



Investigación clínica

Utilidad de la ultrasonografía intravascular durante el *stenting* carotídeo

M. Mellado Joan, B. Gómez Moya, F. Pañella Agustí, R. García Vidal, Y. Abril Arjona,
M. P. Fariñas Alija y V. Martín Paredero, Tarragona, España

Fundamento: El examen ecográfico intravascular (EEIV) puede proporcionar información de utilidad durante los procedimientos endovasculares. No obstante, sigue por dilucidar su utilidad clínica real durante la implantación de un *stent* carotídeo. Evaluamos su utilidad como instrumento complementario durante los procedimientos endovasculares en arterias carótidas y su influencia en la modificación de la estrategia terapéutica.

Métodos: Entre abril de 2006 y abril de 2007, 18 pacientes sintomáticos (nueve con episodios isquémicos transitorios y nueve con ictus) se sometieron a angioplastia e implantación de un *stent* por estenosis > 70% de la arteria carótida interna (ACI). Las lesiones diana se identificaron con un examen eco-Doppler preoperatorio y se confirmaron adicionalmente en la angiografía. En todos los pacientes se efectuó examen EIV intraoperatorio. Se obtuvieron mediciones de múltiples niveles de la arteria al igual que imágenes histológicas virtuales, antes y después de la implantación de un *stent*.

Resultados: La técnica fue satisfactoria en un 100% de los casos. No se produjeron complicaciones en el lugar de punción femoral ni acontecimientos neurológicos o de otro tipo. Comparado con la angiografía, los hallazgos del EEIV demostraron un diámetro arterial medio que fue $> 1,64 \pm 0,22$ mm. En función de la información histológica virtual, se excluyó del tratamiento endovascular a dos pacientes en los que se practicó endarterectomía carotídea. En ocho casos después del examen EIV se modificó el tipo o tamaño del *stent*.

Conclusión: El examen EIV proporciona información complementaria a la obtenida con los procedimientos diagnósticos convencionales. Puede ser útil para caracterizar la composición y evaluación de la lesión diana, elección del tipo y tamaño del *stent*, y valorar los resultados después del procedimiento.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, se ha sugerido que la angioplastia e implantación de un *stent* es una alternativa sin riesgos y eficaz a la endarterectomía

carotídea para el tratamiento de pacientes con estenosis crítica de la carótida, en particular aquellos en riesgo quirúrgico elevado¹⁻³. Tradicionalmente, las lesiones diana se han evaluado con eco-Doppler y angiografía. Más recientemente, el examen ecográfico intravascular (EEIV) de las arterias coronarias ha contribuido a valorar las características morfológicas de las lesiones y, por lo tanto, a optimizar el tratamiento⁴⁻⁶. Una revisión de los estudios publicados sugiere que la evaluación EIV preoperatoria de la arteria carótida interna (ACI) puede proporcionar información de utilidad sobre las características de las lesiones, contribuir a la selección del tipo de *stent*, y permitir la valoración de los resultados después del procedimiento. Por otra parte, durante los procedimientos endovasculares,

DOI of original article: 10.1016/j.avsg.2008.09.010.

Servicio de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII, Tarragona, España.

Correspondencia: Meritxell Mellado Joan, Servicio de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII, Mallafre Guasch 4, 43007 Tarragona, España. Correo electrónico: txellmellado@hotmail.com

Ann Vasc Surg 2009; 23: 606-611

DOI: 10.1016/j.avsp.2009.11.013

© Annals of Vascular Surgery Inc.

Publicado en la red: 24 de junio de 2009

Tabla I. Grupos quirúrgicos en riesgo elevado: candidatos óptimos para la implantación de un *stent*

Riesgo anatómico elevado
Lesiones ostiales o proximales de la arteria carótida común
Lesiones de la arteria carótida interna distal (>3 cm por encima de la bifurcación)
Bifurcación carotídea alta (C2 o proximal)
Cuello corto de paciente obeso
Oclusión carotídea contralateral
Riesgo médico elevado
Coronariopatía grave
Neumopatía grave que contraíndica la anestesia general
Riesgo técnico elevado
Antecedentes de cirugía radical del cuello o de radioterapia: cuello hostil
Endarterectomía carotídea previa
Parálisis del nervio laríngeo contralateral

la manipulación de la bifurcación carotídea aumenta el riesgo de embolización distal, incluso con la utilización de dispositivos de bajo perfil. La histología virtual EIV de la ACI puede contribuir a identificar las lesiones en mayor riesgo de embolización, permitiendo disminuir aún más las tasas de complicaciones^{7,8}.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la utilidad del examen ecográfico intravascular intraoperatorio y valorar su influencia en la modificación de la estrategia terapéutica durante los procedimientos endovasculares de la arteria carótida interna.

PACIENTES Y MÉTODOS

Entre abril de 2006 y abril de 2007, 39 pacientes fueron tratados para corrección de estenosis sintomática de la ACI $>70\%$. De estos 39 pacientes, se consideró que 18 presentaban un riesgo quirúrgico alto para la endarterectomía carotídea y, por esta razón, se les seleccionó como candidatos a la implantación de un *stent*. En todos los pacientes se efectuó un examen ecográfico intravascular intraoperatorio.

De acuerdo con los criterios de la Sociedad Española de Angiología, Cirugía Vascular y Endovascular, los pacientes considerados en riesgo quirúrgico alto son aquellos con características anatómicas desfavorables, comorbilidades médicas graves o lesiones que dificultan la endarterectomía desde un punto de vista técnico⁹ (tabla I).

El diagnóstico de estenosis de la ACI se basó en los hallazgos del eco-Doppler y, más tarde, se confirmó con una angiografía cerebral. Antes del

procedimiento, en todos los pacientes se efectuó tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM). De acuerdo con el protocolo de nuestro hospital para la implantación de un *stent* en la carótida, la TC o RM cerebral sólo se repitió después del procedimiento en los pacientes que manifestaron cambios neurológicos durante o después de la implantación del *stent*.

Los procedimientos se efectuaron en el área de angiorradiología con un arco radiológico fijo (Philips Integris V5000®; Philips Medical Systems, Best, Holanda). Todos los pacientes recibieron tratamiento antiagregante plaquetario con ácido acetilsalicílico (AAS) en dosis de 100-300 mg/día y clopidogrel en dosis de 75 mg/día durante un mínimo de 5-6 días antes del tratamiento o recibieron una dosis de carga de 300 mg de clopidogrel 6 h antes del procedimiento. Además, durante la intervención, se administró heparina sódica (1 mg/kg IV), para mantener un cociente normalizado internacional (tiempo de tromboplastina parcial activado) de 1,75-2,25. En todos los casos se utilizó un abordaje femoral percutáneo. Se efectuó cateterismo selectivo de la arteria carótida común (ACC), en la que se insertó un introductor de 6F x 80 cm (Cook, Bloomington, IN). Se efectuó una angiografía selectiva con inyección del medio de contraste a través del introductor; y se obtuvieron mediciones de la ACI objetivo. En todos los casos se posicionó un filtro de protección (Accunet®; Abbott, Santa Rosa, Estados Unidos) en la ACI distal. Después de desplegar el dispositivo de protección, se hizo avanzar un catéter EIV de 2,9F (Eagle Eye Gold®; Volcano Therapeutics, Rancho Cordova, Estados Unidos) sobre una guía de 0,014 pulgadas hasta que sobrepasó la lesión. Una vez las imágenes EIV de la ACI distal confirmaron el posicionamiento adecuado de la punta del transductor, se extrajo gradualmente con un sistema motorizado de retirada a una velocidad de 0,5 mm/seg o se efectuó una retirada manual. Inicialmente se obtuvieron imágenes en tiempo real en un formato de escala de grises. Se almacenaron en un ordenador generador de imágenes y se analizaron adicionalmente con el modo de codificación color, que proporciona una cartografía histológica virtual de la composición de la placa carotídea. Este sistema nos permite diferenciar los cuatro componentes: fibrosis (verde oscuro), área de lípidos (verde claro), necrosis (rojo), calcificación (blanco). Aunque no se dispone de criterios definidos de la inestabilidad de la placa, se consideró esta situación en los casos de detección de necrosis en más de un tercio del área. Los diámetros del vaso se determinaron en la ACI distal, área de estenosis máxima, ACI proximal y ACC. Más

Tabla II. Demografía y características clínicas

	Media (n)	Límites (%)
Edad (años)	71	61-83
Hombres	18	100
Fumadores	1	5
Hipertensión arterial	13	72
Diabetes mellitus	6	33
Dislipemia	9	50
Coronariopatía	7	38
Neumopatía	5	27
Isquemia crónica de la extremidad inferior	7	39

tarde, se introdujo el sistema del *stent* y se liberó para cubrir la lesión objetivo.

Después del procedimiento, se efectuó una angiografía de comprobación. El examen EIV se repitió en los casos en los que se observó una estenosis residual, la cobertura incompleta de la lesión o imágenes sugestivas de disección. En los pacientes con una estenosis residual >30%, tras la administración de atropina (0,01 mg/kg IV) se efectuó una dilatación posterior para resolver el posible espasmo de la arteria.

RESULTADOS

En la **tabla II** se muestran la demografía y datos clínicos de los pacientes.

En función de los criterios de valoración del European Carotid Surgery Trial, el grado medio de estenosis de la ACI fue del $79 \pm 5,4\%$. En todos los casos se efectuó implantación del *stent* sin dilatación previa, obteniendo una tasa de eficacia del 100%. Despues del procedimiento no se detectaron acontecimientos neurológicos, hematoma en el lugar de la punción u otras complicaciones.

Después de calibrar el programa informático de mediciones utilizando como referencia el diámetro del introductor, inicialmente para todos los pacientes se eligió un *stent* de celda abierta autoexpandible (Acculink, Abbott).

Las determinaciones EIV de la ACI mostraron valores del diámetro medio que fueron $1,64 \pm 0,22$ mm mayores que los estimados mediante angiografía. En función de los hallazgos EIV, el tamaño de *stent* se cambió desde los 6-8 mm, seleccionado inicialmente de acuerdo con las mediciones angiográficas, hasta un tamaño final de 8-10 mm en cinco de 18 pacientes. La cartografía histológica virtual EIV de la lesión objetivo nos permitió diferenciar los cuatro componentes de la placa en la mayoría de los pacientes (Fig. 1). Las pruebas de una calcificación concéntrica extrema de

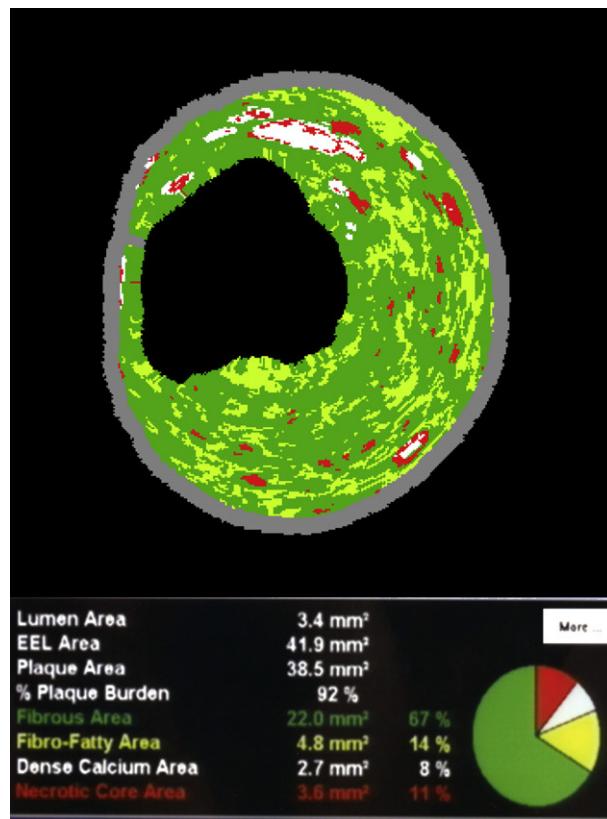


Fig. 1. Histología virtual que demuestra las características morfológicas de la placa de la carótida. % Plaque Burden: carga de la placa %; Dense Calcium Area: área densa de calcio; EEL Area: área de la lámina externa; Fibro-Fatty Area: área fibrolipídica; Fibrous Area: área fibrosa; Lumen Area: área de la luz; Necrotic Core Area: área del centro necrótica; More: más; Plaque Area: área de la placa.

la lesión se consideraron una contraindicación para la implantación de un *stent* en dos pacientes. En ambos se efectuó una endarterectomía carotídea estándar sin complicaciones. Por otra parte, la detección de áreas extensas de necrosis de la placa, codificada en rojo en el modo de histología virtual, se consideró un signo de inestabilidad final de la placa en tres pacientes. Por lo tanto, en esta situación se seleccionó un *stent* de celda cerrada (Xact, Abbott). El examen EIV después del procedimiento demostró la cobertura adecuada de la lesión objetivo en todos los casos (Fig. 2). En cinco casos se detectó una estenosis residual >30%. En estos casos se efectuó una postdilatación adicional obteniendo un resultado anatómico satisfactorio. En la serie del presente estudio no se observaron disección, trombosis u otras complicaciones. En la **tabla III** se muestran las indicaciones clínicas y terapéuticas de la implantación del *stent* en la carótida al igual que las características de la placa y la

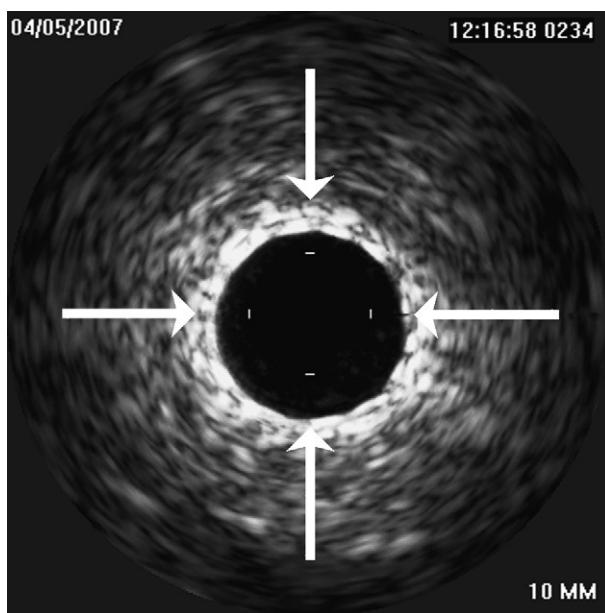


Fig. 2. Imagen obtenida con el examen ecográfico intravascular que muestra la correcta expansión del *stent* (flechas).

modificación de la indicación terapéutica después del examen EIV.

DISCUSIÓN

En 1996, Wilson et al¹⁰ describieron la utilización de la ecografía intravascular como instrumento complementario del tratamiento endovascular de la estenosis de la arteria carótida interna. Más tarde, otros autores han descrito su experiencia con esta técnica, destacando su papel como instrumento de medición para la evaluación morfológica de la placa o para valorar la calidad de la técnica endovascular^{8,11,12}.

En la presente serie, se analizó la utilidad de la información ecográfica intravascular para modificar la estrategia terapéutica durante la angioplastia y la implantación de un *stent* para estenosis de la arteria carótida interna. Para evitar una posible embolización, el sistema de protección se desplegó en la ACI distal antes de hacer avanzar el extremo del catéter EIV a través de la lesión. No se produjeron complicaciones relacionadas con el catéter EIV o durante el resto del procedimiento. Inicialmente se obtuvieron imágenes en tiempo real de la placa carotídea. La cartografía histológica virtual proporcionó información clave sobre la situación y extensión de la calcificación, áreas de necrosis y posible inestabilidad de la placa. La reconstrucción axial de las imágenes nos permitió medir la luz y el

diametro del área de estenosis máxima, al igual que la ACC y la ACI proximal y distal.

En comparación con los hallazgos de Dietrich et al⁷, en la serie del presente estudio, las mediciones EIV demostraron que los diámetros arteriales eran mayores que los determinados con angiografía estándar. Estas discrepancias podrían deberse a un sistema de referencia diferente, basado en el calibre conocido del introductor usado en la serie del presente estudio. Los hallazgos EIV dieron lugar a un cambio del diámetro del *stent* en cinco pacientes, en los que el uso de uno de diámetro más pequeño podría haber favorecido una reestenosis de la lesión.

La histología virtual de la lesión aterosclerótica proporciona una cartografía color precisa de las características de la placa. Este modo permite el aislamiento y la cuantificación de cuatro componentes histológicos pertinentes de la placa de la carótida: fibrosis, necrosis, calcificación y grasa. Dietrich et al⁷ encontraron una elevada correlación entre el análisis ecográfico intravascular de la placa de la carótida y el examen histológico de las muestras obtenidas después de la endarterectomía. Este hallazgo destaca el posible papel del examen ecográfico intravascular para la evaluación preoperatoria e intraoperatoria de la lesión a tratar con el objetivo de identificar a los pacientes con placas inestables y, posteriormente, en riesgo alto de embolias cerebrales intraoperatorias.

Los hallazgos del examen ecográfico intravascular modificaron la estrategia prevista inicialmente en 10 pacientes. El tamaño del *stent* se incrementó en cinco, mientras que la presencia de una calcificación concéntrica sustancial impidió el procedimiento endovascular en dos y, por consiguiente, cambió la indicación por una endarterectomía abierta.

Además, la sospecha de inestabilidad de la placa, debido a la necrosis central, hizo que el cirujano utilizara un dispositivo con un diseño de celda cerrada en lugar del de referencia. En conjunto, este resultado destaca una vez más el papel del examen ecográfico intravascular durante la intervención para la toma de decisiones en el momento de implantación de un *stent* carotídeo.

Clark et al¹³ utilizaron el EEIV para completar la evaluación con técnicas de imagen después de la implantación de un *stent* carotídeo con el objetivo de detectar los mecanismos y variables pronósticas de reestenosis. Llegaron a la conclusión de que la presencia de un dispositivo con una expansión subóptima y un área reducida del *stent* eran variables pronósticas de reestenosis. Siguiendo el mismo razonamiento, usamos una evaluación ecográfica intravascular después del procedimiento para

Tabla III. Indicaciones clínicas y terapéuticas para la implantación de un *stent* de la carótida: características de la placa y modificación de la indicación terapéutica después del examen ecográfico intravascular

	Estenosis arteria carótida interna (%)	Indicación clínica	Indicación terapéutica	Clasificación eco-Doppler	Clasificación ecográfica intravascular	Modificación de la estrategia después del examen ecográfico intravascular
1	73	EIT	Lesión de la ACI distal	Homogénea I-II	Placa inestable	Cambio en el diseño del <i>stent</i> (celda cerrada)
2	72	EIT	Bifurcación carotídea alta	Homogénea I	Placa inestable, estenosis residual	Cambio en el diseño del <i>stent</i> (celda cerrada), ATP tras implantación <i>stent</i>
3	76	EIT	Cardiopatía isquémica	Heterogénea III-IV	Tamaño diferente	Cambio del tamaño del <i>stent</i>
4	72	Ictus	Cuello hostil	Heterogénea III-IV	Estenosis residual	ATP tras implantación <i>stent</i>
5	84	Ictus	EPOC + cardiopatía isquémica	Homogénea III	Tamaño diferente	Cambio del tamaño del <i>stent</i>
6	75	EIT	Cardiopatía isquémica	Homogénea III	Tamaño diferente	Sin cambios
7	80	Ictus	Lesión ACI distal	Homogénea I	Placa inestable	Cambio en el diseño del <i>stent</i> (celda cerrada)
8	75	EIT	Reestenosis	Heterogénea III-IV	Tamaño diferente	Sin cambios
9	85	Ictus	Oclusión contralateral	Homogénea III	Tamaño diferente, estenosis residual	Tamaño diferente del <i>stent</i> , ATP después de la implantación del <i>stent</i>
10	80	Ictus	EPOC	Heterogénea III-IV	Tamaño diferente	Tamaño diferente del <i>stent</i>
11	77	EIT	Cardiopatía isquémica	Homogénea III	Tamaño diferente	Sin modificaciones
12	79	Ictus	Lesión de ACI distal	Homogénea IV	Calcificación grave	Cambio de la indicación (endarterectomía carotídea)
13	87	Ictus	EPOC + cardiopatía isquémica	Homogénea I	Placa inestable	Cambio en el diseño del <i>stent</i> (celda cerrada)
14	85	EIT	Oclusión contralateral	Homogénea II	Tamaño diferente	Sin cambios
15	80	EIT	Reestenosis	Homogénea III	Tamaño diferente	Sin cambios
16	85	Ictus	EPOC	Heterogénea	Tamaño diferente, estenosis residual	Cambio del tamaño del <i>stent</i> , ATP después de la implantación del <i>stent</i>
17	90	Ictus	Cardiopatía isquémica	Homogénea IV	Calcificación grave	Cambio de indicación (endarterectomía carotídea)
18	78	EIT	Lesión de ACI distal	Homogénea III	Estenosis residual	ATP después de la implantación del <i>stent</i>

ACI: arteria carótida interna; ATP: angioplastia transluminal percutánea; EIT: episodio isquémico transitorio; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica.

Clasificación de la placa con eco-Doppler: tipo I, ecolúcidas; tipo II, parcialmente ecogénica; tipo III, principalmente ecogénica; tipo IV, por completo ecogénica (hiperecoica).

valorar el posicionamiento y la expansión correcta del *stent*, la presencia de estenosis residual, cobertura total de las lesiones o cualquier otra alteración. Sin embargo, para reducir al mínimo el riesgo de repetir el avance de la punta del catéter a través de la lesión en la que se había implantado el *stent*, el examen EIV se limitó a los casos en los que, al completar el procedimiento, la angiografía mostró imágenes dudosas sugestivas de una de las complicaciones mencionadas previamente.

Además, Kawamata et al¹⁴ han analizado la utilidad de la ecografía intravascular para valorar la calidad del rendimiento durante los procedimientos quirúrgicos abiertos. Utilizaron este examen durante la endarterectomía carotídea para identificar el extremo distal de la lesión. Otras aplicaciones intraoperatorias de la ecografía intravascular incluyen la evaluación de las lesiones proximales o los casos en los que la angiografía preoperatoria no demuestra claramente el extremo de la lesión.

En resumen, el examen ecográfico intravascular ofrece información pertinente que es complementaria de la obtenida con los procedimientos diagnósticos convencionales. Puede ser útil para caracterizar la composición de la lesión diana y efectuar su medición precisa, elegir el tipo y tamaño del *stent* y para valorar los resultados después de completar el procedimiento. Los datos de la serie del presente estudio sugieren su utilidad en la toma de decisiones durante los procedimientos de implantación de un *stent* carotídeo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE, et al. Protected carotid artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med* 2004;351:1493-1501.
2. Wholey MH, Wholey M, Bergeron P, et al. Current global status of carotid artery stent placement. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1998;44:1-6.
3. Shawl F, Kadro W, Domanski MJ, et al. Safety and efficacy of elective carotid artery stenting in high-risk patients. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:1721-1728.
4. Mintz GS, Douek P, Pichard AD, et al. Target lesion calcification in coronary artery disease: an intravascular ultrasound study. *J Am Coll Cardiol* 1992;20:1149-1155.
5. Niessen SE, Gurley JC, Grines CL, et al. Intravascular ultrasound assessment of lumen size and wall morphology in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation* 1991;84:1087-1099.
6. de Jaegere P, Mudra H, Figulla H, et al. Intravascular ultrasound-guided optimized stent deployment: immediate and 6 month clinical and angiographic results from the Multicenter Ultrasound Stenting in Coronaries Study (MUSIC study). *Eur Heart J* 1998;19:1214-1223.
7. Dietrich E, Margolis P, Reid D, Burke A, Ramaiah V. Virtual histology intravascular ultrasound assessment of carotid artery disease: the Carotid Artery Plaque Virtual Histology Evaluation (CAPITAL) study. *J Endovasc Ther* 2007;14: 676-686.
8. Clark DJ, Lessio S, O'Donoghue M, Schainfeld R, Rosenfield K. Safety and utility of intravascular ultrasound-guided carotid artery stenting. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004;63:355-362.
9. Segura-Iglesias RJ, Alonso-Pérez M, Álvarez-García B, et al. Documento base sobre el tratamiento de la estenosis carotídea con stent. *Angiología* 2007;59(Suppl. 1): S47-S78.
10. Wilson EP, White RA, Kopchok GE. Utility of intravascular ultrasound-guided carotid artery stenting. *J Endovasc Surg* 1996;3:63-68.
11. Tresukosol D, Wongpraparut N, Lirdvilai T. The value of intravascular ultrasound-facilitated stenting in a patient with heavily calcified and ambiguous common carotid artery stenosis. *J Invasive Cardiol* 2007;19:E203-E206.
12. Wehman JC, Colmes DR, Ecker RD, et al. Intravascular ultrasound identification of intraluminal embolic plaque material during carotid angioplasty with stenting. *Cathet Cardiovasc Interv* 2006;68:853-857.
13. Clark DJ, Lessio S, O'Donoghue M, et al. Mechanisms and predictors of carotid artery stent restenosis. *J Am Coll Cardiol* 2006;47:2390-2396.
14. Kawamata T, Okada Y, Kondo S, et al. Extravascular application of an intravascular ultrasound (IVUS) catheter during carotid endarterectomy to verify distal end of stenotic lesions. *Acta Neurochir* 2004;146:1205-1209.