

# Indications opératoires et techniques pour la prise en charge des sténoses carotidiennes et vertébrales

Jean Picquet, Myriam Ammi, Service de chirurgie vasculaire et thoracique, CHU d'Angers

## PLAN DU CHAPITRE

Indications et techniques carotidiennes . . . . .	199	Indications et techniques vertébrales . . . . .	202
---	-----	---	-----

### Indications et techniques carotidiennes

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC), dont 20 % sont hémorragiques et 80 % sont ischémiques, représentent la 3<sup>e</sup> cause de mortalité en Occident et la première cause de handicap non traumatique [1]. Trois mécanismes dominent les causes des AVC ischémiques qu'ils soient transitoires (AIT) ou constitués : les embolies d'origines cardiaques, les lésions de micro-angiopathies cérébrales et les lésions athéromateuses des artères à destination cérébrale dont la principale localisation est la bifurcation carotidienne. Les lésions carotidiennes athéromateuses sont responsables de 20 à 25 % des AVC [2, 3].

Ces dernières ont en conséquence un retentissement majeur à trois niveaux : un premier niveau individuel évident du fait du handicap engendré par un AVC, un second niveau familial du fait de la perte d'autonomie du malade, généralement consécutive à l'AVC, enfin un niveau collectif, du fait du coût financier de cette perte d'autonomie et des mesures sociétales qui s'ensuivent.

Les deux premières études contrôlées, prospectives, randomisées, multicentriques, nord-américaine et européenne, NASCET (*North American symptomatic carotid endarterectomy trial*) et ECST (*European carotid surgery trial*) publiées simultanément en 1991, ont toutes deux conclu en la supériorité de la chirurgie par rapport au traitement médical seul dans la réduction du risque de récurrence d'un AVC chez des patients déjà victimes d'AVC et porteurs de sténoses carotidiennes significatives [4, 5]. Dans les années 1990, d'autres études ont permis de confirmer ces résultats, de les étendre

aux malades asymptomatiques et de préciser les indications de la chirurgie carotidienne, ainsi que les techniques opératoires préférables [6–12].

### Critères d'indication opératoire d'une sténose carotidienne d'origine athéromateuse [13]

#### Degré de sténose

Il est calculé selon la méthode nord-américaine NASCET (diamètre du chenal circulant de la sténose par rapport au diamètre de la carotide interne normale directement sus-jacente à la plaque athéromateuse) ou selon la méthode européenne ECST (diamètre du chenal circulant de la sténose par rapport au diamètre du bulbe carotidien au même endroit). Les résultats obtenus avec les deux méthodes ne sont pas identiques mais sont fortement corrélés [14]. Les correspondances entre les deux méthodes sont indiqués dans le tableau 18.2.

La sténose carotidienne peut être estimée en échodoppler par l'évaluation des vitesses circulatoires [15]. Cet

Tableau 18.2. NASCET/ECST : correspondances entre les deux méthodes.

Pourcentage sténose NASCET	Pourcentage sténose ECST
50	70
60	75
70	80

examen est le plus souvent complété par à un examen morphologique par angioscanner ou angio-IRM (Fig. 18.1). La quantification recommandée actuellement pour l'évaluation des sténoses est la quantification NASCET.

### Caractère symptomatique de la sténose

Les malades sont considérés comme symptomatiques par rapport à une sténose carotidienne s'ils ont présenté des symptômes transitoires ou permanents (cécité monoculaire transitoire ipsilatérale, aphasia, déficit sensitivomoteur contralatéral, etc.) dans les 6 mois précédents.

De ces deux principaux critères combinés, apparaissent les indications opératoires suivantes :

- la chirurgie est indiquée pour les sténoses supérieures à 50 % (NASCET) pour les patients symptomatiques et pour les sténoses supérieures à 60 % (NASCET) pour les patients asymptomatiques ;
- la chirurgie n'est pas indiquée pour les sténoses inférieures à 50 % ou pour les occlusions carotidiennes quel que soit le caractère symptomatique du patient.

Au vu du risque de récurrence, la chirurgie devrait être réalisée dans les deux semaines suivant un AIT carotidien [16].

### État général du malade

La chirurgie carotidienne ne peut être envisagée que chez des malades dont l'état général autorise une anesthésie et dont l'espérance de vie est suffisante pour pouvoir bénéficier de la réduction de risque neurologique consécutive à l'intervention. Aussi, les hommes ont un bénéfice statistique supérieur pour les sténoses asymptomatiques par rapport aux femmes chez qui il faut trois ans de suivi pour contrebalancer le risque opératoire (seulement 1,5 an chez les hommes) [12].

### Compétence de l'équipe chirurgicale

La chirurgie carotidienne vise à réduire le risque neurologique lié à l'histoire naturelle d'une sténose carotidienne par rapport au risque chirurgical. Ce dernier doit en conséquence être connu et maîtrisé. Il est défini par la somme des risques graves que sont le décès du patient, la survenue d'un AVC ou d'un infarctus du myocarde, encourus lors d'une

intervention carotidienne ou survenant dans les 30 jours suivants. On l'exprime en taux cumulé de morbimortalité (TCMM). Le TCMM doit rester inférieur à 3 % pour des sténoses asymptomatiques et inférieur à 5 % pour des sténoses symptomatiques.

### Autres critères

- *La morphologie de la plaque athéromateuse* : l'instabilité de la plaque devrait inciter à une intervention plus précoce mais souffre actuellement de l'absence de critères de définition consensuels [17].
- *Les considérations anatomiques locales et vasculaires régionales* : des antécédents locaux-régionaux, tels que précédents abord chirurgicaux ou une irradiation cervicale, sont de nature à augmenter le risque chirurgical et doivent faire reconsidérer l'indication opératoire. Aussi, l'état des autres axes vasculaires à destination cérébrale (carotide contralatérale et artères vertébrales) doit être considéré sans que l'on puisse actuellement le corrélérer formellement à une augmentation du risque opératoire en cas d'atteinte significative.

La prise en charge chirurgicale d'une sténose carotidienne doit bien sûr être associée au meilleur traitement médical associant un antiplaquettaire, une statine et le contrôle des facteurs de risque cardiovasculaires et notamment de l'hypertension artérielle par un inhibiteur de l'enzyme de conversion ou un  $\beta$ -bloquant [13].

Le bien-fondé de l'ensemble de ces indications opératoires n'a été démontré que pour des sténoses carotidiennes d'origine athéromateuse, les autres causes de sténoses (resténoses par hyperplasie myo-intimale, sténoses radiales, artériopathies inflammatoires, etc.) ne bénéficiant pas d'arguments de preuves similaires.

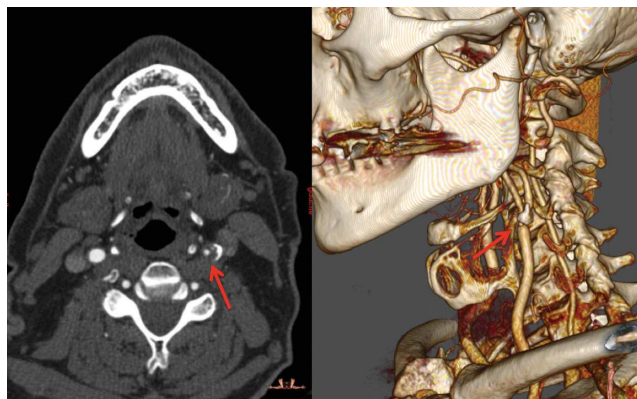
### Techniques chirurgicales

De nombreuses techniques de revascularisation carotidienne ont été décrites.

#### Endartériectomie carotidienne

Elle est indiquée en première intention. Elle consiste en l'extirpation de la plaque d'athérome au niveau du bulbe carotidien et de l'origine de l'artère carotide interne. On distingue trois principales techniques :

- *l'endartériectomie « classique »* est réalisée au travers d'une artériotomie longitudinale s'étendant du bulbe carotidien jusqu'à la terminaison de la plaque sur la carotide interne. Elle permet une fixation de l'arrêt de plaque distal limitant le risque de dissection à partir de celui-ci (Fig. 18.2) La fermeture de l'artériotomie est préférablement réalisée à l'aide d'un *patch* prothétique élargissant le diamètre de la zone d'endartériectomie limitant le risque secondaire de resténose par hyperplasie myo-intimale ;
- *l'endartériectomie par éversion* est réalisée par désinsertion de la carotide interne à son origine. Celle-ci est retournée en doigt de gant jusqu'à la fin de la plaque athéromateuse. Elle ne permet pas de fixation de l'arrêt de plaque, mais ne nécessite pas de matériel prothétique de fermeture (Fig. 18.3) Elle présente également un risque



**Fig. 18.1** Reconstruction et coupe axiale scanographiques montrant une sténose serrée de l'ostium de l'artère carotide interne gauche (flèches rouges).

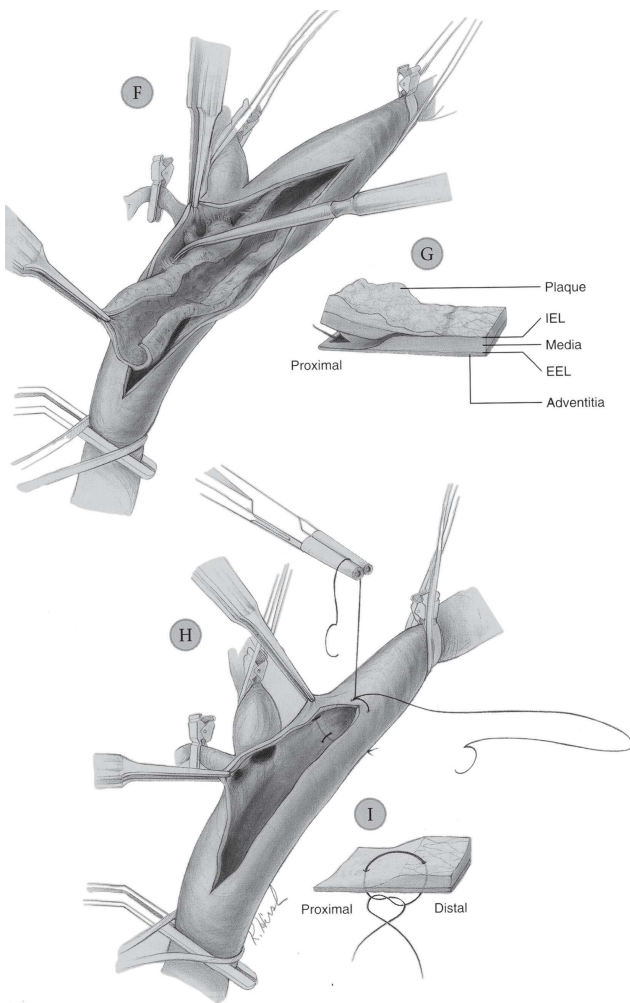


Fig. 18.2 Illustrations de la technique d'endartériectomie carotidienne «classique».

plus faible de resténose par hyperplasie myo-intimale par rapport à l'endartériectomie classique;

- *l'endartériectomie par retournement selon Chevalier* est réalisée au travers d'une artériotomie longitudinale du bulbe carotidien prolongée vers la carotide externe [18]. La carotide interne est sectionnée transversalement au-delà de la plaque. Elle est retournée à rebours pour extraire le séquestre athéromateux puis ré-anastomosée en distalité. L'artériotomie longitudinale est refermée directement. Cette technique présente l'avantage d'un contrôle parfait de l'arrêt de plaque distal, l'absence de matériel prothétique mais l'inconvénient d'être plus complexe techniquement. Elle est particulièrement indiquée en cas de plaque longue sur la carotide interne.

### Pontages carotidiens

Ils sont réalisés en deuxième intention en cas d'impossibilité (lésions trop longues s'étendant sur la carotide commune) ou d'échec d'endartériectomie. Le matériel prothétique est préféré du fait du faible risque infectieux dans cette localisation. L'intervention consiste toujours à réaliser une anastomose proximale sur une zone saine, la plus proche de la plaque

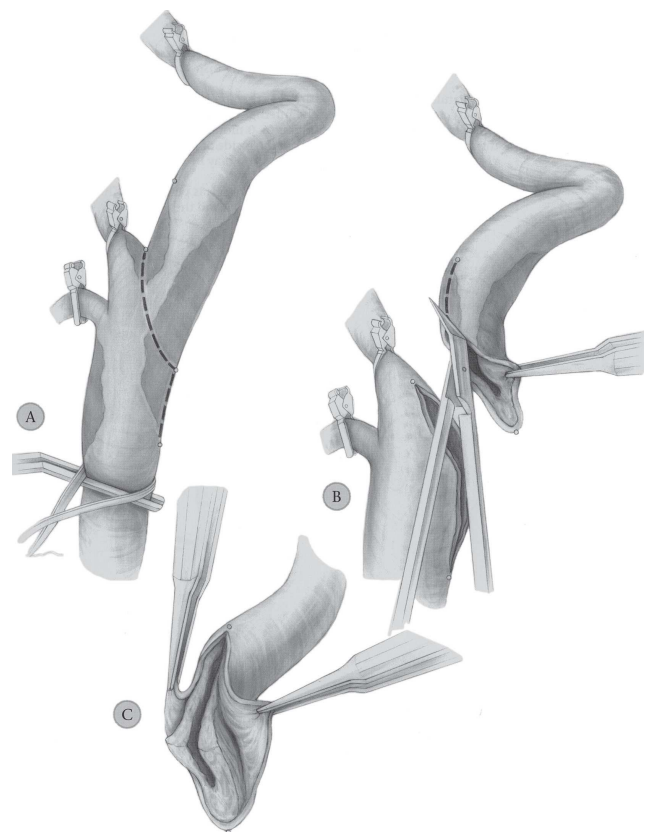


Fig. 18.3 Illustration de la technique d'endartériectomie carotidienne par éversion.

d'athérome sténosante (bulbe carotidien, carotide commune plus ou moins proximale, artère sous-clavière, etc.), puis une anastomose distale sur l'artère carotide interne cervicale au-delà de la lésion sténosante.

### Angioplastie carotidienne

Durant les années 2000, plusieurs études contrôlées prospectives randomisées multicentriques ont tenté, sans succès, de prouver la non-infériorité de l'angioplastie carotidienne (avec ou sans *stent*) par rapport à la chirurgie conventionnelle [19–24]. Même si l'étude nord-américaine CREST, publiée en 2010, concluait à cette équivalence de risque, ces critères de jugements étaient très discutables et n'ont pas remis en cause les recommandations françaises de ne pas traiter par angioplastie endoluminale (avec ou sans *stent*) les sténoses athéromateuses primitives de la bifurcation carotidienne. Les angioplasties transluminales (ATL) peuvent cependant être discutées en cas de « cous hostiles » (antécédent de cervicotomie, cou radique, trachéostome, etc.) du fait de l'augmentation relative du risque opératoire en cas de chirurgie conventionnelle [13].

L'ATL peut alors être réalisée par abord percutané ou chirurgical direct, d'une artère fémorale commune nécessitant une navigation intra-aortique, ou de l'artère carotide commune basicervicale. La sténose carotidienne est ensuite cathétérisée par un guide puis la lésion est angioplastiée par l'implantation d'emblée d'un *stent* adapté. De nombreuses subtilités techniques existent selon les opérateurs.



Quelle que soit la technique chirurgicale employée pour une revascularisation carotidienne, le problème de la protection cérébrale doit toujours être pris en compte afin de diminuer le risque chirurgical d'AVC ischémique peropératoire. Différents moyens sont alors mis en œuvre en fonction de chaque patient et des habitudes de chaque équipe :

- *la technique d'anesthésie* : l'anesthésie cervicale locorégionale permet un contrôle parfait de la tolérance cérébrale au clampage carotidien. L'anesthésie générale ne permet pas ce contrôle, mais présente l'avantage d'une réduction du métabolisme cérébral bénéfique pendant le clampage ;
- *le shunt carotidien* permet de diminuer le temps d'interruption de l'irrigation cérébrale pendant le clampage carotidien, mais il est aussi grevé d'une morbidité propre. Son intérêt dans la limitation du risque ischémique cérébral n'a jamais été formellement démontré. Son utilisation est plus affaire d'habitude personnelle que basée sur des recommandations [25] ;
- *la mesure de la pression résiduelle* : un capteur de pression est positionné en amont de la sténose. La pression résiduelle enregistrée après clampage des artères carotides commune et externe reflète le caractère fonctionnel du cercle artériel de la base (polygone de Willis) et autorise ainsi la poursuite du clampage carotidien. Aucune valeur seuil n'a cependant été formellement démontrée ;
- *le Doppler ou la TcPO<sub>2</sub> transcrâniens* mesurent plus ou moins directement la perfusion cérébrale pendant le clampage carotidien [26]. Leurs utilisations restent marginales ;
- *en cas d'ATL*, des filtres endoluminaux à particules peuvent être positionnés en aval de la sténose avant l'angioplastie mais nécessitent toutefois le franchissement initial de celle-ci. Des techniques d'inversion de flux carotidien ont aussi été décrites.

Dans le but de diminuer le risque opératoire d'AVC d'origine embolique, il est recommandé de pratiquer la chirurgie carotidienne sous couvert d'un traitement antiplaquettaire efficace [27].

## Indications et techniques vertébrales

En 1981, parlant de la chirurgie de l'artère vertébrale (AV), A. Carney disait « qu'elle avait été enterrée dans un océan de généralités, de préjugés, de peurs et d'ignorances » [28]. Ce constat reste toujours vrai tant il existe un contraste énorme entre la grande quantité d'études disponibles concernant la chirurgie carotidienne et le peu de données concernant la chirurgie de l'AV. Aucune étude contrôlée randomisée n'existe actuellement sur le sujet. Seules des séries rétrospectives essentiellement monocentriques ont été rapportées.

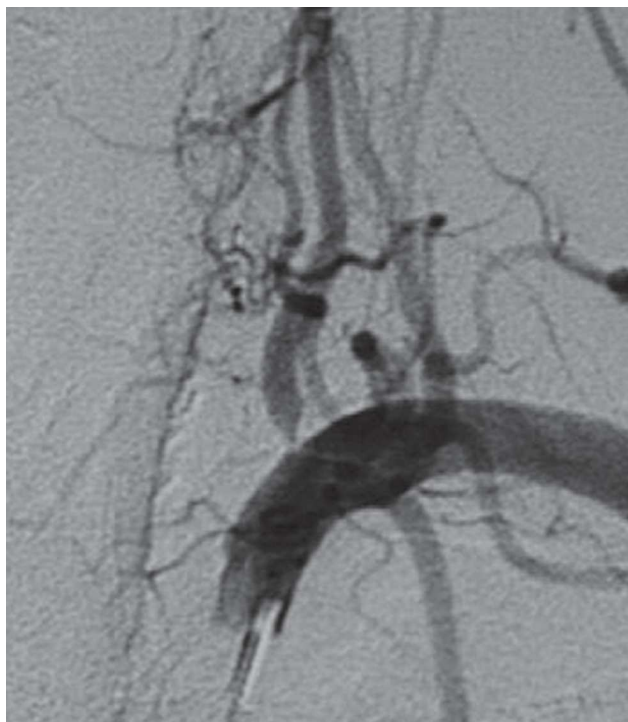
Plusieurs raisons participent à l'explication de cet état de fait :

- la symptomatologie de l'insuffisance vertébrobasilaire (IVB) reste difficile à appréhender, affublée d'une réputation « d'insaisissabilité et de refuge des inexactitudes » [29] ;
- l'AV est de plus faible calibre que l'artère carotide interne, elle est anatomiquement plus profonde et plus difficile d'abord tant dans sa portion prétransversaire (V1) que sous-occipitale (V3), aussi la chirurgie vertébrale est techniquement plus difficile ;

- enfin, même si des études anatomiques ont montré le caractère incomplet du polygone de Willis allant jusqu'à 25 % des cas, suggérant l'insuffisance de vicariance carotidienne systématique en cas d'IVB, les indications de la chirurgie de l'AV ne bénéficient pas de recommandation s'appuyant sur des niveaux de preuves importants.

Malgré l'empirisme dont elles sont issues, on peut cependant retenir différentes indications opératoires de sténoses de l'AV reposant sur les critères suivants :

- le mécanisme de l'IVB :
  - l'IVB thrombo-embolique est typiquement marquée par l'apparition d'un AVC constitué ou transitoire, prolongé, souvent unique. Une IRM cérébrale peut visualiser le territoire cérébral postérieur siège de l'AVC,
  - l'IVB hémodynamique beaucoup plus fréquente est *a contrario* typiquement marquée par la récurrence d'AIT vertébrobasilaires se traduisant par une symptomatologie brève et stéréotypée pour chaque malade (troubles moteurs ou sensitifs non latéralisés, troubles visuels binoculaires, troubles de l'équilibre, ataxies, *drop attack*, etc.) parfois favorisée par l'orthostatisme ou des modifications posturales,
  - une consultation de neurologie est toutefois souvent nécessaire pour authentifier la symptomatologie vertébrobasilaire ;
- le degré de sténose et la localisation des lésions vertébrales : les sténoses vertébrales les plus fréquentes sont ostiales et post-ostiales (V0-V1) (Fig. 18.4). L'étude des flux vertébraux en Doppler doit également rechercher des lésions sur les segments V2 et V3.



**Fig. 18.4** Artériographie montrant une sténose athéromateuse calcifiée pré-occlusive de l'ostium de l'artère vertébrale gauche.

- l'existence de lésions associées : la recherche de sténoses carotidiennes ou subclavières associées est systématique. Leur traitement doit être envisagé en priorité ;
- l'état général du patient : il conditionne les possibilités de prise en charge chirurgicale et orientera le choix de la technique vers un traitement endovasculaire en cas de risque morbimortalité élevé.

La prise en charge chirurgicale d'une sténose de l'AV doit être envisagée en cas :

- de sténose significative (>70%) d'une AV unique ou dominante ou des deux AV ou encore d'une AV se terminant en PICA chez un malade symptomatique présentant une IVB, sans lésion carotidienne associée ;
- de sténose vertébrale considérée manifestement responsable d'une embolie dans le territoire vertébrobasilaire authentifiée par une imagerie cérébrale ;
- de lésion d'une artère subclavière justifiant d'une revascularisation et nécessitant pour des raisons techniques le traitement « de passage » de l'AV.
- d'insuffisance cérébrovasculaire avec sténoses ou occlusions carotidiennes majeures et inopérables, pour préservation d'un flux vasculaire cérébral minimal.

## Techniques chirurgicales

### Réimplantation vertébrocarotidienne

Il s'agit de la technique de choix de revascularisation vertébrale. Elle permet de traiter l'ensemble des lésions de l'AV dans son segment prétransversaire. Elle est pratiquée au travers d'un court abord cervical transversal au niveau du tiers médial de la clavicule [30]. Elle consiste, après contrôle et mobilisation, en la désinsertion de l'AV de l'artère subclavière laissant sur place la lésion athéromateuse ostiale, puis en sa réimplantation sur la face postérieure de l'artère carotide commune directement en regard (Fig. 18.5). Cette technique minutieuse, présente une faible morbidité et un excellent taux de perméabilité à long terme [31].

### Endartériectomie subclaviovertébrale

Cette technique n'est pratiquement plus utilisée dans cette localisation du fait de sa difficulté technique et de sa moins bonne perméabilité.

### Pontages vertébraux

Ils intéressent le plus souvent l'AV dans son segment post-transversaire V3. L'indication d'une revascularisation en V3 est essentiellement anatomique lorsque le segment V1 n'est pas opérable ou que la lésion responsable de l'IVB se situe en V2. Le pontage est réalisé à l'aide d'un greffon veineux ou d'une branche de l'artère carotide externe détournée (ex. : artère occipitale) [32]. Il prend généralement naissance sur un segment d'axe carotidien homolatéral propice et se termine dans la région sous-occipitale sur la boucle vertébrale de V3 présente entre les processus transverses des première et deuxième vertèbres cervicales.



Fig. 18.5 Artériographie des troncs supra-aortiques montrant la bonne perméabilité d'une réimplantation vertébrocarotidienne droite.

### Angioplastie transluminale

La faisabilité des angioplasties transluminales percutanées avec ou sans *stent* de l'AV pour lésions athéromateuses sténosantes est démontrée depuis longtemps. Nous manquons encore de données fiables quant aux résultats fonctionnels, en matière de morbimortalité, de perméabilité ou de resténoses après traitement endovasculaire des lésions vertébrales [33].

## Références

- [1] Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, et al. Executive summary : heart disease and stroke statistics--2010 update : a report from the American Heart Association. *Circulation* 2010; 121(7) : 948-54.

- [2] Timsit SG, Sacco RL, Mohr JP, et al. Early clinical differentiation of cerebral infarction from severe atherosclerotic stenosis and cardioembolism. *Stroke J Cereb Circ* 1992; 23(4) : 486–91.
- [3] Inzitari D, Eliasziw M, Gates P, et al. The causes and risk of stroke in patients with asymptomatic internal-carotid-artery stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 2000; 342(23) : 1693–700.
- [4] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 1991; 325(7) : 445–53.
- [5] MRC European Carotid Surgery Trial : interim results for symptomatic patients with severe (70–99%) or with mild (0–29%) carotid stenosis. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. *Lancet Lond Engl* 1991; 337(8752) : 1235–43.
- [6] Gasecki AP, Ferguson GG, Eliasziw M, et al. Early endarterectomy for severe carotid artery stenosis after a nondisabling stroke : results from the North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial. *J Vasc Surg* 1994; 20 : 288–95.
- [7] Moore WS, Barnett HJ, Beebe HG, et al. Guidelines for carotid endarterectomy. A multidisciplinary consensus statement from the Ad Hoc Committee, American Heart Association. *Circulation* 1995; 91(2) : 566–79.
- [8] Hobson RW, Weiss DG, Fields WS, et al. Efficacy of carotid endarterectomy for asymptomatic carotid stenosis. The Veterans Affairs Cooperative Study Group. *N Engl J Med* 1993; 328(4) : 221–7.
- [9] Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study. *JAMA* 1995; 273(18) : 1421–8.
- [10] Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis : final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). *Lancet Lond Engl* 1998; 351(9113) : 1379–87.
- [11] Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 1998; 339(20) : 1415–25.
- [12] Mohammed N, Anand SS. Prevention of disabling and fatal strokes by successful carotid endarterectomy in patients without recent neurological symptoms : randomized controlled trial. MRC asymptomatic carotid surgery trial (ACST) collaborative group. *Lancet* 2004; 363 : 1491–502. *Vasc Med Lond Engl* 2005; 10(1) : 77–8.
- [13] Liapis CD, Bell PRF, Mikhailidis D, et al. ESVS guidelines. Invasive treatment for carotid stenosis : indications, techniques. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg* 2009; 37(4 Suppl) : 1–19.
- [14] Moneta GL, Edwards JM, Chitwood RW, et al. Correlation of North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) angiographic definition of 70% to 99% internal carotid artery stenosis with duplex scanning. *J Vasc Surg* 1993; 17(1) : 152–7.
- [15] von Reutern GM, Goertler MW, Bornstein NM, et al. Grading carotid stenosis using ultrasonic methods. *Stroke J Cereb Circ* 2012; 43(3) : 916–21.
- [16] Merlini T, Péret M, Lhommet P, et al. Is early surgical revascularization of symptomatic carotid stenoses safe? *Ann Vasc Surg* 2014; 28(6) : 1539–47.
- [17] Reiter M, Bucek RA, Effenberger I, et al. Plaque echolucency is not associated with the risk of stroke in carotid stenting. *Stroke J Cereb Circ* 2006; 37(9) : 2378–80.
- [18] Chevalier JM, Gayral M, Duchemin JF, et al. Reverse endarterectomy of the internal carotid. *J Mal Vasc* 1994; 19(Suppl A) : 18–23.
- [19] Endovascular versus surgical treatment in patients with carotid stenosis in the Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (CAVATAS) : a randomised trial. *Lancet Lond Engl* 2001; 357(9270) : 1729–37.
- [20] Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE, et al. Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. *N Engl J Med* 2004; 351(15) : 1493–501.
- [21] Mas JL, Chatellier G. EVA3S investigators. Carotid angioplasty and stenting. *Stroke J Cereb Circ* 2008; 39(1) : e19–20.
- [22] Eckstein HH, Ringleb P, Allenberg JR, et al. Results of the Stent-Protected Angioplasty versus Carotid Endarterectomy (SPACE) study to treat symptomatic stenoses at 2 years : a multinational, prospective, randomised trial. *Lancet Neurol* 2008; 7(10) : 893–902.
- [23] International Carotid Stenting Study investigators, Ederle J, Dobson J, et al. Carotid artery stenting compared with endarterectomy in patients with symptomatic carotid stenosis (International Carotid Stenting Study) : an interim analysis of a randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl* 2010; 375(9719) : 985–97.
- [24] Mantese VA, Timaran CH, Chiu D, et al. The Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST) : stenting versus carotid endarterectomy for carotid disease. *Stroke J Cereb Circ* 2010; 41(10 Suppl) : S31–4.
- [25] Bond R, Warlow CP, Naylor AR, et al. Variation in surgical and anaesthetic technique and associations with operative risk in the European carotid surgery trial : implications for trials of ancillary techniques. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg* 2002; 23(2) : 117–26.
- [26] Omae T, Ibayashi S, Kusuda K, et al. Effects of high atmospheric pressure and oxygen on middle cerebral blood flow velocity in humans measured by transcranial Doppler. *Stroke J Cereb Circ* 1998; 29(1) : 94–7.
- [27] Taylor DW, Barnett HJ, Haynes RB, et al. Low-dose and high-dose acetylsalicylic acid for patients undergoing carotid endarterectomy : a randomised controlled trial. ASA and Carotid Endarterectomy (ACE) Trial Collaborators. *Lancet Lond Engl* 1999; 353(9171) : 2179–84.
- [28] Carney AL. Vertebral artery surgery : historical development, basic concepts of brain hemodynamics, and clinical experience of 102 cases. *Adv Neurol* 1981; 30 : 249–82.
- [29] Buge A, Rancurel G, Kieffer E, et al. L'insuffisance vertébro-basilaire. Revue des critères sémiologiques cérébro-vasculaires et des indications opératoires. *Concours Med* 1984; 10(Suppl C) : 102–4.
- [30] Berguer R, Feldman AJ. Surgical reconstruction of the vertebral artery. *Surgery* 1983; 93(5) : 670–5.
- [31] Berguer R, Morasch MD, Kline RA. A review of 100 consecutive reconstructions of the distal vertebral artery for embolic and hemodynamic disease. *J Vasc Surg* 1998; 27(5) : 852–9.
- [32] Kieffer E, Praquin B, Chiche L, et al. Distal vertebral artery reconstruction : long-term outcome. *J Vasc Surg* 2002; 36(3) : 549–54.
- [33] Antoniou GA, Murray D, Georgiadis GS, et al. Percutaneous transluminal angioplasty and stenting in patients with proximal vertebral artery stenosis. *J Vasc Surg* 2012; 55(4) : 1167–77.