el potencial de erosión. Las ventajas de este stent incluyen la posibilidad de realizar pequeños cortes con un láser Nd:YAG en la malla sin perturbar la integridad del stent, así como su excelente flexibilidad y conformación que permiten su adecuada adaptación a lesiones tortuosas o anguladas (*Figura 4*).<sup>3</sup> Existe una presentación con cubierta de silicón sobre el cuerpo del stent con los extremos del mismo libres para prevenir migración (*Figura 4*).<sup>4</sup>



**Figura 2.** Stent Gianturco tándem. Stent doble parcialmente desplegado (izquierda), y completamente expandido (derecha). Tomado de referencia 33, con permiso de General Electric Healthcare – [www.medcyclo.com](http://www.medcyclo.com)



**Figura 3.** Stent Gianturco-Rosch. Sencillo (izquierda) y doble (derecha). Tomado de referencia 33, con permiso de General Electric Healthcare – [www.medcyclo.com](http://www.medcyclo.com)

#### Stent Palmaz

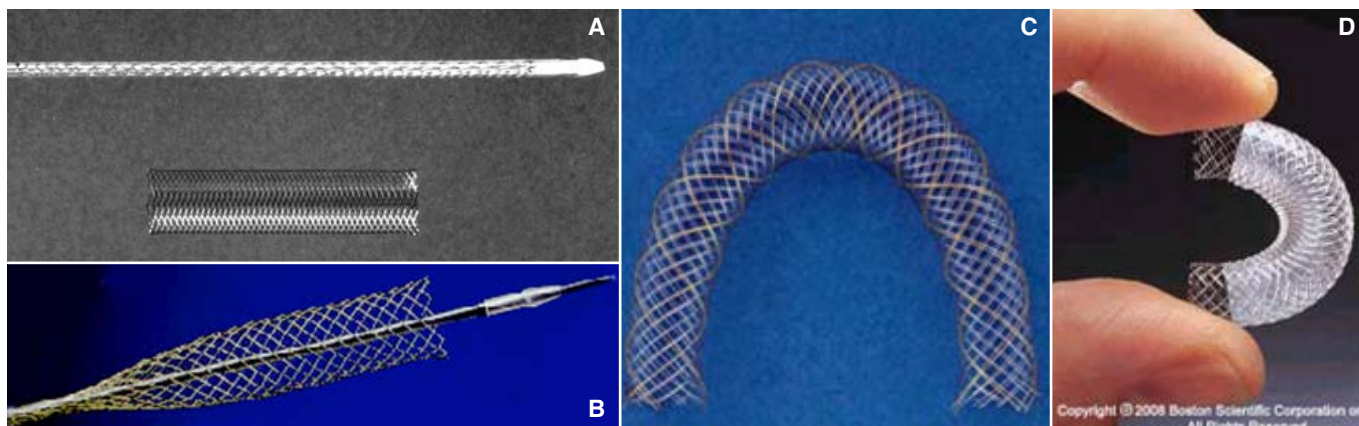
Formado por un tubo de acero ranurado rectangularmente a lo largo de su eje y alineado en filas escalonadas alrededor de su circunferencia completa, cuya pared mide 150  $\mu\text{m}$  de espesor y su longitud varía de

10 a 40 mm. Es expandible colocado con balón, el diámetro una vez expandido varía de 6-12 mm (Figura 5). Su diseño compacto lo hace más susceptible de ser removido, a diferencia del Gianturco y del Wallstent.<sup>3,4</sup>

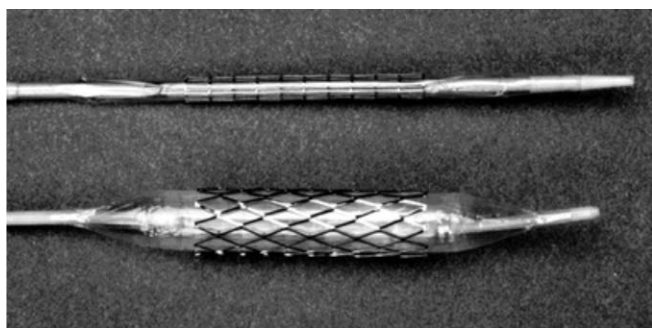
Actualmente no se recomienda su empleo (debido a su pequeño diámetro, generalmente se empleaba en niños<sup>4,36</sup>), ya que puede ser comprimido o incluso colapsado mediante una fuerte presión extrínseca como la generada por el crecimiento de un tumor o de estructuras vasculares adyacentes, o con el simple acto de toser, ya que su naturaleza no elástica y plasticidad no permiten su reexpansión.<sup>4,43</sup>

#### Stent ultraflex

Es el más reciente de los stents metálicos autoexpandibles, y es el stent de nitinol más frecuentemente usado.<sup>10</sup> Consiste de una malla cilíndrica con extremos abiertos fabricada de nitinol, metal que posee resistencia a la fatiga<sup>44</sup> y una memoria activada térmicamente, ya que al calentarse tiende a tomar forma espiral, mientras que al disminuir la temperatura toma una forma recta (respuesta conocida como *efecto Marmen*<sup>45</sup>) con la que puede ser montado en un introductor; al ser colocado en el cuerpo humano, la temperatura corporal hace que tome su original forma helicoidal. Existen presentaciones con y sin cubierta (Figura 6), y su reposicionamiento y retiro son más factibles que los del Wallstent.<sup>4</sup>



**Figura 4.** A. Wallstent. Montado en el introductor y completamente expandido. B. Parcialmente desplegado. C y D, mostrando su excelente flexibilidad y cubierta de silicón. A. tomado de referencia 33 con permiso de General Electric Healthcare – www.medcyclo.com. B y C tomados con permiso de <http://bpzs.uw.hu/diploma\_bpzs.pdf>. D. Tomado con permiso de Boston Scientific Corporation.



**Figura 5.** Stent Palmaz. Montado en su introductor, durante la insuflación y posterior a la expansión del globo. Tomado de referencia 33, con permiso de General Electric Healthcare – www.medcyclo.com



**Figura 6.** Stent Ultraflex. En diferentes tamaños; al centro, modelo cubierto. Tomado con permiso de referencia 37.

## STENTS DE SILICÓN

Los modelos iniciales se basaban en el concepto simplista de que la tráquea es cilíndrica (cánula de Montgomery), sin embargo los más recientes (Dumon, Rush, Orlowski, Hood, Natural stent) son fabricados de silicón (caucho sintético) a la medida, removibles, baratos y fabricados en diferentes formas y tipos. Proveen estabilidad a la vía aérea y pueden ser usados para sellar fístulas traqueoesofágicas tanto de etiología benigna como maligna.<sup>4,17,46</sup> En términos de comportamiento mecánico y desarrollo de complicaciones, son superiores a los modelos metálicos.<sup>17</sup>

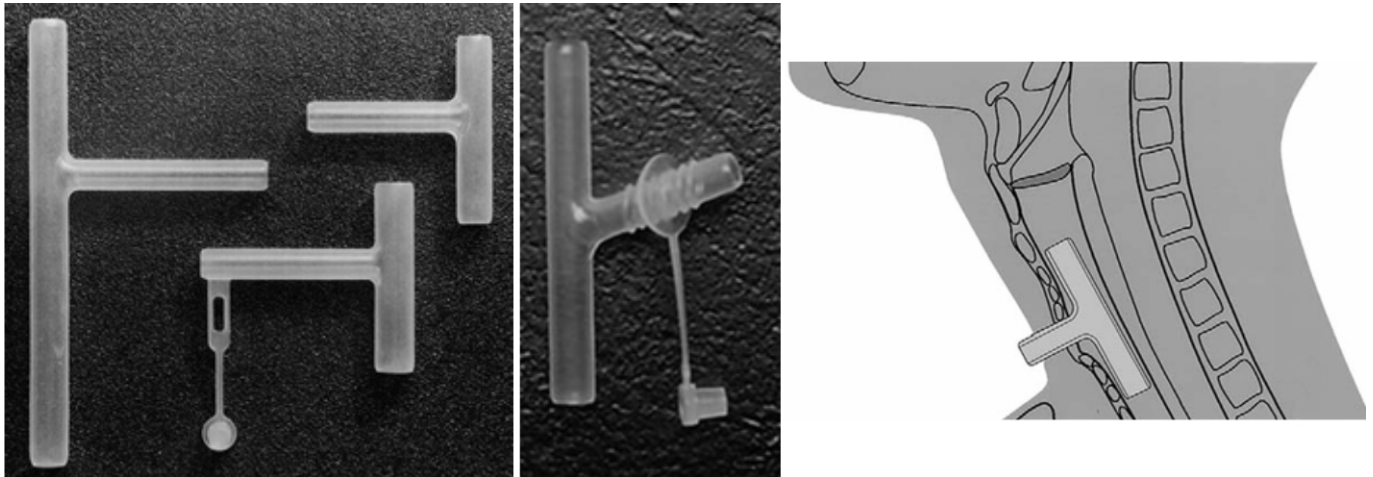
Sus ventajas:<sup>4,14,36-38</sup>

- Bajo costo.
- Removibles y reposicionables.

- Moldeado fácilmente a diversos grados de firmeza y flexibilidad.
- Buena tolerancia tisular, incluso durante años.
- Es posible ajustar su colocación al ser insertados.

Sus desventajas y limitaciones son las siguientes:<sup>14,17,36-38,47</sup>

- Su colocación requiere de broncoscopia rígida y dilatación previa.
- Son pobremente tolerados en la subglotis.
- La migración del stent ocurre más frecuentemente que con los stents metálicos, especialmente en estenosis cónicas, cortas, o en casos donde predomina el componente extrínseco.
- Pared gruesa, que limita el diámetro disponible de vía aérea.



**Figura 7.** Stent de Montgomery. Izquierda y centro, diferentes tamaños, incluyendo una rama vertical distal extralarga, y cánula con surcos en rama horizontal con anillo de seguridad; derecha, esquema mostrando la cánula in situ. Tomado con permiso de referencia 11.

- Mayor tasa de oclusión por secreciones.
- Poca flexibilidad que limita su empleo en trayectos tortuosos.

#### Cánula o stent traqueal de Montgomery

Es un tubo de silicón, diseñado para el tratamiento de estenosis subglóticas y traqueales medias,<sup>4,46,48</sup> puede utilizarse además en casos de lesión por trauma.<sup>49</sup> Consta de una rama vertical intraluminal y una horizontal extraluminal que protruye a través del estoma de traqueostomía (Figura 7). La unión de ambas ramas se encuentra angulada oblicuamente para facilitar la aspiración de secreciones respiratorias. Los extremos de la rama vertical son lisos y suaves para evitar la abrasión de mucosa con la consecuente formación de tejido de granulación como resultado de un frecuente roce del stent con la mucosa. La porción proximal de la rama vertical es más corta que la distal, para acomodarse en la pequeña distancia existente entre las cuerdas vocales y el estoma traqueal. La rama horizontal puede ser ocluida con un tapón para permitir el paso y humidificación de aire a través de la nasofaringe. Se encuentra disponible en tamaños secuenciales para niños y adultos, desde un diámetro externo de 4.5 mm hasta 16 mm. Desde su introducción se han diseñado numerosos modelos modificados (Figura 7), pudiendo tener surcos en la rama externa en los cuales se coloca un anillo para prevenir el deslizamiento intratraqueal del stent; puede tener una porción distal de la rama vertical extralarga para casos de estenosis distal, e incluso forma de T-Y con una rama intraluminal distal larga que termina en una bifurcación que se posa en la carina principal y sirve de stent para estenosis supracarinales y de bronquios principales.<sup>11,46,49</sup> así como contener un ba-



**Figura 8.** Hebeler Safe T-tube. Disponible en medidas 12, 15 y 18 mm de diámetro externo. Tomado con permiso de Boston Medical Products, <[www.bosmed.com/trachbronch/4500.html](http://www.bosmed.com/trachbronch/4500.html)>

lón interno localizado en la porción proximal de la rama vertical (Hebeler Safe T-tube), el cual puede ser inflado temporalmente para ventilación distal (Figura 8).<sup>11,48</sup>

Ventajas:<sup>11,49</sup>

- Preservación de ventilación, humidificación y fonación normales.
- Mínima tos y reacción tisular hacia el silicón.
- Virtual eliminación del riesgo de migración debido a la rama horizontal anclada.
- Adecuada tolerancia, habiéndose reportado hasta por 20 años.

Desventajas:<sup>11</sup>

- Necesidad de un estoma de traqueostomía.
- Para algunos pacientes, la apariencia cosmética que proporciona un tubo que protruye por el cuello.

El modelo estándar se fabrica en varias medidas, 10 hasta 16 mm de diámetro externo, además del modelo pediátrico disponible en medidas 6 a 9 mm. Existe un modelo torácico con una porción distal de la rama vertical extralarga y un modelo extralargo con ambas porciones de la rama vertical extralargas, ambos disponibles en las medidas mencionadas, además de uno con diámetro menor en la porción proximal de la rama vertical, el cual se adapta al contorno de la glotis y subglotis, disponible en medidas 8 mm/10 mm y 10 mm/13 mm, y uno que combina las características del tubo en T con las ventajas de un sistema de endocánula disponible en medidas 7 mm, 9 mm y 11 mm (Figura 9).<sup>50</sup>

*Stent Dumon*

El stent de silicón más utilizado en la actualidad.<sup>4,15,32,37,46,51</sup> Cilíndrico, fabricado de silicón moldeado, y en su superficie externa posee incrustaciones con extremos excavados a intervalos regulares cuyo objetivo es prevenir su desplazamiento (Figura 10-A y D), las cuales pueden encontrarse ausentes en la pared posterior<sup>23, 52</sup> (Figura 11). Un set completo de este tipo de stent debe incluir varios diámetros y longitudes para tráquea y bronquios, incluyendo un modelo en Y y el diseño para bronquio principal derecho (un tubo largo con dos diámetros y un orificio lateral para intubación traqueal y bronquial simultáneas; (Figuras 10-B y 10-C), así como un introductor especialmente diseñado para evitar daños causados por las incrustaciones al momento de la colocación del stent,<sup>4,53</sup> aunque un método

alternativo es emplear un tubo de drenaje pleural a manera de vaina y colocar el stent empujándolo con un broncoscopio rígido.<sup>54</sup> Una desventaja de este tipo de stent es su tendencia a la migración, en especial cuando se emplea en estenosis benignas de poca longitud.<sup>51</sup>

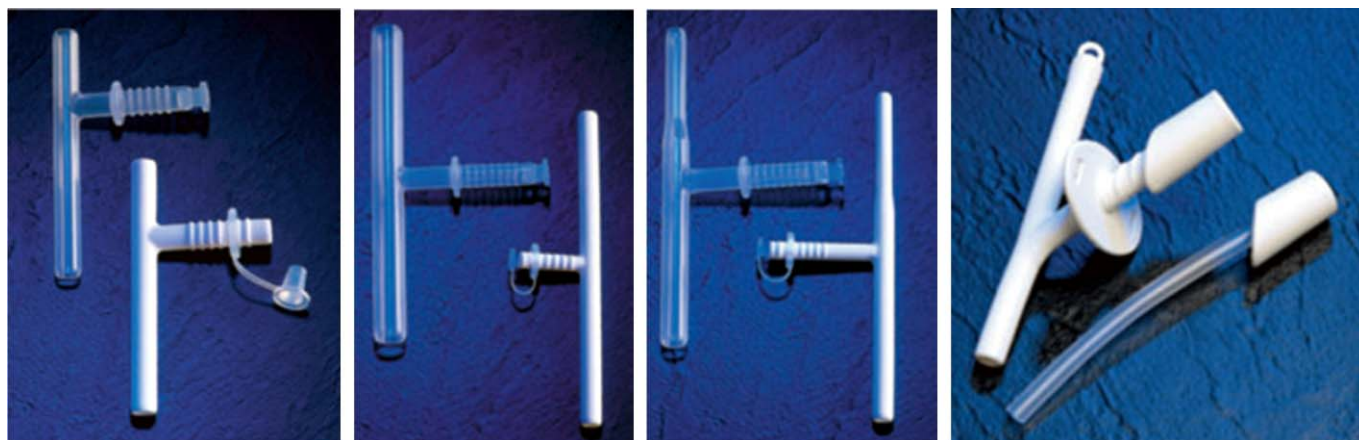
El grosor de la pared de este stent es de 1.0 mm, aunque existe un modelo de 1.5 mm y un modelo pediátrico de 0.5 mm. Otros modelos además de los ya descritos han sido desarrollados, incluyendo uno en forma de reloj de arena para casos con estenosis traqueales complejas, otro bronquial con extremos oblicuos, y otro especialmente diseñado para la carina (Figura 12).<sup>55</sup>

*Stent Hood*

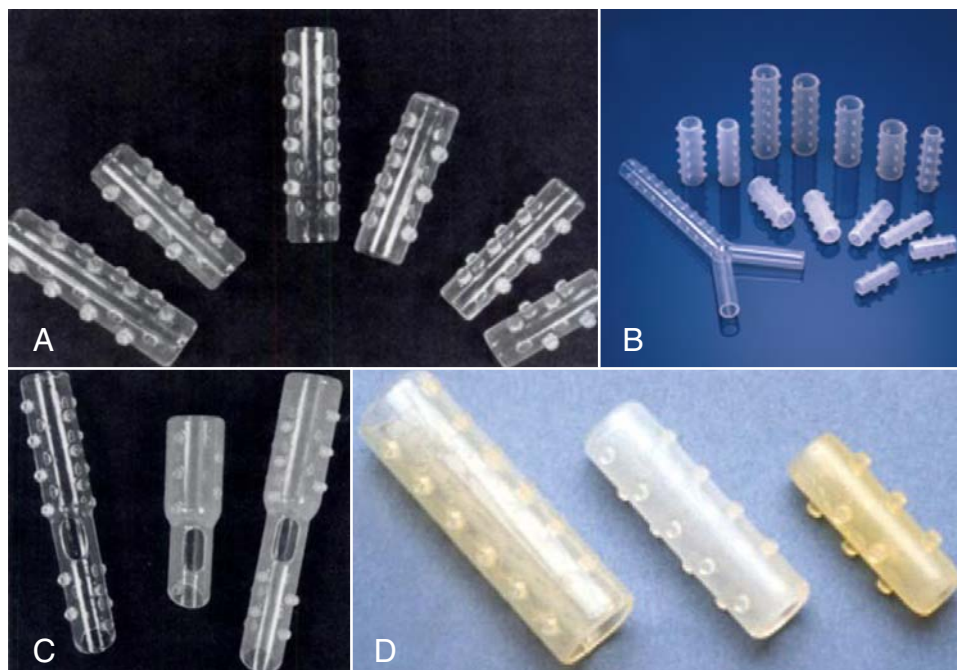
Diseñado para su aplicación en bronquios, tiene casi las mismas características que el stent Dumon, sin incrustaciones en su superficie,<sup>23</sup> pero con anillos en ambos extremos para prevenir su migración (Figura 13).<sup>56</sup> Existen modelos en Y para patología carinal (Figura 13) y nuevos modelos con incrustaciones sin anillos semejantes al stent Dumon.<sup>46</sup> Disponible en medidas 6 mm, 8 mm y 10 mm de diámetro externo.<sup>56</sup>

*Stent Reynders*

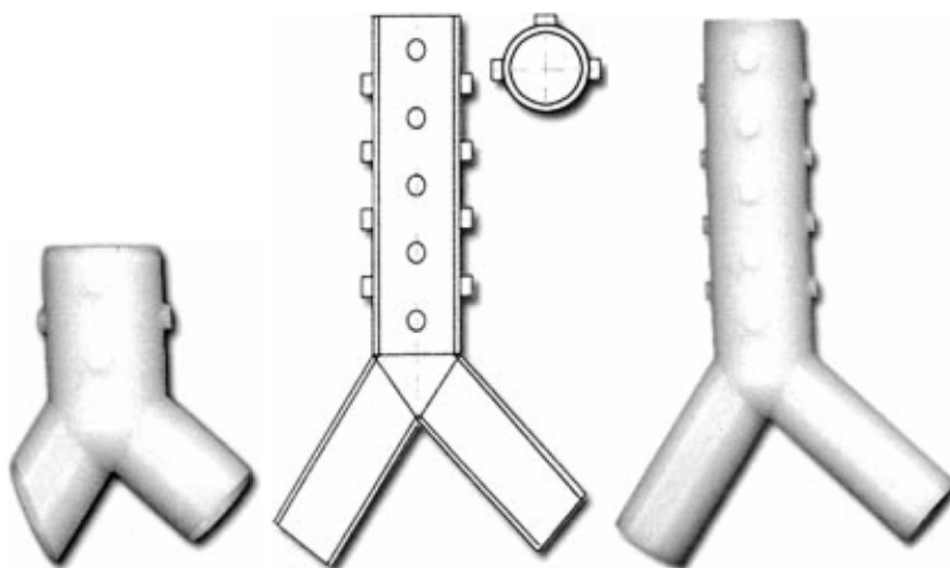
También denominado *stent Noppen*, es una prótesis en forma de rosca de tornillo que posee mayor rigidez y mejor adherencia a la pared traqueobronquial que otros tipos de stents de silicón (Figura 14), en especial el stent Dumon; requiere un introductor especial (al igual que el stent Dumon), ya que no puede ser plegado para aplicación broncoscópica.<sup>4,51</sup> El diseño de este stent incrementa la superficie de contacto stent-pared, ya que la rosca encaja en los cartílagos traqueales cuando éstos están aún presentes.<sup>51</sup>



**Figura 9.** Cánula de Montgomery. Diferentes modelos, ver explicación en el texto. Tomado de referencia 50, con permiso de Boston Medical Products.



**Figura 10.** Stent Dumon. Ver explicación en el texto. A y C tomadas con permiso de referencia 53; B tomada con permiso de Boston Medical Products, www.bosmed.com; D tomada con permiso de referencia 37.



**Figura 11.** Stent Dumon en Y. Modelos corto (izquierda) y largo (derecha). Se muestra la ausencia de incrustaciones en la pared posterior (centro). Tomado con permiso de referencia 52.

www.medigraphic.com

### Natural stent

Compuesto de silicón moldeado de forma recta, posee bordes circulares en forma de «C» a intervalos regulares en su superficie externa con una pared posterior flexible que mimetiza la membrana posterior de la tráquea para casos de estenosis traqueal (Figura 15-A, 15-B), o sin esta pared flexible para casos de estenosis bronquial (Figura 15-C). Este diseño incrementa el contacto stent-pared y preserva una fisiológica constricción y dilatación de las vías aéreas. Las

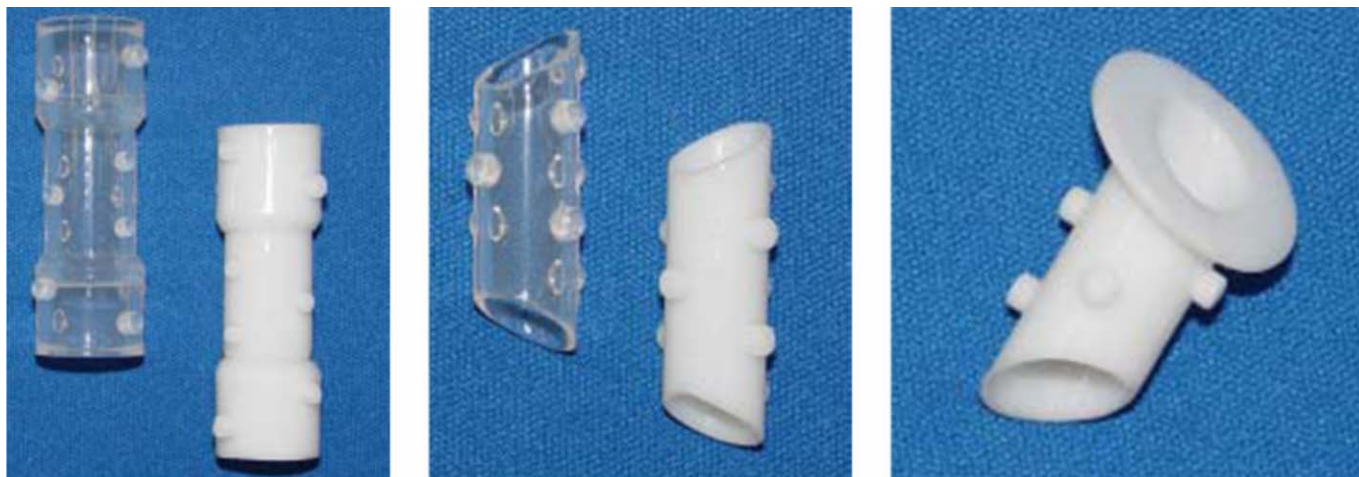
medidas son de 10 mm de diámetro para bronquios, de 12 mm para tráquea femenina y 14 mm para la masculina.<sup>57,58</sup>

### Otros

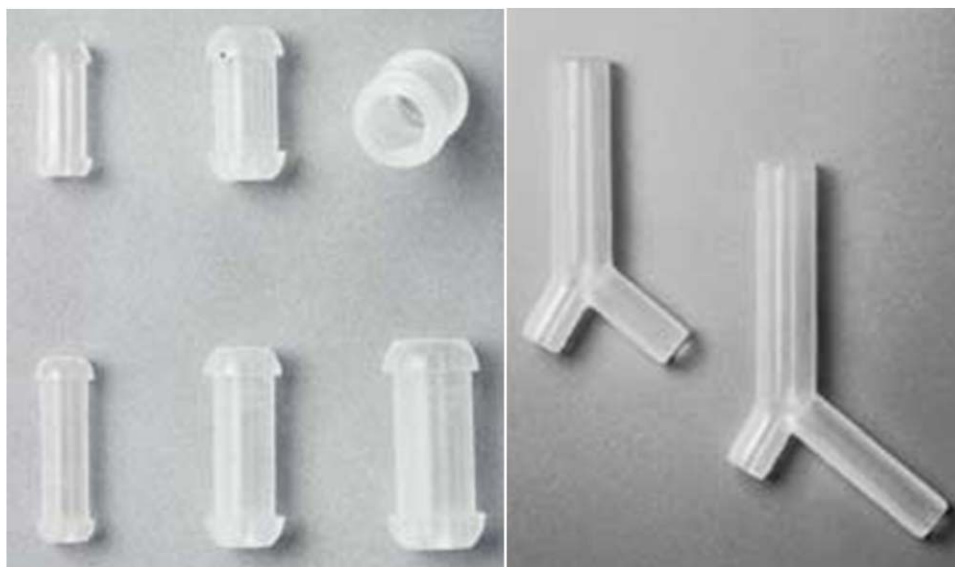
Otros stents mencionados en la literatura incluyen el *stent de Neville* y el *stent de Westaby*.<sup>59</sup>

El *stent de Neville* era de difícil maniobrabilidad,<sup>59</sup> mucho menos elástico que la tráquea humana, de pared rígida, diseñado para reemplazar segmentos traqueales o bronquiales

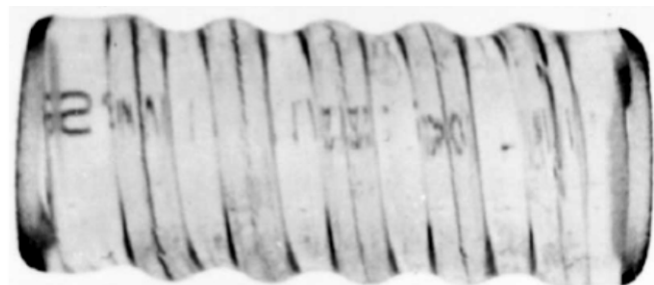




**Figura 12.** Stent Dumon. A la izquierda modelo en reloj de arena; al centro modelo bronquial con bordes oblicuos; a la derecha modelo para la carina. Tomado de referencia 55, con permiso de Boston Medical Products.



**Figura 13.** Stent Hood. Modelo bronquial (izquierda) y modelo en Y (derecha). Tomados de referencia 56, con permiso de Hood Laboratories.



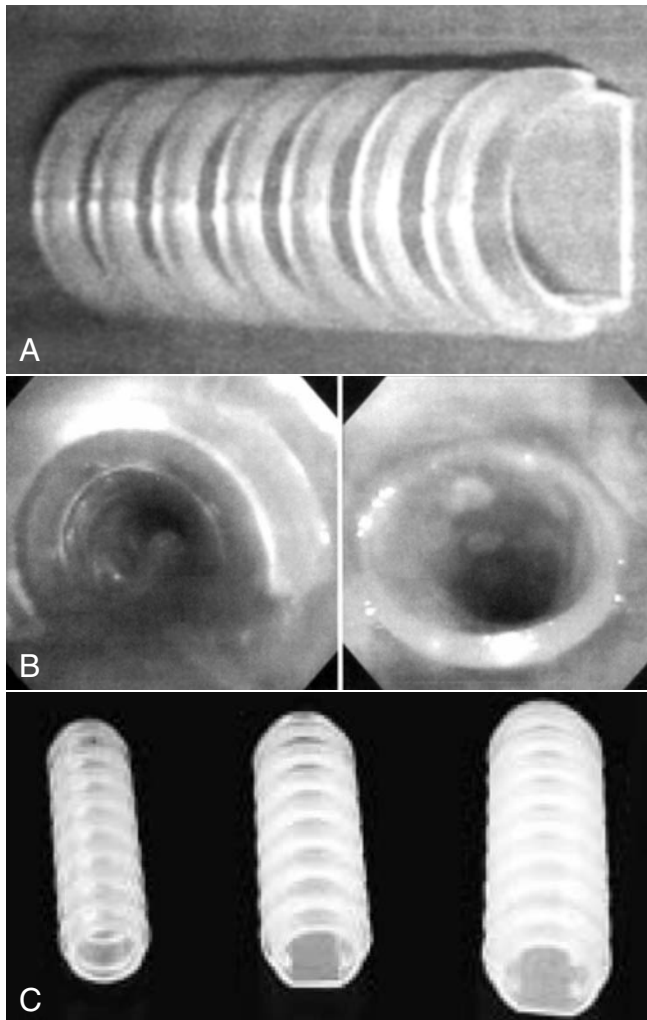
**Figura 14.** Stent Reynders. Se observa la forma de rosca de tornillo. Tomado con permiso de referencia 51.

enfermos, dañados o perdidos, con extremos dispuestos para anastomosarse con los muñones respectivos,<sup>60</sup> y su empleo se abandonó debido a la elevada incidencia de complicaciones severas, tales como ruptura de anastomosis e infección.<sup>61</sup>

El **stent de Westaby** (Hood Laboratories; Pembroke, MA) tiene diseño en T-Y, combinando una rama bifurcada y una en T en un solo tubo (Figura 16). Es flexible y asegura permeabilidad en la tráquea distal, carina principal y ambos bronquios principales.<sup>62</sup>

### ¿SILICÓN vs METÁLICO?

Todos los stents disponibles en el mercado han sido estudiados y se ha demostrado que logran una mejoría



**Figura 15.** Natural stent. A: Diseñado con base en un estudio aerodinámico. B: Vista broncoscópica posterior a la colocación del Natural stent y comparación con un stent Dumon, observando una luz más amplia con el Natural stent. C: a la izquierda un natural stent de 10 mm para bronquio, al centro uno de 12 mm para tráquea femenina, a la derecha uno de 14 mm para tráquea masculina. A y B tomados con permiso de referencia 58, C tomado con permiso de referencia 57.

sintomática inmediata,<sup>4</sup> sin embargo no existen estudios adecuados para determinar qué tipo de stent es mejor para determinados casos, y su empleo depende de la escuela que se haya tenido, ya que en Europa se encuentra preferencia por los stents de silicón, mientras que en los Estados Unidos de Norteamérica se prefieren los metálicos.<sup>4,27</sup> Por esta razón, es claro que al menos por el momento la decisión de qué tipo de stent utilizar dependerá de consensos y sentido común,<sup>23,27,63</sup> los cuales sugieren evitar el empleo de stents metálicos en la inmensa mayoría de casos benignos (la FDA publicó en



**Figura 16.** Stent Westaby. En varios tamaños. Tomado de referencia 62, con permiso de Hood Laboratories.

julio de 2005 una notificación donde recomienda evitar el uso de stents metálicos en patología benigna a menos que ya hayan sido agotadas otras alternativas de tratamiento [cirugía, stents de silicón]<sup>64</sup>), aunque una excepción a esto es el tratamiento de complicaciones anastomóticas en receptores de trasplante pulmonar, casos en los cuales el empleo de estos stents tiene muchos partidarios y su uso se encuentra apoyado por diversos estudios; para los casos malignos, el mejor abordaje puede decidirse dependiendo de cada caso en particular,<sup>23,26,27,46</sup> tomando en cuenta que la correcta elección del tipo de stent a utilizar demanda experiencia con consideración y anticipación de las complicaciones tardías, especialmente en casos de enfermedad benigna.<sup>23,34,36,46</sup>

En cualquier caso, debe tenerse en mente que el stent ideal no existe y no es probable que exista, ya que la vía aérea está diseñada para expulsar cuerpos extraños, no para albergarlos.<sup>4,27</sup>

El stent traqueobronquial ideal debe cumplir con los siguientes requerimientos:<sup>4,6,27,36,46,59</sup>

#### 1. Biocompatibilidad.

- Debe ser fabricado de un material inerte radioopaco, que sea bien tolerado sin causar una reacción inflamatoria, o bien que ésta no sea excesiva.
- Los stents de silicón son más efectivos.
- Debe poseer las mismas características que la vía aérea para la movilización de secreciones.

2. Impermeabilidad.

- Particularmente en casos de obstrucción maligna con involucramiento de la vía aérea. Debe prevenir el crecimiento tumoral o de tejido de granulación dentro de su luz.

- Los stents de silicón son más efectivos.

3. Dinamismo.

- Debe ser capaz de adaptarse en todo momento a una pared traqueobronquial que no es estática, y puede ser necesario que sea flexible en una vía aérea con trayecto tortuoso.

- Los stents de silicón son más efectivos.

4. Colocación estable.

- No debe migrar de su posición inicial.
- Los stents metálicos son más efectivos.

5. Resistencia.

- Debe mantener una fuerza radial ejercida uniformemente a través de toda su longitud.
- Debe ser resistente a la compresión una vez colocado.
- Debe ser resistente a colonización e infección por agentes biológicos.
- Los stents metálicos son más efectivos.

6. Desmontable.

- Debe ser removible por y de fácil reposicionamiento.
- Los stents de silicón son más efectivos.

7. De bajo costo.

- Los stents de silicón son más baratos.

8. De fácil inserción.

- Deber ser posible bajo anestesia local con sedación consciente.
- Su colocación debe ser precisa en el sitio blanco.
- Ambos tipos de stents cumplen este requerimiento, sin embargo debe tenerse entrenamiento tanto en broncoscopia rígida como en fibrobroncoscopia.

De manera global, los stents de silicón son superiores a los metálicos, y existe mayor experiencia clínica con los primeros.<sup>17</sup> En general, los stents más exitosamente utilizados son el Dumon para los de silicón y el Ultraflex para los metálicos.<sup>65</sup>

Recientemente se ha estudiado el empleo de stents biodegradables (para uso principal en niños) de ácido poli-L-láctico (PLLA, por sus siglas en inglés) con buenos resultados, con un periodo de reabsorción que inicia a los 5-6 meses y se completa en 10-12 meses, o de stents híbridos de este material combinado con alambre de acero inoxidable, pero aún se encuentra en etapa de investigación animal,<sup>14,36,66-71</sup> al igual que una prótesis híbrida de dacrón con silicón.<sup>72</sup> También de manera reciente se encuentra bajo investigación el desarrollo de stents liberadores de drogas.<sup>73</sup>

Otro tipo de prótesis que se ha empleado de manera exitosa para el tratamiento de traqueomalacia son los denominados *stents externos*<sup>74-76</sup> colocados mediante ciru-



**Figura 17.** Stent externo. Anillos de cerámica de óxido de aluminio; los orificios permiten la adecuada colocación de suturas para fijación. Tomado de referencia 75.

gía abierta, y que pueden ser fabricados de un material biodegradable como el ácido poli-L-láctico en una sola pieza<sup>74</sup> (particularmente en niños, en quienes permitiría el crecimiento de los cartílagos traqueales;<sup>74,77</sup> aún no se han hecho estudios en seres humanos) o bien ser anillos de óxido de aluminio (Friedrichsfeld Inc., Mannheim, Alemania) con adecuada biocompatibilidad (*Figura 17*).<sup>75</sup> Este tipo de stents ofrece resultados más prometedores, evitando los riesgos y complicaciones inherentes al empleo de stents internos tradicionales, ya que los biodegradables no sería necesario retirarlos<sup>74</sup> y los de aluminio ofrecen buenos resultados a largo plazo en cuanto a estabilidad, además de que su porosidad promueve la colonización celular y en casos en que accidentalmente queden en contacto directo con la luz traqueal, esta característica permite que sean epitelizados,<sup>75</sup> y más importantemente no alteran la fisiología traqueal.<sup>74</sup> En estos casos, al preparar la tráquea para su colocación existe riesgo de lesión de los nervios laríngeos recurrentes, por lo que es aconsejable contar con neuromonitorización.<sup>75</sup> Se han descrito también fabricados de placas de titanio, pero tienen la desventaja de que este material es muy difícil de penetrar y remover en casos en lo cuales se requiera la realización de una traqueostomía de urgencia, a diferencia del óxido de aluminio, el cual puede ser fracturado y removido sin mayores riesgos.<sup>75</sup>

## STENTS HÍBRIDOS

### *Dynamic stent*

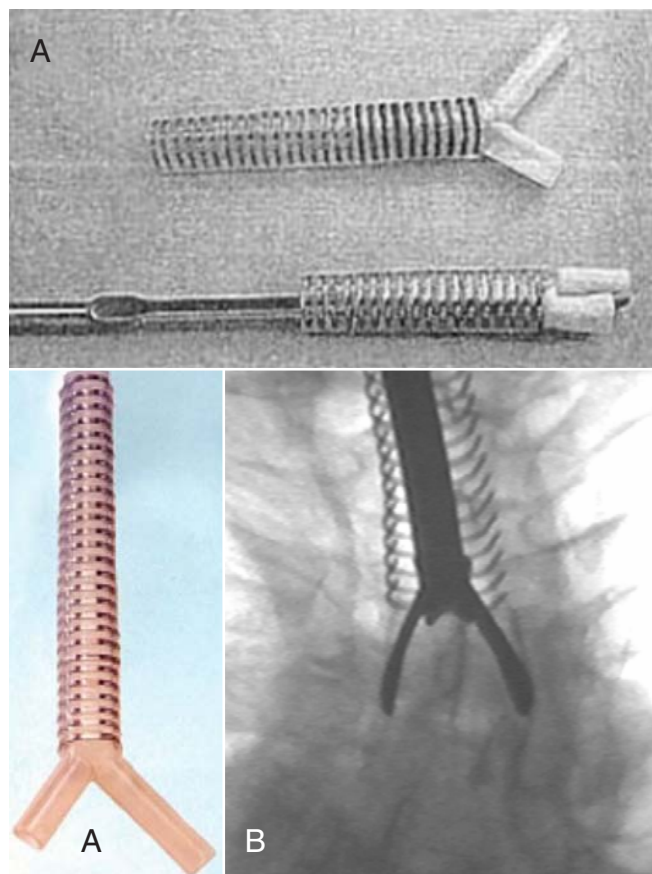
Descrito extensamente por Freitag y también conocido por este epónimo (*stent Freitag*)<sup>14,23,78,79</sup> y como *stent Rüsck Y ó híbrido*.<sup>37</sup> Es un stent de silicón en forma de

Y con las paredes anterior y laterales reforzadas por barras metálicas en forma de herradura que imitan a los cartílagos traqueales, mientras que la pared posterior es colapsable y teóricamente semeja la dinámica de una tráquea normal; requiere fórceps especiales para su inserción mediante broncoscopia rígida (*Figura 18*).<sup>4,23,29,37</sup> Disponible en medidas 11 mm, 13 mm y 15 mm de diámetro interno.<sup>80</sup>

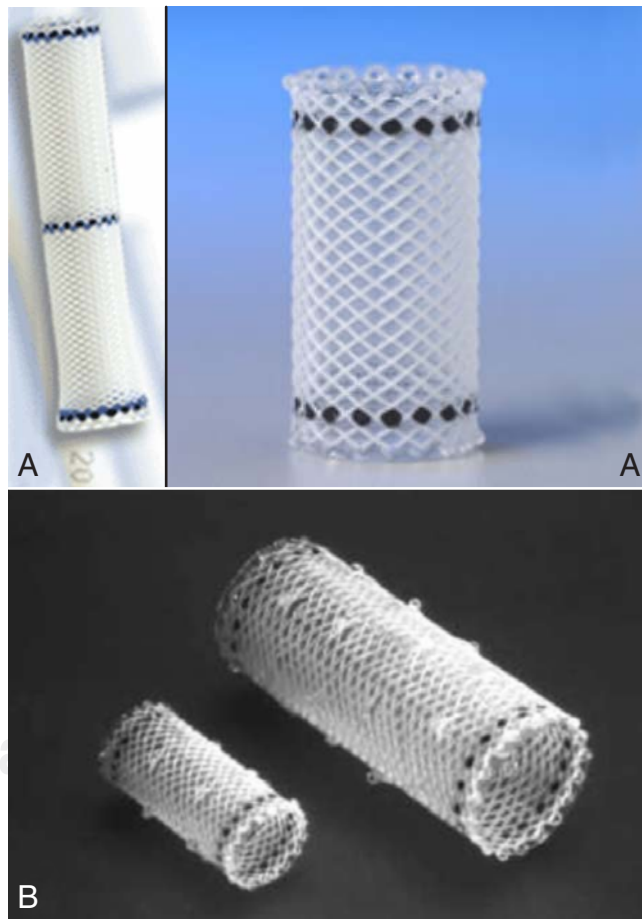
### Stent poliflex

Stent sintético, autoexpandible, fabricado de una delgada capa de silicón con una malla de alambre de poliéster en toda su longitud;<sup>4,10,30</sup> esta lisa y suave cubierta en su superficie externa hace que su anclaje a la pared de la vía aérea sea superficial, pudiendo promover su migración, por lo que se ha desarrollado un modelo que posee incrustaciones con extremos redondeados seme-

jantes al stent Dumon, del cual puede considerarse una alternativa a utilizar, ya que presenta algunas ventajas sobre éste (su diseño permite que sea adaptable a diferentes diámetros y a vías aéreas curvilíneas), y que se anclan más profundamente en el tejido. Ambos modelos poseen además puntos radiopacos con patrón circular en ambos extremos para identificar su posición radiográficamente, ya que de otra manera sería invisible a los rayos X (*Figura 19*), y sus extremos son especialmente tratados para prevenir la formación de tejido de granulación y el riesgo de reestenosis.<sup>30,65</sup> Completamente expandido puede ser fácilmente removido con un fórceps, de manera que queda intacto y puede ser reinsertado en el mismo paciente.<sup>65</sup> Disponible en medidas 8 mm, 12 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm y 22 mm de diámetro interno.<sup>80</sup>



**Figura 18.** Dynamic stent. En A se observa el stent con su introductor; en B se observa mediante fluoroscopia la colocación del stent, con el introductor abierto. A arriba tomada con permiso de referencia 37 y abajo tomada con permiso de referencia 4, B tomada con permiso de referencia 29.



**Figura 19.** Stent Poliflex. A: modelos lisos; B: modelo con incrustaciones en dos medidas. A: derecha tomado con permiso de Boston Scientific Corporation, izquierda tomado de referencia 30 con permiso de Teleflex Medical Incorporated®, B: tomado de referencia 65 con permiso de S. Karger, Basel.

### Nova stent

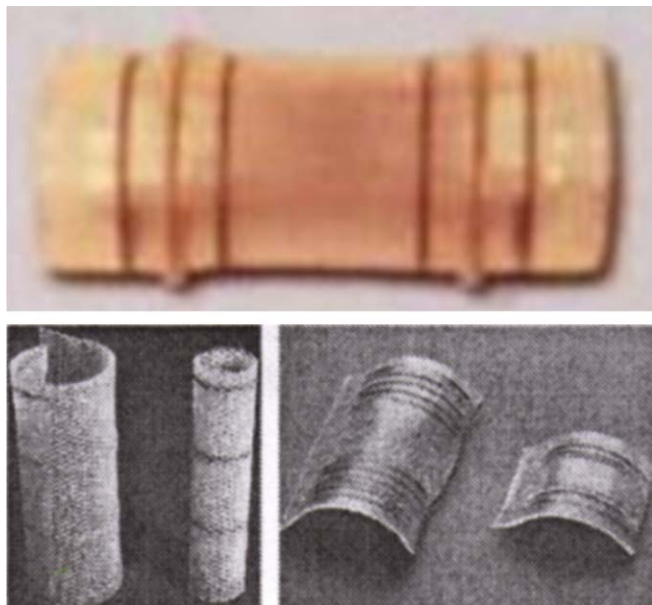
Expandible,<sup>59</sup> fabricado de una delgada lámina de silicón conteniendo pequeños aros de nitinol, enrollado en forma de cigarrillo para su inserción con un fórceps especial posterior, a lo cual los aros de nitinol se expanden al diámetro requerido, con bandas de silicón en sus extremos para prevenir su migración (*Figura 20*).<sup>4,81</sup> Aún en estudio en Europa.<sup>81</sup>

### Stent Orłowski

Fabricado de silicón con un esqueleto rígido de metal y brazos bronquiales (*Figura 21*).<sup>59,83</sup> Poco usado.

### Stent de nitinol/teflón®

Su principal característica es que se considera removible. Es autoexpandible, fabricado de una malla de nitinol de 0.2 mm de diámetro con una configuración tubular adherido mediante una solución de poliuretano al 12% a la superficie externa de una membrana de politetrafluoretileno (PTFE, teflón®). Para facilitar su retiro con un extractor de alambre en forma de gancho, posee aros de nylon de 2 mm de diámetro enganchados a cada doblez del alambre de nitinol en la cara intraluminal de su extremo superior, a través de los cuales tiene dos hilos de nylon formando un cordel más grande (*Figura 22*), que al



**Figura 20.** Novastent. Enrollado y sin enrollar. Arriba y abajo izquierda tomado con permiso de referencia 82, abajo derecha tomado con permiso de referencia 81.

ser enganchado y traccionado por el extractor colapsa parcialmente el extremo proximal del stent, facilitando su retiro (*Figura 23*).<sup>31,84,85</sup> Sus medidas son 16-20 mm de diámetro completamente expandido y 4-5 cm de longitud para el modelo traqueal, y de 10-12 mm y 3-4 cm respectivamente para el bronquial. Comprimido se ajusta a un introductor 12Fr.<sup>84</sup>

### AERO™ stent

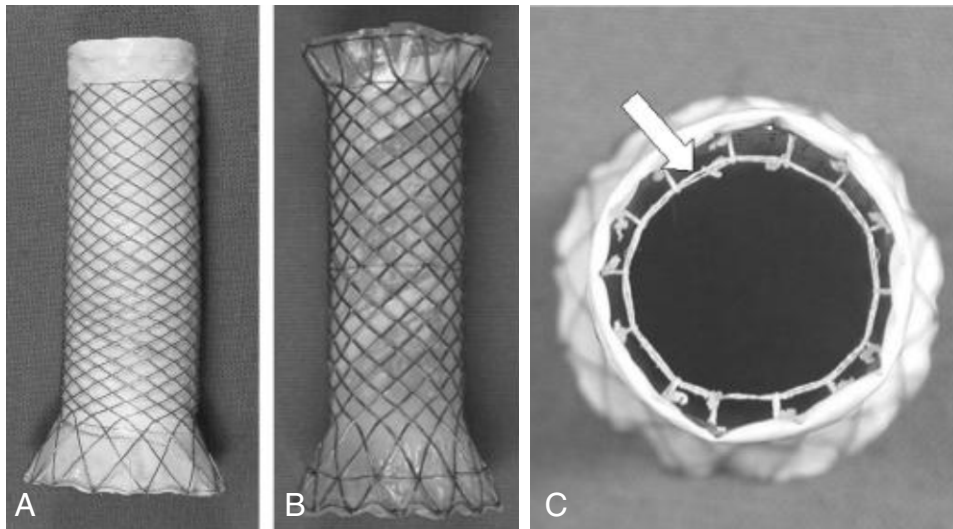
Autoexpandible, fabricado de nitinol completamente cubierto de una membrana de poliuretano, de fácil colocación y retiro.<sup>86</sup> Combina las mejores características tanto de los stents metálicos como de los de silicón, y minimiza sus desventajas. Es radioopaco, flexible y resistente a la compresión, y con una cubierta biológicamente inerte, diseñado para ser fácilmente removible y minimizar la formación de tejido de granulación y el crecimiento tumoral intrastent.<sup>73</sup> Sus extremos tienen un diámetro ligeramente mayor para minimizar la posibilidad de migración, además de encontrarse discretamente plegados hacia el interior del stent para minimizar una potencial lesión sobre la mucosa de la vía aérea (*Figura 24*). Aprobado por la USFDA para su empleo en patología maligna,<sup>87</sup> aunque aún no se cuenta con datos de su empleo a largo plazo.

### INDICACIONES

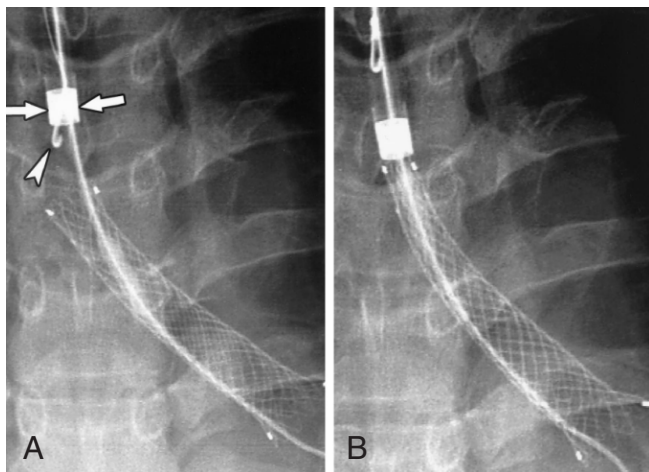
Los stents traqueobronquiales son empleados para el tratamiento de pacientes con enfermedad obstructiva, estenótica o fistulosa de la vía aérea, ya sea de etiología



**Figura 21.** Stent Orłowski. Tomado con permiso de referencia 83.



**Figura 22.** Stent nitinol/teflón® removible. El modelo traqueal (A) tiene su extremo distal acampanado, mientras que el modelo bronquial (B) ambos extremos. Dos hilos formando un cordel (flecha en [C]) y múltiples aros de nylon se encuentran enganchados en el extremo proximal del stent. Tomado con permiso de referencia 31.



**Figura 23.** Stent nitinol/teflón® removible. (A) Radiografía obtenida durante el retiro de stent mostrando una vaina (flechas) con el extractor en forma de gancho (cabeza de flecha) sobre una guía dentro del lumen del stent. (B) El extractor ha enganchado en el cordel del stent y ha sido traccionado para colapsar el extremo proximal del stent. Tomado con permiso de referencia 85.

benigna o maligna,<sup>22,46,89</sup> la elección del mismo depende de cada paciente en particular.

Las indicaciones para el empleo de stents en la vía aérea se dividen en dos categorías: benignas y malignas<sup>47</sup> (Cuadro 2). Se ha encontrado que de todos los stents colocados en el árbol traqueobronquial, la mayoría (60-85%) fue en casos de enfermedad maligna, y de ésta el 43-73% fue pulmonar y el 13-36% esofágica, con sólo 3.5-15% de enfermedad metastásica,<sup>24,31,39,52,89-92</sup> siendo el carcinoma pulmonar de células no pequeñas el tumor más frecuente (46-76%),<sup>24,25,52</sup> además, el 21% de los casos se presentan como urgencia.<sup>89</sup>



**Figura 24.** AERO™ stent. Tomado con permiso de referencia 88.

La localización más frecuente de colocación de stents es tráquea (27-77%), seguida por bronquios (21-69%), y en el restante 7.6-9% traqueobronquial.<sup>39,65,89,92,93</sup>

Las indicaciones anatómicas primarias más frecuentes son compresión extrínseca (42%), tumor endobronquial (27%), estenosis refractaria a dilatación mecánica (21%), traqueobroncomalacia (6%), y otras (4%). Por lo general se coloca un stent único (85% de los casos), dos stents en el 11%, y hasta tres en el restante 4%.<sup>92</sup>

#### Obstrucción benigna

Generalmente se emplean stents de silicón,<sup>10</sup> y cuando se emplean metálicos se prefiere el Ultraflex sobre el Wallstent, debido a la mayor tasa de complicaciones secundarias a este último.<sup>39</sup>

En casos de obstrucción benigna de la vía aérea ésta puede ser congénita o adquirida. La más frecuente de las congénitas es la traqueomalacia,<sup>43</sup> y la adquirida usualmente es secundaria a trauma por intubación endotraqueal o por traqueostomía,<sup>4</sup> y es la causa benigna más frecuente<sup>89</sup> (hasta el 42-81% de los casos;<sup>49,25,91</sup>);

**Cuadro 2.** Indicaciones para el empleo de stents en el árbol traqueobronquial.<sup>4,6,10,14,16,17,22,25,36,46,52,54,59,83,89,95-97</sup>

Patología benigna	Patología intrínseca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estenosis postquirúrgicas (trasplante, resección, recidivante)</li> <li>• Estenosis postmanejo broncoscópico fallido (láser, electrofulguración, dilatación, etc.)</li> <li>• Intubación prolongada (traqueomalacia, estenosis compleja en pacientes no candidatos a manejo quirúrgico, formación de tejido de granulación)</li> </ul>
	Fístulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traqueoesofágica</li> <li>• Broncopleural</li> </ul>
	Estenosis inflamatoria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuberculosis</li> <li>• Granulomatosis de Wegener</li> <li>• CUCI, enfermedad de Crohn</li> </ul>
	Infeciosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Virus herpes, difteria</li> <li>• <i>Klebsiella rhinoscleromatis</i></li> <li>• Infecciones oportunistas en pacientes inmunocomprometidos</li> <li>• Tuberculosis endobronquial</li> <li>• Histoplasmosis, nocardia</li> </ul>
	Compresión vascular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aneurisma aórtico inoperable</li> <li>• Aneurisma de arteria subclavia o de tronco braquiocefálico</li> </ul>
	Neuroendocrino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tumor benigno</li> <li>• Bocio multinodular</li> </ul>
	Traqueobroncomalacia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primaria</li> <li>• Secundaria a traqueostomía o radioterapia</li> <li>• Policondritis recidivante</li> <li>• Traqueobroncomegalia (síndrome de Mounier-Kuhn)</li> <li>• EPOC</li> </ul>
	Tumores benignos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papilomatosis</li> <li>• Amiloidosis</li> <li>• Condromas, fibromas, lipomas</li> </ul>
	Otras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distorsión traqueal por xifoesciosis</li> <li>• Radioterapia-braquiterapia</li> <li>• Quemaduras por inhalación</li> <li>• Enfermedad por reflujo gastroesofágico</li> <li>• Trauma traqueal</li> <li>• Síndrome postneumonectomía</li> <li>• Estenosis congénita (membrana o diafragma traqueal)</li> <li>• Mediastinitis fibrosante</li> <li>• Idiopática</li> </ul>
Patología maligna	Patología endoluminal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcinoma pulmonar primario (asociado o no al empleo previo de otra modalidad terapéutica)</li> <li>• Estenosis maligna refractaria</li> <li>• Tumor traqueal primario</li> <li>• Carcinoma invasor</li> </ul>
	Compresión extrínseca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metástasis pulmonares</li> <li>• Carcinoma neuroendocrino</li> <li>• Timoma</li> <li>• Cáncer hematológico (LNH, mieloma, LLC)</li> <li>• Carcinoma pulmonar (efecto de masa)</li> <li>• Compresión secundaria a stent esofágico</li> </ul>
	Fístulas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traqueoesofágica</li> <li>• Broncopleural</li> </ul>

en otras ocasiones, algunas enfermedades sistémicas pueden ocasionar este estrechamiento (amiloidosis, papilomatosis, granulomatosis de Wegener, tuberculosis, policondritis) o incluso enfermedad por reflujo gastroesofágico.<sup>25,94</sup> La cirugía es el único tratamiento definitivo. Para situaciones inoperables, la colocación de un stent es una valiosa alternativa terapéutica (intubación prolongada o traumática, quemadura traqueal, reparación traqueal fallida, estenosis postanastomótica después de resección en manguito o trasplante pulmonar, infección, compresión extrínseca por mediastinitis o estructuras vasculares, traqueobroncomalacia, y las enfermedades sistémicas mencionadas líneas arriba), ya que si se lleva a cabo la colocación sin una evaluación adecuada, irreversiblemente una lesión potencialmente resecable en su totalidad se convertirá en una lesión de longitud irresecable.<sup>4,36,38,46,63,98,99,100-102</sup> Incluso se ha descrito el tratamiento de fístulas traqueoesofágicas y broncopleurales mediante la colocación de stent traqueal, utilizando la respuesta inflamatoria y la formación de tejido de granulación para ocluir el orificio fistuloso.<sup>10,96</sup> Por este motivo, todos los pacientes deben ser evaluados por un cirujano experimentado en reconstrucciones complejas de la vía aérea.<sup>10,23,34,36</sup>

En casos de estenosis traqueobronquial secundaria a tuberculosis, varios estudios han demostrado la efectividad y seguridad tanto del stent Dumon como el del Natural stent, observando que no hay diferencia en cuanto al resultado del manejo ni a la tasa de complicaciones con ambos tipos de stents.<sup>57,58,103</sup> En este mismo grupo de pacientes, cuando presentan un segmento de estenosis muy largo, se ha descrito el uso combinado de una cánula de Montgomery con un stent Hood, incorporando el extremo distal de la primera al extremo proximal del segundo, en casos en los cuales la estenosis no lograría ser cubierta por alguno de los dos stents por separado, incluso por las versiones extralarga o torácica de la cánula de Montgomery.<sup>104</sup>

La creciente incidencia de estenosis traqueal benigna secundaria al empleo de vías aéreas artificiales en la población general ha hecho que el empleo de la **cánula de Montgomery** se haya expandido, y tiene un importante papel en las siguientes situaciones:<sup>11,20,98,99,105</sup>

- Como una medida temporal hasta la cirugía reconstructiva en pacientes con comorbilidad activa o bien en malas condiciones por estancia prolongada en una Unidad de Cuidados Intensivos, o en lesión reciente o infección traqueales.
- Como adyuvante en intervenciones quirúrgicas traqueales primarias (reconstrucción traqueal, resección segmentaria con anastomosis término-terminal [particularmente cuando existe tensión excesiva en la lí-

nea de sutura]), permitiendo sanar a la delicada mucosa recién reparada.

- Como intervención terapéutica en el periodo postoperatorio para tratar complicaciones tales como dehiscencia parcial, y reparación fallida con recurrencia de la estenosis.
- Como tratamiento definitivo cuando las malas condiciones generales de un paciente contraindican una intervención quirúrgica, o cuando la lesión traqueal no es susceptible de reparación quirúrgica debido a su longitud o relación con órganos circundantes, o en pacientes en quienes no se espera cooperación en el periodo postoperatorio (incluyendo aquellos casos con traumatismo craneoencefálico o hipoxia).
- Incluso cuando se tiene una negativa por parte del paciente para someterse a intervención quirúrgica.

Por otra parte, al escoger un stent para una estenosis subglótica o traqueal alta, este tipo de tubo en T es superior al resto de stents de silicón, debido a que raramente migran, proveen un fácil acceso para la aspiración de secreciones respiratorias, y son fácilmente removibles en casos de obstrucción aguda.<sup>11,20</sup>

La remoción y revaloración periódicas del segmento traqueal estenosado se recomienda en enfermedades benignas para juzgar la necesidad de conservar el stent, para valorar si el paciente es candidato a cirugía o para colocar un nuevo stent; el intervalo ideal para esta valoración no se ha establecido, sin embargo un periodo de 6-12 meses es consistente con observaciones hechas en la literatura,<sup>11,100</sup> aunque hay autores que sugieren sea cada 2 ó 3 meses en pacientes hipersecretores y asintomáticos.<sup>20,100</sup>

### *Obstrucción maligna*

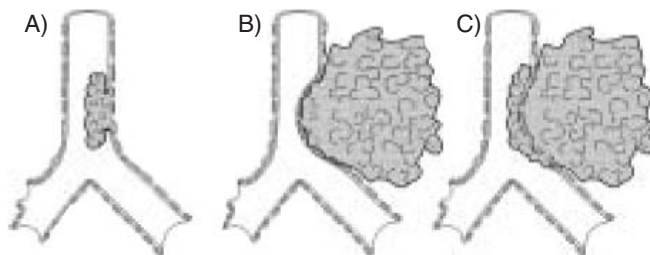
Se pueden emplear, ya sea stents de silicón o bien metálicos autoexpandibles cubiertos, dependiendo de cada caso en particular,<sup>10,28,106</sup> no se recomienda utilizar stents metálicos no cubiertos.<sup>35,106</sup> Se estima que la incidencia de obstrucción central de la vía aérea en pacientes con cáncer pulmonar es del 30%, casos en los cuales el empleo de técnicas de mínima invasión es crucial.<sup>10,28,46,52</sup> habiéndose reportado paliación hasta en el 97% de los mismos,<sup>10</sup> en ocasiones requiriendo de fotocoagulación con láser Nd:YAG para lesiones endobronquiales voluminosas y/o de aplicación de altas dosis de braquiterapia para prevenir crecimiento tumoral o de tejido de granulación.<sup>22,25,52,54,107</sup> Se ha encontrado que los stents son más efectivos en pacientes con afección traqueal o de bronquios principales que aquéllos con afección lobar o más distal; por otra parte, la enfermedad maligna que afecta la carina principal es mejor tratada con stents de silicón



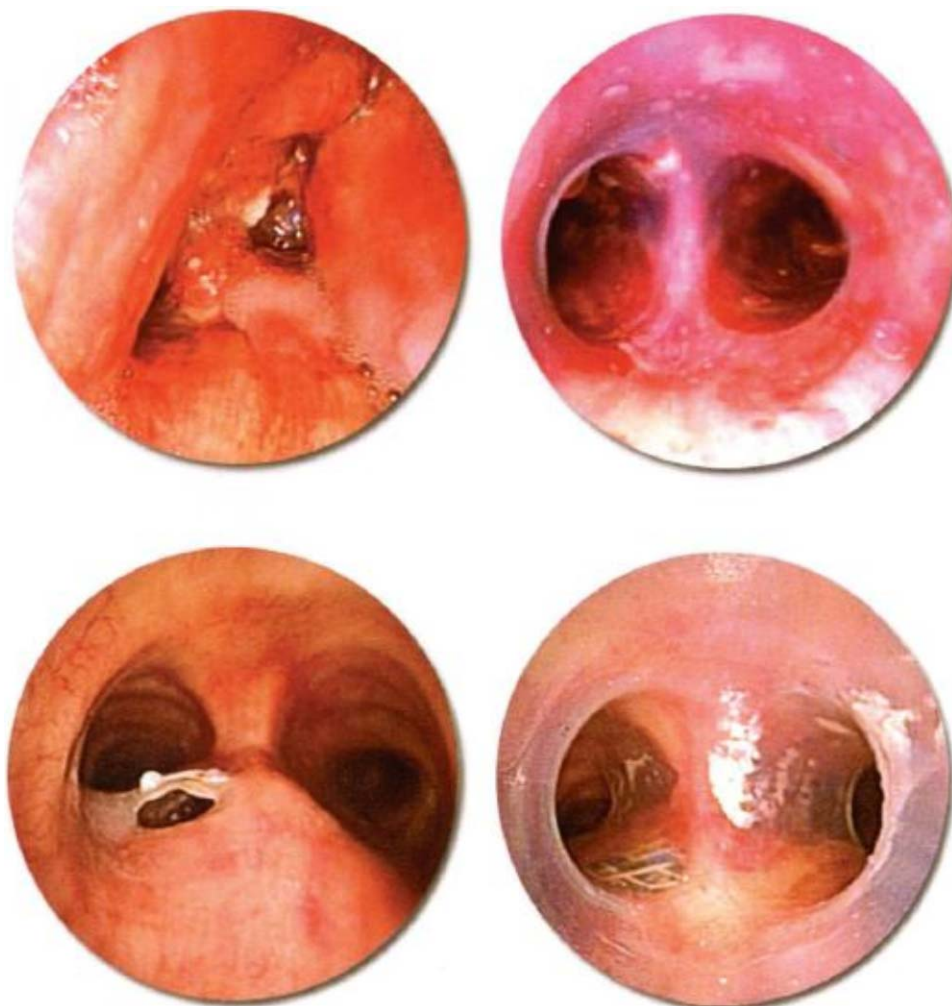
especialmente diseñados para esta localización anatómica,<sup>52,54,136</sup> como el stent Dumon en Y.<sup>52</sup>

Las indicaciones anatómicas primarias para broncoscopia y colocación de stent en la vía aérea incluyen, en este orden de frecuencia, (a) recurrencia de lesiones solitarias endoluminales infiltrativas que obstruyen > 50% de la luz después de tratamiento endobronquial inicial; (b) compresión extrínseca de la luz de la vía aérea; y (c) lesiones malignas mixtas intrínsecas/extraluminales (Figura 25).<sup>4,10,17,46,52,106</sup> Otras indicaciones menos comunes incluyen: estenosis malignas refractarias a dilatación, pérdida del soporte cartilaginoso por destrucción tumoral del mismo, y manejo de fístulas traqueo o broncoesofágicas también secundarias, además de paliación para cáncer broncogénico inoperable, tumores esofágicos con invasión traqueal, tumores traqueales primarios, y enfermedad metastásica<sup>4,17,22,36,46,52,54,89</sup> (Figuras 26 y 27), pudiendo requerir durante el seguimiento de resección con láser de tejido de granulación, especialmente en casos donde no se

utilizó braquiterapia,<sup>22</sup> y es frecuente que se requieran múltiples stents y procedimientos para mantener una vía aérea satisfactoria<sup>106</sup> (hasta el 41% de los casos requiere hasta seis procedimientos<sup>92</sup>), reportándose permeabilidad



**Figura 25.** Indicaciones anatómicas para broncoscopia terapéutica y colocación de stent en pacientes con cáncer pulmonar. En A se muestra una lesión endoluminal, en B compresión extrínseca, y en C una lesión mixta. Tomado con permiso de referencia 83.



**Figura 26.** Obstrucción y fístula traqueobronquial. Arriba: Tráquea distal, carina principal e invasión proximal de bronquio principal derecho; abajo: fístula broncoesofágica debida a stent metálico esofágico por carcinoma esofágico; ambos antes y después de inserción de stent Dumon en Y. Tomado con permiso de referencia 52.



**Figura 27.** Obstrucción. En A se observa obstrucción completa de bronquio principal derecho y parcial de tráquea distal; en B posterior a aplicación de láser Nd:YAG; en C postcolocación de stent Dynamic con adecuada permeabilidad de tráquea y bronquios principales. Tomado con permiso de referencia 107.

de hasta el 90% con seguimiento a 7 años;<sup>26</sup> en este último tenor paliativo se ha descrito inicialmente el empleo de la **cánula de Montgomery**,<sup>11,54</sup> y del **stent Dumon en Y**, desaconsejando el empleo de modelos también en Y de los stents Hood y Freitag debido a la excesiva rigidez de su porción traqueal.<sup>52</sup> Una indicación muy rara para la colocación de un stent traqueal es la presencia de compresión extrínseca causada por un stent esofágico colocado como paliación para cáncer esofágico.<sup>95</sup>

En casos que presentan fístula traqueo o broncoesofágicas, la aplicación de un stent de silicón adicional en el esófago provee paliación efectiva, disminuyendo la tos y minimizando las complicaciones infecciosas.<sup>52</sup>

## CONTRAINDICACIONES

Las contraindicaciones absolutas para el empleo de stents traqueobronquiales son pacientes médicamente inestables y no candidatos a anestesia general, o aquellos que presentan o puedan presentar una reacción alérgica al material de fabricación de un stent en particular.<sup>36</sup> Debe evitarse además en casos en los cuales no se encuentre parénquima pulmonar distal al sitio de obstrucción.<sup>83</sup>

Una contraindicación relativa para el empleo de **stents metálicos** es la presencia de un proceso inflamatorio o infeccioso que pueda predisponer a la formación de tejido de granulación, en cuyo caso es preferible colocar una prótesis de silicón hasta que el proceso se resuelva.<sup>3,108</sup> Otra contraindicación relativa es etiología benigna, habiéndose reportado complicaciones hasta en el 57% de los casos,<sup>93,108</sup> y la USFDA recomienda no utilizarlos a menos que ya hayan sido agotadas otras alternativas de tratamiento (cirugía, stents de silicón, entre otras).<sup>64,93,99</sup>

La **cánula de Montgomery** no es un conducto adecuado para la aplicación de ventilación con presión positiva, y no debe ser colocada en pacientes en los cuales se anticipe necesidad de ventilación mecánica prolongada a corto plazo. Tampoco debe ser colocada en pacientes con broncoaspiración documentada, ya que si se extiende por arriba de las cuerdas vocales puede impedir el cierre completo de la glotis e incrementar el riesgo de aspiración.<sup>11</sup>

No debe colocarse un **stent Poliflex** en casos de patología benigna, debido a que presentan una tasa de complicaciones hasta del 70%.<sup>109</sup>

## COMPLICACIONES

Globalmente no se ha encontrado una diferencia estadísticamente significativa en cuanto a tasa de complicaciones ni mejoría clínica con relación al tipo de stent,<sup>110</sup> pero se han encontrado más frecuentes en casos de patología benigna (88%), y a largo plazo.<sup>47</sup> La tasa de complicaciones global se ha observado del 20-42%,<sup>83,92,110</sup> para las tempranas hasta del 8.8%, mientras que hasta del 51.1% para las tardías,<sup>21</sup> debiendo agregarse las complicaciones observadas durante el procedimiento (*Cuadro 3*).<sup>17,25,47</sup>

Las complicaciones agudas de los **stents de silicón** son poco frecuentes e incluyen sangrado (1.25%), neumotórax (6.25%) y neumomediastino (2.5%). En cuanto a complicaciones tardías, la migración es una complicación que se ha reportado en el 9.5-51% de los casos,<sup>4,11,21,23,25,32,51,53</sup> por lo que se han descrito exitosamente medios de fijación interna y externa en el espacio subglótico con suturas<sup>57,111,113-115</sup> y se han modificado modelos de stents ya existentes. Otras complicaciones descritas para los stents de silicón incluyen formación de granulomas (particularmente en los extremos<sup>34,63</sup>) en

**Cuadro 3.** Complicaciones asociadas a la colocación de stents en la vía aérea.<sup>4,11,15-17,21-23,25,26,32,34,39,44,47,53,57,59,63,78,83,91,108,110-112</sup>

Transoperatorias	Agudas (< 72 h)	Tardías (> 72 h)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malposicionamiento</li> <li>• Imposibilidad técnica para la colocación</li> <li>• Perforación traqueobronquial</li> <li>• Enfisema quirúrgico</li> <li>• Neumotórax a tensión</li> <li>• Sangrado*</li> <li>• Lesión de cuerdas vocales</li> <li>• Desaturación significativa**</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sangrado</li> <li>• Disfonía</li> <li>• Tos</li> <li>• Migración</li> <li>• Retención de secreciones</li> <li>• Obstrucción</li> <li>• Neumomediastino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disfonía, afonía</li> <li>• Migración</li> <li>• Retención de secreciones</li> <li>• Colonización o infección</li> <li>• Choque séptico</li> <li>• Obstrucción</li> <li>• Formación de tejido de granulación</li> <li>• Fatiga o fractura del metal</li> <li>• Halitosis</li> <li>• Dolor, tos</li> <li>• Obstrucción aérea aguda</li> <li>• Reestenosis</li> <li>• Expectoración o deglución del stent o de fragmentos</li> <li>• Fístula traqueo-innominada</li> </ul>

\* Considerado severo si se asocia a desaturación significativa, inestabilidad hemodinámica, o falta de respuesta a los métodos estándares de hemostasia.

\*\* Definida como una caída en la saturación arterial de oxígeno > 4%, o la necesidad del anestesiólogo de ajustar la ventilación o los parámetros de oxigenación.

el 7.9-49%, obstrucción por secreciones en el 18-85%, disfonía en el 3%, y reestenosis en el 4-40%,<sup>4,15,21,23,25,26,53,57</sup> y otras aún más raras ulceración con hemorragia, perforación mediastinal, infección con choque séptico, y afonía,<sup>4</sup> y otras todavía más improbables como expectoración<sup>47</sup> o deglución<sup>111</sup> del stent, incluso se ha descrito un caso de fístula entre tráquea y la arteria innominada.<sup>112</sup>

Con respecto a la **cánula de Montgomery** se encuentra formación proximal de tejido de granulación en 10-18%, e intolerancia al taponamiento de la cánula que requiere retiro de la misma en 11.5%,<sup>11,20,49,116</sup> y en casos en que el extremo proximal de la rama vertical se sitúa por arriba de las cuerdas vocales, principalmente en niños<sup>11</sup> se encuentran aspiración en 23% y adicionalmente disfonía.<sup>11,49</sup> En general son raras, sin mortalidad relacionada directamente al stent (aunque debe mencionarse que la residencia lejos de un centro de atención médica y las condiciones de vida de los pacientes pueden influir en cuanto a mortalidad<sup>117</sup>), las menos frecuentes incluyen enfisema subcutáneo posterior a la colocación, migración, desplazamiento posterior hacia la tráquea causante de obstrucción aérea aguda, acumulación luminal de secreciones, infección de la vía aérea, hemorragia traqueal, formación de tejido de granulación, y cierre prolongado de fístula traqueocutánea.<sup>11,20,49</sup>

En cuanto a los **stents metálicos**, se ha encontrado migración en el 3-10%, retención de esputo en el 7.1-12.5%, formación de tejido de granulación en el 27-85% (más frecuente en modelos no cubiertos<sup>23</sup>), recurrencia de la obstrucción en el 10-33%, fractura en el 8%, infec-

ción en el 8-15.9%, sangrado en el 5-42.9%, e incluso muerte en el 5%<sup>4,21,22,23,39,44,91,108,110</sup> y otras menos comunes como expectoración de fragmentos de metal de un stent fracturado<sup>47,91</sup> o del stent en su totalidad,<sup>91</sup> y neumotórax a tensión por perforación de la pared traqueobronquial,<sup>108</sup> habiéndose descrito casos de fístula entre tráquea y arteria innominada, particularmente con los primeros modelos de stents metálicos.<sup>112</sup>

Las complicaciones relacionadas con el **retiro de stents metálicos** son mucho más frecuentes que con los stents de silicón,<sup>47</sup> e incluyen retención de fragmentos de stent (23%), lesión de mucosa con sangrado que puede llegar a ser hemoptisis masiva (11-13%), reobstrucción que requiera colocación de stent de silicón (47%), necesidad de ventilación mecánica postoperatoria por sangrado o edema (20%), y neumotórax a tensión (3%),<sup>17,35,64,108</sup> e incluso muerte;<sup>10,64</sup> el 97% de los casos ocurren en patología benigna (contra el 25% en patología maligna; esta elevada cifra hace cuestionar la indicación primaria para la colocación de un stent metálico<sup>35,64</sup>), el 91% con stents no cubiertos, y se ha encontrado que a mayor tiempo de empleo del stent mayor es la tasa de complicaciones.<sup>35</sup> A pesar de que los fabricantes aconsejan la remoción mediante cirugía abierta, se ha reportado exitosamente en diversas series el retiro endoscópico; el procedimiento se lleva a cabo mediante la aplicación de tracción constante con fórceps caimán, y puede auxiliarse con el tubo del broncoscopio rígido o con un dilatador de Jackson para separar el stent de la pared, o bien con pretratamiento con modali-

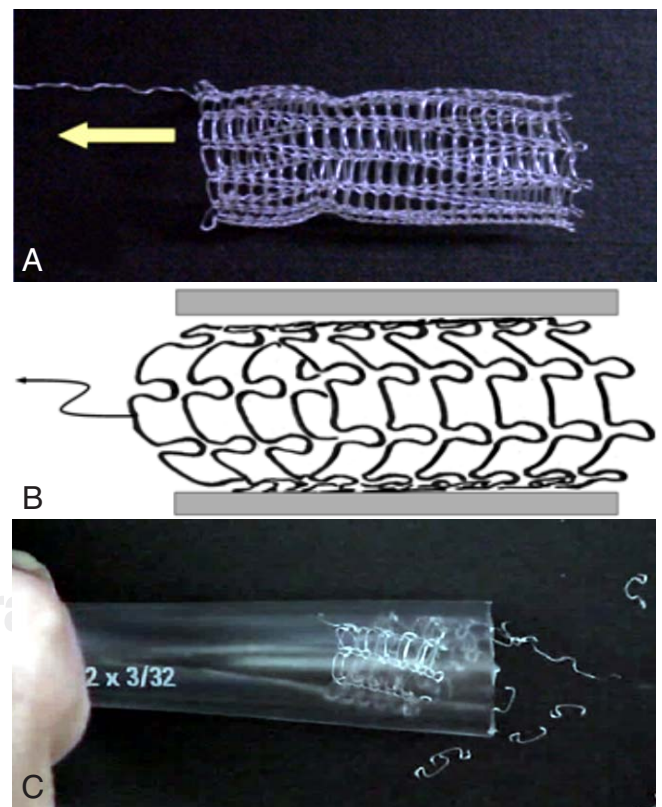
dades térmicas (coagulador de argón, electrocauterio) para disminuir la cantidad de tejido de granulación antes de intentar el retiro. En ocasiones el retiro debe hacerse por fragmentos, y en algunas otras es preferible dejar algunos de ellos para evitar ocasionar fístulas,<sup>35,38,47,118</sup> y cuando técnicamente no es posible el retiro endoscópico debe hacerse por abordaje abierto,<sup>118-120</sup> o combinando ambos abordajes,<sup>32</sup> o bien empleando el extractor en forma de gancho diseñado para el stent nitinol/teflón® removible<sup>31,84</sup> con alguna modificación en cuanto a la técnica,<sup>85</sup> aunque existen reportes en los que se sugiere no retirar el stent, sino colocar un stent de silicón o bien un segundo stent metálico incorporado dentro del stent metálico original para evitar mayor morbilidad, principalmente en pacientes con patología maligna en etapa terminal.<sup>121,122</sup> Las complicaciones son comunes y deben anticiparse, por lo que este procedimiento sólo debe llevarse a cabo en centros preparados para lidiar con estas potencialmente mortales complicaciones.<sup>35,70</sup> Las indicaciones para retiro de stents metálicos incluyen recuperación esperada con o sin formación de tejido de granulación, migración, fractura, formación extensa de tejido de granulación o crecimiento tumoral, infección, y colapso,<sup>32,35,38,70,85,123</sup> situaciones que pueden condicionar retiro del stent en el 25-50% de los casos en un periodo de 16 meses.<sup>32,38</sup> Recientemente se encuentra bajo investigación el desarrollo de un stent híbrido de alambre de acero inoxidable con PLLA, que es fácilmente removible una vez que este material biodegradable ha sido absorbido, gracias a que la estructura metálica del stent está diseñada de manera que no hay cruzamiento del alambre en punto alguno, lo cual permite una fácil y sencilla extracción (Figura 28).<sup>71</sup>

En cuanto a los **stents híbridos**, en el caso del **Poli-flex liso** tiene una tasa de migración del 43.75%, disfonía, fractura y formación de tejido de granulación en el 12.5% cada uno, e infección en el 6.25%;<sup>123</sup> en el **Poli-flex con incrustaciones** se observa migración en el 3.8% (menor que la tasa reportada para stents de silicón, en particular el stent Dumon [10-16%<sup>66,124</sup>], y también menor que la reportada para la versión lisa [10%<sup>19</sup>]), mientras que obstrucción por secreciones en el 15.4%; no se genera formación de tejido de granulación relevante en los extremos, crecimiento tumoral hacia la luz, ni degradación de la cubierta del stent;<sup>65</sup> sin embargo no se aconseja su empleo para casos de patología benigna, ya que la tasa de complicaciones se ha observado hasta del 70%.<sup>109</sup> Para el **stent nitinol/teflón®**, ocurre retención de esputo en el 23.5%, migración en el 17.6%, y formación de tejido de granulación también en el 17.6%, sin degradación de la cubierta de teflón, pero observando separación de la membrana de teflón de la malla de nitinol por tejido de granulación (probablemente por degra-

dación incipiente de la membrana) en el 17.6% de los casos.<sup>31</sup> Se ha descrito un caso de deglución de un **stent Dynamic**, secundario a tos intensa y a intento del paciente de recolocación.<sup>125</sup>

La **migración** del stent es más frecuente en casos de stents de silicón, los cuales incluso pueden ser expectorados. Los stents metálicos se colocan comprimidos y se expanden tanto como les sea posible; en contraste, los de silicón sólo se expanden a su forma prefabricada, y su posicionamiento depende de lo que permitan su longitud y diámetro.<sup>47,126</sup>

Se ha observado que la formación de **tejido de granulación** es más frecuente en casos de enfermedad benigna, del 33% contra el 4% en enfermedad maligna,<sup>10</sup> y es también más frecuente con el empleo de stents metálicos, debido a que éstos presentan múltiples bordes que incrementan la irritación de la mucosa.<sup>47</sup> El patrón de crecimiento de este tejido es hiperproliferación papilomatosa secundaria a una reacción inflamatoria inespecífica secundaria a su vez a destrucción regional de la membrana basal.<sup>127</sup>

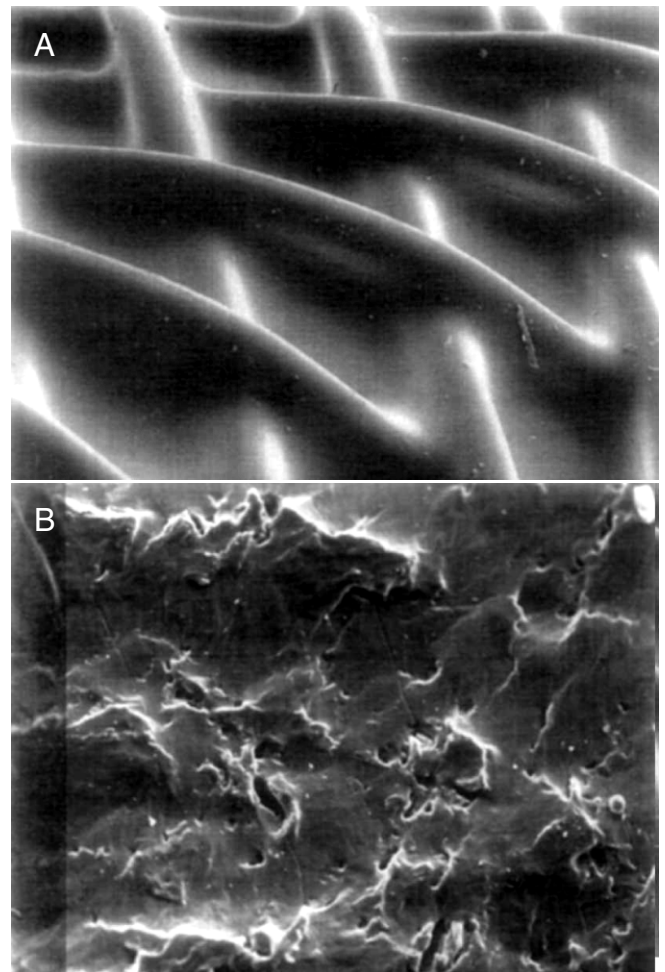


**Figura 28.** Retiro de stent híbrido acero inoxidable-PLLA. A y B: al iniciar el retiro; C: durante el retiro. Obsérvese que quedan algunos fragmentos metálicos de remoción sencilla. Tomado con permiso de referencia 71.

En general, 3 a 4 semanas posterior a la colocación de stents hasta el 71% de los casos presenta colonización de la vía aérea<sup>15,19,128,129</sup> (asociada a retención de secreciones en el stent) por uno o más microorganismos potencialmente patógenos, entre los cuales se encuentran *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* y *Klebsiella sp.*, y también por otros no patógenos (*Capnocytophaga sputigena* y *Haemophilus parainfluenzae*), hallazgo no asociado a signos clínicos de infección y más frecuente en pacientes sin colonización previa a la colocación del stent. El mecanismo de colonización se desconoce, pero está en relación a una alteración en los mecanismos de defensa locales (alteración del flujo mucociliar y de la expectoración), así como a una incrementada secreción de moco («reflejo de secreción de moco») y a irregularidades microscópicas en la superficie interna macroscópicamente lisa del stent (Figura 29).<sup>15,19</sup> Por otra parte, se ha encontrado asociación entre la colonización por *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* y el desarrollo de tejido de granulación, además de que cada uno de estos microorganismos por separado constituye un factor de riesgo independiente.<sup>128</sup> Otros reportes añaden a la lista *Streptococcus viridans*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, *Neisseria sp.*, y algunos anaerobios como *Fusobacterium sp.*, *Bacteroides fragilis*, *Actinomyces sp.*, y otros.<sup>19,129</sup> Posterior a este periodo de colonización de 3-4 semanas y con seguimiento más extenso se han encontrado cultivos positivos hasta en el 80% de los casos para *Staphylococcus aureus* (58%), *Pseudomonas aeruginosa* (33%), *Candida albicans* (25%) y otros menos frecuentes (8%) incluyen especies de *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Klebsiella* y *Acinetobacter*, así como infección por dos o más de estos gérmenes en el 42%.<sup>118</sup>

A diferencia de los stents de silicón, los metálicos ayudan a evitar la **retención de secreciones**, al permitir la mucosalización a través de sus intersticios, preservando con esto la función mucociliar; sin embargo, la excesiva formación de tejido de granulación puede impedirlo.<sup>47</sup>

La mejor manera de evitar las complicaciones es la elección adecuada del tipo de stent a aplicar y el momento indicado, así como su aplicación por personal formalmente entrenado,<sup>10,23,34,36,47,64,108</sup> ya que de lo contrario puede obtenerse una tasa de complicaciones hasta del 87%,<sup>91</sup> en ocasiones con enfoque multidisciplinario idealmente con radiología intervencionista, neumología, otorrinolaringología, anestesiología, cirugía torácica, y oncología.<sup>47,92,107</sup> Posterior a la aplicación del stent y al empleo de adyuvantes, debe darse un seguimiento adecuado para identificar tempranamente cualquier tipo de complicación desarrollada, que permitirá un manejo más adecuado y con poca morbilidad, lo cual se puede llevar a cabo me-



**Figura 29.** Microscopia electrónica. En A se observa la lisa superficie externa, y en B la superficie rugosa interna (luminal), de un stent Poliflex. Tomado con permiso de referencia 19.

dante bronoscopias seriadas, radiografías de tórax, pruebas de función pulmonar, y tomografía computada.<sup>47,107</sup>

En la literatura se recomienda que la inserción de un stent debe ser llevada a cabo por personal entrenado en broncoscopia tanto flexible como rígida además de intubación endotraqueal, debiendo entrenarse en modelos animales o inanimados realizando  $\geq 10$  procedimientos supervisados, y posteriormente 5-10 procedimientos por año para mantener competencia.<sup>83</sup> Grillo<sup>63</sup> sabiamente opinó acerca de la colocación de stents y sus complicaciones que: «... el problema surge del empleo carente de sentido crítico de la tecnología sin el entendimiento de la patología que está siendo tratada...»

## REFERENCIAS

1. Terra RM, Minamoto H, Jatene FB. Intratracheal stent: prosthesis or orthosis? J Bras Pneumol 2006; 32(6): 606-607.

2. Dorland WAM. Dorland's Illustrated Medical Dictionary [on line]. 2004, WB Saunders. Disponible en World Wide Web <[http://www.mercksource.com/pp/us/cns/cns\\_home.jsp](http://www.mercksource.com/pp/us/cns/cns_home.jsp)>
3. Nesbitt JC, Carrasco H. Expandable stents. *Chest Surg Clin N Am* 1996; 6(2): 305-28.
4. Rafanan AL, Mehta AC. Stenting of the tracheobronchial tree. *Radiol Clin North Am* 2000; 38(2): 395-408.
5. Ring ME. How a dentist's name became a synonym for a life-saving device: the story of Dr. Charles Stent. *J Hist Dent* 2001; 49(2): 77-80.
6. Utilización de stent en la vía aérea. En: Porcel M, Torres A; Sociedad Boliviana de Otorrinolaringología, Broncoesofagología y Cirugía de Cabeza y Cuello [on line]. Noviembre 2007. Disponible en World Wide Web: <[http://www.bago.com.bo/sbo/publicacion/vol6\\_n4/html/stent.html](http://www.bago.com.bo/sbo/publicacion/vol6_n4/html/stent.html)>
7. Brunings W, Albrecht W. Direkte Endoskopie der Luft und Speisewege. Stuttgart: Ferdinand 1915; 1: 134-138.
8. Belsey R. Resection and reconstruction of the intrathoracic trachea. *Br J Surg* 1951; 38(50): 200-205.
9. Bucher RM, Busenette WE, Rosemond GE. Experimental reconstruction of tracheal and bronchial defects with stainless steel wire mesh. *J Thorax Surg* 1951; 21(6): 572-583.
10. Lund ME, Garland R, Ernst A. Airway stenting. Applications and practice management considerations. *Chest* 2007; 131(2): 579-587.
11. Wahidi MM, Ernst A. The Montgomery T-tube tracheal stent. *Clin Chest Med* 2003; 24(3): 437-443.
12. Montgomery WW. T-tube tracheal stent. *Arch Otolaryngol* 1965; 82: 320-321.
13. Wallace MJ, Charnsangavej C, Ogawa K, et al. Tracheobronchial tree: Expandable metallic stents used in experimental and clinical applications. *Radiology* 1986; 158(2): 309-312.
14. Saito Y, Imamura H. Airway stenting. *Surg Today* 2005; 35(4): 265-270.
15. Noppen M, Piérard D, Meysman M, Claes I, Vincken W. Bacterial colonization of central airways after stenting. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160(2): 672-677.
16. Davis N, Madden BP, Sheth A, Crerar-Gilbert AJ. Airway management of patients with tracheobronchial stents. *Br J Anaesth* 2006; 96(1): 132-135.
17. Makris D, Marquette CH. Tracheobronchial stenting and central airway replacement. *Curr Opin Pulm Med* 2007; 13(4): 278-283.
18. Anwar-ul-Haq, Bukhari SM, Umar A. A unique management of tracheal stenosis. *J Ayub Med Coll Abbottabad* 2006; 18(2): 93-94.
19. Wassermann K, Koch A, Müller-Ehmsen J, Reuter M, Michel O, Eckel HE. Clinical and laboratory evaluation of a new thin-walled self-expanding tracheobronchial silicone stent: progress and pitfalls. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 114(4): 527-534.
20. Liu HC, Lee KS, Huang CJ, Cheng CR, Hsu WH, Huang MH. Silicone T-tube for complex laryngotracheal problems. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21(2): 326-330.
21. Wu CY, Liu YH, Hsieh MJ, et al. Airway stents in management of tracheal stenosis: have we improved? *ANZ J Surg* 2007; 77(1-2): 27-32.
22. Yerushalmi R, Fenig E, Shitrit D, et al. Endobronchial stent for malignant airway obstructions. *Isr Med Assoc J* 2006; 8(9): 615-617.
23. Airway stenting. In: Venuta F, Rendina EA, de Giacomo T.; CTSNet, The Cardiothoracic Surgery Network [on line]. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.ctsnet.org/sections/clinicalresources/thoracic/venuta.html>>
24. Xu X, Tajima H, Ishioh M, et al. Study on the treatment of tracheobronchial stenosis using expandable metallic stents. *J Nippon Med Sch* 2001; 68(4): 318-327.
25. Cosano Povedano A, Muñoz Cabrera L, Cosano Povedano FJ, Rubio Sánchez J, Pascual Martínez N, Escribano Dueñas A. Endoscopic treatment of central airway stenosis: five years' experience. *Arch Bronconeumol* 2005; 41(6): 322-327.
26. Thornton RH, Gordon RL, Kerlan RK, et al. Outcomes of tracheobronchial stent placement for benign disease. *Radiology* 2006; 240(1): 273-282.
27. Seijo LM, Ancochea J. In search of the ideal tracheobronchial stent: metal or silicone? *Arch Bronconeumol* 2004; 40(7): 293-294.
28. Stephens KE Jr, Wood DE. Bronchoscopic management of central airway obstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 119(2): 289-296.
29. Stent implantation. In: Bronchoscopic of human lung diseases [on line]. Korányi National Institute of Pulmonology, Budapest/Hungary. 1996. Available at World Wide Web: <<http://195.228.254.34/broncho/album/album26.php>>
30. Poly-flex stent. In: Rüschi International products [on line]. Teleflex Medical. November 2007. at World Wide Web: <<http://www.ruesch.de/en/produkte/neuheiten/stents/stents001.php>>
31. Shin JH, Song HY, Ko GY, et al. Treatment of tracheobronchial obstruction with a polytetrafluoroethylene-covered retrievable expandable nitinol stent. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17(4): 657-663.
32. Rampey AM, Silvestri GA, Gillespie MB. Combined endoscopic and open approach to the removal of expandable metallic tracheal stents. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 133(1): 37-41.
33. Stents. In: Medcyclopaedia, Standard edition [on line]. General Electric Healthcare. November 08, 2007. Available at World Wide Web: <[http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume\\_i/s/stent.aspx](http://www.medcyclopaedia.com/library/topics/volume_i/s/stent.aspx)> and <<http://www.medcyclo.com>>
34. Noppen M, Van Renterghem D, Vanderstraeten P. The wrong stent at the wrong time: a cautionary tale. *Respiration* 2003; 70(3): 313-316.
35. Lunn W, Feller-Kopman D, Wahidi M, Ashiku S, Thurer R, Ernst A. Endoscopic removal of metallic airway stents. *Chest* 2005; 127(6): 2106-2112.
36. McClay JE. Laryngeal and tracheal stents. In eMedicine Specialties Oral Medicine and Laryngology, WebMD. Last updated March 30, 2006. Available at World Wide Web: <<http://www.emedicine.com/ent/TOPIC593.HTM>>
37. Simoff MJ. Endobronchial management of advanced lung cancer. *Cancer Control* 2001; 8(4): 337-343.

38. Noppen M, Stratakos G, D'Haese J, Meysman M, Vinken W. Removal of covered self-expandable metallic airway stents in benign disorders: indications, technique, and outcomes. *Chest* 2005; 127(2): 482-487.
39. Rieger J, Hautmann H, Linsenmaier U, et al. Treatment of benign and malignant tracheobronchial obstruction with metal wire stents: experience with a balloon-expandable and a self-expandable stent type. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2004; 27(4): 339-343.
40. Stockton PA, Ledson MJ, Hind CR, Walshaw MJ. Bronchoscopic insertion of Gianturco stents for the palliation of malignant lung disease: 10 year experience. *Lung Cancer* 2003; 42(1): 113-117.
41. Xu X, Tajima H, Ishioh M, et al. Study on the treatment of tracheobronchial stenosis using expandable metallic stents. *J Nippon Med Sch* 2001; 68(4): 318-327.
42. Hosokawa Y, Tsujino I, Kiyofuji K, et al. Placement of two types of spiral Z-stents at the bronchial carina for the treatment of terminal lung cancer - a new method. *J Int Med Res* 2006; 34(5): 556-562.
43. Geller KA, Wells WJ, Koempel JA, St John MA. Use of the Palmaz stent in the treatment of severe tracheomalacia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2004; 113(8): 641-7.
44. Isa AY, Macandie C, Irvine BW. Nitinol stents in the treatment of benign proximal tracheal stenosis or tracheomalacia. *J Laryngol Otol* 2006; 120(1): 32-37.
45. Vinograd I, Klin B, Brosh T, Weinberg M, Flomenblit Y, Nevo Z. A new intratracheal stent made from nitinol, an alloy with «shape memory effect». *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994; 107(5): 1255-1261.
46. Díaz-Agero P, Flandes J. Endoprótesis traqueobronquiales. En: *Broncoscopia diagnóstica y terapéutica [en línea]*. Monografías Neumomadrid Volumen X / 2007. Disponible en World Wide Web: <<http://www.neumomadrid.org/images/upload/X%20Broncoscopia.pdf>>
47. Zakaluzny SA, Lane JD, Mair EA. Complications of tracheobronchial airway stents. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 128(4): 478-488.
48. Agrawal S, Payal YS, Sharma JP, Meher R, Varshney S. Montgomery T-tube: anesthetic management. *J Clin Anesth.* 2007; 19(2): 135-137.
49. Huang CJ. Use of the silicone T-tube to treat tracheal stenosis or tracheal injury. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 7(4): 192-196.
50. Montgomery® Safe T-Tube™ Stents Brochure. In: Boston Medical Products, Tracheal & Bronchial [on line]. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.bosmed.com/trachbronch/pdf/ttubecat.pdf>>
51. Noppen M, Meysman M, Claes I, D'Haese J, Vincken W. Screw-thread vs Dumon endoprosthesis in the management of tracheal stenosis. *Chest* 1999; 115(2): 532-535.
52. Dutau H, Toutblanc B, Lamb C, Seijo L. Use of the Dumon Y-stent in the management of malignant disease involving the carina: a retrospective review of 86 patients. *Chest* 2004; 126(3): 951-958.
53. Dumon JF. A dedicated tracheobronchial stent. *Chest* 1990; 97(2): 328-332.
54. Pettiford B, Landreneau RJ. Endobronchial stents and bronchial sparing surgery in the management of lung cancer. *Rev Inst Nal Enf Resp Mex* 2007; 20(1): 33-41.
55. Dumon® Stents Brochure. In: Boston Medical Products, Tracheal & Bronchial [on line]. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.bosmed.com/trachbronch/pdf/dumoncat.pdf>>
56. Bronchial stent with rings and Y stent. In: Products, Thoracic. Hood Laboratories [on line]. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.msdtcc.com/~hoodlabs/index.php?page=thoracic>>
57. Ryu YJ, Kim H, Yu CM, Choi JC, Kwon YS, Kwon OJ. Use of silicone stents for the management of post-tuberculosis tracheobronchial stenosis. *Eur Respir J* 2006; 28(5): 1029-1035.
58. Kim HJ, Koh WJ, Suh GY, et al. The usefulness and safety of natural stent in a canine model of tracheal stenosis. *Tuberc Respir Dis* 2002; 53(4): 431-438.
59. Elizondo A. Intervencionismo pulmonar: broncoscopia rígida, cirugía endobronquial láser y prótesis traqueobronquiales. *Neumol Cir Tórax* 2006; 65(S2): S26-S36.
60. Berghaus A. Tracheal prosthesis [on line]. In: freee patients on line, November 2nd, 1993. Available at World Wide Web: <<http://www.freepatentsonline.com/5258027.html>>
61. Dumon JF, Cavaliere S, Díaz-Jiménez P, Vergnon JM. Seven-year experience with the Dumon prosthesis. *J Bronchol* 1996;3:6-10; *Solumum* 3, Özel Sayı; 2: 255-259, 2001.
62. Westaby T-Y stent. In: Products, Thoracic. Hood Laboratories [on line]. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.msdtcc.com/~hoodlabs/index.php?page=westaby-t-y-stent>>
63. Grillo HC. Stents and sense. *Ann Thorac Surg* 2000; 70(4): 1142.
64. Schultz D. FDA Public Health Notification: Complications from Metallic Tracheal Stents in Patients with Benign Airway Disorders. In: Public Health Notifications, U.S. Food and Drug Administration. July 29, 2005. Available at World Wide Web: <<http://www.fda.gov/cdrh/safety/072905-tracheal.html>>
65. Bolliger CT, Breitenbuecher A, Brutsche M, Heitz M, Stanzel F. Use of studded Polyflex stents in patients with neoplastic obstructions of the central airways. *Respiration* 2004; 71(1): 83-87.
66. Korpela A, Aarnio P, Sariola H, Törmälä P, Harjula A. Comparison of tissue reactions in the tracheal mucosa surrounding a bioabsorbable and silicone airway stents. *Ann Thorac Surg* 1998; 66(5): 1772-1776.
67. Korpela A, Aarnio P, Sariola H, Törmälä P, Harjula A. Bioabsorbable self-reinforced poly-L-lactide, metallic, and silicone stents in the management of experimental tracheal stenosis. *Chest* 1999; 115(2): 490-495.
68. Saito Y, Minami K, Kobayashi M, et al. New tubular bioabsorbable knitted airway stent: biocompatibility and mechanical strength. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123(1): 161-167.
69. Saito Y, Minami K, Kaneda H, et al. New tubular bioabsorbable knitted airway stent: feasibility assessment for delivery and deployment in a dog model. *Ann Thorac Surg* 2004; 78(4): 1438-1440.
70. Tsai HL, Liu C, Chen PT, et al. Experience with removing Palmaz stents with a rigid bronchoscope. *J Pediatr Surg* 2004; 39(12): 1772-1774.

71. Shomura Y, Tanigawa N, Kariya S, Kojima H, Komemushi A, Sawada S. Physical Strength and Retrievalability of a Hybrid Material Stent Composed of Metallic Wire and Bioabsorbable Fiber. In: SESSION: ISP: Vascular/Interventional (Stents, Stent-Grafts), Radiological Society of North America, Inc., RSNA 2005 Annual Meeting. December 01, 2005. Available at World Wide Web: <[http://rsna2005.rsna.org/rsna2005/V2005/conference/event\\_display.cfm?em\\_i<d=4413313&id=66601&p\\_navID=272](http://rsna2005.rsna.org/rsna2005/V2005/conference/event_display.cfm?em_i<d=4413313&id=66601&p_navID=272)>
72. Tsukada H, Osada H. Experimental study of a new tracheal prosthesis: pored Dacron tube. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127(3): 877-884.
73. AERO™ stent. In: Pulmonary stents, Alveolus, Inc. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.alveolus.com/products/aero.html>>
74. Sewall GK, Warner T, Connor NP, Hartig GK. Comparison of resorbable poly-L-lactic acid-polyglycolic acid and internal Palmaz stents for the surgical correction of severe tracheomalacia. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2003; 112(6): 515-521.
75. Göbel G, Karaiskaki N, Gerlinger I, Mann WJ. Tracheal ceramic rings for tracheomalacia: a review after 17 years. *Laryngoscope* 2007; 117(10): 1741-1744.
76. Hasaniya N, elZein CF, Mara S, Barth MJ, Ilbawi M. Alternative approach to the surgical management of congenital tracheal stenosis. *Ann Thorac Surg* 2006; 82(6): 2305-2307.
77. Sandu K, Monnier P. Congenital tracheal anomalies. *Otolaryngol Clin North Am* 2007; 40(1): 193-217.
78. Freitag L, Eicker R, Linz B, Greschuchna D. Theoretical and experimental basis for the development of a dynamic airway stent. *Eur Respir J* 1994; 7(11): 2038-2045.
79. Freitag L, Tekolf E, Stamatis G, Greschuchna D. Clinical evaluation of a new bifurcated dynamic airway stent: a 5-year experience with 135 patients. *Thorac Cardiovasc Surg* 1997; 45(1): 6-12.
80. RÜSCH Product Catalogue. In: Rüschi International Products [on line]. Teleflex Medical. November 2007. Available at World Wide Web: <<http://www.ruesch.de/scripts/wgate/zcatalog/?~language=EN>>
81. Dasgupta A, Mehta AC. Tracheobronchial stents and stent-grafts. In: Dolmatch BL, Blum U (eds.), *Stent-grafts: current clinical practice*, Elsevier, Thieme Publishing Group, 2000, p.169.
82. Udaya BS, Cavaliere S. Broncoscopia terapéutica. En: Gold W, Murria J, Nadel J (eds.). *Atlas de técnicas en medicina respiratoria*, Elsevier, España, 2003, p.252.
83. Bolliger CT, Mathur PN, Beamis JF, et al. European Respiratory Society/American Thoracic Society. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. *European Respiratory Society/American Thoracic Society. Eur Respir J* 2002; 19(2): 356-373.
84. Shin JH, Kim SW, Shim TS, et al. Malignant tracheobronchial strictures: palliation with covered retrievable expandable nitinol stent. *J Vasc Interv Radiol* 2003; 14(12): 1525-1534.
85. Kim JH, Shin JH, Shim TS, et al. Efficacy and safety of a retrieval hook for removal of retrievable expandable tracheobronchial stents. *J Vasc Interv Radiol* 2004; 15(7): 697-705.
86. Mehta AC, Gildea T, Downie G, et al. A prospective multicenter trial of a self-expanding hybrid stent in malignant airway obstruction. *Chest* 2007; 132(4 suppl): 425S.
87. AERO™ tracheobronchial stent system. In: Summary of safety and effectiveness. Available at World Wide Web: <<http://www.fda.gov/cdrh/pdf6/K062511.pdf>>
88. Schmidt B, Witt C. Bronchoscopy 2005. *Pneumologie* 2006; 60(1): 45-49.
89. Fernandes G, Lombardia E, Magalhães A, Hespanhol V. Tracheobronchial stenting - 5 years experience. *Rev Port Pneumol* 2003; 9(5 Suppl): 43-44.
90. Vearick SB, Michelon MD, Schaeffer L, et al. Development and *in vivo* testing of a Nitinol tracheal stent. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007; 83(1): 216-221.
91. Eller RL, Livingston WJ 3rd, Morgan CE, et al. Expandable tracheal stenting for benign disease: worth the complications? *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2006; 115(4): 247-252.
92. Wood DE, Liu YH, Vallières E, Karmy-Jones R, Mulligan MS. Airway stenting for malignant and benign tracheobronchial stenosis. *Ann Thorac Surg* 2003; 76(1): 167-172.
93. Madden BP, Loke TK, Sheth AC. Do expandable metallic airway stents have a role in the management of patients with benign tracheobronchial disease? *Ann Thorac Surg* 2006; 82(1): 274-278.
94. Schweinfurth JM. Endoscopic treatment of severe tracheal stenosis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2006; 115(1): 30-34.
95. Bankar RN, Latif MF, Köhnke AA, Dafe CO, Babu PS. Tracheal stent placement for airway obstruction due to esophageal stent. *Indian J Gastroenterol* 2006; 25(6): 323-324.
96. Singh SS, Pyragius MD, Shah PJ, Stubberfield J, Jurisevic CA, Chalob S. Management of a large bronchopleural fistula using a tracheobronchial stent. *Heart Lung Circ* 2007; 16(1): 57-59.
97. Madden BP, Park JE, Sheth A. Medium-term follow-up after deployment of ultraflex expandable metallic stents to manage endobronchial pathology. *Ann Thorac Surg* 2004; 78(6): 1898-1902.
98. Puma F, Ragusa M, Avenia N, et al. The role of silicone stents in the treatment of cicatricial tracheal stenoses. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000; 120(6): 1064-1069.
99. Peláez M, Cañas A. Estenosis traqueal intrastent: manejo endoscópico y resección quirúrgica. *Rev Colomb Neurol* 2006; 18(3): 119-122.
100. Marel M, Pekarek Z, Spasova I, et al. Management of benign stenoses of the large airways in the university hospital in Prague, Czech Republic, in 1998-2003. *Respiration* 2005; 72(6): 622-628.
101. Cheng YJ, Kao EL. Expandable metal stents as an alternative treatment of cuff-related tracheal stenosis in tracheostomy-dependent ventilated patients: a prospective study of nine cases and description of the complications. *Langenbecks Arch Surg* 2007; 392(4): 479-483.
102. Sesterhenn AM, Wagner HJ, Alfke H, Werner JA, Lipfert BM. Treatment of benign tracheal stenosis utilizing self-expanding nitinol stents. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2004; 27(4): 355-360.
103. Ryu YJ, Kim H, Yu CM, et al. Comparison of Natural and Dumon airway stents for the management of benign tracheobronchial stenoses. *Respirology* 2006; 11(6): 748-754.



104. Huang YK, Liu YH, Ko PJ, Liu HP. Successful treatment of long-segmental tuberculous tracheal stenosis with combined Montgomery T-stent and Hood stent. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2004; 3(2): 349-351.
105. Fuentes E, Corona SB. Tubo en T de Montgomery. Indicaciones y técnica. *Rev Cubana Cir* 2003; 42(3), versión on-line, disponible en World Wide Web: <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74932003000300005&lng=es&nrm=iso&tng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74932003000300005&lng=es&nrm=iso&tng=es)>
106. Kvale PA, Selecky PA, Prakash UB; American College of Chest Physicians. Palliative care in lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest* 2007; 132(3 Suppl): 368S-403S.
107. Jones LM, Mair EA, Fitzpatrick TM, Lyon RD, Feuerstein IM. Multidisciplinary airway stent team: a comprehensive approach and protocol for tracheobronchial stent treatment. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2000; 109(10 Pt 1): 889-898.
108. Saad CP, Murthy S, Krizmanich G, Mehta AC. Self-expandable metallic airway stents and flexible bronchoscopy: long-term outcomes analysis. *Chest* 2003; 124(5): 1993-1999.
109. Gildea TR, Murthy SC, Sahoo D, Mason DP, Mehta AC. Performance of a self-expanding silicone stent in palliation of benign airway conditions. *Chest* 2006; 130(5): 1419-1423.
110. Wax MK, Everts EC, Andersen PE, Cohen JI. Metallic tracheal stents: complications associated with long-term use in the upper airway. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 2002; 111(4): 285-290.
111. Schmidt B, Gramse A, Hering A, et al. The missing stent—the most improbable complication. *Respiration* 2005; 72(3): 304.
112. Sihvo EI, Sioris T, Tynnenen O, Salo JA. Fatal fistula between the trachea and the brachiocephalic artery: late complication of a second-generation, self-expanding metallic tracheal stent. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 131(6): 1415-1416.
113. Colt HG, Harrell J, Neuman TR, Robbins T. External fixation of subglottic tracheal stents. *Chest* 1994; 105(6): 1653-1657.
114. Miwa K, Takamori S, Hayashi A, Fukunaga M, Shirouzu K. Fixation of silicone stents in the subglottic trachea: preventing stent migration using a fixation apparatus. *Ann Thorac Surg* 2004; 78(6): 2188-2190.
115. Temes RT, Wernly JA, Cooper JD, Follis FM, Pett SB. Internal fixation of high tracheal stents. *Ann Thorac Surg* 1995; 59(4): 1023-1024.
116. Stern Y, Willging JP, Cotton RT. Use of Montgomery T-tube in laryngotracheal reconstruction in children: is it safe? *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1998; 107(12): 1006-1009.
117. Abbasidezfouli A, Shadmehr MB, Arab M, et al R. Postintubation multisegmental tracheal stenosis: treatment and results. *Ann Thorac Surg* 2007; 84(1): 211-214.
118. Gaisert HA, Grillo HC, Wright CD, Donahue DM, Wain JC, Mathisen DJ. Complication of benign tracheobronchial strictures by self-expanding metal stents. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126(3): 744-747.
119. Okuyama H, Kubota A, Kawahara H, Oue T, Nose S, Ihara T. Tracheal obstruction caused by an expandable metallic stent: a case of successful removal of the stent. *Pediatr Surg Int* 2005; 21(7): 573-575.
120. Chang ASY, Gildea TR, Murthy SC. Open extraction of incorporated tracheal stent. *The Cardiothoracic Surgery Network* [on line]. Boston Scientific. March 24th, 2006. Available at World Wide Web: <<http://www.ctsnet.org/sections/clinicalresources/videos/media-99.html>>
121. Liu YH, Ko PJ, Wu YC, Liu HP. Incorporated airway stent: a useful option for treating tracheal stenosis after metallic stenting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2004; 3(2): 254-256.
122. Mori T, Nomori H, Yoshioka M, Kobayashi H, Iwatani K, Ikeda K. Treatment of a fractured ultraflex stent causing tracheal stenosis. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 13(3): 195-197.
123. Terra RM, Minamoto H, Tedde ML, de Almeida JL, Jatene FB. Self-expanding stent made of polyester mesh with silicon coating (Polyflex) in the treatment of inoperable tracheal stenoses. *J Bras Pneumol* 2007; 33(3): 241-247.
124. Bolliger CT, Probst R, Tschopp K, Solèr M, Perruchoud AP. Silicone stents in the management of inoperable tracheobronchial stenoses. Indications and limitations. *Chest* 1993; 104(6): 1653-1659.
125. Enön S, Kayi Cangir A, Okten I. Swallowing of a dynamic tracheal stent: an unusual complication. *Tuberk Toraks* 2007; 55(1): 92-94.
126. Amour J, Soummer A, Langeron O, Riou B. Emergency treatment of tracheobronchial stent migration. *Anesthesiology* 2004; 101(5): 1230-1232.
127. Grewe PH, Müller KM, Lindstaedt M, et al. Reaction patterns of the tracheobronchial wall to implanted non-covered metal stents. *Chest* 2005; 128(2): 986-990.
128. Nouraei SA, Petrou MA, Randhawa PS, Singh A, Howard DJ, Sandhu GS. Bacterial colonization of airway stents: a promoter of granulation tissue formation following laryngotracheal reconstruction. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2006; 132(10): 1086-1090.
129. Simoni P, Wiatrak BJ. Microbiology of stents in laryngotracheal reconstruction. *Laryngoscope* 2004; 114(2): 364-367.