

Monitorización intraoperatoria y perioperatoria con eco-Doppler. Sector carotídeo

S. Cancer-Pérez, M. Perera-Sabio, J.M. Alfayate-García,
M. Gutiérrez-Baz, L. de Benito-Fernández, E. Puras-Mallagray

MONITORIZACIÓN INTRAOPERATORIA Y PERIOPERATORIA CON ECO-DOPPLER. SECTOR CAROTÍDEO

Resumen. Los defectos técnicos de la cirugía carotídea pueden causar estenosis, embolización, acodamientos y trombosis, y, por tanto, aumentar la tasa de complicaciones neurológicas. Por ello, la realización de una endarterectomía técnicamente perfecta debe ser el objetivo prioritario durante el procedimiento. El control intraoperatorio con eco-Doppler permite diagnosticar defectos importantes que podrían resultar en estenosis u oclusión carotídea en ausencia de señales externas que hagan sospechar su existencia y, por tanto, resulta imprescindible para conocer posibles déficit técnicos y corregirlos. Además, con una precisa evaluación intraoperatoria y un correcto seguimiento, podemos conocer la historia natural de la reestenosis y los factores relacionados con su aparición. En este artículo describimos las características del eco-Doppler y la metodología del control intraoperatorio de la endarterectomía carotídea, los tipos de defectos que detecta y su importancia e innovadoras aplicaciones en el tratamiento endovascular de la estenosis carotídea. [ANGIOLOGÍA 2007; 59 (Supl 3): S3-11]

Necesidad del control intraoperatorio

El objetivo de la cirugía carotídea consiste en prevenir eventos aterotrombóticos cerebrales, mantener permeable la reconstrucción y ofrecer al enfermo una historia natural con una morbimortalidad neurológica inferior a la que tendría bajo tratamiento médico [1,2].

Estos objetivos se ven amenazados fundamentalmente por el ictus perioperatorio y secundariamente por la aparición de reestenosis.

Las causas del ictus perioperatorio son múltiples. Se han descrito más de 20 mecanismos diferentes [3], aunque la mayoría se puede clasificar dentro de unas amplias categorías: isquemia durante el clampaje carotídeo; trombosis; embolias; hemorragia cerebral, causada por hipertensión o por transformación de infartos cerebrales previos; otras causas asociadas a la cirugía (complicaciones de la herida o de la anestesia, hipotensión); ictus no relacionados con la arteria operada; e hipercoagulabilidad. Sin embargo, desconocemos la responsabilidad de cada uno de los factores mencionados en la aparición de un ictus. Por otra parte, cuando la cirugía se realiza bajo anestesia general, es difícil determinar cuál fue el motivo del ictus. Riles [3] analiza las causas de los ictus perioperatorios en una serie de 3.062 endarterectomías carotídeas realizadas preferentemente bajo

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Fundación Hospital Alcorcón. Alcorcón, Madrid, España.

Correspondencia: Dra. Susana Cancer Pérez. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Fundación Hospital Alcorcón. Budapest, 1. E-28922 Alcorcón (Madrid). E-mail: scancer@fhalcorcon.es

© 2007, ANGIOLOGÍA

anestesia locorregional, en las que los errores técnicos fueron el problema más frecuente (65%).

La causa más frecuente de ictus perioperatorio durante la cirugía carotídea es el error técnico

Algunos de estos errores técnicos se pueden detectar en el control intraoperatorio de la reconstrucción carotídea antes de que produzcan clínica. Radak et al [4], en un estudio retrospectivo de 59 reoperaciones por ictus mayor perioperatorio, en una serie de 2.250 endarterectomías, encuentran que en la mayoría de los casos (68%) la reintervención se debía a un error técnico, asociado o no a trombosis total o parcial de la reconstrucción. Sin embargo, no existen estudios aleatorizados ni sería ético plantear dejar un defecto que pensamos que tiene alta probabilidad de embolizar o de trombosar la carótida, por lo que desconocemos el porcentaje de pacientes con defectos residuales en los que se hubiera producido un ictus postoperatorio si el defecto se hubiera dejado sin reparar. La necesidad de realizar un control intraoperatorio se basa en estudios que sugieren que éste podría reducir la incidencia de complicaciones neurológicas perioperatorias, al compararlo con controles históricos [5-7].

El eco-doppler intraoperatorio permite detectar defectos técnicos antes de que se produzcan manifestaciones clínicas.

Otros estudios que realizan control con eco-Doppler en las primeras 24 horas postoperatorias encuentran relación de los hallazgos con la clínica, alteraciones en el CT y resonancia magnética craneal, y reintervenciones [8]. De igual manera, el eco-Doppler intra y postoperatorio puede ayudar en el manejo del ictus tras la endarterectomía. Así, los pacientes con eco-Doppler intraoperatorio normal que se despiertan con un déficit neurológico, habitualmente no presentan trombo y la reexploración quirúrgica no

les beneficia [9]. Por otra parte, también se ha sugerido que puede ayudarnos a conocer nuestros errores y mejorar nuestra propia técnica quirúrgica.

Ventajas del eco-Doppler

Entre los distintos métodos de control intraoperatorio, el eco-Doppler presenta múltiples ventajas: no es invasivo y, por tanto, no se asocia a complicaciones que sí presentan otras técnicas; podemos conseguir fácilmente estudios en varios planos y obtener así una imagen clara de las características de la luz y la pared arterial; permite evaluar el significado hemodinámico de los defectos visualizados y realizar un estudio hemodinámico de toda la reconstrucción.

El eco-doppler intraoperatorio permite el estudio morfológico de la pared y de la luz arterial en varios planos, así como un análisis hemodinámico del flujo arterial.

Morfológicamente identifica más problemas técnicos que la arteriografía. Valenti et al [10], en un estudio comparativo, describen una sensibilidad del eco-Doppler frente a la arteriografía para la detección de defectos menores del 87% frente al 59%. Otra ventaja importante es que es la prueba diagnóstica establecida para el seguimiento de la endarterectomía, por lo que realizar la comprobación intraoperatoria con la misma tecnología nos permite estudiar la influencia de diferentes factores, como los defectos menores o las alteraciones hemodinámicas en el desarrollo de la reestenosis. Una de las críticas al eco-Doppler como técnica de control intraoperatorio es que las sondas no se pueden esterilizar y que prolonga el tiempo de cirugía; sin embargo, cuando se realiza habitualmente y el personal está familiarizado, la logística no es tan complicada. Tanto la preparación de la sonda como la realización del estudio no suelen llevar más de 10 minutos.

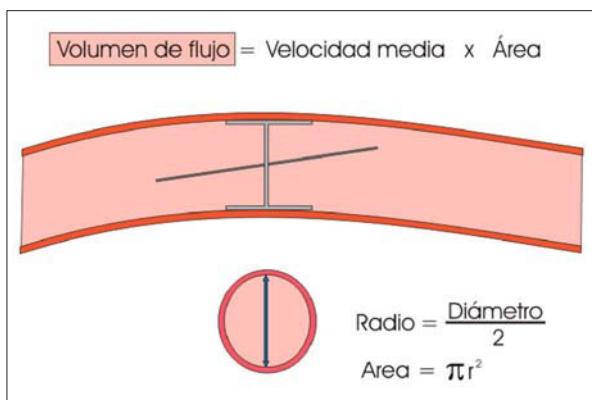


Figura 1. Medición del volumen de flujo.

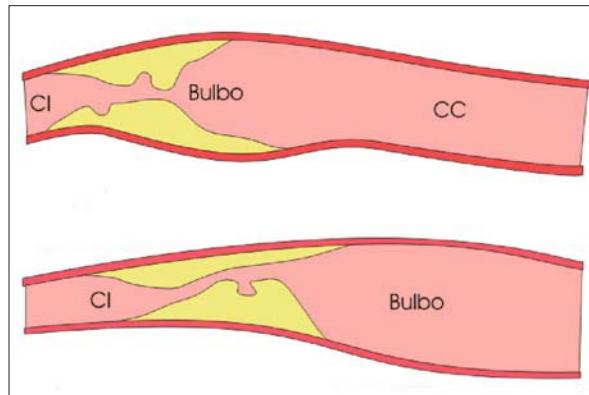


Figura 2. Utilidad del eco-Doppler justo antes de la endarterectomía.

Metodología del estudio intraoperatorio con eco-Doppler

Para su realización se utiliza una sonda de 10 MHz; la que mejor se adapta a la anatomía es la *hockey-stick*. Se introduce la sonda en una funda de látex estéril con gel en el interior y se irriga la herida con suero.

Se deben emplear sondas de alta frecuencia, tipo palo de hockey, protegidas con funda estéril.

Un cirujano maneja la sonda y otro, o un técnico, los parámetros del eco-Doppler. Durante el estudio se debe visualizar en el modo B y con color todos los vasos expuestos, tanto en el plano transversal como longitudinal, para identificar irregularidades de la pared, *flaps* intimales o zonas de alteración del flujo.

Además, debemos registrar curvas de velocidad en todos los segmentos arteriales y en las zonas de alteración del flujo detectadas con el color. Es importante estudiar toda la zona expuesta, desde la zona proximal a la endarterectomía en la carótida común, hasta la zona distal al punto final de la sutura de la carótida interna y la carótida externa distal, para poder detectar no sólo los defectos de la reparación,

sino también lesiones producidas por el clampaje. En sus últimos trabajos, Ascher et al [11,12] han descrito la importancia de la medición del volumen de flujo: se debe medir con el dúplex color insonando una porción recta del vaso (Fig. 1), en arterias de diámetro luminal de 3 mm o mayor, y ajustando el ángulo a 60° y el tamaño del volumen de muestra a la luz. Igualmente importante es registrar de tres a cinco mediciones y calcular la media de al menos tres lecturas.

Eco-Doppler intraoperatorio antes de la endarterectomía

Respecto a la posible utilidad del eco-Doppler justo antes de la endarterectomía, Padayachee et al [13] destacan que sirve para determinar la extensión proximal de la placa en la carótida común. No es imprescindible pero, si el eco-Doppler está disponible en quirófano, puede ayudar a realizar la disección necesaria según la extensión de la placa (Fig. 2), decidir con mayor seguridad el tipo de reconstrucción más apropiada en cada caso, así como ser especialmente cuidadoso con determinadas maniobras en la disección cuando se trata de placas de tipo 1 o ulceradas.

Tipos de defectos

Alteraciones morfológicas

Los defectos morfológicos que podemos encontrar son: placa residual, que se caracteriza porque es un defecto no móvil y se suele corresponder con defectos residuales de la media en los segmentos endarterectomizados y el punto final de la placa de ateroma en los segmentos no endarterectomizados; *flap*, que es un defecto móvil que está parcialmente unido a la íntima o la media (Fig. 3); *kinking*, que es una angulación del vaso; o trombo, que se visualiza en el modo B y se puede asociar a una velocidad normal, a una velocidad sistólica alta o a ausencia de flujo sistólico y diastólico, según la cantidad de trombo y del estrechamiento luminal; igualmente, el ensanchamiento espectral varía desde leve hasta grave [14,15].

Ante la presencia de defectos morfológicos con el eco-doppler intraoperatorio (placa residual, flaps, trombos, kinks), se debe de realizar siempre una valoración de la repercusión hemodinámica.

Siempre que encontramos un defecto morfológico, debemos medir su tamaño y analizar su repercusión hemodinámica.

Alteraciones hemodinámicas

Existen varias circunstancias en las que podemos encontrar alteraciones del flujo sin lesiones morfológicas asociadas, que se caracterizan por distintos patrones hemodinámicos: situaciones de alta resistencia distal, que producen una curva monofásica con velocidad pico sistólica baja (< 30 cm/s) y ausencia de componente diastólico; vasoespasmo, que se caracteriza por una velocidad sistólica alta sin elevación focal, con mínimo ensanchamiento espectral sistólico y afilamiento suave de la carótida interna sin lesión focal (Fig. 4); flujo compensatorio en situaciones de estenosis u oclusión contralateral, que

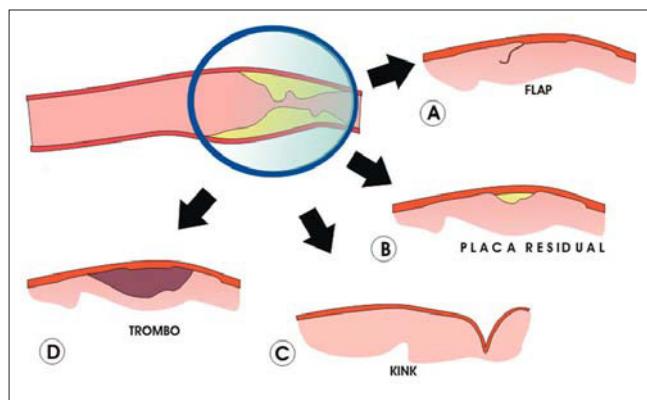


Figura 3. Alteraciones morfológicas en los segmentos endarterectomizados.

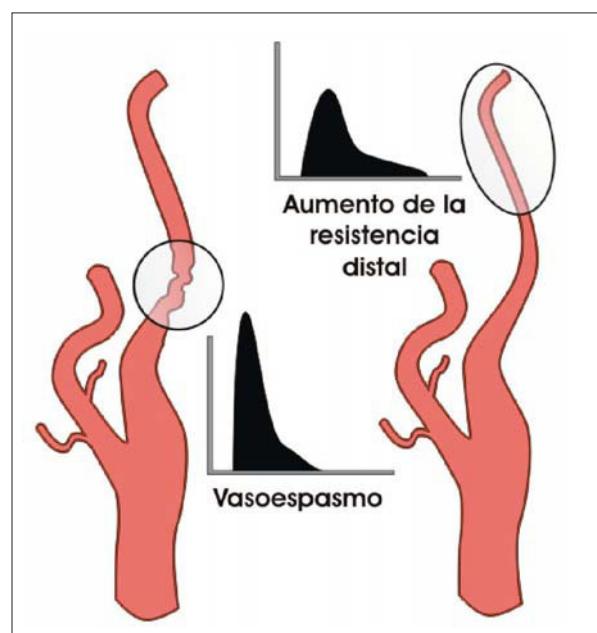


Figura 4. Alteraciones hemodinámicas en los segmentos endarterectomizados.

se caracteriza por velocidad aumentada sin ensanchamiento espectral. Un flujo bajo, inferior a 100 mL/min, se asocia con espasmo grave o enfermedad carotídea intracranal [11,15,17].

Las alteraciones hemodinámicas detectadas con el eco-doppler intraoperatorio no siempre responden a un defecto morfológico.

Tabla I. Tipos de defectos.

| Alteraciones morfológicas | Alteraciones hemodinámicas |
|---------------------------|-------------------------------|
| Placa residual | Alta resistencia distal |
| <i>Flap</i> | Vasospasmo |
| <i>Kinking</i> | Flujo colateral compensatorio |
| Estenosis | |

Defectos menores y mayores

Existen múltiples categorizaciones, pero en general todos los autores coinciden en la importancia de valorar conjuntamente el defecto anatómico y su repercusión hemodinámica para tomar una decisión sobre si se repara o no.

Se considera un defecto mayor a cualquier defecto morfológico que provoque una alteración importante en la curva de velocidades doppler.

Se considera defecto mayor cualquier trombo y las alteraciones morfológicas que se asocian a una alteración importante en el flujo, con ensanchamiento espectral y velocidad pico sistólica superior a 125-150 cm/s; el resto de defectos se considera menor (Tabla I).

En la bibliografía el porcentaje de lesiones encontradas está entre el 11 y el 39% (Tabla II) [14-27]. Sin embargo, estas series no son comparables como para sacar conclusiones generalizadas, ya que la tasa de defectos encontrados tiende a ser menor en los estudios retrospectivos (11-25%) [15,18,19,22] que en los prospectivos (11-34%), excepto la serie de Panneton et al [24], que es retrospectiva, pero de pacientes no consecutivos, con una tasa de defectos del 39% (realizaban eco-Doppler a algunos pacientes, que solían ser en los que se sospechaba algún defecto). Algunos grupos no registran *flaps* inferio-

res a 1,5 o 3 mm sin alteración hemodinámica asociada [15] y otros, como Ascher et al [27], no evalúan la carótida externa porque no la reparan.

¿Qué defectos debemos reparar?

El principal tema de controversia en relación con la verificación intraoperatoria de la endarterectomía carotídea surge al determinar cuándo es necesaria la corrección quirúrgica. No existen estudios aleatorizados en los que a unos pacientes se les reparen defectos y a otros no, ni es planteable para lesiones con alta probabilidad de embolizar o trombosar la reconstrucción. Por ello, el criterio general [17,19,23] es la reexploración del vaso ante la presencia de estenosis con velocidad pico sistólica ~ 150 cm/s, ensanchamiento espectral y/o *flaps* intiales $> 2-3$ mm en el modo B.

Es de aceptación general la re-exploración carotídea en caso de estenosis con elevación de la velocidad sistólica pico > 150 cms/seg., ensanchamiento espectral y *flaps* intiales $> 2-3$ mm. en el modo B.

El dilema se plantea ante los defectos menores, ya que está demostrado que no se asocian a una mayor tasa de complicaciones neurológicas en los primeros 30 días tras la endarterectomía y, por tanto, su corrección viene determinada por el riesgo de reabrir la arteria frente a su evolución natural. Revisar la reconstrucción carotídea conlleva los riesgos inmediatos de mayor tiempo de isquemia cerebral, aunque varios autores señalan específicamente que no se produjo mayor morbilidad neurológica en los pacientes reexplorados [16,17,21,27-29]. Respecto al riesgo a largo plazo de dejar defectos menores sin corregir, la historia natural de éstos no está definida y su influencia en la reestenosis es un tema controvertido. Se ha sugerido que los defectos residuales intraluminales, asociados a alteraciones del flujo, tienen el potencial de estimular hiperplasia miointimal, causa más fre-

cuento de reestenosis. De hecho, varios autores [14, 17-19,25] describen una incidencia de reestenosis mayor en pacientes con defectos residuales. Sin embargo, en algunas lesiones residuales se produce regresión y desconocemos a qué factores está asociada [14,30]. Reilly et al [14], en su estudio con control dúplex intraoperatorio y seguimiento medio a 15 meses, encuentran asociación entre reestenosis y defectos intraoperatorios, y observan, además, regresión de estenosis residual en el 16,4% de los segmentos. Sin embargo, al estudiar el patrón de reestenosis al año de seguimiento, Padayachee et al [25] encuentran que, aunque la tasa de reestenosis es mayor en los pacientes con defectos, los defectos técnicos residuales no siempre constituyen el foco de lesiones recurrentes.

Así pues, la aparición esporádica e impredecible de estenosis recurrente en las zonas de endarterectomía sin alteraciones anatómicas o del flujo sugiere la presencia de una respuesta anormal de reparación al trauma de la endarterectomía, en la que los factores sistémicos probablemente juegan un papel importante [14].

En cuanto a las alteraciones hemodinámicas sin causa anatómica asociada, se ha observado que reivierten espontáneamente tras la intervención. Steinmetz et al [15] no las revisan, sin que esta práctica se asocie a complicaciones, y en el dúplex del primer mes observan normalización de las velocidades. La

Tabla II. Series de control intraoperatorio con eco-Doppler.

| Autor | Tipo de estudio | N.º de casos | Defectos encontrados | Defectos reparados |
|------------------------|-----------------|--------------|----------------------|--------------------|
| Schwart et al [16] | Prospectivo | 84 | 18 (20%) | 9 (10%) |
| Reilly et al [14] | Prospectivo | 131 | – | 15 (11,5%) |
| Kinney et al [17] | Prospectivo | 410 | – | 26 (6,3%) |
| Baker et al [18] | Retrospectivo | 316 | 62 (19,6%) | 9 (2,8%) |
| Bandyk et al [19] | Retrospectivo | 210 | 24 (11,4%) | 17 (8%) |
| Hoff et al [20] | Prospectivo | 44 | 15 (34%) | 4 (9%) |
| Papanicolau et al [21] | Prospectivo | 86 | 10 (11%) | 10 (11%) |
| Steinmetz et al [15] | Retrospectivo | 100 | 13 (13%) | 2 (2%) |
| Seelig et al [22] | Retrospectivo | 115 | 29 (25,2%) | 14 (12,2%) |
| Mays et al [23] | Prospectivo | 100 | 33 (33%) | 21 (21%) |
| Panneton et al [24] | Retrospectivo | 155 | 61 (39%) | 14 (9%) |
| Padayachee et al [25] | Prospectivo | 244 | 52 (21%) | 9 (3,7%) |
| Mullenix et al [26] | Prospectivo | 100 | 34 (34%) | 7 (7%) |
| Ascher et al [27] | Prospectivo | 650 | – | 15 (2,3%) |

última aplicación del control intraoperatorio con eco-Doppler se encuentra en la posibilidad de medición del flujo de la carótida interna. En este sentido, Ascher et al [11] han encontrado que la disminución del flujo por debajo de 100 mL/min es sugestiva de vasoespasmo, que puede conducir a la formación de trombo y accidente cerebrovascular, sobre todo cuando la reparación se ha realizado con parche sintético. Por ello, estos autores sugieren no revertir el efecto de la heparina, una inyección local de lidocaína al 1% en el tejido periadventicial de la carótida interna y repetir la medición a los 10-15 min, si el flujo se mantiene por debajo de 100 mL/min: realizar arteriografía y, si no se detecta ningún defecto técnico, mantener con anticoagulación perioperatoria. Además, estos autores han intentado correlacionar la

evaluación intraoperatoria de los flujos de volumen de la carótida interna con la aparición de síndrome de hiperperfusión cerebral, no encontrando una asociación entre estos parámetros. La medición de este flujo únicamente tendría valor como registro basal del flujo de la carótida interna en caso de que el enfermo desarrolle síntomas de hiperperfusión [12].

Eco-Doppler transcraneal

El eco-Doppler transcraneal es de especial ayuda en el estudio de pacientes con estenosis bilaterales; para determinar qué lado debemos revascularizar en primer lugar en pacientes asintomáticos o que han presentado clínica del lado con menos estenosis; en pacientes con una estenosis carotídea y oclusión contralateral; cuando la estenosis carotídea se asocia también a enfermedad vertebral basilar; en el diagnóstico de microembolias; para realizar estudios de vaso-reactividad; en casos en los que el lecho distal está exhausto (muy poca reserva hemodinámica), puede convertir una estenosis del 50-60% en indicación quirúrgica. Además, puede diagnosticar lesiones intracraneales, sobre todo en el territorio anterior. En el control intraoperatorio, se utiliza para detectar microembolias, sobre todo durante las angioplastias (durante la endarterectomía cualquier cambio se detecta como embolia) y para detectar cambios de flujo (en casos en los que durante la dilatación el flujo cae a 0, se pueden hacer más dilataciones más cortas). Durante el postoperatorio es especialmente útil en el diagnóstico del síndrome de hiperperfusión (asimetría > 20%) [31-34].

Terapia endovascular y control intraoperatorio

Ascher et al [35] publica una serie de 18 pacientes con alto riesgo de fallo renal por contraste en los que realiza angioplastia y *stent* carotídeo guiado con dúplex, punción de femoral con control ecográfico, arteriografía para llevar la guía hasta la carótida común, eco-Doppler para cateterizar la carótida interna y la externa, arteriografía para el despliegue del dispositivo de protección cerebral, dúplex para realizar la angioplastia y liberación del *stent*, control intraoperatorio con eco-Doppler para confirmar la posición del *stent* contra la pared y, si es necesario, reangioplastiar, comprobar la permeabilidad de la carótida común e interna nativa y cubierta por el *stent*, así como la ausencia de trombo, *flaps* u otros defectos morfológicos. El éxito técnico es del 100% y no presenta ninguna complicación relacionada con la técnica de imagen. La duración media del procedimiento es de 72 minutos. En los 30 días postoperatorios, la tasa de morbimortalidad neurológica es del 0%, y no se presenta ninguna reestenosis con un seguimiento medio de 4,9 meses.

Bibliografía

1. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325: 445-53.
2. European Carotid Surgery Trialists' Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet* 1998; 351: 1379-87.
3. Riles TS, Imparato AM, Jacobowitz GR, Lamparello PJ, Giangola G, Adelman MA, et al. The cause of perioperative stroke after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1994; 19: 206-16.
4. Radak D, Popovic AD, Radicevic S, Neskovic AN, Bojic M. Immediate reoperation for perioperative stroke after 2250 carotid endarterectomies: Differences between intraoperative and early postoperative stroke. *J Vasc Surg* 1999; 30: 245-51.
5. Lennard N, Smith JL, Gaunt ME, Abbot RJ, London NJM, Bell PRF, et al. A policy of quality control assessment helps to reduce the risk of intraoperative stroke during carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1999; 17: 234-40.

6. Courbier R, Jausseran JM, Reggi M, Bergeron P, Formichi M, Ferdani M. Routine intraoperative carotid angiography: its impact on operative morbidity and carotid restenosis. *J Vasc Surg* 1986; 3: 343-50.
7. Roon AJ, Hoogerwerf D. Intraoperative arteriography and carotid surgery. *J Vasc Surg* 1992; 16: 239-43.
8. Cantelmo NL, Gordon JK, Hyde C, Samaraweera RN. The significance of early postoperative duplex studies following carotid endarterectomy. *Cardiovasc Surg* 1999; 7: 298-302.
9. Sheehan MK, Greisler HP, Littooy FN, Baker WH. The effect of intraoperative duplex on the management of postoperative stroke. *Surgery* 2002; 132: 761-6.
10. Valenti D, Gaggiano A, Berardi G, Ferri M, Mazzei R, Roda G, et al. Intra-operative assessment of technical defects after carotid endarterectomy: a comparison between angiography and colour duplex scan. *Cardiovasc Surg* 2003; 11: 26-9.
11. Ascher E, Markevich N, Hingorani AP, Kallakuri S, Gunduz Y. Internal carotid artery flow volume measurement and other intraoperative duplex scanning parameters as predictors of stroke after carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 2002; 35: 439-44.
12. Ascher E, Markevich N, Schutzer RW, Kallakuri S, Jacob T, Hingorani AP. Cerebral hyperperfusion syndrome after carotid endarterectomy: predictive factors and hemodynamic changes. *J Vasc Surg* 2003; 37: 769-77.
13. Padayachee TS, Brooks MD, Modaresi KB, Arnold AJ, Self GW, Taylor PR. Intraoperative high resolution duplex imaging during carotid endarterectomy: which abnormalities require surgical correction? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 15: 387-93.
14. Reilly LM, Okuhn SP, Rapp JH, Bennet JB, Ehrenfeld WK, Goldstone J, et al. Recurrent carotid stenosis: a consequence of local or systemic factors? The influence of unrepaired technical defects. *J Vasc Surg* 1990; 11: 448-60.
15. Steinmetz OK, MacKenzie K, Nault P, Singher F. Intraoperative duplex scanning for carotid endarterectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1998; 16: 153-8.
16. Schwart RA, Peterson GJ, Noland KA, Hower JF, Naunheim KS. Intraoperative duplex scanning after carotid artery reconstruction: a valuable tool. *J Vasc Surg* 1988; 7: 620-4.
17. Kynney EV, Seabrook GR, Kinney LY, Bandyk DF, Towne JB. The importance of intraoperative detection of residual flow abnormalities after carotid artery endarterectomy. *J Vasc Surg* 1993; 17: 912-23.
18. Baker WH, Koustas G, Burke K, Littooy FN, Greisler HP. Intraoperative duplex scanning and late carotid artery stenosis. *J Vasc Surg* 1994; 19: 829-33.
19. Bandyk DF, Mills JL, Gahtan V, Esses GE. Intraoperative duplex scanning of arterial reconstructions: fate of repaired and unrepaired defects. *J Vasc Surg* 1994; 20: 426-32.
20. Hoff C, Gier P, Buth J. Intraoperative duplex monitoring of the carotid bifurcation for the detection of technical defects. *Eur J Vasc Surg* 1994; 8: 441-7.
21. Papanicolaou G, Toms C, Yellin AE, Weaver FA. Relationship between intraoperative color-flow duplex findings and early restenosis after carotid endarterectomy: a preliminary report. *J Vasc Surg* 1996; 24: 588-96.
22. Seeling MH, Klingler PJ, Oldenburg WA, Atkinson EJ. Use of intraoperative duplex ultrasonography and routine patch angioplasty in patients undergoing carotid endarterectomy. *Mayo Clin Proc* 1999; 74: 870-6.
23. Mays BW, Towne JB, Seabrook GR, Cambria RA, Jean-Claude J. Intraoperative carotid evaluation. *Arch Surg* 2000; 135: 525-9.
24. Panneton JM, Berger MW, Lewis BD, Hallet JW, Bower TC, Gloviczki P, et al. Intraoperative duplex ultrasound during carotid endarterectomy. *Vasc Surg* 2001; 35: 1-9.
25. Padayachee TS, Arnold JA, Thomas N, Aukett M, Colchester ACF, Taylor PR. Correlation of intra-operative duplex findings during carotid endarterectomy with neurological events and recurrent stenosis at one year. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002; 24: 435-9.
26. Mullenix PS, Tollefson DFJ, Olsen SB, Hadro NC, Andersen CA. Intraoperative duplex ultrasonography as an adjunct to technical excellence in 100 consecutive carotid endarterectomies. *Am J Surg* 2003; 185: 445-9.
27. Ascher E, Markevich N, Kallakuri S, Schutzer RW, Hingorani AP. Intraoperative carotid artery duplex scanning in a modern series of 650 consecutive primary endarterectomy procedures. *J Vasc Surg* 2004; 39: 416-20.
28. Zierler RE, Bandyk DF, Thiele BL. Intraoperative assessment of carotid endarterectomy. *J Vasc Surg* 1984; 1: 73-83.
29. Flanigan DP. Assessment of the technical results of carotid endarterectomy using real-time intraoperative ultrasonography. In Moore WS, ed. *Surgery for cerebrovascular disease*. 2 ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1996. p. 401-5.
30. Sanders EACM, Hoeneveld H, Eikelboom BC, Ludwig JW, Vermeulen FEE, Ackerstaff RGA. Residual lesions and early recurrent stenosis after carotid endarterectomy. A serial follow-up study with duplex scanning and intravenous digital subtraction angiography. *J Vasc Surg* 1987; 5: 731-7.
31. Baker JD, Jones AM. Transcranial Doppler ultrasonography. In Moore WS, ed. *Surgery for cerebrovascular disease*. 2 ed. Philadelphia: W.B. Saunders; 1996. p. 206-12.
32. Ricci MA, Waters M, Peate D. The role of non-invasive studies in the diagnosis and management of cerebrovascular disease. In Rutherford RB, ed. *Vascular surgery*. 6 ed. Philadelphia: Elsevier-Saunders; 2005. p. 1957-73.
33. Othis SM, Ringelstein EB. Principles and applications of transcranial Doppler sonography. In Bernstein EF, ed. *Vascular diagnosis*. 4 ed. Mosby; 1993. p. 341-60.
34. Alexandrov AV, Bornstein NM. Advances in neurosonology 2005. *Stroke* 2006; 37: 299-300.
35. Ascher E, Marks NA, Schutzer RW, Hingorani AP. Duplex-assisted internal carotid artery balloon angioplasty and stent placement: a novel approach to minimize or eliminate the use of contrast material. *J Vasc Surg* 2005; 41: 409-15.

**INTRAOPERATIVE AND PERIOPERATIVE MONITORING
WITH DOPPLER ULTRASOUND. THE CAROTID SEGMENT**

Summary. Technical shortcomings in carotid surgery can cause stenosis, embolisation, kinks and thrombosis and, hence, give rise to an increased rate of neurological complications. The prime objective throughout the procedure should therefore be that of performing a technically perfect endarterectomy. Intraoperative control with Doppler ultrasound recording makes it possible to diagnose important defects that could lead to stenosis or carotid occlusion in the absence of external signals that cause the clinician to suspect their existence. It is therefore essential in order to detect possible technical deficiencies and to correct them. Furthermore, a precise intraoperative assessment and correct follow-up provide us with knowledge about the natural history of the restenosis and the factors related to its appearance. In this paper we describe the characteristics of Doppler ultrasound and the methodology used for intraoperative control of carotid endarterectomies, the types of defects that can be detected and its importance and innovative applications in the endovascular treatment of carotid stenosis. [ANGIOLOGÍA 2007; 59 (Supl 3): S3-11]