

## Angioplastica subintimale del distretto infrapopliteo nel trattamento dell'ischemia critica degli arti inferiori

### Risultati a breve termine

Stefano TARTARI - Luca ZATTONI - Giuseppe ROLMA  
Alberto SACCO\*

**Scopo.** Valutare la fattibilità e l'efficacia della angioplastica subintimale (SIA) infrapoplitea nella ricanalizzazione delle arterie tibiali ostruite nel trattamento della ischemia critica degli arti inferiori (ICAI).

**Materiale e metodi.** Nel periodo Gennaio 2002 - Settembre 2003 abbiamo trattato con SIA 20 pazienti affetti da ICAI, 16 dei quali diabetici. Tutti i pazienti avevano gangrena o ulcerazione al piede e 10 avevano dolore a riposo. Tutti i pazienti sono stati trattati con SIA di uno o più vasi del distretto popliteo; complessivamente abbiamo rivascolarizzato 34 arterie del distretto infrapopliteo; inoltre in 9 casi è stato necessario associare SIA della femorale superficiale. Il successo tecnico è stato valutato angiograficamente al termine della procedura: indicatore di successo tecnico è stata considerata la rivascolarizzazione di almeno 1 dei 3 vasi della gamba con ripristino del flusso fino al piede. Il successo clinico è stato identificato con la remissione del dolore quando presente e con la guarigione della ferita al piede senza amputazione maggiore sopra la caviglia (salvataggio d'arto).

Durante il follow-up (durata media di 9 mesi, range 6-21 mesi) tutti i pazienti sono stati controllati con esame clinico ed eco color Doppler a 6 mesi di distanza dalla procedura.

**Risultati.** Il successo tecnico della SIA nella rivascolarizzazione dei vasi infrapoplitei è stato del 85%. Nei 17 casi con successo tecnico il dolore si è risolto completamente in 9/10 casi e le lesioni trofiche al piede sono guarite in 14/17 casi. In questo gruppo: 9 pazienti sono stati sottoposti ad amputazione minore; 2 pazienti hanno subito amputazione maggiore sopra la caviglia; un altro paziente è stato operato di by-pass femoro-tibiale 20 giorni dopo la SIA. Nei 3 casi di insuccesso tecnico (15%) non è stato possibile ottenere rivascolarizzazione dell'intero tratto ostruito con ripristino del flusso fino al piede; uno di questi pazienti è stato amputato sopra la caviglia.

Complessivamente la percentuale del salvataggio d'arto è stata dell'85% a 9 mesi di distanza dalla SIA (successo clinico in 17/20 casi) e la sopravvivenza del 90%. Al controllo Doppler a 6 mesi la pervietà primaria è risultata del 70%.

Non si sono verificate complicanze maggiori periprocedurali; in 4 pazienti 5 complicanze minori sono state trattate per via endovascolare o si sono risolte spontaneamente.

**Conclusioni.** La SIA infrapoplitea è una tecnica sicura e di successo nel trattamento della ICAI; la presenza di ostruzioni molto lunghe o di estese calcificazioni non controindica la manovra. L'eventuale insuccesso tecnico non preclude eventuali soluzioni chirurgiche. Nei soggetti trattati con SIA l'incidenza di amputazione maggiore è bassa, la mortalità è nulla e le eventuali complicanze minori possono essere trattate per via endovascolare.

PAROLE CHIAVE: Angioplastica subintimale - Ischemia critica degli arti inferiori - PTA infrapoplitea - Salvataggio d'arto.

### *Subintimal angioplasty of infrapopliteal artery occlusions in the treatment of critical limb ischaemia. Short-term results*

**Aim.** To evaluate the feasibility and efficacy of subintimal infrapopliteal angioplasty (SIA) as a method for recanalization of occluded tibial arteries in the treatment of critical limb ischaemia (CLI).

**Materials and methods.** Between January 2002 and September 2003, 20 patients with CLI were submitted to SIA; of these, 16 had diabetes mellitus. All patients had foot ulceration or gangrene and ten had rest pain. All patients were treated with SIA of one or more vessels of the popliteal district. Overall, thirty-four arteries of the infrapopliteal district underwent revascularization; in 9 cases, SIA of superficial femoral artery occlusions was associated. Technical success was evaluated on angiography at the end of the procedure: revascularization of at least one of the 3 leg vessels with re-establishment of arterial flow to the foot was regarded as a technical success. Pain relief (when pain was present) and healing of foot ulceration, without above-the-ankle major amputation (limb salvage), were defined as clinically successful. During the follow-up (mean: 9 months; range: 6-21 months) all patients were checked 6 months after the procedure by clinical examination and colour-Doppler ultrasound.

**Results.** The technical success rate of SIA in the revascularization of the infrapopliteal vessels was 85%. In the 17 technically successful cases, pain had entirely resolved in 9/10 cases and trophic lesions of the foot healed in 14/17 cases. In this group, 9 patients underwent minor amputation; 2 underwent major above-the-ankle amputation; one underwent to surgery 20 days after the SIA and required a femoro-tibial by-pass. In the 3 cases of technical failure (15%), revascularization of the entire occluded tract could not be achieved. Of these, one patient subsequently underwent major amputation. Nine months after SIA, the cumulative limb salvage rate was 85% (17/20 clinically successful cases) and the survival rate was 90%. Colour-Doppler US at 6 months showed 70% primary patency. No major complication occurred during the procedure. Five minor complications in four patients were managed endovascularly or healed spontaneously.

**Conclusions.** SIA is a feasible and effective technique for foot revascularization in patients with CLI. Long occlusions or diffusely calcified arteries are suitable indications. Technical failure does not preclude conventional surgery. In patients treated with SIA, the risk of major amputation is low and mortality rate is nil. Minor complications can be managed using endovascular techniques.

KEY WORDS: Subintimal angioplasty - Critical limb ischaemia - Infrapopliteal PTA - Limb salvage.

Dipartimento di Diagnostica per Immagini - \*Unità Operativa di Chirurgia Vascolare - Azienda ULSS 18 - Rovigo.

Pervenuto alla Redazione il 14.10.2003; revisionato il 19.11.2003; restituito corretto il 19.1.2004; accettato per la pubblicazione il 16.2.2004.

Indirizzo per la richiesta di estratti: Dott. S. Tartari - Servizio di Radiologia - Ospedale di Rovigo - Via 3 Martiri - 45100 Rovigo RO - Tel. 0425/393304 - Fax 0425/393019 - E-mail: s.tartari@libero.it

## Introduzione

L'ischemia critica degli arti inferiori, caratterizzata clinicamente da dolore a riposo e da lesioni ulcerative gangrenose al piede, ha incidenza di 500-1000 nuovi casi/anno/1.000.000 abitanti.

Il trattamento del paziente con ICAI consiste nella rivascolarizzazione dell'arto ipoperfuso; in caso contrario vi è elevato rischio di andare incontro ad amputazione maggiore (sopra la caviglia). Attualmente non sono disponibili criteri emodinamici affidabili di definizione e valutazione dell'ICAI, in base ai quali poter operare una selezione dei pazienti candidati ad intervento chirurgico di rivascolarizzazione degli arti inferiori [1]. L'efficacia ed i risultati a lungo termine delle tecniche chirurgiche, proposte fin dai primi anni '80 nel trattamento dell'ICAI sono ormai ben note [2].

Non c'è consenso in letteratura, specie fra scuole di pensiero di estrazione chirurgica e radiologica, circa il ruolo e l'utilità della angioplastica percutanea transluminale (PTA) infrainguinale nel trattamento della ICAI [3-5] o riguardo alla reale efficacia nel paziente diabetico [6, 7].

Molto recentemente alcuni autori hanno posto l'attenzione sul ruolo predittivo dei valori di proteina C reattiva riguardo alla efficacia della rivascolarizzazione endovascolare sottopoplitea con PTA [8]: il livello della proteina C reattiva pre e post-intervento sono associati con la restenosi dopo PTA della poplitea distale e delle arterie tibio-peroneali, suggerendo un ruolo determinante della flogosi nella fisiopatologia della restenosi.

La ricanalizzazione percutanea mediante dissezione intenzionale extraluminale (subintimale) [9], descritta per la prima volta da Bolia nel 1990 [10], ha conosciuto negli ultimi anni un sempre maggiore utilizzo, specie sul distretto femoro-popliteo, nel trattamento della ICAI [11-13]. Alcuni autori tuttavia non ne giustificano l'uso a causa della minore percentuale di pervietà a breve termine nei confronti del bypass chirurgico [5, 14]; altri studi pongono indicazione soltanto nei pazienti non operabili [4].

Non sono molti i contributi scientifici presenti in letteratura sull'impiego della SIA nel distretto infrapopliteo. Recentemente alcuni autori [15, 16], sulla base di un'ampia casistica, hanno suggerito per l'angioplastica infrapoplitea un ruolo di prima istanza nel trattamento del paziente con ICAI.

Scopo del nostro studio retrospettivo è verificare la fattibilità della SIA dei vasi sottopoplitei, valutare la sua efficacia nel salvataggio d'arto e monitorarne i risultati a breve termine.

## Materiale e metodi

Nel periodo compreso tra Gennaio 2002 e Settembre 2003 sono stati sottoposti a SIA 20 pazienti (13 maschi e 7 femmine, età media 74 anni), 16 dei quali diabetici (80%), affetti da arteriopatia ostruttiva cronica periferica con ischemia critica degli arti inferiori (ICAI) (stadi 2b avanzato, 3 e 4 di Fontaine).

Tutti i pazienti erano preventivamente stati studiati con eco color Doppler degli arti inferiori (HDI 5000, ATL, Bethesda, Washington, USA) con trasduttore lineare multifocale da 7.5 MHz. L'indicazione alla rivascolarizzazione endovascolare è stata posta con l'obiettivo del salvataggio d'arto.

## Introduction

*Critical limb ischaemia, clinically characterized by rest pain and foot ulcerations, accounts for 500-1000 new cases/per year/1,000,000 inhabitants.*

*The treatment of patients with CLI consists in the revascularization of the hypoperfused limb. If not treated, there is a high risk for major over-the-ankle amputation. At present, there are no reliable haemodynamic CLI definition and evaluation criteria enabling the selection of the patients candidates to surgical revascularization of the limbs [1].*

*The efficacy and long-term outcome of the surgical techniques that have been used since the early 80's for the treatment of CLI are now well known [2].*

*There is no consensus in the literature, particularly among surgeons and radiologists, regarding either the role and usefulness of infrainguinal percutaneous transluminal angioplasty (PTA) in the treatment of CLI [3-5] or its true efficacy in diabetics [6, 7].*

*Recently, some authors have highlighted the predictive role of C-reactive protein levels relative to the restenosis after subpopliteal endovascular revascularization with PTA [8].*

*Percutaneous recanalization by means of extraluminale (subintimal) intentional dissection [9], first described by Bolia in 1990 [10], has been increasingly used in the last few years in the treatment of CLI, particularly in the femoro-popliteal territory [11-13]. However, some authors maintain that the low short-term patency rates as compared to surgical by-pass contraindicate its use [5, 14], whereas, others recommend its use in non-surgical patients only [4].*

*Few are the studies in the literature regarding the use of SIA in the infrapopliteal district. Recently, some authors [15, 16] have suggested infrapopliteal angioplasty as a first-line treatment of CLI patients.*

*The aim of our retrospective study was to verify the feasibility of SIA of the subpopliteal vessels, evaluate its efficacy in limb salvage and monitor short-term results.*

## Materials and methods

*Between January 2002 and September 2003, 20 patients (13 men and 7 women; mean age: 74 years), of whom 16 with diabetes mellitus (80%), were subjected to SIA. They all had peripheral chronic obstructive arteriopathy and critical limb ischaemia (CLI) (stages: severe IIb, III and IV Fontaine).*

*All patients had been previously studied by colour-Doppler US of the limbs (HDI 5000, ATL, Bethesda, Washington, USA) using a 7.5 MHz multifocal linear-array transducer. The indication to endovascular revascularization was limb salvage.*

*Seven patients who had previously undergone diagnostic investigations, were directly treated by revascularization by means of antegrade injection. In the remaining 13 cases (65%), two different approaches were used:*

In 7 pazienti che avevano precedentemente eseguito uno studio diagnostico si è proceduto direttamente con puntura anterograda alla rivascularizzazione dell'arto affetto da ischemia critica. Nei rimanenti 13 casi (65%) abbiamo utilizzato un duplice approccio: studio angiografico panoramico dell'asse aorto-iliaco e delle arterie degli arti inferiori mediante accesso femorale controlaterale per via retrograda, con intento diagnostico; in seconda istanza puntura femorale anterograda dal lato affetto per portare a termine la rivascularizzazione mediante SIA sottopoplitea. Soltanto in 1 caso nonostante ripetuti tentativi non è stato possibile ottenere la cateterizzazione anterograda della femorale superficiale per origine craniale di quest'ultima dalla femorale comune; la rivascularizzazione pertanto è stata effettuata mediante accesso controlaterale retrogrado. In tutti gli altri casi (19/20) (95%) la procedura interventistica è stata effettuata per via anterograda omolaterale.

Dei 20 pazienti trattati con SIA infrapoplitea in 7/20 casi (35%) abbiamo effettuato SIA di uno solo dei 3 vasi tibiali, mentre nei rimanenti 13 (65%) abbiamo dilatato con SIA 2 (n=12) o 3 vasi tibiali (n=1). In 9 pazienti (45%) è stato necessario associare, oltre alla SIA del distretto popliteo, anche SIA della femorale superficiale. Complessivamente abbiamo ricanalizzato con SIA 43 lesioni ostruttive, 34 su arterie del distretto infrapopliteo e 9 a carico della femorale superficiale.

Non sono stati posizionati stent nel distretto infrapopliteo; in 1 caso abbiamo posizionato uno stent metallico autoespandibile (Smart, Cordis, Milano) dopo SIA della femorale superficiale.

#### *Studio diagnostico e SIA*

Tutte le procedure sono state eseguite utilizzando un angiografo digitale (Advantx LCA+, GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA).

Procedure diagnostiche: dopo puntura retrograda dell'arteria abbiamo posizionato introduttore da 4 o 5 F (Terumo, Clinilab, Padova) e catetere pigtail di calibro corrispondente (Cook Italia, Milano) in aorta addominale soprarenale.

Procedure di rivascularizzazione: puntura anterograda e posizionamento di un introduttore da 5 F (in 14 casi). Avanzamento attraverso la lesione ostruttiva di guida idrofilica standard (Radifocus glidewire, Terumo, Clinilab, Padova) con estremità conformata "a loop" per ottenere la dissezione subintimale secondo la tecnica di Bolia [9, 10]. Oltrepasata la ostruzione è stato posizionato catetere a palloncino coassiale per piccoli vasi (Bijou, Boston Scientific, Genova; Savvy, Cordis, Milano) di diametro variabile da 3 a 4 mm, lunghezza da 4 a 8 cm. Soltanto in un caso è stato necessario sostituire l'introduttore da 5 F con uno da 6 F per consentire il posizionamento di stent femorale. In 6 casi abbiamo effettuato tutta la manovra di rivascularizzazione mediante accesso anterogrado con introduttore da 4 F (Terumo, Clinilab, Padova); dopo superamento dell'ostruzione con guida idrofilica 0,035 secondo la tecnica descritta si è provveduto a cambio della guida idrofilica con una guida da 0,014 (Boston Scientific, Genova) posizionando temporaneamente a cavaliere della ostruzione catetere idrofilico (Terumo, Clinilab, Padova) da 4 F; la dilatazione è stata effettuata con palloncino monorail a basso profilo (Invatec, Brescia) da 3 mm di diametro, lunghezza 4-8 cm (fig. 1 C).

*panoramic angiography of the aorto-iliac axis and lower extremity arteries via retrograde contralateral femoral access for diagnostic purposes and femoral anterograde injection to terminate the revascularisation by means of subpopliteal SIA.*

*Despite several attempts, in one case only anterograde catheterization of the superficial femoral artery could not be achieved due to its cranial origin from the common femoral artery; revascularization was therefore performed via retrograde contralateral access.*

*In all the remaining cases (19/20) (95%), the interventional procedure was performed via an ipsilateral anterograde access.*

*Of the 20 patients treated with infrapopliteal SIA, 7/20 (35%) underwent SIA of only one of the three tibial vessels, whereas the remaining 13 (65%) underwent dilatation by SIA of 2 (n=12) or 3 tibial vessels (n=1). In 9 patients (45%), SIA of the popliteal district and SIA of the superficial femoral artery had to be associated.*

*Overall, 43 obstructive lesions underwent recanalization (34 infrapopliteal occlusions and 9 superficial femoral occlusions).*

*No stents were placed in the infrapopliteal district; an auto-expandible metallic stent (Smart, Cordis, Milan) was placed in one case following SIA of the superficial femoral artery.*

#### *Diagnostic study and SIA*

*All procedures were performed by means of digital angiography (Advantx LCA+, GE Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA).*

*Diagnostic procedures: positioning of a 4- or 5F introducer sheath (Terumo, Clinilab, Padua) and a matching pig tail catheter (Cook Italia, Milan) in the suprarenal abdominal aorta after retrograde puncture of the artery.*

*Revascularisation procedures: anterograde puncture and positioning of a 5F introducer sheath (in 14 cases). A standard hydrophilic guide wire with a loop extremity (Radifocus glidewire, Terumo, Clinilab, Padua) was advanced to obtain subintimal dissection in accordance with Bolia's technique [9,10]. After negotiating the obstruction, a co-axial balloon catheter for small vessels (Bijou, Boston Scientific, Genoa; Savvy, Cordis, Milan), 3-4 mm in diameter and 4-8 cm in length, was positioned. A 5F introducer was replaced by a 6F introducer sheath in one case only to enable the positioning of a femoral stent.*

*In six cases, revascularisation through anterograde access was performed using a 4F introducer (Terumo, Clinilab, Padua); after negotiating the obstruction with a 0.035 hydrophilic guide – using the technique previously described – the hydrophilic guide was replaced by a 0.014 guide (Boston Scientific, Genoa) by temporarily placing an hydrophilic 4F catheter (Terumo, Clinilab, Padova) above the obstruction; a low profile monorail balloon (Invatec, Brescia), 3 mm in diameter and 4-8 cm in length, was used for dilatation (fig. 1 C).*



Fig. 1. — Paziente con dolore a riposo e lesioni trofiche al piede destro. Il quadro diagnostico in corso di angiografia evidenzia alla gamba destra (A) ostruzione completa della arteria tibiale anteriore al terzo medio e del tronco tibio-peroneale poco dopo l'origine. In sede sovramalleolare (B) vengono ricanalizzati brevi tratti incompleti di arteria interossea, della tibiale posteriore e della tibiale anteriore; al piede circoli collaterali riabitano la pedidia. Dopo ricanalizzazione mediante dissezione subintimale della arteria tibiale anteriore vengono posizionati (C) guida da 0,018" e catetere a palloncino del tipo a scambio rapido. Controllo (D), (E) dopo angioplastica subintimale della metà distale della arteria tibiale anteriore e della interossea: ricanalizzazione dei vasi trattati con ripristino del flusso fino al piede.

*Patient with rest pain and trophic lesions in the right foot. The diagnostic angiogram of the right leg shows (A) complete occlusion of both the anterior tibial artery at its middle third and the tibioperoneal trunk below its origin. Incomplete recanalization of the intraosseous, posterior and anterior tibial arteries at the perimalleolar level (B); collateral vessels recanalize the foot dorsal artery. Following recanalization through subintimal dissection of the anterior tibial artery, a 0.018" guide wire and a rapid exchange balloon catheter are positioned (C). Follow-up (D), (E) after subintimal angioplasty of the distal half of the anterior tibial and interosseous arteries: recanalization of the treated vessels with re-establishment of blood flow to the foot.*

Durante la procedura vengono iniettate intra-arteria 5000 U.I. di eparina.

*During the procedure, 5000 IU of heparin was administered via intra-arterial injection.*

#### Definizione di successo tecnico

Il successo tecnico della procedura di SIA infrapoplitea è stato identificato con la ricanalizzazione di almeno uno dei tre vasi tibiali con ripristino del flusso e assenza di stenosi emodinamicamente significative (fig. 1).

In caso di stenosi severe o ostruzioni associate femorali o poplitee è necessario dilatare anche il segmento ostruito a monte.

Non vi è indicazione a rivascularizzazione infrapoplitea se non vi è run-off al piede, ovvero deve essere presente pervietà al piede della pedidia o della plantare. La presenza di diffuse calcificazioni parietali o di lunghi segmenti (anche > 20 cm) ostruiti delle arterie crurali non ha costituito controindicazione (fig. 2).

#### Definition of technical success

*Technical success of the infrapopliteal SIA was defined as the recanalisation of at least one of the three tibial vessels, with re-establishment of the flow and absence of haemodynamically significant stenoses (fig. 1). In severe stenoses or associated femoral or popliteal obstructions, it is also necessary to dilate the segment above the obstruction. Infrapopliteal revascularisation is not indicated if run-off to the foot is unavailable, i.e. patency of the plantar or dorsal artery is required. The presence of diffuse parietal calcifications or long occluded segments (also >20 cm) of the crural arteries was not regarded as a contraindication (fig. 2).*

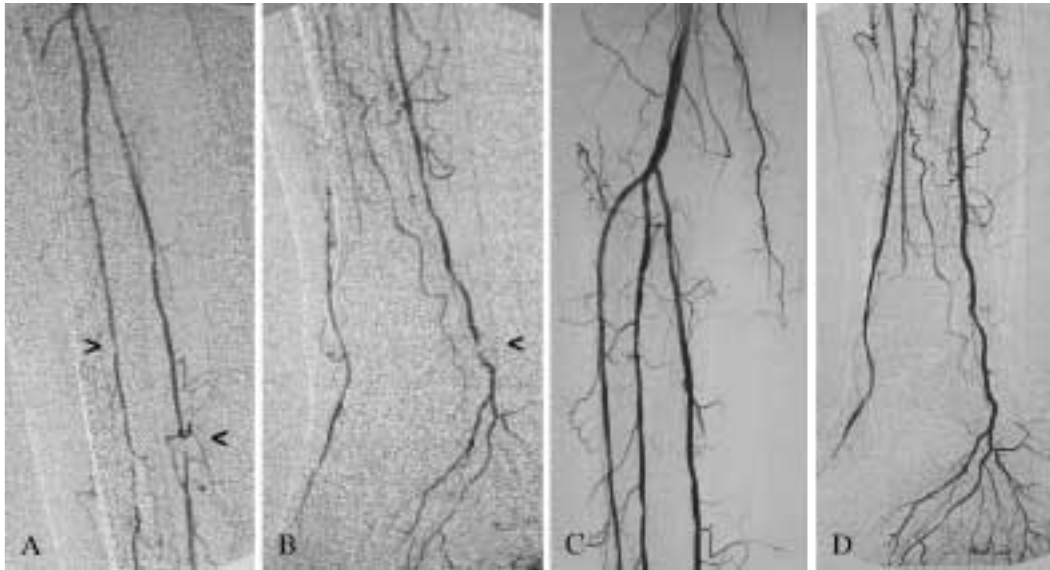


Fig. 2. — Paziente con dolore a riposo e lesioni trofiche al piede destro. Quadro diagnostico: ostruzione della arteria tibiale anteriore poco dopo l'origine; multiple stenosi della interossea e della tibiale posteriore al passaggio con l'arcata plantare (A); la tibiale anteriore viene ricanalizzata da circoli collaterali poco al di sopra del malleolo (B); buona pervietà della pedidia. Dopo angioplastica subintimale dei 3 vasi crurali (C), (D) si osserva ripristino della continuità del flusso fino al piede. Nella medesima seduta è stata trattata con successo anche una steno-ostruzione della femorale superficiale.

*Patient with rest pain and trophic lesions in the right foot. Diagnosis: anterior tibial artery occlusion below its origin; multiple stenoses in the interosseous and posterior tibial arteries near the plantar arch (A). The anterior tibial artery is recanalized by collateral vessels just over the malleolus (B); good patency of the foot dorsal artery. Blood flow to the foot is visible after subintimal angioplasty of the three crural vessels (C), (D). A severe steno-obstruction of the superficial femoral artery was also treated in the same session.*

#### Definizione di successo clinico

La cessazione del dolore a riposo, quando presente, si manifesta già al termine della procedura interventistica. La guarigione clinica delle lesioni ulcerativo-gangrenose del piede si verifica in 30-150 giorni. L'obiettivo principale rimane comunque il salvataggio d'arto, ovvero il mantenimento dell'appoggio plantare durante la deambulazione; le amputazioni minori, metatarso-falangee, non sono di importanza clinica. Consideriamo insuccesso clinico la amputazione sopra la cavaglia.

#### Follow-up

È stato effettuato monitoraggio clinico e con eco-color Doppler a 6 mesi di distanza dalla procedura e successivamente con cadenza semestrale (range 6-21 mesi, media 9 mesi).

#### Risultati

##### Successo tecnico

Il successo tecnico, ovvero la rivascularizzazione di almeno 1 dei vasi tibiali ostruiti con ripristino del flusso fino al piede è stato raggiunto nell'85% (17/20). In 3 pazienti (15%) non si è riusciti ad oltrepassare la ostruzione dei vasi tibiali; uno di essi ha subito successivamente un'amputazione di coscia ed è deceduto per infarto miocardico (IMA) 9 mesi dopo la SIA. Negli altri 2 casi di insuccesso tecnico di SIA infrapoplitea (in cui si era reso neces-

#### Definition of clinical success

*When present, rest pain ceases immediately after the procedure.*

*Clinical healing of ulcerative-gangrenous lesions of the foot occurs within 30-150 days. However, the main objective is limb salvage, i.e. the maintenance of plantar support during ambulation; metatarsal-phalangeal minor amputations are not of clinical importance. Above-the-ankle amputation was regarded as a clinical failure.*

#### Follow-up

*Clinical and colour-Doppler US monitoring was performed within 6 months of the procedure and thereafter every six months (range: 6-21 months; mean period: 9 months).*

#### Results

##### Technical success

*Technical success, i.e. revascularisation of at least one of the occluded tibial vessels with re-establishment of the blood flow to the foot, was obtained in 85% of cases (17/20). In 3 patients (15%), the obstruction of the tibial vessels could not be negotiated; of these, one underwent thigh amputation and died from myocardial infarction 9 months after the SIA. The other two technically unsuc-*

TABELLA I. — Risultati della SIA nella rivascularizzazione sottoplitea.

	Salvataggio d'arto	Amputazione maggiore	By-pass	Restenosi	6 mesi follow-up pervietà eco-Doppler	Amputazione minore
Successo tecnico n.=17	15+1* *paz. operato di by-pass	1	1*	1	12 (70%)	8
Insuccesso tecnico n.=3	2	1	—	—	—	1
Totale 20	18 (17+1*)	2	1*	1	12	9

TABLE I.—Results of SIA in the subpopliteal revascularisation.

	Limb salvage	Major amputation	By-pass	Restenosis	6-month follow-up Doppler-US patency	Minor amputation
Technical success no.=17	15+1* *patient subjected to by-pass	1	1*	1	12 (70%)	8
Technical failure no=3	2	1	—	—	—	1
Total 20	18 (17+1*)	2	1*	1	12	9

sario associare anche SIA della femorale superficiale) i pazienti hanno comunque goduto di un lento miglioramento delle condizioni cliniche, con guarigione delle lesioni trofiche al piede e non è stato necessario ricorrere ad amputazione maggiore.

#### Successo clinico

Nei 17 casi in cui la manovra è stata portata a termine il dolore si è risolto in 9/10 casi trattati (90%) e le lesioni ulcerativo-gangrenose al piede sono guarite completamente in 14/17 casi (82%). Nel gruppo dei casi con successo clinico 2 pazienti, pur con successo tecnico della manovra, persistendo il quadro di ICAI, sono stati amputati sopra la caviglia rispettivamente circa 1 e 3 mesi dopo la SIA; uno di essi è deceduto per IMA a distanza di circa 10 mesi dall'intervento chirurgico. Un paziente di questo gruppo è stato operato di by-pass femoro-tibiale circa 20 giorni dopo la SIA e gode attualmente di buona salute. In 9 pazienti, successivamente alla SIA, sono state effettuate amputazioni minori (metatarso-falangee).

A 9 mesi dalla SIA la percentuale complessiva di salvataggio d'arto è stata dell'85% (17/20 casi). La percentuale di sopravvivenza è stata del 90%.

Dopo la procedura è stato eseguito in tutti i pazienti controllo Doppler a 6 mesi: la pervietà primaria è risultata del 70%.

Nel corso del follow-up 1 paziente ha manifestato segni clinici (ricomparsa di dolore) di restenosi: a distanza di circa 10 mesi dalla prima procedura è stato nuovamente sottoposto a SIA infrapoplitea, con immediata remissione della sintomatologia; attualmente gode di buona salute. Una sintesi dei risultati ottenuti è riportata nella tabella I.

*Successful cases of infrapopliteal SIA (in which superficial artery SIA was associated) showed a slow clinical improvement, with healing of the trophic lesions of the foot and no major amputation.*

#### Clinical success

*In the 17 cases in which the technique was performed, pain resolved in 9/10 cases treated (90%) and ulcerated and gangrenous foot lesions healed completely in 14/17 cases (82%). Among the clinically successful cases, 2 patients underwent above-the-ankle amputation at one and three months after SIA as CLI symptoms were still present; of these, one died from acute myocardial infarction ten months after surgery and the other underwent femoro-tibial by-pass approximately 20 days following SIA and is now in good health condition. Nine patients underwent metatarsal and phalangeal minor amputations following the SIA.*

*At nine months, the overall rate of limb salvage was 85% (17/20 cases). The survival rate was 90%.*

*Follow-up Doppler examination was performed 6 months following the procedure: primary patency was 70%.*

*During the follow-up, one patient showed clinical signs of restenosis (reappearance of pain). After approximately 10 months from the first procedure, he underwent a further infrapopliteal SIA, with immediate remission of symptoms. At present, he is in good health condition. Table I shows a summary of the results obtained.*

#### Complications

*No major complications occurred. Minor complications (table II) were either treated endovascularly [17]*

TABELLA II.—Complicazioni.

Complicanze minori	N. casi
Trombosi acuta post-dilatazione	2
Pseudoaneurisma inguinale	1
Embolizzazione distale	1
Perforazione	1

### Complicanze

Non si sono verificate complicanze maggiori. Le complicanze minori (vedi tabella II) sono state trattate per via endovascolare [17] o si sono risolte spontaneamente. In 2 casi al termine della dilatazione si è verificata trombosi del vaso ricanalizzato o di altri segmenti sottopoplitei, che si è risolta in pochi minuti in corso di esame mediante iniezione i.a. di 100-150.000 U.I. di urokinasi a bolo diluita in 50-100 ml di soluzione fisiologica, seguita da abbondanti lavaggi con soluzione fisiologica eparinata. In 1 dei 2 pazienti in cui si era verificata trombosi acuta si è sviluppato uno pseudoaneurisma in sede di puntura inguinale, che è stato oblitterato per via percutanea 3 giorni dopo la procedura di rivascolarizzazione, mediante iniezione percutanea di trombina sotto guida eco Doppler [18]. In un paziente, in cui era stata trattata con SIA anche una ostruzione della femorale superficiale, al termine della rivascolarizzazione sottopoplitea abbiamo osservato un difetto di riempimento all'ostio del tronco tibioperoneale, da verosimile distacco di frammento di placca o altro materiale embolico dalla femorale superficiale, con parziale effetto ostruttivo e comparsa di dolore; pertanto si è proceduto a re-dilatazione del tronco tibioperoneale con palloncino in corrispondenza del frammento e a iniezione di urokinasi come descritto; al termine abbiamo osservato scomparsa del dolore e riduzione dell'effetto ostruttivo del materiale embolico. Infine in 1 caso la rottura del tratto distale dell'arteria interossea con stravasamento nei tessuti molli si è risolta spontaneamente, analogamente a quanto descritto da altri autori [17, 19].

### Discussione

Vi è discordanza di opinioni, specie fra chirurghi e radiologi vascolari, sui risultati, sulla appropriatezza e sul ruolo della angioplastica infrainguinale nel trattamento del paziente con ICAI.

Nella nostra esperienza la ricanalizzazione sottopoplitea con SIA è risultata fattibile in tutti i pazienti; l'unica controindicazione alla manovra è la mancanza di run-off distale al piede; per l'accesso femorale anterogrado è necessaria la pervietà almeno del tratto iniziale della femorale superficiale. Abbiamo conseguito alta percentuale di successo tecnico della ASI infrapoplitea (85%), anche in presenza di occlusioni lunghe, calcifiche, multiple dello stesso vaso o di più vasi tibio-peronieri (fig. 2), in accordo con altri autori che, sulla base di un'ampia casistica, hanno proposto un uso estensivo della rivascolarizzazione con angioplastica sottopoplitea nel piede diabetico, riportando ottimi risultati [15]. Del resto tutti i contributi scientifici sulla SIA infra-

TABLE II.—Complications.

Minor complications	No. cases
Post-dilatation acute thrombosis	2
Inguinal pseudoaneurysm	1
Distal embolization	1
Perforation	1

or resolved spontaneously. Following dilatation, thrombosis of the recanalised vessel or other subpopliteal segments occurred in two cases. This was resolved within minutes during the examination by means of i.a. bolus injection of 100-150,000 IU urokinase diluted in 50-100 ml of saline, followed by abundant flushing with heparinized saline solution.

One of the two patients with acute thrombosis developed a pseudoaneurysm at the puncture site. The pseudoaneurysm was treated percutaneously three days after the revascularisation procedure by Doppler US-guided percutaneous thrombin injection [18]. One patient, in whom SIA was also used to treat an obstruction of the superficial femoral artery, exhibited a filling defect at the ostium of the tibioperoneal trunk after subpopliteal revascularization; this was probably due to detachment of a plaque fragment or other embolic material from the superficial femoral artery, with partial obstructive effect and appearance of pain.

Therefore, balloon re-dilatation of the tibioperoneal trunk and urokinase injection were performed as described; eventually we observed disappearance of pain and reduction of the obstructive effect of the embolic material. Finally, there was one case of rupture of the distal segment of the interosseous artery with outflow of contrast medium within the soft tissues; this resolved spontaneously, as described by other authors [17, 19].

### Discussion

There is no agreement particularly among surgeons and vascular radiologists on the outcome, efficacy and role of infrainguinal angioplasty in the treatment CLI.

In our experience, subpopliteal recanalization with SIA was feasible in all patients; the only contraindication to this technique is the lack of distal run-off to the foot; patency of at least the initial tract of the superficial femoral artery is necessary for the anterograde femoral access.

We obtained a high rate of technical success of infrapopliteal SIA (85%), even in the presence of multiple, calcified and long occlusions of the same vessel or more tibioperoneal vessels (fig. 2), in agreement with other authors who, on the basis of large series, recommended the extensive use of revascularization with subpopliteal angioplasty in the diabetic foot, obtaining excellent results [15].

poplitea sono concordi nel riportarne alta percentuale di successo tecnico iniziale [6, 7, 11, 20, 21].

Il nostro protocollo prevede l'esecuzione nella medesima seduta dello studio diagnostico e della manovra di rivascularizzazione utilizzando un doppio approccio femorale, qualora non sia disponibile un angiogramma di studio dell'asse aorto-iliaco e dei rami per gli arti inferiori precedentemente eseguito. Lo studio diagnostico, su cui pianificare l'eventuale trattamento percutaneo, può essere preventivamente eseguito in modo non invasivo con RM ad alta intensità di campo e bobine dedicate per lo studio angio-RM degli arti inferiori oppure con TC multislice.

Nell'approccio all'arto da trattare preferiamo la puntura anterograda omolaterale (abbiamo utilizzato l'approccio controlaterale per via retrograda soltanto in 1 caso in cui la puntura omolaterale non era possibile), anche se sottoponiamo il paziente a una doppia puntura. Riteniamo infatti che l'approccio più prossimale possibile alla lesione da trattare consenta un più agevole superamento dell'ostruzione ed avanzamento della guida angiografica e del catetere, specie in caso di lunghi tratti calcificici, stenosi estremamente resistenti o vasi tibio-peronieri ostruiti per quasi tutta la loro lunghezza. La fattibilità dell'intero trattamento diagnostico - interventistico con introduttori di piccolo calibro (4 o 5 F) rende la SIA una procedura poco invasiva, minimizzando nel contempo le complicanze. In particolare l'impiego di guide e cateteri a palloncino con tecnica a scambio rapido tipo monorail consente di effettuare la manovra utilizzando introduttori da 4 F, con minimo traumatismo.

Per quanto riguarda i casi di insuccesso tecnico (15%), in 2/3 casi in cui non è stata possibile la ricanalizzazione completa dell'intero vaso sottopopliteo ostruito, il paziente ha comunque ricevuto beneficio clinico dalla manovra percutanea, seppure incompleta, con successiva guarigione delle lesioni trofiche e salvataggio d'arto. Probabilmente in questi 2 pazienti diabetici con grave ischemia critica, anche se non è stata ottenuta la ricanalizzazione completa che ci si era preposti, la rivascularizzazione del solo tratto craniale del vaso crurale è stata sufficiente ad aumentare anche di poco il flusso ematico, con buoni risultati clinici. Per contro nel gruppo dei 17 casi di successo tecnico 2 pazienti sono andati incontro ad amputazione maggiore circa 20 giorni dopo la SIA ed 1 altro paziente è stato operato di by-pass femoro-tibiale circa 20 giorni dopo la SIA. Evidentemente in questi 3 ultimi casi, pur essendo stato ottenuto il ripristino del flusso fino al piede, l'apporto vascolare garantito dalla rivascularizzazione percutanea non è stato comunque sufficiente a garantire il successo clinico.

Dei 3 casi di insuccesso tecnico, dovuti alla impossibilità di ricanalizzare ostruzioni estremamente resistenti per l'intero tratto, 2 si sono verificati all'inizio della nostra attività, così come 2 dei 3 casi che hanno subito amputazione di arto, ed in seguito sono deceduti; forse una maggiore esperienza dopo adeguata curva di apprendimento avrebbe potuto dare maggiori risultati anche in tali pazienti.

Complessivamente nei 20 pazienti trattati la percentuale di salvataggio d'arto a 9 mesi è stata dell'85% (incluso nel follow-up il paziente operato di by-pass) e la percentuale di sopravvivenza è del 90%.

Nella nostra casistica, peraltro condizionata da follow-up breve, la percentuale di restenosi clinica dopo SIA è risul-

*All scientific contributions on the infrapopliteal SIA report a high percentage of initial technical success [6, 7, 11, 20, 21].*

*Our protocol requires that, when an angiogram of the aortoiliac axis and inferior limbs is not available, the revascularization procedure be performed during the diagnostic session using a twofold femoral approach. The diagnostic examination, on the basis of which percutaneous treatment is planned, may be non-invasive using either high-field intensity MRI and dedicated coils for MR angiography of the lower limbs or multi-slice CT.*

*We prefer the ipsilateral antegrade puncture (we used the contralateral antegrade approach in a single case in which the ipsilateral puncture was not possible). Nonetheless, the patient is subjected to double puncture. We believe that the approach most proximal to the lesion allows the angiographic guide wire and catheter to negotiate the obstruction more easily, particularly in the presence of long calcified segments, highly resilient stenoses or nearly entirely occluded tibioperoneal vessels. The feasibility of the entire interventional diagnostic treatment using small introducers (4- or 5F) makes the SIA a minimally invasive procedure, while reducing complications.*

*In particular, the use of guide wires and rapid exchange balloon catheters (i.e. monorail catheters) allows the technique to be performed using 4F introducers with minimal trauma.*

*As for the technical failures (15%), the 2/3 patients in whom complete recanalization of the entirely occluded subpopliteal vessels was not achievable nonetheless benefited from the procedure – albeit incomplete – with subsequent healing of the trophic lesions and limb salvage. In these two diabetic patients with severe critical ischaemia, revascularization of only the cranial segment of the crural vessel was probably sufficient to slightly increase the blood flow, with positive clinical results. By contrast, in the 17 technically successful cases, two patients had major amputation and one patient underwent femoro-tibial bypass approx. 20 days after SIA. In these last three cases, the vascular flow provided by the percutaneous revascularization was evidently not sufficient to guarantee clinical success, despite the re-establishment of the flow to the foot.*

*Of the three failures due to inability to recanalize extremely resilient obstructions, two occurred at the beginning of our experience; the same applies to the 2/3 patients who underwent amputation and subsequently died. Greater experience after an adequate learning curve might have provided a better outcome even in these patients.*

*Overall, in the 20 patients treated, the limb salvage rate at 9 months was 85% (if the patient subjected to by-pass is included in the follow-up) and the survival rate was 90%.*

*In our series, despite the short follow-up, the percentage of clinical restenosis after SIA was 5% (1/20 patients), slightly inferior to the percentage of resteno-*

tata del 5% (1/20 pazienti), leggermente inferiore alla percentuale di restenosi descritta in letteratura, che si attesta sul 10% circa [6, 22] a 12 mesi.

Alcuni autori riportano a 12 mesi dalla SIA basse percentuali di pervietà rispetto alla tecnica chirurgica [12]. Nella nostra esperienza la percentuale di pervietà primaria osservata al controllo eco color Doppler dopo 6 mesi è risultata del 70%. In ogni caso riteniamo, in accordo con altri autori [15], che la restenosi morfologica, eventualmente dimostrata da eco color Doppler o da altri indicatori, non sia importante, o meglio la restenosi del vaso trattato abbia rilevanza soltanto se comporta ricomparsa della sintomatologia dolorosa o delle lesioni trofiche. Questo dato è stato dimostrato anche per il by-pass: quando si è verificata guarigione delle lesioni trofiche e remissione del dolore spesso non vi è ricomparsa della clinica anche se il by-pass si chiude [23]. Inoltre va sottolineato che i pazienti con ICAI, per le coesistenti patologie a carico del circolo cerebrale e soprattutto coronarico [24, 25], frequentemente associate a disordini endocrinologici quali il diabete, hanno aspettativa di vita bassa (50% circa a 3 anni dal trattamento) [7, 16, 25]: pertanto ogni trattamento per questi pazienti deve essere visto come obiettivo a termine medio-breve.

I vantaggi della SIA infrapoplitea nei confronti della tecnica chirurgica sono molteplici: non vi sono rischi anestesiológicos né ferite chirurgiche (che faticano a rimarginare nei pazienti con scarsa o insufficiente vascolarizzazione); il tempo di degenza è più breve; le complicanze e il rischio di mortalità sono assai minori [26]; i costi sono molto inferiori [27]. Inoltre rispetto al by-pass: la SIA è fattibile in un numero maggiore di pazienti [15] poiché può essere intrapresa anche in pazienti già operati o con by-pass ostruito [28], in pazienti con grave cardiopatia, o in pazienti che non hanno vene utilizzabili per il by-pass [22]; risparmia le vene per un possibile futuro uso in caso di by-pass coronarico, evenienza non infrequente in questi pazienti [15, 29]. Infine, in accordo con altri autori [12, 20], riteniamo che un tentativo non riuscito di ricanalizzazione non precluda un eventuale successivo trattamento chirurgico.

In letteratura le complicanze correlate alla SIA infrapoplitea si attestano attorno al 15% circa [6, 14, 17, 21], con incidenza delle complicanze maggiori del 3-4% circa; nella nostra casistica non si sono verificate complicanze maggiori, mentre le 5 complicanze minori, tutte trattate per via endovascolare, hanno manifestato incidenza del 20% (4/20 pazienti).

## Conclusioni

La SIA del distretto infrapopliteo nel trattamento dei pazienti con ostruzione delle arterie crurali e ischemia critica degli arti inferiori è fattibile in un numero elevato di pazienti. In mani esperte è una tecnica sicura, che garantisce elevate percentuali di successo nel salvataggio d'arto.

I nostri dati vanno verificati su una casistica più ampia e con follow-up a medio-lungo termine, tuttavia i risultati preliminari ottenuti dalla SIA nella rivascolarizzazione percutanea delle ostruzioni dei vasi infrapoplitei, oltre ai numerosi vantaggi sulla tecnica chirurgica, possono giustificarne un ruolo di primo impiego nel trattamento del paziente con ICAI.

*sis described in the literature which is approx. 10% at 12 months [6, 22].*

*Some authors report lower patency rates compared to surgery 12 months following SIA [12]. In our experience, the percentage of primary patency at colour-Doppler US follow-up at 6 months was 70%. Nevertheless, in agreement with other authors [15], we believe that morphologic restenosis, whether or not demonstrated by colour-Doppler US or other techniques, is not fundamental. It might be important only when pain or trophic lesions reappear.*

*The same applies to by-pass: when trophic lesions and pain disappear, there is often no reappearance of clinical symptoms even when the by-pass is closed [23]. Moreover, it must be highlighted that patients with CLI have a low life expectancy (approx. 50% at 3 years), as a result of the cerebral and coronary artery diseases [24, 25] frequently associated to endocrinological disorders [7, 16, 25].*

*Therefore, treatment for these patients must be seen as a medium- to short-term goal.*

*Infrapopliteal SIA offers many advantages over surgery: there are no anaesthesiological risks nor surgical wounds (healing may take be long in patients with poor or insufficient vascularization); hospitalization is short; complications and mortality rate are significantly lower [26]; costs are inferior [27]. As compared to by-pass, SIA is feasible in a higher number of patients [15] as it might also be performed in patients previously subjected to surgery, patients with occluded by-pass [28] or severe cardiopathy or in those ineligible for by-pass [22]; it spares veins for a possible future use in case of coronary by-pass, a not uncommon event in such patients [15, 29]. Finally, in agreement with other authors [12, 20], we believe that failure of recanalization does not necessarily preclude surgery.*

*In the literature, the complication rate correlated with infrapopliteal SIA is approximately 15% [6, 14, 17, 21]; major complications are approximately 3-4%. In our series, no major complications were recorded.*

*Five minor complications, which were resolved by endovascular treatment, accounted for 20% (4/20 patients).*

## Conclusions

*Infrapopliteal SIA in the treatment of patients with occluded crural arteries and critical lower limb ischaemia is feasible in a large number of patients. If correctly performed, it is a safe technique which provides high success rates in limb salvage.*

*Our data require validation on a larger series with middle- and long-term follow-up.*

*Nonetheless, the preliminary results obtained in the percutaneous revascularization of occluded infrapopliteal vessels demonstrate the feasibility of SIA as a first-line treatment in patients with CLI as well as its numerous advantages as opposed to surgery.*

## Bibliografia/References

- 1) Luther M: Treatment of chronic critical leg ischaemia. A cost benefit analysis. *Ann. Chir et Gynaecol* 86 (suppl 213): 1-142, 1997.
- 2) Halloran BG, Lilly MP, Cohn EJ *et al*: Tibial by-pass using complex autologous conduit: patency and limb salvage. *Ann Vasc Surg* 15: 634-643, 2001.
- 3) Bradbury AW, Bell J, Lee AJ *et al*: By-pass or angioplasty for severe limb ischemia? A Delphi consensus study. *Eur J Endovasc Surg* 24: 411-416, 2002.
- 4) Laxdal E, Jenssen GL, Pedersen G *et al*: Subintimal angioplasty as a treatment of femoropopliteal artery occlusions. *Eur J Vasc Surg* 25: 578-582, 2003.
- 5) Parsons RE, Suggs WD, Lee JJ *et al*: Percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of limb-threatening ischemia: do the results justify an attempt before by-pass grafting? *J Vasc Surg* 28: 1066-1071, 1998.
- 6) Boyer L, Therre T, Garcier JM: Infrapopliteal percutaneous transluminal angioplasty for limb salvage. *Acta Radiol* 41: 73-77, 2000.
- 7) Ingle H, Nasim A, Bolia A *et al*: Subintimal angioplasty of isolated infragenicular vessels in lower limb ischemia: long-term results. *J Endovasc Ther* 9: 411-416, 2002.
- 8) Schillinger M, Exner M, Mlekusch W *et al*: Endovascular revascularization below the knee: 6-month results and predictive value of C-reactive protein level. *Radiology* 227: 419-425, 2003.
- 9) Reekers JA, Bolia A: Percutaneous intentional extraluminal (subintimal) recanalization: how to do it yourself. *Eur J Radiol* 28:192-198, 1998.
- 10) Bolia A, Miles KA, Brennan J *et al*: Percutaneous transluminal angioplasty of occlusions of the femoral and popliteal arteries by dissection. *Cardiovasc Int Radiol* 13: 357-363, 1990.
- 11) Lipsitz EC, Ohki T, Veith FJ *et al*: Does subintimal angioplasty have a role in the treatment of severe lower extremity ischemia? *J Vasc Surg* 37: 386-391, 2003.
- 12) Tisi PV, Mirnezami A, Baker S *et al*: Role of subintimal angioplasty in the treatment of chronic lower limb ischemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 24: 417-422, 2002.
- 13) Yilmaz S, Sindel T, Yegin A *et al*: Subintimal angioplasty of long superficial femoral artery occlusions. *J Vasc Interv Radiol* 14: 997-1010, 2003.
- 14) McCarthy RJ, Neary W, Roobottom C *et al*: Short-term results of femoropopliteal subintimal angioplasty. *Br J Surg* 88: 887-888, 2001.
- 15) Faglia E, Mantero M, Caminiti M *et al*: Extensive use of peripheral angioplasty, particularly infrapopliteal, in the treatment of ischaemic diabetic foot ulcers: clinical results of a multicentric study of 221 consecutive diabetic subjects. *J Intern Med* 252: 225-232, 2002.
- 16) Dorros G, Jaff MR, Dorros AM *et al*: Tibioperoneal (outflow lesion) Angioplasty can be used as primary treatment in 235 patients with critical limb ischemia. *Circulation* 104: 2057, 2001.
- 17) Papavassiliou VG, Walker Sr, Bolia A *et al*: Techniques for the endovascular management of complications following lower limb percutaneous transluminal angioplasty. *Eur J Endovasc Surg* 25: 125-130, 2003.
- 18) Vermeulen EGJ, Umans U, Rijbroek A *et al*: Percutaneous duplex-guided thrombin injection for treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 20, 302-304, 2000.
- 19) Hayes PD, Chokkalingam A, Jones R *et al*: Arterial perforation during infringuinal lower limb angioplasty does not worsen outcome: results from 1049 patients. *J Endovasc Ther* 9: 422-427, 2002.
- 20) Vraux H, Hammer F, Verhelst R *et al*: Subintimal angioplasty of tibial vessel occlusions in the treatment of critical limb ischaemia: mid-term results. *Eur J Vasc Surg* 20: 441-446, 2000.
- 21) Nydahl S, Hartshorne T, Bell PR *et al*: Subintimal angioplasty of infrapopliteal occlusions in critically ischaemic limbs. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 14: 212-216, 1997.
- 22) Treiman GS, Whiting JH, Treiman RL *et al*: Treatment of limb-threatening ischemia with percutaneous intentional recanalization: a preliminary evaluation. *J Vasc Surg* 38: 29-35, 2003.
- 23) Isner JM, Rosenfield K: Redefining the treatment of peripheral artery disease. Role of percutaneous revascularization. *Circulation* 88: 1534-1557, 1994.
- 24) Bertelè V, Roncaglioni MC, Pangrazzi M *et al*: Clinical outcome and its predictors in 1560 patients with critical leg ischaemia. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 18: 401-410, 1999.
- 25) Holdsworth RJ, McCollum PT: Results and resource implications of treating end-stage limb ischaemia. *Eur J Endovasc Surg* 13: 164-173, 1997.
- 26) Inglese L, Graziani L, Tarricone R: Il trattamento percutaneo delle arteriopatie ostruttive periferiche: il perché di una scelta. *Ital Heart J* 1: 1138-1147, 2000.
- 27) Singh S, Evans L, Datta D *et al*: The costs of managing lower limb-threatening ischaemia. *Eur J Endovasc Surg* 12: 359-362, 1996.
- 28) Walker SR, Papavassiliou VG, Bolia A *et al*: Subintimal angioplasty of native vessels in the management of occluded vascular grafts. *Eur J Endovasc Surg* 22: 41-43, 2001.
- 29) Bakal CW, Sprayregen S, Scheinbaum K *et al*: Percutaneous popliteal angioplasty of the infrapopliteal arteries: results in 53 patients. *AJR* 154: 171-174, 1990.

Dott. S. Tartari  
 Servizio di Radiologia  
 Ospedale di Rovigo  
 Via 3 Martiri  
 45100 Rovigo RO  
 Tel. 0425/393304  
 Fax 0425/39019  
 E-mail: s.tartari@libero.it