

10. Traumi vascolari periferici e ischemie acute degli arti

M. TAURINO¹ (Coordinatore), G. BERTOLETTI², S. BONARDELLI³, A. GAGGIANO⁴
F. MASCOLI⁵, E. CERVI³, R. FICARELLI¹, F. FILIPPI¹, A. LAURITO⁴, M. MISURACA², T. ROCCA⁵

Indice

- 10.1 Ischemie acute degli arti
- 10.2 Rotture traumatiche dell'aorta toracica
- 10.3 Lesioni traumatiche dei vasi addominali
- 10.4 Traumi vascolari degli arti

10.1 Ischemie acute degli arti

10.1.1 *Introduzione*

Per sindrome ischemica acuta di un arto (SIA) si intende quella condizione patologica che si verifica quando in un determinato territorio di un arto superiore o inferiore si realizza un improvviso arresto dell'apporto ematico e quindi di O₂ o una riduzione così importante da non consentire la vita e la funzione dei tessuti compresi in quel territorio¹⁻⁷.

La SIA presenta una mortalità elevata che si attesta al 25% e porta ad amputazioni maggiori in percentuali che variano dal 20% al 40%⁸⁻¹².

L'embolia è spesso la prima causa di occlusione del lume vasale arterioso e l'embolo interessa o il vaso dove il calibro si riduce o le sedi di biforcazione.

Il ridotto apporto ematico ai tessuti, conseguente ad un'occlusione arteriosa acuta, determina quindi una improvvisa riduzione dell'O₂ ed un conseguente accumulo di CO₂ e di metaboliti acidi che favoriscono l'attivazione di una glicolisi anaerobia con accumulo di acido lattico e liberazione di sostanze vasodilatatrici ad azione istamino-simile¹³.

Da questo quadro metabolico ne deriva quindi una

¹Chirurgia Vascolare, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", Azienda Ospedaliera S. Andrea, Roma
²UOC Chirurgia Vascolare, Ospedale S. Maria Goretti, Latina
³Chirurgia Vascolare, Università degli studi di Brescia, Azienda Ospedaliera Spedali Civili, Brescia
⁴SOC Chirurgia Vascolare, Ospedale Cardinal Massaia, Asti
⁵UOC Chirurgia Vascolare, Arcispedale S. Anna, Ferrara

vasodilatazione arteriolare con aumento della permeabilità capillare e con edema interstiziale.

Le principali forme eziologiche della SIA sono descritte nella Tabella I^{14, 15}.

TABELLA I. — *Principali forme eziologiche della SIA.*

-
- Embolia arteriosa
 - Trombosi arteriosa
 - Trauma
 - Forma iatrogena
-

10.1.2 *Embolia arteriosa*

È la condizione morbosa caratterizzata dalla presenza, nella corrente ematica arteriosa, di materiali estranei di variabile dimensione e differente natura (solida, liquida, gassosa e grassosa) che occludono un vaso distalmente alla sede della loro origine, de-

terminando un ostacolo alla vascolarizzazione dei tessuti a valle della sede dell'ostruzione^{16, 17}.

L'embolia può essere di origine:

- cardiaca:
 - Fibrillazione atriale
 - Malattia reumatica
 - Infarto del miocardio
 - Endocardite batterica (embolo settico)
- arteriosa:
 - da aneurisma aortico o periferico
 - da placche ed ulcere ateromasiche che può determinare le forme distali dette “Blue Toe Syndrome”
 - da lesioni della parete arteriosa

Sedi più frequenti dell'Embolia arteriosa degli arti inferiori:

- femorale comune 37%
- iliaca comune 16%
- poplitea 14,5%
- femorale superficiale 10,5%
- arterie di gamba 10%
- iliaca esterna 8%
- biforcazione aortica 4%

10.1.3 Trombosi arteriosa

Per trombosi arteriosa si intende un processo di coagulazione intra-arteriosa che si instaura acutamente ed in questo caso il materiale occludente si forma sul posto.

Eziologia della trombosi arteriosa:

- cause infiammatorie (tromboangioite obliterante, arteriti)
- cause degenerative (aterosclerosi, diabete)
- cause traumatiche (traumi esterni)
- cause ematologiche (policitemia, trombofilia, crioglobulinemia)
- miscellanea (trattamenti chirurgici, insufficienza cardiaca, neoplasie).

Alla base della trombosi acuta c'è la Triade di Virchow (1856)

- modificazione della parete vascolare
- modificazioni locali del flusso ematico
- modificazioni della composizione del sangue.

10.1.4 Quadro clinico

Il quadro clinico delle occlusioni arteriose acute da embolie e da trombosi è caratterizzato dalla comparsa di dolore improvviso, acuto e lancinante di tipo

costrittivo definito spesso dal paziente come “pugnata”, con ipotermia ed impossibilità a muovere l'arto colpito (impotenza funzionale).

Il quadro clinico è caratterizzato dalle 5 P di Pratt (degli Anglosassoni):

- Pain (dolore)
- Pallor (pallore)
- Pulselessness (scomparsa o riduzione dei polsi)
- Paresthasias (parestesie)
- Paralysis (paralisi).

Molti clinici includono una 6° P: Poikilothermia (prostrazione).

Se l'occlusione viene corretta tempestivamente il quadro è reversibile con recupero della vascolarizzazione e “restitutio ad integrum”; se l'ischemia si protrae compare trombosi secondaria con irreversibilità del danno cellulare, necrosi cellulare e tessutale e fase di irreversibilità.

Il quadro di reversibilità è possibile quando l'ischemia si protrae per massimo 6-8 ore, mentre diventa irreversibile di solito dopo 12 ore^{18, 19}.

L'aggravamento del quadro clinico è condizionato da fattori di compenso come la sede dell'ostruzione, la presenza di circoli collaterali sufficienti, lo stato dei vasi prima che si instauri il quadro acuto, lo spasmo arterioso e la comparsa di necrosi muscolare che determina trombosi venulare ed arteriolare.

Si distinguono vari gradi di ischemia di un arto:

- GRADO I: stato di ischemia subacuta con manifestazioni cliniche modeste e sfumate;
- GRADO II: stato di ischemia incompleta con segni neurologici presenti ma incompleti;
- GRADO III stato di ischemia acuta completa con sofferenza tessutale e segni neurologici di anestesia e paralisi;

Clinicamente all'ispezione va valutato il colorito: ischemia pallida; ischemia cianotica; ed alla palpazione vanno ricercati il gradiente termico, per valutare il livello di ostruzione, e vanno ricercati i polsi arteriosi.

La diagnosi di ischemia acuta è sempre clinica e questa va completata con la diagnostica non invasiva e/o invasiva a seconda del quadro clinico stesso.

Nella maggioranza dei casi è sufficiente un completamento con eco-color-Doppler per valutare la morfologia dell'occlusione (tromboembolica e/o trombosi su placca), il livello di ostruzione e lo stato dei vasi.

In alcuni casi è necessario integrare la clinica e la diagnostica non invasiva con indagini di II livello come Angio-TC e/o Angio-RM, soprattutto nei casi di sospetto di occlusione alta (come nei casi di occlusione aortica) o nel sospetto di ischemia da dissezione acuta.

Attualmente l'angiografia non è più considerata esame diagnostico fondamentale.

10.1.5 Diagnosi differenziale tra trombosi ed embolia

Trombosi	Embolia
Anamnesi	
claudicatio intermittens	fibrillazione atriale
ipotensione grave	valvulopatia mitralica
precedente ch. arteriosa	infarto miocardico
poliglobulia	aneurismi
tossicosi	embolie in altre sedi
precedenti embolie	interruzione TAO
Esame obiettivo	
presenza di aneurismi	fibrillazione atriale
assenza di polsi in altri distretti	reperto di patologia mitralica
	presenza di aneurismi
	presenza di polsi in altri distretti
ECD ²⁰	
lesioni arteriose	integrità delle arterie
Arteriografia	
stop netto	stop netto
danno parietale/ calcificazioni	arterie integre
circoli collaterali	

La terapia può essere conservativa o chirurgica.

La terapia conservativa è indicata quando un trattamento chirurgico è impossibile o fallisce e viene quindi considerata terapia di sostegno.

Può essere:

- farmacologica: anticoagulante, fibrinolitica, emoreologica, con infusione di PGE1 e PGE2;
- da blocco peridurale;
- da neurostimolazione midollare (SCS).

La terapia chirurgica prevede:

- l'embolectomia o la trombectomia a cielo aperto o coperto mediante catetere di Fogarty;
- il by-pass la TEA (TromboEndoArteriectomia)

- la fibrinolisi
- la tromboaspirazione percutanea.

10.1.6 Forma traumatica

Si rinvia al capitolo dei Traumi.

10.1.7 Forma iatrogena

Le ischemia iatrogene sono notevolmente aumentate negli ultimi anni in relazione all'aumentato e diffuso utilizzo di cateterismi e trattamenti endovascolari^{21, 22}.

L'occlusione del vaso può avvenire o in sede prossima all'area del cateterismo o in sede distale con meccanismo tromboembolico per migrazione di corpi estranei cardiaci o intraarteriosi (stent).

10.1.8 Diagnosi

In Letteratura si ritengono più appropriati i seguenti metodi diagnostici:

- Esame clinico^{26, 58}
- Indice caviglia/braccio
- ECD²³⁻²⁵
- Angiografia

e in alcuni casi, ritenuti complementari, anche

- Angio-TC
- Angio-RM.

Mentre si ritengono inappropriati:

- Pletismografia
- Capillaroscopia
- Oscillo o Pletismografia
- Laser Doppler
- prova da sforzo
- Ossimetria Trans-cutanea
- Valutazione pressione digitale.

Raccomandazione 10.1.1

L'esame clinico è da ritenersi generalmente sufficiente per la diagnosi di ischemia acuta degli arti. Gli esami strumentali sono indicati per confermare la diagnosi, diagnosticare la sede dell'occlusione vascolare e orientare nella ricerca di patologie responsabili o correlate.

Classe IIa, Livello di evidenza B

10.1.9 Trattamento²⁷

10.1.9.1 TERAPIA MEDICA

La terapia anticoagulante da sola o come pre-intervento a dosaggio terapeutico di eparina e.v. riduce l'incidenza di mortalità e di amputazione⁵⁸.

Si devono ricercare controindicazioni alla terapia eparinica che non deve essere eseguita se si prospetta anestesia epidurale o peridurale^{16, 17}. È necessario sospendere la terapia eparinica in caso di piastrinopenia (PLT<70.000) come nel sospetto di sindrome del trombo bianco eparino-indotta (HIT)^{28-31, 58}.

Non vi è evidenza che farmaci vasoattivi diano benefici nell'ischemia acuta.

Raccomandazione 10.1.2

Appena viene posta diagnosi di ischemia acuta dell'arto, in attesa di eventuale intervento chirurgico, è indicato somministrare e.v. Eparina sodica a dosaggio terapeutico, purchè non sussistano condizioni che lo controindicano, come ad esempio piastrinopenia oppure trauma con rischio emorragico.

Classe IIb Livello di evidenza C

10.1.9.2 TERAPIA CHIRURGICA – TRATTAMENTO ENDOVASCOLARE

Dal 1996 il trattamento trombolitico sistemico è stato definitivamente abbandonato come indicato dal Working Party on Thrombolysis in the Management of Limb Ischaemia, ed un'eccezione riguarda i soggetti in cui è assente accesso vascolare arterioso¹⁵.

Il trattamento trombolitico deve essere loco-regionale.

Se la guida può crossare l'ostruzione trombotica si procede a infusione di trombolitico; anche un tentativo breve è utile se serve a migliorare il run-off, ricanalizzando collaterali trombizati.

Modalità di infusione del trombolitico:

- Infusione continua in pompa siringa o pompa peristaltica;
- Stepwise infusion a dosi differenziate;
- Graded infusion;
- Forced-periodic infusion (pulsed spray): brevi e multipli iniezioni a pressione tramite fori laterali del catetere.

Complicanze:

- trombosi pericateretere (in caso di accesso anterogrado)
- emorragie (maggiori 5%; minori 5-14%)
- stroke (1-3%)
- tromboembolismo periferico
- sindrome da rivascolarizzazione e sindrome compartimentale

— perforazione del vaso, pseudoaneurisma in sede di iniezione

— FAV

— infezioni

Fattori predittivi sfavorevoli:

— storia di stroke e/o insufficienza cardiaca

— diabete mellito

— età

— assenza del segnale Doppler alla caviglia

— deficit neurosensoriali

— occlusione molto estesa a partenza embolica

— trombo non attraversabile alla guida.

I vantaggi della trombolisi sulla chirurgia sono:

- minore invasività
- possibile ricanalizzazione dei collaterali
- selettività della terapia nella sede della lesione.

La trombolisi può risolvere i trombi residui dopo embolectomia con catetere di Fogarty, oppure trattare la trombosi di un by-pass arterioso a distanza dall'evento, risultando efficace anche dopo parecchi giorni.

Riguardo alla tecnica di trombolisi più efficace, si è dimostrata la superiorità della fibrinolisi locoregionale con infusione di farmaco all'interno del trombo, rispetto alla sistemica.

10.1.9.3 CONTROINDICAZIONI

Assolute	Relative
Diatesi emorragiche	Rianimazione cardio-respiratoria (10 gg)
Recente emorragia gastro-intestianle (10 gg)	Ipertensione incontrollabile
Recente intervento NCH (3 mesi)	Recente intervento chirurgico maggiore (10 gg)
Trauma cranico (3 mesi)	Recente trauma importante (10 gg)
	Recente chirurgia oculistica
	Tumore intracranico
	Puntura di un vaso incompressibile

Raccomandazione 10.1.3

La fibrinolisi locoregionale è indicata nell'ischemia acuta degli arti in quanto offre, in pazienti selezionati, ottimi risultati. La tromboaspirazione, la trombectomia meccanica, la PTA e/o stenting sono indicate come completamento della fibrinolisi o embolectomia chirurgica.

La tromboaspirazione può essere eseguita da sola o in associazione alla trombolisi.

La tromboaspirazione percutanea e la trombectomia meccanica percutanea sono indicate come tecniche alternative non chirurgica per il trattamento dell'ischemia acuta degli arti.

Classe IIa, Livello di evidenza B

10.1.9.4. TERAPIA CHIRURGICA TRADIZIONALE

L'abituale terapia chirurgica dell'ischemia acuta di un arto comporta l'utilizzo del catetere a palloncino di Fogarty che offre risultati migliori nella patologia embolica e nella localizzazione prossimale del trombo^{15, 26, 36, 45-49, 58}.

Il controllo del risultato dell'intervento, nei casi di dubbia riuscita dello stesso, si ottiene mediante angiografia.

In caso di occlusione distale si può associare fibrinolisi intraoperatoria mediante infusione di alte dosi di farmaco in breve tempo.

In caso di intervento chirurgico, l'angiografia intraoperatoria deve essere eseguita quando non vi sia la certezza di un completo ripristino della pervietà del vaso interessato e va ripetuta sino alla dimostrazione della scomparsa dei trombi⁵⁰⁻⁵³.

Raccomandazione 10.1.4

La trombectomia o embolectomia chirurgica a cielo aperto o a cielo coperto mediante catetere di Fogarty è indicata in caso di ischemia acuta dell'arto. È indicato il controllo di risultato mediante angiografia, quando ritenuto opportuno e soprattutto nei casi dubbi. È indicato ripeterla sino alla dimostrazione della rimozione totale del trombo o embolo. In caso di occlusione distale residua è indicato associare la fibrinolisi intraoperatoria mediante infusione di alte dosi di farmaco in breve tempo.

Classe IIa, Livello di evidenza B

La scelta del tipo di trattamento chirurgico/endo-vascolare o ibrido^{9, 54-56} si deve basare su

- localizzazione e tipo di lesione
- durata dell'ischemia
- tipo di coagulo
- rischi correlati al paziente
- rischi correlati alla chirurgia
- controindicazioni alla trombolisi.

Raccomandazione 10.1.5

In caso di ischemia acuta dell'arto la scelta tra trombectomia o embolectomia chirurgica e trombolisi con o senza trombo aspirazione percutanea, trombectomia meccanica percutanea, PTA/stenting si deve basare su localizzazione e tipologia di occlusione, durata di ischemia, rischi procedurali.

Classe IIb, Livello di evidenza C

Nell'ischemia acuta severa e prolungata, qualunque sia stata la tecnica di rimozione degli emboli, deve essere eseguita una fasciotomia in caso di comparsa di sindrome compartimentale da rivascolarizzazione, con peggioramento dell'ischemia senza evidenza di reocclusione⁵⁷.

Le incisioni cutanee devono essere lunghe e l'apertura della fascia deve interessare tutti i compartimenti, compreso il posteriore.

La fasciotomia deve essere eseguita tempestivamente in caso di comparsa di segni clinici di sindrome compartimentale da rivascolarizzazione.

Raccomandazione 10.1.6.

In caso di ischemia acuta dell'arto severa e prolungata, qualunque sia stata la tecnica di rivascolarizzazione, può essere indicato eseguire tempestivamente una fasciotomia in caso di comparsa di sindrome compartimentale da rivascolarizzazione. L'amputazione primaria o secondaria a insuccesso dopo intervento di rivascolarizzazione è indicata in caso di gangrena o ischemia grave avanzata ormai irreversibile.

Classe IIa, Livello di evidenza B

Raccomandazione 10.1.7.

L'amputazione primaria è indicata in caso di ischemia acuta prolungata irreversibile o nel caso in cui la rivascolarizzazione ponga in serio pericolo la vita del paziente.

Bibliografia

1. Thrombolysis in the management of lower limb peripheral arterial occlusion--a consensus document. Working Party on Thrombolysis in the Management of Limb Ischemia. [No authors listed] *Am J Cardiol* 1998;81:207-18. Review
2. Patel N, Sacks D, Patel RI, Moresco KP, Ouriel K, Gray R *et al.* Society of Interventional Radiology Technology Assessment Committee. SIR reporting standards for the treatment of acute limb ischemia with use of transluminal removal of arterial thrombus. *J Vasc Interv Radiol* 2003;14(9 Pt 2):S453-65.
3. Dormandy JA, Rutherford RB. Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg* 2000;31(1 Pt 2):S1-S296. Review.
4. Rajan DK, Patel NH, Valji K, Cardella JF, Brown DB, Brountzos EN *et al.* Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute limb ischemia. CIRSE and SIR Standards of Practice Committees. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20(7 Suppl):S208-18.
5. Earnshaw JJ. Demography and etiology of acute leg ischemia. *Semin Vasc Surg* 2001;14:86-92. Review.
6. Schumann R, Rieger J, Ludwig M. Acute peripheral arterial occlusive disease. *Med Klin (Munich)* 2007;102:457-71.
7. Walker TG. Acute limb ischemia. *Tech Vasc Interv Radiol* 2009;12:117-29.
8. Tosato F, Pilon F, Danieli D, Campanile F, Zaramella M, Milite D. Surgery for acute lower limb ischemia in the elderly population: results of a comparative study.
9. Diehm N, Schillinger M, Minar E, Gretener S, Baumgartner I. TASC II section E3 on the treatment of acute limb ischemia: commentary from European interventionalists. *J Endovasc Ther* 2008;15:126-8.
10. Lusby RJ, Wylie EJ. Acute lower limb ischemia: pathogenesis and management. *World J Surg* 1983;7:340-86.
11. Callum K, Bradbur A. Acute limb ischaemia. *BMJ* 2000;320:764-7.
12. Kasirajan K, Ouriel K. Current options in the diagnosis and management of acute limb ischemia disclosures. *Prog Cardiovasc Nurs* 2002;17.
13. ACC/AHA Guidelines for the Management of patients with peripheral arterial disease (Lower extremity, renal, mesenteric and abdominal aortic): executive summary a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery/Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2006;47.
14. Antusevas A, Aleksynas N. The surgical treatment of acute ischemia of the lower limb. *Medicina (Kaunas)* 2003;39:646-53.
15. Costantini V, Lenti M. Treatment of acute occlusion of peripheral arteries. *Thromb Res* 2002;106:V285-94. Review
16. Blaisdell FW, Steel M *et al.* Management of acute lower extremity ischemia due to embolism and thrombosis. *Surgery* 1978;84:822-34.
17. Jivegard L, Holm J *et al.* The outcome of arterial embolism misdiagnosed as arterial embolism. *Acta Chir Scand* 1986;152:251-6.
18. Manojlović V, Popović V, Nikolić D, Milosević D, Pasternak J, Kačanski M. Analysis of associated diseases in patients with acute critical lower limb ischemia. *Med Pregl* 2013;66:41-5.
19. Mutirangura P, Ruangsetakit C, Wongwanit C, Sermsathanasawadi N, Chinsakchai K. Acute arterial embolism of the lower extremities: impact of 24-hour duration on the outcome of management. *J Med Assoc Thai* 2008;91:1360-7.
20. El-Gengehe AT, Ammar WA, Baligh Ewiss E, Ghareeb Mahdy S, Osama D. Acute limb ischemia: role of preoperative and postoperative duplex in differentiating acute embolic from thrombotic ischemia. *Cardiovasc Revasc Med* 2013;14:197-202.
21. Siani A, Accrocca F, Gabrielli R, Antonelli R, Giordano AG, Ambrogi C *et al.* Management of acute lower limb ischemia associated with the Angio-Seal arterial puncture closing device *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011;12:400-3.
22. Wille JI, Vos JA, Overtoom TT, Suttorp MJ, van de Pavoordt ED, de Vries JP. Acute leg ischemia: the dark side of a percutaneous femoral artery closure device. *Ann Vasc Surg* 2006;20:278-81.
23. Koelemay MJ, Denhartog D *et al.* Diagnosis of arterial disease of the lower extremities with duplex ultrasonography. *Br J Surg* 1996;83:404-9.
24. De Vries SO, Hunink MG, Polak JF. Summary receiver operating characteristic curves as a technique for meta-analysis of the diagnostic performance of duplex ultrasonography in peripheral arterial disease. *Acad Radiol* 1996;3:361-9.
25. Elsmann BH. Impact of ultrasonographic duplex scanning on therapeutic decision making in lower limb arterial disease. *Br J Surg* 1995;82:630-3.
26. Kopp R, Weidenhagen R, Hornung H, Jauch KW, Lauterjung L. Acute limb ischemia from the general surgeon's point of view. How much knowledge of vascular surgery is necessary? *Chirurg* 2003;74:1090-102.
27. Rutherford RB. Clinical staging of acute limb ischemia as the basis for choice of revascularization method: when and how to intervene. *Semin Vasc Surg* 2009;22:5-9.
28. Tanner JR, Dows AR. White clot syndrome: a rare complication of heparin therapy. *Can J Surg* 1986;29:122-8.
29. Rankin J. Heparin induced thrombosis (white clot syndrome) secondary to prophylactic subcutaneous administration of heparin. *Can J Surg* 1988;31:33-8.
30. Aburahama AF, Boiaud JP *et al.* Diagnostic and therapeutic strategies of white clot syndrome. *Am J Surg* 1991;62:175-9.
31. Greinacher A, Volpel H *et al.* Recombinant Hirudin (Lepirudin) provides safe and effective anticoagulation in patients with heparin induced thrombocytopenia. A prospective study. *Circulation* 1999;99:73-80.
32. The STILE trial. Results of a prospective randomized trial evaluating surgery versus thrombolysis for ischemia of lower extremities. *Ann Surg* 1994;220:251-68.
33. Ouriel K, Veith F *et al.* Thrombolysis or peripheral arterial surgery (TOPAS): phase I results. The TOPAS investigators. *J Vasc Surg* 1996;23:64-75.
34. Working Party on Thrombolysis in the management of limb ischemia. Thrombolysis in the management of lower limb peripheral arterial occlusion: a consensus document. *Am J Cardiol* 1998;81:207-18.
35. McNamara TO, Bomberger RA. Factors affecting initial and six-month patency rates after intra-arterial thrombolysis with high dose urokinase. *Am J Surg* 1986;152:709-12.
36. de Donato G, Setacci F, Sirignano P, Galzerano G, Raucchi A, Palasciano G, Setacci C. Hybrid procedures for acute limb ischemia. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2010;51:845-53. Review
37. Percutaneous aspiration thromboembolectomy. Starck EE, McDermott JC *et al.* *Radiology* 1985;156:61-6.
38. Wagner HJ, Starck EE. Acute embolic occlusion of the infrainguinal arteries: percutaneous aspiration embolectomy in 102 patients. *Radiology* 1992;182:403-7.
39. Sharafuddin MJ, Hicks ME. Current status of percutaneous mechanical thrombectomy. Part I general principles. *JVIR* 1997;8:911-21.
40. Wagner HJ, Mueller-Huelsbeck S *et al.* Rapid thrombectomy with a hydrodynamic catheter: results from a prospective, multicenter trial. *Radiology* 1997;205:675-81.
41. Vorwerk D. Mechanical thrombectomy is an alternative way to go: the European experience commentary on: quality improvement guidelines for percutaneous management of acute limb ischemia. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006;29:7-10.
42. Alonso-Coello P, Bellmunt S, McGorrian C, Anand SS, Guzman R, Cricqui MH *et al.* Antithrombotic therapy in peripheral artery disease: Antithrombotic Therapy and Prevention of Thrombosis. 9th edition. American College of Chest Physicians Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. American College of Chest Physicians. *Chest* 2012;141(2 Suppl):e669S-90S.

43. Karnabatidis D, Spiliopoulos S, Tsetis D, Siablis D. Quality improvement guidelines for percutaneous catheter-directed intra-arterial thrombolysis and mechanical thrombectomy for acute lower-limb ischemia. *CardioVascular and Interventional Radiology* 2011;34:1123-36.
44. Rajan DK, Patel NH, Valji K, Cardella JF, Brown DB, Bruntzos EN *et al.* Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute limb ischemia. CIRSE and SIR Standards of Practice Committees. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20(7 Suppl).
45. Kempe K, Starr B, Stafford JM, Islam A, Mooney A, Lagergren E *et al.* Results of surgical management of acute thromboembolic lower extremity ischemia. *Vasc Surg* 2014;S0741-5214: 00688-0.
46. Hernandez-Richter T, Angele MK, Helmlinger T, Jauch KW, Lauterjung L, Schildberg FW. Acute ischemia of the upper extremity: long-term results following thrombectomy with the Fogarty catheter. *Langenbecks Arch Surg* 2001;386:261-6.
47. Borioni R, Garofalo M, Albano P, Colagrande L, Seddio F, Buratta MM *et al.* Thromboembolism with a Fogarty catheter. Our clinical experience. *Minerva Cardioangiologica* 2000;48:111-6.
48. Ender Topal A, Nesimi Eren M, Celik Y. Management of non-traumatic acute limb ischemia and predictors of outcome in 270 thromboembolism cases. *Int Angiol* 2011;30:172-80.
49. Park SJ, Hwang JC, Cho HR, Park HJ, Kim SJ, Park BW. Role of surgical treatment for peripheral arterial disease in endovascular era. *J Korean Surg Soc* 2013;84:353-9.
50. Bosma HW. Intra-operative arteriography in arterial embolectomy. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1990;4:469-72.
51. Chester JF, Buckenham TD *et al.* Peri-operative t-PA thrombolysis. *Lancet* 1991;337:861-2.
52. Comerota AJ, White Jv *et al.* Intraoperative intra-arterial thrombolytic therapy for salvage of limbs in patients with distal arterial thrombosis. *Surg Gynecol Obstet* 1989;169:283-9.
53. Ouriel K, Shortell CK *et al.* A comparison of thrombolytic therapy with operative vascularization in the initial treatment of acute peripheral arterial ischemia. *J Vasc Surg* 1994;19:1021-30.
54. Zaraca F, Ponzoni A, Sbraga P, Stringari C, Ebner JA, Ebner H. Does routine completion angiogram during embolectomy for acute upper-limb ischemia improve outcomes? *Ann Vasc Surg* 2012;26:1064-70.
55. Setacci C, De Donato G, Setacci F, Sirignano P, Galzerano G. Hybrid procedures for acute limb ischemia. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2012;53(1 Suppl 1):133-43. Review
56. de Donato G, Setacci F, Sirignano P, Galzerano G, Massaroni R, Setacci C. The combination of surgical embolectomy and endovascular techniques may improve outcomes of patients with acute lower limb ischemia. *J Vasc Surg* 2014;59:729-36.
57. Arató E, Kürthy M, Sinay L, Kasza G, Menyhei G, Masoud S *et al.* Pathology and diagnostic options of lower limb compartment syndrome. *Clin Hemorheol Microcirc* 2009;41:1-8.
58. Linee Guida SICVE.

10.2 Rotture traumatiche dell'aorta toracica

10.2.1 Introduzione

I traumi chiusi dell'aorta toracica sono associati ad un alto tasso di mortalità, e rappresentano la seconda causa più comune di morte nei pazienti politraumatizzati, dietro soltanto all'emorragia intracranica^{1, 2}. È stato stimato che meno del 25% dei pazienti che presentano una rottura traumatica dell'aorta toracica (RTA) raggiungono vivi l'ospedale³ e di questi, circa il 50% muore entro 24 ore⁴. I meccanismi più comunemente implicati sono l'accelerazione e la decelerazione

che si verificano nei casi di precipitazione e negli incidenti stradali.

L'intervento chirurgico open delle RTA è associato ad una percentuale di mortalità pari al 28% e di paraplegia pari al 16%⁴⁻⁶, mentre il rischio di rottura secondaria delle lesioni non trattate risulta pari al 2-5%⁷.

10.2.2 Trattamento

Il trattamento di queste lesioni ha subito un'importante evoluzione nel corso degli anni, grazie allo sviluppo delle tecniche di imaging radiologico, che rendono la diagnosi più precisa e precoce, e delle procedure endovascolari, divenute l'opzione di scelta e ormai validate in Letteratura.

Il trattamento endovascolare (TEVAR) prevede il posizionamento di un'endoprotesi ad esclusione della lesione evitando la toracotomia, il clampaggio aortico e il bypass cardiopolmonare; inoltre, anche se ancora presente, permette di ridurre moltissimo il rischio di ictus e ischemia midollare.

Purtroppo, nonostante la natura focale di queste lesioni sia favorevole al trattamento endovascolare, rimangono una serie di problematiche irrisolte: 1) l'anatomia dell'arco; 2) la frequente necessità di coprire l'arteria succlavia sinistra (LSA); 3) le possibili future modificazioni patologiche dell'aorta che sopraggiungono con l'età, vista la giovane età delle vittime; 4) la strategia migliore di follow-up, dati i rischi legati all'esposizione cumulativa delle radiazioni; 5) il timing del trattamento stesso, e 6) la necessità dell'anticoagulazione intraoperatoria nel contesto di un politrauma.

Attualmente non sono ancora disponibili studi prospettici randomizzati che mettano a confronto la chirurgia open vs. endovascolare nel trattamento delle RTA, né una sperimentazione clinica può essere condotta in maniera tempestiva ed efficace. Sulla base di un'ampia revisione della Letteratura si è messo in evidenza che il tasso di mortalità è significativamente più basso nei pazienti sottoposti a TEVAR rispetto a quelli trattati mediante chirurgia open e terapia medica (9%, 19% e 46%, rispettivamente, P<0,01)⁹. Inoltre il tasso di sopravvivenza risulta migliore, parallelamente ad una diminuzione del rischio di ischemia midollare (IM), insufficienza renale (IRC) e infezione rispetto agli altri due tipi di trattamento.

La revisione della Letteratura ha incluso un tota-

le di 7.768 pazienti (77% maschi). L'età media di quelli trattati con terapia medica, endovascolare o mediante chirurgia open è stata di 39, 39 e 36 anni, rispettivamente. Il tasso di mortalità è stato significativamente più basso nei pazienti trattati con TEVAR, rispetto a quelli trattati con chirurgia open o trattamento conservativo (9 %, 19 % e 46%, rispettivamente, $P<0,01$). L'ISS si è correlato con la mortalità dopo chirurgia open ($P<0,01$), ma non endovascolare ($P=0,68$). Non si è osservata nessuna differenza significativa nel tasso di eventi cerebrovascolari tra i tre gruppi. Il rischio di IM e IRC è stato maggiore per la chirurgia open rispetto a quella per il TEAVR e il trattamento conservativo (IM: 9% open vs. 3% endovascolare e vs. 3% trattamento conservativo, $P=0,01$; IRC: 8% open vs. 5% endovascolare e 3% trattamento conservativo, $P=0,01$). La chirurgia open è stata associata ad un maggior rischio di infezione protesica e sistemica, più comunemente polmonite.

Raccomandazione 10.2.1

In caso di rottura traumatica dell'aorta toracica il trattamento chirurgico di scelta se l'anatomia è favorevole è endovascolare, rispetto a quello chirurgico open o al trattamento conservativo. In caso di anatomia sfavorevole è preferibile la chirurgia open.

Classe IIa, Livello di evidenza C

Ad un follow-up di 2 anni, è stata rilevata una tendenza all'aumento del rischio di procedure secondarie per il TEVAR rispetto alla chirurgia open ($P=0,07$). Nonostante ciò, è stato attribuito un valore significativamente superiore alla prevenzione delle complicanze catastrofiche correlate all'intervento chirurgico open (mortalità, ictus e IM), e uno significativamente minore agli eventi avversi legati alla chirurgia endovascolare come l'endoleak, la necessità di reintervento, e l'insuccesso legato al dispositivo endoprotetico stesso.

Inoltre, dalla revisione della Letteratura, si è cercato di arrivare ad un consenso più o meno uniforme su un numero selezionato di problematiche in modo da offrire una guida nella pratica clinica reale.

1) Timing del TEVAR nel paziente stabile. In questa situazione si reputa più urgente (< 24 ore) il trattamento delle altre gravi lesioni non aortiche

concomitanti, o l'immediato trattamento della RTA dopo queste ultime, ma sempre prima della dimissione ospedaliera^{10, 11}. Infatti il tasso di mortalità è pari al 46% nelle lesioni non trattate⁹.

Raccomandazione 10.2.2

In caso di rottura traumatica dell'aorta toracica nel paziente instabile emodinamicamente è indicato l'intervento in emergenza, mentre nel paziente stabile è indicato l'intervento urgente (<24 ore) o tutt'al più prima della dimissione.

Classe IIa, Livello di evidenza C

2) Gestione delle "piccole lesioni aortiche" (difetto intimale o ematoma intramurale). È stato proposto un sistema di classificazione in base alla gravità della lesione aortica (Figura 1): tipo I (lacerazione intimale), tipo II (ematoma intramurale), tipo III (pseudoaneurisma) e tipo IV (rottura). Mentre non esistono dubbi sul trattamento emergente delle lesioni tipo IV e urgente delle tipo II e III, viene suggerito il trattamento conservativo con studi seriati di imaging radiologico in caso di lesioni di tipo I. Questo atteggiamento si basa sull'evidenza che la maggior parte di queste lesioni si risolve presto e spontaneamente¹².

Raccomandazione 10.2.3

In caso di sola lesione intimale traumatica dell'aorta toracica (lesione I tipo) è indicato un atteggiamento conservativo e controlli seriati mediante imaging.

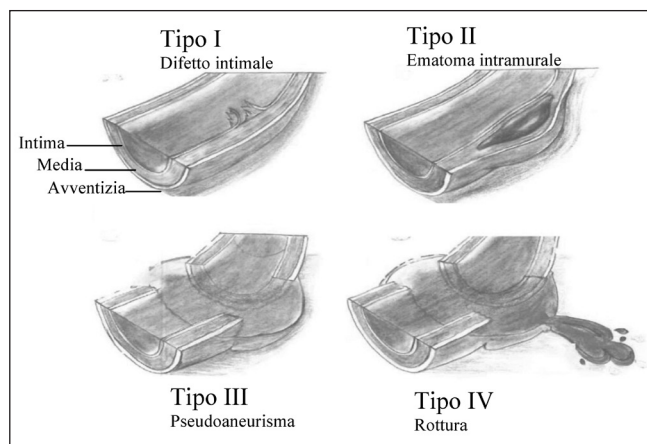


Figura 1.— Classificazione del tipo di lesione

3) **Scelta del trattamento nel giovane.** Vi è unanimità di consenso sull'importanza dell'anatomia per il TEVAR mentre l'età non è un fattore che influenza il tipo di trattamento. Il rischio di morte e di IM è significativamente più basso, in tutte le età, per il TEVAR rispetto alla chirurgia open¹³⁻¹⁵ e ciò giustifica il fatto di mettere in secondo piano le potenziali complicanze tardive. Tuttavia, nei pazienti con anatomia non favorevole al TEVAR potrebbe essere preso in considerazione l'intervento chirurgico open.

4) **Appropriatezza delle attuali endoprotesi toraciche.** La conformazione dell'arco e le piccole dimensioni dell'aorta del giovane paziente rappresentano un grande bias. L'incapacità della protesi di conformarsi bene a questa curvatura può provocare malposizionamento del graft e di conseguenza endoleak di I tipo e infolding¹⁶. Inoltre i diametri dell'aorta sono nettamente più piccoli nel sottogruppo di pazienti più giovani. I diametri delle endoprotesi toraciche attualmente disponibili in commercio sono quelli che vengono utilizzati per trattare pazienti più anziani con aneurismi degenerativi aterosclerotici. Il sovradimensionamento eccessivo insieme alla presenza di un'eccessiva angolazione dell'arco può provocare l'infolding dell'endograft con conseguente alto rischio di morte da occlusione aortica acuta¹⁶. Non esiste un consenso unanime per quanto riguarda il sovradimensionamento ottimale, anzi vi sono pareri discordanti a riguardo poiché si va da un minimo a nessun sovradimensionamento, da un 5% a un 10%, e a una percentuale di sovradimensionamento raccomandata dal costruttore. In alcuni casi sono state utilizzate cuffie endoprotesiche addominali^{17, 18}, ma a causa dei sistemi di rilascio più corti, spesso questi dispositivi non possono raggiungere la sede della lesione da un accesso femorale. Inoltre, le cuffie sono in genere corte, e per questo vi è la necessità di sovrapporre più pezzi, che si conformano meglio all'arco ma determinano maggiore probabilità nell'insorgenza degli endoleak di III tipo.

Attualmente sono in commercio dispositivi di nuova generazione che, migliorando la conformabilità all'arco aortico e essendo dotati di un minore profilo del sistema di rilascio, possono ampliare la gamma di diametri disponibili; altre endoprotesi di ultima generazione hanno migliorato la stabilità e l'affidabilità del meccanismo di rilascio; altre hanno introdotto dispositivi che sembrano mostrare una maggiore adat-

tabilità sia alla curvatura dell'arco che una maggiore tolleranza al sovradimensionamento.

5) **Copertura dell'arteria succlavia sinistra (ASS).** Esiste un'opinione unanime per la rivascolarizzazione selettiva della ASS (prima o dopo TEVAR) a seconda del compenso e dell'anatomia del circolo vertebrale; soltanto una minoranza è a favore della rivascolarizzazione di routine¹⁹. Il mantenimento della perfusione anterograda dal lato dell'arteria vertebrale dominante può ridurre il rischio di stroke del circolo posteriore²⁰. Tuttavia, l'urgenza del trattamento e le condizioni del paziente possono precludere la valutazione preoperatoria, anche se l'angiografia intraoperatoria dell'arteria vertebrale consentirebbe la valutazione più rapida dell'adeguatezza del circolo posteriore.

6) **Eparinizzazione sistemica.** L'eparinizzazione sistemica durante la procedura endovascolare in un paziente con trauma cranico chiuso o addominale e lesioni d'organo è una questione controversa. In molti studi viene rilevato un uso ad una dose ridotta. In una minoranza dei casi viene attestato che l'eparina può non essere necessaria in quanto la maggior parte delle procedure possono essere eseguite in tempi relativamente rapidi, e il rischio di un evento trombotico è basso²¹. Ad ogni modo, la decisione deve essere individualizzata in base al rischio di sanguinamento e di complicanze tromboemboliche.

7) **Drenaggio liquorale.** Il drenaggio è stato il "cardine" della gestione dell'Ischemia Midollare durante TEVAR. Questa problematica suscita molte controversie anche per il trattamento degli aneurismi toracici di tipo aterosclerotico e non esistono dati sicuri nel trattamento delle RTA. L'IM dopo TEVAR per RTA è un evento a bassa incidenza (3%)⁹. Sulla base di questo e della sede prossimale della lesione, la copertura limitata dell'aorta toracica e il rischio di ematoma epidurale in un paziente con coagulopatia, i pareri sono stati unanimi nell'affermare che il drenaggio liquorale di routine non è indicato, e deve essere effettuato soltanto per la comparsa dei primi sintomi di IM.

Raccomandazione 10.2.4

In caso di TEVAR per rottura traumatica dell'aorta toracica sono indicati non di routine ma selettivi la rivascolarizzazione dell'arteria succla-

via sinistra e il drenaggio liquorale. è indicata di routine l'eparinizzazione sistemica con dosaggio inferiore di circa la metà rispetto al dosaggio utilizzato non in caso di rottura.

Classe IIb, Livello di evidenza C

8) Scelta dell'anestesia. Esiste un forte consenso a favore dell'anestesia generale. È sicuramente possibile eseguire il TEVAR in anestesia locale (parere di minoranza), ma la cooperazione di un paziente traumatizzato agitato e la presenza di lesioni concomitanti che possono richiedere ulteriori interventi chirurgici rendono questa opzione meno favorevole.

9) Accesso femorale: tecnica open percutaneo. La maggioranza degli autori ha preferito effettuare l'esposizione femorale open per ridurre al minimo le complicazioni legate all'accesso percutaneo, specialmente per i devices di grandi dimensioni. D'altra parte, il "TEVAR percutaneo", utilizzando dispositivi di chiusura sutura-mediata, può essere eseguito in modo sicuro con bassi tassi di eventi avversi precoci e tardivi, per cui c'è una minoranza, che favorisce questo tipo di approccio. Può anche essere effettuato un accesso percutaneo iniziale effettuando l'esposizione chirurgica dopo il posizionamento dell'endoprotesi con rimozione del sistema di rilascio sotto visione diretta. Questa tecnica può consentire un posizionamento più rapido dell'endograft in pazienti emodinamicamente instabili.

10) Strategia di follow-up. Date le problematiche sulla dose cumulativa di radiazioni, mezzo di contrasto iodato, e sul rischio di collasso tardivo dell'endograft, la strategia ottimale per il follow-up post-TEVAR a lungo termine di questi pazienti rimane ancora da definire. Le opinioni variano ampiamente sia per la frequenza che il tipo di imaging da effettuare. In assenza di anomalie - ad esempio, la stabilità dell'endograft e l'assenza di endoleak - nei primi 12 a 36 mesi, alcuni hanno suggerito di ridurre la frequenza a 2-5 anni, mentre altri hanno espresso il timore che, in mancanza di qualsiasi prova contraria, il follow-up per le RTA non dovrebbe essere diverso da quello dei pazienti trattati con TEVAR per altre patologie. Esiste, però, un certo consenso sulla combinazione di una radiografia multi planare del torace e un'angiografia con risonanza magnetica (ARM), da preferire alla convenzionale tomografia assiale computerizzata (ATC) per l'imaging a lungo termi-

ne, con la dovuta considerazione della composizione metallica della endoprotesi.

Bibliografia

1. Clancy TV, Gary Maxwell J, Covington DL, Brinker CC, Blackman D. A statewide analysis of level I and II trauma centers for patients with major injuries. *J Trauma* 2001;51:346-51.
2. Richens D, Field M, Neale M, Oakley C. The mechanism of injury in blunt traumatic rupture of the aorta. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;21: 288-93.
3. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA, Smith JS Jr, Rodman G Jr, Kearney PA, et al. Prospective study of blunt aortic injury: multicenter trial of the American Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma* 1997;42:374-80.
4. Jamieson WR, Janusz MT, Gudas VM, Burr LH, Fradet GJ, Henderson C. Traumatic rupture of the thoracic aorta: third decade of experience. *Am J Surg* 2002;183:571-5.
5. Cowley RA, Turney SZ, Hankins JR, Rodriguez A, Attar S, Shankar BS. Rupture of thoracic aorta caused by blunt trauma. A 15-year experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1990;100:652-60.
6. Ott MC, Stewart TC, Lawlor DK, Gray DK, Forbes TL. Management of blunt thoracic aortic injuries: endovascular stents versus open repair. *J Trauma* 2004;56:565-70.
7. Tehrani HY, Peterson BG, Katariya K, Morasch MD, Stevens R, DiLuozzo G, et al. Endovascular repair of thoracic aortic tears. *Ann Thorac Surg* 2006;82:873-7.
8. Murad MH, Swiglo BA, Sidawy AN, Ascher E, Montori VM. Methodology for clinical practice guidelines for the management of arterio-venous access. *J Vasc Surg* 2008;48:26S-30S.
9. Murad MH, Rizvi AZ, Malgor R, Carey J, Alkatib AA, Erwin PJ, et al. Comparative effectiveness of the treatments for aortic transection: a systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg*
10. Demetriades D, Velmahos GC, Scalea TM, Jurkovich GJ, Karmy-Jones R, Teixeira PG, et al. Blunt traumatic thoracic aortic injuries: early or delayed repair—results of an American Association for the Surgery of Trauma prospective study. *J Trauma* 2009;66:967-73.
11. Pate JW, Gavant ML, Weiman DS, Fabian TC. Traumatic rupture of the aortic isthmus: program of selective management. *World J Surg* 1999; 23:59-63.
12. Azizzadeh A, Keyhani K, Miller CC III, Coogan SM, Safi HJ, Estrella AL. Blunt traumatic aortic injury: initial experience with endovascular repair. *J Vasc Surg* 2009;49:1403-8.
13. Xenos ES, Abedi NN, Davenport DL, Minion DJ, Hamdallah O, Sorial EE, et al. Meta-analysis of endovascular vs open repair for traumatic descending thoracic aortic rupture. *J Vasc Surg* 2008;48:1343-51.
14. Tang GL, Tehrani HY, Usman A, Katariya K, Otero C, Perez E, et al. Reduced mortality, paraplegia, and stroke with stent graft repair of blunt aortic transections: a modern meta-analysis. *J Vasc Surg* 2008; 47:671-5.
15. Neschis DG, Scalea TM, Flinn WR, Griffith BP. Blunt aortic injury. *N Engl J Med* 2008;359:1708-16.
16. Raupach J, Ferko A, Lojik M, Krajina A, Harrer J, Dominik J. Endovascular treatment of acute and chronic thoracic aortic injury. *Cardio- vasc Intervent Radiol* 2007;30:1117-23.
17. Wellons ED, Milner R, Solis M, Levitt A, Rosenthal D. Stent-graft repair of traumatic thoracic aortic disruptions. *J Vasc Surg* 2004; 40:1095-100.
18. McPhee JT, Asham EH, Rohrer MJ, Singh MJ, Wong G, Vorhies RW, et al. The midterm results of stent graft treatment of thoracic aortic injuries. *J Surg Res* 2007;138:181-8.
19. Matsumura JS, Lee WA, Mitchell RS, Farber MA, Murad MH, Lumsden AB, et al; Society for Vascular Surgery. The Society for Vascular Surgery Practice Guidelines: management of the left subclavian artery with thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg* 2009;50:1155-8.

20. Feezor RJ, Martin TD, Hess PJ, Klodell CT, Beaver TM, Huber TS, et al. Risk factors for perioperative stroke during thoracic endovascular aortic repairs (TEVAR). *J Endovasc Ther* 2007;14:568-73.
21. Peterson BG, Matsumura JS, Morasch MD, West MA, Eskandari MK. Percutaneous endovascular repair of blunt thoracic aortic transection. *J Trauma* 2005;59:1062-5.
22. Lee WA, Brown MP, Nelson PR, Huber TS, Seeger JM. Midterm outcomes of femoral arteries after percutaneous endovascular aortic repair using the PreClose technique. *J Vasc Surg* 2008; 47:919-925.

10.3 Lesioni traumatiche dei vasi addominali

Le lesioni dei vasi addominali da trauma chiuso e da ferite penetranti sono evenienza frequente in seguito a *incidenti della strada*, a *precipitazioni* (spesso da incidente sul lavoro), a dislocazione di monconi ossei da *fratture*, o a *ferite d'arma bianca e da fuoco*.

A queste vanno aggiunte le lesioni da *traumi iatrogeni*, secondari a procedure endovascolari e ad accessi parietali della laparoscopia.

Spesso letali ancor prima che il paziente possa essere trattato, e nella grande maggioranza dei casi *associate a lesioni di uno o più spesso di diversi altri organi*, secondo la Letteratura sono gravate da una mortalità complessiva che può superare il 40% dei casi ¹⁻⁵.

10.3.1 Anatomia topografica

La definizione della lesione e le stesse scelte terapeutiche sono utilmente guidate dalla suddivisione dei vasi addominali rispetto a Zone topografiche classicamente ben individualizzate:

— Zona I, centrale tra diaframma e promontorio sacrale, e a sua volta suddivisa in

— Zona 1 *sovramesocolica* - contenente aorta sovrarenale, tripode celiaco e prime due porzioni della mesenterica superiore (prima porzione tra aorta ed origine della pancreatico-duodenale inferiore; seconda, tra questa e l'origine della colica media)

— Zona 1 *sottomesocolica* - contenente le ultime due porzioni della mesenterica superiore (terza, costituita dalla porzione del tronco principale a valle della colica media; quarta, comprendente i rimanenti rami), la mesenterica inferiore, i rami ileali e colici, le porzioni sottoepatica e sottorenale della vena cava inferiore, e la parte prossimale della vena mesenterica superiore;

— Zona II, delle logge paracoliche di destra e di sinistra, contenenti i peduncoli vascolari renali;

— Zona III, pelvica, a valle del promontorio sacrale, con assi e rami iliaci arteriosi e venosi, oltre che il plesso venoso presacrale;

— a parte sono considerate infine le lesioni di vena porta, arteria epatica e vena cava inferiore retroepatica.

10.3.2 Eziopatogenesi

In caso di *ferite penetranti*, ogni vaso addominale può essere coinvolto e si possono verificare tutti i tipi di danno vascolare, dalla lacerazione alla transezione, dalla dissezione intimale alla trombosi acuta, dallo pseudoaneurisma alla formazione di fistole arterovenose. Nel caso di ferita d'arma da fuoco, va ricordato che oltre al danno da impatto diretto, un proiettile penetrante in addome ad alta velocità determina abitualmente la trombosi acuta delle arterie presenti entro 10-15 cm dalla sua traiettoria ⁶.

Le lesioni da *trauma chiuso addominale* sono secondarie a *compressione*, nei traumi stradali soprattutto tra il volante e la colonna spinale quando le cinture non sono allacciate, oppure da *decelerazione acuta*, con stiramento ad incidenza in genere laterale o assiale tra punti fissi, ma anche con direzione longitudinale nei casi di precipitazione e, infine, da lesione diretta da *dislocazione di frammenti ossei* di fratture lombari e del bacino ⁷⁻⁹.

Le lesioni più comuni sono l'ematoma intramurale, la lacerazione intimale e la trombosi acuta, ma talora anche la rottura a tutto spessore da scoppio, soprattutto a carico dell'aorta pararenale e delle vene dell'addome superiore, e infine lo strappamento, con frequenza decrescente dalla vena renale sinistra all'arteria mesenterica superiore e all'aorta immediatamente sottorenale. Per quanto riguarda l'aorta in particolare, la percentuale di lesioni a livello addominale dopo trauma chiuso è comunque bassa in tutte le casistiche pubblicate, raggiungendo al massimo il 4-5% della totalità delle lesioni aortiche osservate che, in netta maggioranza, sono a carico del distretto toracico.

Mentre l'effetto della trombosi è ovviamente l'ischemia viscerale e/o periferica, di grado variabile in rapporto al vaso interessato e all'efficacia del circolo collaterale, l'emorragia da lesioni a tutto spessore della parete risulterà più o meno grave e persistente in relazione al danno arterioso anziché venoso, e dal tipo di lesione, con o senza efficacia emostatica da parte sia della contrazione parietale nel segmento vasale limitrofo, che del tamponamento delle strutture circostanti: ad esempio, la lacerazione tangenziale di un'arteria in genere non viene contrastata dalla

contrazione parietale, spesso invece efficace in caso di transezione, almeno se in arterie di piccolo e medio calibro. Analogamente, la frequente emorragia venosa da frammenti ossei nelle fratture di bacino in genere viene tamponata dall'ematoma secondario retroperitoneale¹⁰.

10.3.3 Clinica e diagnosi

L'anamnesi sulle modalità e la violenza del trauma, così come sulla posizioni reciproche di paziente e corpo lesivo al momento dell'evento, può fornire alcune informazioni utili a supporre la presenza e la localizzazione topografica di possibili lesioni vascolari addominali, ma non è mai risolutiva né sufficiente.

Oltre che in presenza della patognomica sindrome da *shock emorragico* e in tutti i casi di *progressiva distensione addominale e/o di resistenza parietale alla palpazione*, nei pazienti che hanno subito un trauma addominale *anche se di lieve entità*, accanto alle molto più comuni lesioni di milza e fegato la possibilità di una lesione primitiva dei vasi addominali deve essere considerata soprattutto in caso di:

- ogni ferita penetrante di torace ed addome, senza attribuire eccessiva importanza alla presunta traiettoria del corpo penetrante: è noto che sia le ossa che gli stessi tessuti molli possono determinare deviazioni e percorsi assolutamente non preventivabili, specie in caso di ferite d'arma da fuoco;

- emorragia urinaria, rettale, vaginale e dal sondaggio nasogastrico;
- fratture pelviche;
- ischemia periferica, da sospettare non solo in presenza delle "6 P" degli autori anglosassoni tipiche delle forme acute conclamate, ma anche in caso di semplice anomalia, specie se asimmetrica tra i due arti inferiori, dei polsi periferici¹¹.

L'assoluta instabilità di alcuni pazienti può comportare il loro invio immediato in sala operatoria per la laparotomia esplorativa in emergenza, ma in tutti gli altri casi è opportuna l'esecuzione in urgenza della *Angio-TC multislice total body*¹², unica indagine in grado di definire con altissima affidabilità non solo la presenza, il tipo e la gravità di eventuali lesioni vascolari, ma contemporaneamente di dare fondamentali informazioni sulle lesioni associate sia dei parenchimi che dell'apparato scheletrico, oltre che di rilevare la presenza di aria libera quale segno, sia pure solo indiretto, di perforazione digestiva.

Attualmente, tale indagine è effettuabile in pressochè tutte le strutture di Pronto Soccorso, limitando il significato pratico della molto meno affidabile esplorazione *ultrasonografica*, ad eccezione della metodica *CW Doppler* per la valutazione di primo livello della perfusione periferica degli arti inferiori.

Analogo scarso significato viene oggi riconosciuto alla *paracentesi esplorativa* (se non nei casi operati in emergenza a livello cranico e non suscettibili di Angio-TAC per tutta la durata dell'intervento) ed alla stessa *angiografia*, da considerare in fase diagnostica solo nei rari casi rimasti dubbi alla valutazione TAC (oltre che, ovviamente, quale supporto alla terapia endovascolare). In caso di emorragia, non appare infine indicata la *esplorazione videolaparoscopica*, comunque da eseguire in anestesia generale e spesso problematica per il facile offuscamento dell'ottica da parte dello stesso sangue.

Raccomandazione 10.3.1

Nel sospetto di trauma dei vasi addominali è indicata l'esecuzione dell'angio-TC in regime d'urgenza.

Classe IIa, Livello di evidenza C

10.3.4 Terapia

In relazione alle condizioni sistemiche del paziente, assolutamente diverso è il tipo di approccio terapeutico.

10.3.4.1 PAZIENTE INSTABILE

Si tratta ovviamente dei pazienti con *grave emorragia in atto*, nei quali vanno innanzitutto adottate le misure di rianimazione e di supporto ben codificate da tutte le più recenti Guidelines Internazionali, quali le Europee del 2010¹³, con le primarie finalità di intervenire chirurgicamente con la massima celerità, senza indagini invasive "time-consuming" e, soprattutto, non ricercando un recupero volemico massivo prima del trattamento. Infatti, lo scopo del "Damage Control Resuscitation" è prevenire la triade letale costituita da *ipotermia, acidosi, coagulopatia*, e il conseguente circolo vizioso fisiopatologico fatalmente ingravescente.

Tralasciando le ovvie manovre iniziali comuni all'approccio ad ogni forma di shock (approntamento di adeguate vie di ingresso venoso; supporto respiratorio immediato etc.) il trattamento deve prevedere l'attuazione contemporanea dei protocolli di

*ipotesione permissiva, di rianimazione emostatica e di Damage Control Surgery (DCS)*¹⁴.

Relativamente al primo punto, analogamente a quanto ormai assodato per la rottura degli aneurismi aortici, molteplici studi militari e civili nell'ultimo decennio hanno dimostrato che negli emorragici critici il mantenimento di una *pressione sistolica (PAS) a livelli sub fisiologici* (PAS vicino ai 70-80 mmHg) non incide negativamente sulla prognosi e permette una migliore emostasi, riducendo il rischio di espulsione dei coaguli dai vasi danneggiati.

Raccomandazione 10.3.2

In caso di trauma dei vasi addominali e condizione di shock emorragico è indicato mantenere la pressione arteriosa sistolica intorno a 70-80 mmHg, l'uso di sacche di emazie concentrate, l'eventuale impiego di emostatici parenterali. È inoltre indicato l'intervento laparotomico per arrestare l'emorragia mediante clampaggio vascolare totale, risolvere eventuali lesioni associate intestinali, evitando nella ricostruzione il contatto diretto tra intestino e protesi vascolare, e l'ipotermia da intervento prolungato e chiusure laparotomiche che possano indurre eccessiva pressione endoaddominale.

Classe IIa, Livello di evidenza C

Rispetto alla cosiddetta *rianimazione emostatica*, valgono le regole generali per ogni tipo di emorragia grave, quali l'uso di sacche di emazie concentrate, di plasma fresco congelato e di concentrato di piastrine con il rapporto di 1:1:1, l'impiego di emostatici parenterali oggi disponibili etc., e sempre con l'obiettivo di scongiurare la ulteriore sindrome coagulopatica disseminata da consumo.

Il *DCS laparotomico* in emergenza è attuato per salvare la vita del paziente attraverso tre obiettivi iniziali:

- arrestare l'emorragia al più presto, e quindi anche con il semplice packing, dopo aver effettuato un clampaggio dell'aorta sovraceliaca, o addirittura dell'aorta sovradiaphragmatica attraverso una toracotomia sinistra o un balloon inserito da una arteria brachiale, fino al cosiddetto "clampaggio vascolare totale" di aorta, cava e peduncolo epatico;

- eliminare eventuali lesioni associate intestinali in quanto causa di inquinamento e peritonite, spesso

utilizzando tecniche solo temporanee ma di rapida attuazione, quali il semplice affondamento di monconi suturati meccanicamente;

- ridurre il rischio di eccessiva pressione endoaddominale post-laparotomica, anche ricorrendo a chiusura parietale temporanea con tecniche di tipo laparostomico.

I successivi provvedimenti saranno attuati risentendo della stessa situazione logistica specifica di ogni Centro (logistica a sua volta spesso dipendente anche dal timing dell'evento).

In altri termini, solo una volta raggiunta la stabilità del paziente si dovrà decidere *come e quando perseguire la terapia definitiva*, con la scelta tra le seguenti opzioni, sempre ponendo particolare attenzione ad evitare l'ipotermia da prolungamento dell'intervento:

- correggere la lesioni vascolare già nel corso del primo intervento *in modo analogo a quanto di seguito riportato per il paziente stabile*: in questo senso, appare possibile, e talvolta necessario, associare all'esplorazione laparotomica anche le tecniche endovascolari, ovviamente facilitate se si sta operando in sala "ibrida", ma in Letteratura già riportate attuando chiusure temporanee dell'addome e trasferimenti del paziente tra sala operatoria e sala angiografica;

- programmare una "*second look laparotomy*";

- optare per il successivo *trasferimento* del paziente presso altri Centri.

Raccomandazione 10.3.3

In caso di trauma dei vasi addominali e intervento laparotomico è indicato associare eventuali tecniche endovascolari nello stesso tempo chirurgico o in second look oppure programmare una second look laparotomy.

Classe IIa, Livello di evidenza C

10.3.4.2 PAZIENTE STABILE

Ad eccezione di alcuni casi con ferite penetranti e peritonite talmente diffusa da richiedere un'esplorazione chirurgica immediata, i pazienti con stabilità emodinamica (spontanea o comunque raggiunta con gli usuali presidi di supporto al paziente traumatizzato) devono essere sottoposti alle metodiche di imaging sopraricordate, così da poter scegliere tra trattamento *conservativo, endovascolare, laparotomico* in base a tipo e sede della lesione vascolare riscontrata.

L'atteggiamento conservativo appare la prima scelta per lesioni traumatiche a carico della parete del vaso, diagnosticate all'Angio-TC ma che non comportano né emorragia attiva né ischemia, quali spesso sono *l'ematoma intraparietale, il flap intimale, e la dissecazione non complicata*, sia a carico dell'aorta addominale che dei suoi rami viscerali. Le variabili determinate dalla natura della lesione vascolare e dalle eventuali lesioni non vascolari associate richiedono una soluzione assolutamente individualizzata dei problemi relativi alla terapia farmacologica (antiaggreganti piastrinici e/o profilassi con LW eparina e/o ipotensione controllata) ed alle modalità di follow up (tecnica e timing per i successivi controlli) ^{10, 12, 15}.

Anche grandi *ematomi retroperitoneali* che risultino spontaneamente tamponati, particolarmente nelle Zone III pararenali, possono essere trattati in modo sia totalmente che parzialmente conservativo: quest'ultimo caso si verifica allorché la laparotomia viene comunque eseguita per altre cause, ma l'astenersi da una non necessaria apertura del retroperitoneo evita la ripresa dell'emorragia.

Raccomandazione 10.3.4

In caso di trauma dei vasi addominali e paziente stabile (assenza di emorragia o ischemia in atto), anche in caso di ematoma retro peritoneale, è indicato come prima scelta un atteggiamento conservativo. È da preferire invece la terapia endovascolare in caso di emorragia attiva o temporaneamente tamponata da arterie di piccolo e medio calibro, mentre per i grossi rami dell'aorta addominale, emorragici o occlusivi, è da preferire la chirurgia laparotomia sequenziale o di prima scelta.

Classe IIa, Livello di evidenza C

La terapia endovascolare, una volta acquisita la diagnosi topografica dai dati Angio-TC, mentre è pressoché impossibile per le lesioni venose, nei pazienti stabili deve essere considerata quale *prima ipotesi* per tutte le lesioni a carico del distretto arterioso, ed in particolare in caso di *emorragia attiva*, o anche temporaneamente tamponata. L'impiego modulato, e secondo le regole di ottimale conduzione tecnica oggi ben consolidate, di guide, (micro)cateri, spirali, colle, plug, bare stent e stent coperti, spesso consente di evitare sia il trauma dell'esplora-

zione chirurgica in Open, che i rischi di ulteriore sanguinamento e di danno iatrogeno – indotti dalla difficoltà di eseguire, in presenza di emoperitoneo ed ematoma perilesionale, l'isolamento, il controllo e la riparazione della lesione vascolare.

L'approccio endovascolare oggi risulta certamente efficace per le emorragie da lesione di arterie di piccolo calibro, quali ad esempio le rotture “da strappo” delle *arteriole dell'omento o dei ventagli mesenteriali e mesocolici*, o le lesioni dei *rami distali dell'ipogastrica*, frequentemente interessati da fratture del bacino. Sempre nel paziente stabile, anche le lesioni di arterie di maggior calibro almeno in prima istanza possono essere affrontate con metodica angiografica, eventualmente anche occludendo deliberatamente il ramo interessato - ad esempio la stessa *iliaca interna* deve e può essere talvolta sacrificata per le emorragie più imponenti da pluriframmentazione del bacino ¹⁷⁻²¹.

Sia per l'emorragia che per le lesioni vascolari post-traumatiche di *tipo occlusivo*, l'approccio endovascolare appare più complesso per le non rare lesioni *dell'arteria splenica e delle arterie renali*, ed ancor più per le sporadiche lesioni di *mesenterica superiore e tripode celiaco*: in tutti questi casi, è ovviamente essenziale la verifica postprocedurale del mantenimento o del ripristino della perfusione periferica, ricorrendo al minimo dubbio ad una sequenziale esplorazione laparotomica, o almeno videolaparoscopica.

Il coinvolgimento post-traumatico *dell'aorta addominale* come ricordato è molto raro, in genere con lesioni rilevabili in Angio-TC ma di scarso significato clinico (circoscritti ematomi intramurali o flap intimali o dissecazioni localizzate). Sede preferenziale è il settore *pararenale*, e tale localizzazione anche nei pazienti stabili rende difficilmente utilizzabile la tecnica endovascolare nei casi sintomatici o per *rottura a tutto spessore* o per *ostruzione primitiva o postdissecativa*.

In caso di *pseudoaneurisma con tamponamento spontaneo* l'EVAR è da valutare come teoricamente preferibile alla chirurgia open ^{20, 21}.

La chirurgia open è ancora la più frequentemente utilizzata, non solo per i casi non altrimenti correggibili e, come detto, nei pazienti con ferite penetranti e peritonite, ma spesso anche per problemi logistici (non tutti i Centri che accolgono il paziente trauma-

tizzato possono garantire un approccio endovascolare adeguato alle lesioni rilevate alla Angio-TC).

La frequenza dell'associazione tra lesioni vascolari e viscerali rende pressochè indispensabile la *collaborazione interdisciplinare*, o comunque una solida conoscenza sia delle tecniche di Chirurgia Generale, relative ai parenchimi e al tubo digerente, che delle tecniche di Chirurgia Vascolare. Pur dandone qui per scontata la conoscenza, per le lesioni vascolari post-traumatiche, anche nel paziente stabile, vanno sottolineate alcune specificità:

— è opportuna la preparazione di principio dello iato aortico diaframmatico (ricordando l'utilità della sonda nasogastrica per evitare lesioni esofagee durante l'isolamento dell'aorta, con mobilitazione verso destra del lobo sinistro del fegato) così da poter attuare in qualunque fase dell'intervento un *immediato clampaggio aortico prossimale di sicurezza*;

— si deve essere in grado di eseguire l'esposizione di tutti i diversi settori sia dei vasi viscerali che di quelli sotto e retroepatici della vena cava inferiore, attraverso le usuali manovre specifiche: *l'isolamento del distretto aortico pararenale; la rotazione mediale totale dei visceri addominali da sinistra (a partenza dalla linea di Toldt paracolica) e/o da destra (manovra di Kocher); sezione dei legamenti del fegato con lussazione anteriore del parenchima*;

— la frequentissima associazione di lesioni viscerali e relativa contaminazione deve essere sempre considerata con estrema attenzione all'atto della scelta del tipo di tecnica vascolare da adottare, relativamente all'impiego di materiale protesico, alla eventualità di dover ricorrere a ricostruzioni extra-anatomiche e alla assoluta necessità di isolare rigorosamente la struttura vascolare trattata, se necessario ricorrendo all'impiego di lembi vitali (ad esempio, mediante la *trasposizione di lembi omentali peduncolati*);

— oltre alla valutazione ispettiva e palpatoria, spesso ingannevoli, appare fondamentale la valutazione strumentale intraoperatoria del risultato dell'intervento, così da correggere immediatamente eventuali difetti tecnici e ridurre al massimo i rischi di evoluzioni negative secondarie sia in senso emorragico che, soprattutto, di ischemia periferica: accanto alla semplice *verifica con CW Doppler od Eco-Doppler diretti* sul vaso trattato e sulle diramazioni periferiche, è evidente che un grande salto di qualità sarebbe costituito dalla *Completion angiography*, peraltro del tutto affidabile nel distretto ad-

dominale solo con le apparecchiature proprie delle ancor rare "sale operatorie ibride";

— per quanto riguarda le lesioni dell'aorta sovramesocolica, l'*arteriorrafia* appare la soluzione tecnica preferibile, lasciando l'opzione di inserzioni protesiche ai casi obbligati; le lesioni dell'aorta para e sottorenale riproducono in genere gli interventi eseguiti per patologia cronica. In associazione al clampaggio prossimale, per il primo controllo della lesione traumatica distalmente può essere utile l'adozione di un *occlusore endovasale* (dedicato o anche un semplice catetere di Foley);

Raccomandazione 10.3.5

In caso di trauma dei vasi addominali con lesione aortica sovramesocolica è indicata l'arteriorrafia, mentre con lesione aortica para e/o sottorenale è indicata la soluzione come per patologia cronica. In caso di lesione dei vasi viscerali arteriosi o venosi è indicata la tecnica ricostruttiva se possibile, in caso contrario è preferibile la semplice legatura.

Classe IIa, Livello di evidenza C

— per i vasi viscerali, alternative alle *tecniche ricostruttive sempre preferibili*, ma spesso di difficile attuazione, vanno considerate anche le semplici *legature*: teoricamente tollerabili soprattutto in caso di lesione del tripode celiaco, della mesenterica inferiore e anche di porzioni limitate della mesenterica superiore, spesso non sono peraltro compensate dai circoli collaterali, anche per il vasospasmo associato;

— la relativamente frequente lesione della porzione centrale, preaortica, della vena renale sinistra, se non attuabile una *sintesi diretta*, può essere trattata con *innesto protesico*, ma viene più spesso trattata con semplice *legatura*, in genere ben tollerata grazie alle collateralità surrenalica, gonadica e lombari. Se obbligata, la legatura della vena renale destra comporta invece pressochè sempre la nefrectomia, proprio per la scarsa collateralità da tale lato;

— le lacerazioni della vena porta che impongono di perseguire ogni tentativo di *ricostruzione, diretta o con innesto* preferibilmente autologo (quale la vena giugulare), possono comportare difficoltà mobilizzazioni viscerali, fino alla sezione tra stapler della testa del pancreas, così come il controllo, e talora il sacrificio, dell'arteria gastroduodenale e delle vene splenica e mesenterica superiore;

— le lesioni della vena cava inferiore sottoepatica preferibilmente vanno trattate con *venorrafia diretta*, mediante emostasi ricercata più con manovre di compressione manuale che di mobilizzazione, spesso difficoltosa soprattutto per la fragilità delle vene lombari posteriori. Per lo stesso motivo, in caso di ferita trapassante anche la parete posteriore, ne risulta più agevole la sutura dall'interno del vaso, eventualmente allargando la breccia anteriore. In alternativa alla riparazione diretta, può essere considerata la *legatura* della cava con sutura, in genere ben tollerata soprattutto se attuata a livello sottorenale, così da riservare l'innesto protesico solo a casi eccezionali.

— l'isolamento della vena cava retroepatica va eseguito solo dopo aver predisposto un eventuale *clampaggio vascolare totale* di aorta, peduncolo epatico e cava sovrenale, senza escludere la necessità di dover utilizzare anche metodiche di *shunt atrio-cavale*, così da poter eseguire la *mobilizzazione e lussazione anteriore del fegato* attraverso la sezione di tutti i suoi legamenti, ed eventualmente anche con incisione anterolaterale destra del diaframma;

— quasi sempre, la *legatura* si impone per le lacerazioni della vena mesenterica superiore, ma i frequenti effetti ischemici a livello ileale, secondari alla stasi, vanno attentamente valutati;

— le lesioni delle Zone II pararenali devono innanzi tutto essere valutate rispetto alla presenza o meno di emorragia attiva, della vitalità dei parenchimi renali e, infine, dell'eventuale associazione con lesioni delle vie urinarie. La *ricostruzione* dell'arteria renale trova un razionale qualora si possa ipotizzare una ripresa funzionale del rene; sulla base dei dati AngioTAC di compromissione parenchimale irreversibile, spesso si esegue invece la *legatura* ed eventualmente la *nefrectomia*, o addirittura, come già detto, si opta per il *trattamento parzialmente conservativo* di non apertura del retroperitoneo (sempre che non risultino evidenti lesioni associate delle vie urinarie, possibile via di contaminazione);

— nella Zona III, le lacerazioni delle vene iliache vengono trattate usualmente con *legatura* su sutura: possono essere indispensabili complesse *manovre di compressione* a monte e a valle della regione sede della lesione; infine, per poter controllare lacerazioni al carrefour iliaco-cavale talvolta è necessaria anche la *sezione dell'asse arterioso*, e quindi la sua successiva ricostruzione.

Per quanto riguarda le lesioni del distretto arterioso iliaco, la semplice sutura e *legatura* è la norma per i

rami distali del distretto delle ipogastriche, ma spesso se ne impone il sacrificio anche del tronco principale, peraltro in genere ben tollerato. Diverse problematiche vanno risolte invece per la obbligata rivascolarizzazione nel trattamento delle lesioni delle arterie iliache comuni ed esterne: accanto alle *ricostruzioni ortotopiche in situ*, il cui isolamento dalle altre strutture addominali spesso richiede l'interposizione di lembi omentali, devono essere considerate anche le *rivascolarizzazioni extra-anatomiche* (femoro-femorali o axillo-femorali, associate alla legatura dell'asse iliaco lesionato) sia in alternativa alle ortotopiche, sia come prima scelta in presenza di inquinamento del campo operatorio per le frequenti lesioni intestinali e urinarie contemporaneamente presenti²³⁻³⁰.

Bibliografia

- Asensio JA, Navarro, Soto S, Forno W, Roldán G, Petrone P *et al.* Abdominal vascular injuries: the trauma surgeon's challenge. *Surg Today* 2001;31:949-57.
- Asensio JA, Britt LD, Borzotta A, Peitzman A, Miller FB, Mackersie RC *et al.* Multiinstitutional experience with the management of superior mesenteric artery injuries. *J Am Coll Surg* 2001;193:354-366.
- Coggia M *et al.* Acute complications following laparoscopic Surgery. In: Branchereau A, Jacobs M, editors. *Vascular emergencies*. New York: Blackwell Publishing Inc. Ed.; 2003. Chapter 9. p. 81-6.
- Traumatic injury of the vena cava and its major branches In: Branchereau A, Jacobs M, editors. *Vascular emergencies*. New York: Blackwell Publishing Inc. Ed.; 2003. Chapter 20. p. 193-206.
- Gunshot and explosive projectile vascular injuries. In: Branchereau A, Jacobs M, editors. *Vascular emergencies*. New York: Blackwell Publishing Inc. Ed.; 2003. Chapter 23. p. 231-46.
- Chapellier X, Sockeela P, Baranger B. Management of penetrating abdominal vessel injuries. *J Visceral Surg* 2010;147:e1-e12.
- Domenicucci M, Ramieri A, Landi A, Melone AG, Raco A, Ruggiero M *et al.* Blunt abdominal aortic disruption (BAAD) in shear fracture of the adult thoraco-lumbar spine: case report and literature review. *Eur Spine J* 2011;20(Suppl 2):S314-S319.
- Dudko S, Kusz D, Ziája D, Kusz. Laceration of abdominal aorta by a fragment of fractured L2 vertebral body after a low-energy injury. A case report and review of literature. *Spine* 2012;37:E1406-E1409.
- Freni L, Barbetta I, Mazzaccaro D, Settembrini AM, Dallatana R, Tassinari L, Settembrini PG. Seat belt injuries of the abdominal aorta in adults. Case report and literature review. *Vasc Endovascular Surg* 2013;47:138.
- Shalhub S, Starnes BW, Tran NT, Hatsukami TS, Lundgren RS, Davis CW, Quade S, Gunn M. Blunt abdominal aortic injury. *J Vasc Surg* 2012;55:1277-86.
- Wahlberg E, Olofsson P, Goldstone J. Abdominal Vascular Injuries. In: *Emergency vascular surgery. A practical guide*. Chapter 5. New York: Springer Ed.; 2007. pp 45-63.
- Mellnick VM, McDowell, Lubner M, Bhalla S, Menias C. CT features of blunt abdominal aortic injury. *Emerg Radiol* 2012;19:301-7.
- Rossaint R. Management of bleeding following major trauma An updated European guideline. *Crit Care* 2010;14:R52.
- Sorrentino TA, Moore E, Wohlaer M, Biffi W, Pieracci F, Johnson J *et al.* Effect of damage control surgery on major abdominal vascular trauma. *J Surg Res* 2012;177: 320-325.
- Kirchhoff C, Stegmaier J, Krotz M, Muetzel E, Mutschler W, Kanz KG, Heindl B. Celiac dissection after blunt abdominal trauma com-

- plicated by acute hepatic failure: case report and review of literature. *J Vasc Surg* 2007;46:576-80.
16. De Mestral C, Dueck AD, Gomez D, Haas B, Nathens AB. Associated injuries, management, and outcomes of blunt abdominal aortic injury. *J Vasc Surg* 2012;56:656-60.
 17. Choi Y, Chung HH, Lee SH, Cho SB, Kim YH, Seo BK *et al.* Treatment of a traumatic celiac trunk detachment by bridging with a stent graft. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2012;35:422-5.
 18. Deree J, Shenvi E, Fortlage D, Stout P, Potenza B, Hoyt DB *et al.* Patient factors and operating room resuscitation predict mortality in traumatic abdominal aortic injury: a 20-year analysis. *J Vasc Surg* 2007;45:493-7.
 19. Lin BC, Wongb Y, Lim K, Fang J, Hsu Y, Kang S. Management of ongoing arterial haemorrhage after damage control laparotomy: optimal timing and efficacy of transarterial embolisation. *Injury Int J Care Injured* 2010;41:44-9.
 20. Lopera JE, Suri R, Kroma G, Gadani S, Dolmatch B. Traumatic occlusion and dissection of the main renal artery: endovascular treatment. *J Vasc Interv Radiol* 2011;22:1570-4.
 21. Tuech JJ, Villapadierna, Singland JD, Papon X, Pessaux P, Vergos. Blunt injury to the common iliac artery. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2000;20:47-50.
 22. Harris DG, Drucker C, Brenner M, Narayan M, Sarkar R, Scalea TM *et al.* Management and outcomes of blunt common and external iliac arterial injuries. *J Vasc Surg* 2014;59:180-5.
 23. Hoyt DB, Coimbra R, Potenza B, Rappold J. Anatomic exposure for vascular injuries. *Surg Clin N Am* 2001;81:1299-330.
 24. Ibn Majdoub Hassania K, Mohsineb R, Belkouchib A, Bensaidc Y. Post-traumatic arteriovenous fistula of the hepatic pedicle. *J Vasc Surg* 2010;147:e333-e336.
 25. Mosquera VX, Marini M, Cao I, Gullias D, Muniz J, Herrera-Norena JM *et al.* Traumatic aortic injuries associated with major visceral vascular injuries in major blunt trauma patients. *World J Surg* 2012;36:1571-80.
 26. Olsen AB, Ralhan T, Harris JH Jr, Evani V. Superior mesenteric artery pseudoaneurysm after blunt abdominal trauma. *Ann Vasc Surg* 2013;27:674-8.
 27. Paul JS, Webb TP, Aprahamian C, Weigelt JA. Intraabdominal vascular injury: are we getting any better? *J Trauma* 2010;69:1393-7.
 28. Pearl J, Chao A, Kennedy S, Paul B, Rhee P. Traumatic injuries to the portal vein: case study. *J Trauma* 2004;56:779-82.
 29. Stagnitti F. Uncontrolled bleeding in patients with major abdominal trauma. *Ann Ital Chir* 2013;84:365-9.
 30. Sadaghianloo N, Elixene J, Breaud J, Declémy S, Kurzenne J, Hassen-Khodja R. Blunt abdominal aortic trauma in paediatric patients. *Injury Int J Care Injured* 2014;45:183-91.

10.4 Traumi vascolari degli arti

La lesione periferica è anatomicamente localizzata dal legamento inguinale sino alle dita dei piedi per l'arto inferiore; dal distretto deltoide-pettorale sino alle dita delle mani per l'arto superiore.

10.4.1 Eziopatogenesi

Le lesioni traumatiche periferiche sono più frequenti agli arti inferiori e sono causate da meccanismi penetranti nel 75-80%¹. Queste lesioni sono clinicamente e obiettivamente più evidenti rispetto a quelle del tronco e si manifestano sotto forma di sanguinamento in atto o ematoma (stabile o in espan-

sione) oppure sotto forma di ischemia ad estensione variabile a seconda del livello del trauma con perdita dei polsi periferici; spesso la lesione emorragica ed ischemica sono associate.

10.4.2 Clinica e diagnosi

Nei pazienti che si presentano con importante emorragia in atto, la lesione vascolare viene sottoposta, già nella sede dell'incidente, ad energica compressione manuale; nel caso questa manovra non sia efficace potrebbe essere necessario il posizionamento di un tourniquet che esercita una importante compressione circonferenziale. Questi pazienti vengono poi trasportati direttamente in sala operatoria per essere sottoposti ad intervento chirurgico emergente per intercettare quanto prima il distretto vascolare interessato dalla lesione; per una migliore caratterizzazione e localizzazione della lesione può essere sufficiente un eco-color-Doppler o un'arteriografia intraoperatoria nel caso di lesioni multiple²⁻⁸.

Nei traumi chiusi degli arti con quadro clinico periferico di tipo ischemico (con eventuale associato ematoma pulsante o non pulsante) l'eco-color-Doppler è indicato come diagnostica di primo livello per la conferma del dato clinico e per stabilire la localizzazione e la morfologia della lesione⁹⁻¹¹.

Questa diagnostica quindi ha un ruolo fondamentale e complementare all'esame obiettivo nel localizzare anche lesioni occulte e clinicamente paucisintomatiche con indice ABI che può essere positivo per sospetta lesione¹².

L'eco-color-Doppler è comunque una diagnostica operatore dipendente con risultati in termini di sensibilità e specificità che possono variare a seconda dell'esperienza dell'operatore. Certamente i migliori risultati si possono ottenere quando questa diagnostica viene eseguita dallo stesso clinico nonché operatore.

Qualora i risultati della diagnostica di I livello siano incerti o di difficile esecuzione è necessaria una diagnostica di II livello (Angiografia o Angio TC) per meglio definire le lesioni, tenendo presente che può esserci un 5% di falsi positivi o falsi negativi: l'esecuzione dell'una o dell'altra metodica dipende dal tipo di trauma (fondamentali a tal proposito le informazioni sulla dinamica), dalle condizioni cliniche del paziente e dal Centro in cui è stato trasportato il ferito, considerando che non tutti i presidi ospedalieri sono dotati della Sala Angiografica¹³⁻¹⁵.

Quest'ultima peraltro richiede più tempo per essere attivata, mentre l'Angio TC solitamente richiede tempi di esecuzione decisamente più brevi; inoltre quest'ultima diagnostica dà informazioni anche sugli altri tessuti e non solo sui vasi per i quali peraltro presenta una specificità diagnostica che in certi casi può essere superiore a quella dell'Angiografia (grazie anche a software dedicati) per la localizzazione di modeste lesioni come flaps intimali, dissezioni segmentarie, piccoli pseudoaneurismi. Per questi motivi l'Angio TC sta assumendo un ruolo sempre più importante come diagnostica preoperatoria di II livello¹⁶⁻²⁷.

La sensibilità e specificità dell'Angio TC può ridursi per la presenza di corpi estranei metallici nelle sedi interessate da lesioni vascolari.

10.4.3 *Terapia*

Nel caso di lesioni intimali o pseudoaneurismi inferiori ai 5 mm l'atteggiamento deve essere conservativo con frequenti controlli mediante eco-color-Doppler, considerando che oltre il 90% di piccole lesioni rimangono stabili o si risolvono spontaneamente.

L'arteriografia, considerata indagine diagnostica di II livello, può diventare contestualmente procedura a fini terapeutici per quelle lesioni meritevoli di trattamento endovascolare²⁸⁻³⁴.

Per lesioni tipo fistole a-v a basso flusso, piccoli pseudoaneurismi o sanguinamento attivo di collaterali arteriose può essere indicata un'embolizzazione periferica mediante Microparticelle in PVA (polivinil alcool), Spongostan o Spirali in platino in corso di diagnostica arteriografica; per pseudoaneurismi di dimensioni superiori ai 5 mm, fistole a-v ad alto flusso o sanguinamenti attivi di arteria principale, quale può essere la femorale superficiale, l'indicazione migliore può essere la correzione endovascolare mediante stent ricoperto, laddove vi siano i margini anatomici per poterlo applicare^{26, 35-39}.

Qualora sia necessario eseguire un intervento chirurgico, il campo operatorio presuppone la preparazione di tutto l'arto interessato dalla lesione; inoltre se l'arto lesso è quello superiore occorre estendere il campo operatorio anche ad uno dei due arti inferiori; se l'arto lesso è quello inferiore è necessario preparare il campo operatorio anche per l'arto inferiore controlaterale supposto integro: tutto questo per poter eventualmente utilizzare il graft venoso safenico di un arto sano.

Nel caso di un trauma penetrante multidistrettuale o nei traumi cui non è stato possibile eseguire uno studio preoperatorio per l'instabilità clinica del paziente traumatizzato può essere necessaria un'arteriografia intraoperatoria^{1, 40-45}.

L'instabilità clinica può essere causata anche da lesioni associate, per cui bisogna sempre considerare il motto "la vita prima della gamba o braccio"; vale a dire che la priorità va data alle eventuali lesioni che possono mettere in grave pericolo di vita il paziente, che presenta anche lesioni del distretto cranico, cervicale o del tronco toraco-addominale.

Il tipo di riparazione vascolare dipende dal sito e dall'entità della lesione e può essere rappresentato dalla sutura diretta, dalla resezione e reimpianto diretto del vaso, dall'innesto o by pass con graft preferibilmente autologo, quando disponibile, oppure con protesi alloplastica (ePTFE) che può essere considerata una soluzione definitiva o una soluzione ponte, qualora si dovesse infettare il sito chirurgico. In tal caso si possono eventualmente considerare ulteriori opzioni chirurgiche utilizzando un altro graft alloplastico per eseguire rivascolarizzazioni extra anatomiche al fine di bypassare il sito chirurgico infetto oppure sostituendo la protesi precedentemente impiantata con un graft biologico eterologo, di cui però va considerata la ridotta pervietà a un anno di follow-up⁴⁶⁻⁴⁸.

Alla fine dell'intervento chirurgico è importante eseguire un'arteriografia di controllo o un eco-color-Doppler (a seconda dell'intervento eseguito) per valutare l'esito morfo-funzionale della rivascolarizzazione.

Qualora la riperfusione venga ripristinata dopo un'ischemia di oltre 6 ore può esserci il rischio di una sindrome compartimentale; motivo per cui l'arto interessato dalla lesione va attentamente monitorato e se nell'immediato post operatorio compare dolore crescente con riduzione del movimento, in particolare della flessione-estensione distale, ipoestesia distale associata a diffuse parestesie, crescente tensione con incremento della pressione intramuscolare superiore ai 30 mmHg, è necessario eseguire una fasciotomia dei compartimenti mediale e laterale⁴⁹⁻⁵¹.

Le lesioni vascolari possono associarsi a lesioni osteo-muscolari. Se l'arto appare stabile è indicato eseguire prima la correzione vascolare e successivamente quella ortopedica con successivo controllo vascolare⁵². Qualora vi sia un'estesa lesione

muscolo scheletrica tale da rendere instabile l'arto può essere utile posizionare un fissatore esterno e successivamente risolvere la lesione vascolare; ulteriori manovre ortopediche possono poi rendersi necessarie. Per ridurre i tempi di ischemia è utile posizionare uno shunt fra il capo prossimale e quello distale dell'arteria lesionata in previsione della manovre di stabilizzazione dell'arto traumatizzato; alla fine dell'intervento ortopedico poi sarà possibile proseguire l'intervento di ricostruzione vascolare ^{46, 53, 54}.

Per quanto riguarda le lesioni dei vasi venosi profondi principali, è sempre consigliabile la ricostruzione diretta laddove è possibile o tramite l'interposizione di graft venoso superficiale (grande o piccola Safena) se la lesione è estesa: alla fine dell'intervento l'arto dovrà rimanere in scarico con eventuale elastocompressione con benda bielastica considerando l'alto rischio di trombosi entro 2 settimane dalla ricostruzione. Nel caso di lesioni di vasi venosi superficiali o secondari del distretto profondo, può essere eseguita la legatura dei capi prossimali e distali intercettabili ^{55, 56}.

Le lesioni neurologiche periferiche sono presenti in circa il 50% degli arti superiori ed in circa il 25% degli arti inferiori con lesioni vascolari e possono condizionarne la futura ripresa funzionale. Nel caso di sezione pulita da taglio di un singolo ramo solitamente viene eseguita la riparazione in corso di correzione vascolare; qualora invece vi siano lacerazioni di segmenti nervosi associate ad inquinamento e/o edema della ferita, i capi nervosi prossimali e distali devono essere uniti con sovrapposizione dei monconi per poi programmarne il riallineamento dopo circa 1 mese (ed entro i 6 mesi) dal trauma ⁵⁷.

Per quanto riguarda la compromissione dei tessuti molli (cute, sottocute, fascia, muscolo) è fondamentale eseguire un adeguato debridement di tutto ciò che appare necrotico ed inquinato da materiale esterno al fine di ridurre il rischio di infezione; per le ferite estese è necessario un frequente lavaggio ed eventuale ulteriore courretage chirurgico in sala operatoria ogni 2-3 giorni per rimuovere eventualmente ulteriore tessuto devitalizzato.

Se vi è perdita di importante tessuto molle, fondamentale per coprire ossa, vasi e nervi, può essere necessario eseguire un intervento di chirurgia plastica utilizzando lembi di rotazione di tessuto muscolocutaneo limitrofo ⁵⁸⁻⁶¹ o recuperato da altra sede (ret-

to addominale) come lembi liberi microchirurgici ⁶².

Qualora vi sia una significativa ed estesa perdita di tessuto molle e tessuto osseo con importanti lacerazioni nervose e vascolari può essere necessaria l'amputazione primaria ^{63, 64}.

Raccomandazione 10.4.1

Nei traumi chiusi degli arti con ischemia periferica l'eco-color-Doppler è indicato come diagnostica di primo livello per la conferma del dato clinico e per stabilire la localizzazione e la morfologia della lesione.

Raccomandazione 10.4.2

Qualora i risultati della diagnostica di I livello siano incerti o di difficile esecuzione è indicata come diagnostica di II livello l'Angiografia o l'Angio TC: l'esecuzione dell'una o dell'altra metodica dipende dal tipo di trauma, dalle condizioni cliniche del paziente e dal Centro di ricovero.

Raccomandazione 10.4.3

L'arteriografia, considerata indagine diagnostica di II livello, è da considerarsi anche procedura contestuale a fini terapeutici per quelle lesioni meritevoli di trattamento endovascolare. Nel caso di un trauma penetrante multidistrettuale o nei traumi cui non è stato possibile eseguire uno studio preoperatorio può essere necessaria un'arteriografia intraoperatoria.

Raccomandazione 10.4.4

Come riparazione vascolare possono essere indicate la sutura diretta, la resezione e il reimpianto del vaso, l'innesto o il by pass con graft preferibilmente autologo altrimenti alloplastico (ePTFE), da considerarsi soluzione definitiva o soluzione ponte, qualora si dovesse infettare il sito chirurgico. In tal caso si possono eventualmente considerare ulteriori opzioni chirurgiche anche extra anatomiche al fine di by passare il sito chirurgico infetto oppure sostituendo la protesi precedentemente impiantata con un graft biologico eterologo.

Raccomandazione 10.4.5

In caso di associate lesioni osteo-muscolari importanti, se l'arto appare stabile è indicato eseguire

prima la correzione vascolare e successivamente quella ortopedica con successivo controllo vascolare, mentre se l'arto appare instabile è indicato posizionare un fissatore esterno e successivamente risolvere la lesione vascolare. Per ridurre i tempi di ischemia può essere indicato uno shunt temporaneo fra capo prossimale e distale dell'arteria lesionata; alla fine dell'intervento ortopedico poi sarà possibile proseguire l'intervento di ricostruzione vascolare.

Raccomandazione 10.4.6

Alla fine dell'intervento chirurgico è indicato eseguire un eco-color-Doppler o un'arteriografia di controllo per valutare l'esito della rivascolarizzazione.

Raccomandazione 10.4.7

È indicata un'attenta e costante monitoraggio nell'immediato post operatorio e se compare dolore crescente con riduzione della flessione distale, ipoestesia distale associata a diffuse parestesie, incremento della pressione intramuscolare superiore ai 30 mmHg, è indicato eseguire una fasciotomia mediale e laterale per evitare una sindrome compartimentale.

Raccomandazione 10.4.8

Qualora vi sia una significativa ed estesa perdita di tessuto molle e osseo con importanti lacerazioni nervose e vascolari può essere indicata l'amputazione primaria.

Bibliografia

- Gonzalez RP, Falimirski ME. The utility of physical examination in proximity penetrating extremity trauma. *Am Surg* 1999;65, 8:784-9.
- Bulger EM, Snyder D *et al.* An evidence-based prehospital guideline for external hemorrhage control. American College of Surgeons Committee on Trauma. *Prehosp Emerg Care* 2014;18:163-73.
- Clancy TV, Gary Maxwell J, Covington DL, Brinker CC, Blackman D. A statewide analysis of level I and II trauma centers for patients with major injuries. *J Trauma* 2001;51:346-51.
- Coronenwett J, Rutherford R. *Decision Making in Vascular Surgery*. Philadelphia, PA: Saunders; 2001.
- Dennis JW, Frykberg ER, Veldenz HC, Huffman S, Menawat SS. Validation of nonoperative management of occult vascular injuries and accuracy of physical examination alone in penetrating extremity trauma: 5- to 10-year follow-up. *J Trauma* 1998;44:243-52;discussion 242-3.
- Gracias V, Reilly P, McKenny M, Velmahos G, editors. *Acute Care Surgery: A Guide for General Surgeons*. McGraw-Hill; 2009.
- Modrall JG, Weaver FA, Yellin AE. Diagnosis and management of penetrating vascular trauma and the injured extremity. *Emerg Med Clin North Am* 1998;16, 1:129-44.
- Kumar RS, Hood DB, Weaver FA. *Extremity vascular trauma. Decision making in vascular surgery*. Philadelphia, PA: Saunders; 2001.
- Bynoe RP, Miles WS, Bell RM *et al.* Noninvasive diagnosis of vascular trauma by duplex ultrasonography. *J Vasc Surg* 1991;14:346-52.
- Fry WR, Smith RS, Sayers DV *et al.* The success of duplex ultrasonographic scanning in diagnosis of extremity vascular proximity trauma. *Arch Surg* 1993;128:1368-72.
- Giannini M, Almeida Rollo H, Bonetti Yoshida W, Lastória S, Moura R, de Abreu Maffei FH. Value of ultrasonographic contrast in duplex scanning of leg arteries. Comparison with conventional duplex scanning and arteriography. *Int Angiol* 2004;23:263-9.
- Levy BA, Zlowodzki MP, Graves M, Cole PA. Screening for extremity arterial injury with the arterial pressure index. *Am J Emerg Med* 2005;23, 5:689-95.
- Anderson SW, Foster BR, Soto JA. Upper extremity CT angiography in penetrating trauma: use of 64-section multidetector CT. *Radiology* 2008;249, 3:1064-73.
- Avery LE, Stahlfeldt KR, Corcos AC *et al.* Evolving role of endovascular techniques for traumatic vascular injury: a changing landscape? *J Trauma Acute Care Surg* 2012;72:41-6.
- Schwartz MR, Weaver FA, Bauer M *et al.* Refining the indication for arteriography in penetrating extremity trauma: a prospective analysis. *J Vasc Surg* 1993;17:116-24.
- Busquets AR, Acosta JA, Colón E, Alejandro KV, Rodríguez P. Helical computed tomographic angiography for the diagnosis of traumatic arterial injuries of the extremities. *J Trauma* 2004;56:625-8.
- Fanucci E, Fiaschetti V, Rotili A, Floris R, Simonetti G. Whole body 16-row multislice CT in emergency room: effects of different protocols on scanning time, image quality and radiation exposure. *Emergency Radiology* 2007;13, 5:251-7.
- Fleiter TR, Mervis S. The role of 3D-CTA in the assessment of peripheral vascular lesions in trauma patients. *Eur J Radiol* 2007;64, 1:92-102.
- Hood DB, Weaver FA, Yellin A.E. Changing perspectives in the diagnosis of peripheral vascular trauma. *Seminars Vasc Surg* 1998;11, 4:255-60.
- Inaba K, Potzman J, Munera F, McKenney M, Munoz R, Rivas L *et al.* Multi-slice CT angiography for arterial evaluation in the injured lower extremity. *J of Trauma* 2006;60, 3, 502-506;discussion 506-507.
- Pieroni S, Foster BR, Anderson SW, Kertesz JL, Rhea JT, Soto JA. Use of 64-row multidetector CT angiography in blunt and penetrating trauma of the upper and lower extremities. *Radiographics* 2009;29:863-76.
- Rieger M, Mallouhi A, Tauscher T, Lutz M, Jaschke WR. Traumatic arterial injuries of the extremities: initial evaluation with MDCT angiography. *AJR* 2006;186, 3:656-64.
- Seamon MJ, Smoger D, Torres DM, Pathak AS, Gaughan JP, Santora TA *et al.* A prospective validation of a current practice: the detection of extremity vascular injury with CT angiography. *J Trauma* 2009;67:238-43;discussion 243-244.
- Wallin D, Yaghoubian A, Rosing D, Walot I, Chauvapun J, de Virgilio C. Computed tomographic angiography as the primary diagnostic modality in penetrating lower extremity vascular injuries: a level I trauma experience. *Ann Vasc Surg* 2011;25:620-3.
- Weaver FA, Yellin AE, Bauer M, Oberg J, Ghalambor N, Emmanuel RP *et al.* Is arterial proximity a valid indication for arteriography in penetrating extremity trauma? A prospective analysis. *Arch Surg* 1990;125, 10, 1256-60.
- White PW, Gillespie DL, Feurstein I, Aidinian G, Phinney S, Cox MW *et al.* Sixty-four slice multidetector computed tomographic angiography in the evaluation of vascular trauma. *J Trauma* 2010;68, 1:96-102.
- Willmann JK, Wildermuth S. Multidetector-row CT angiography of

- upper- and lower-extremity peripheral arteries. *Eur Radiol* 2005;15 Suppl 4, pp. (D3-9).
28. Brandt MM, Kazanjian S, Wahl WL. The utility of endovascular stents in the treatment of blunt arterial injuries. *J Trauma* 2001;51, 5:901-5.
 29. Flamm SD. Cross-sectional imaging studies: what can we learn and what do we need to know? *Semin Vasc Surg* 2007;20, 2:108-14.
 30. Itani KM, Burch JM, Spjut-Patrinely V, Richardson R, Martin RR, Mattox KL. Emergency center arteriography. *J Trauma*, 1992;32, 3, 302-6;discussion 306-307.
 31. Kobayashi L, Coimbra R. Vascular trauma: new directions in screening, diagnosis and management. *Vascular Surgery*, ISBN: 978-953-51-0328-8, pp. 39-72;2012
 32. Murad MH, Swiglo BA, Sidawy AN, Ascher E, Montori VM. Methodology for clinical practice guidelines for the management of arterio-venous access. *J Vasc Surg* 2008;48:26S-30S.
 33. O'Gorman RB, Feliciano DV, Bitondo CG, Mattox KL, Burch JM, Jordan GL, Jr. Emergency center arteriography in the evaluation of suspected peripheral vascular injuries. *Arch Surg* 1984;119, 5:568-73.
 34. Peng PD, Spain DA, Tataria M, Hellinger JC, Rubin GD, Brundage SI. CT angiography effectively evaluates extremity vascular trauma. *Am Surg* 2008;74, 2:103-7.
 35. Meyerson SL, Feldman T, Desai TR, Leef J, Schwartz LB, McKinsey JF. Angiographic access site complications in the era of arterial closure devices. *Vascu Endovasc Surg* 2002;36, 2:137-44.
 36. Parodi JC, Schonholz C, Ferreira LM, Bergan J: Endovascular stent graft treatment of traumatic arterial lesions. *Ann Vasc Surg* 1999;13:121-9.
 37. Piffaretti G, Tozzi M, Lomazzi C, Rivolta N, Caronno R, Lagana D *et al.* Endovascular treatment for traumatic injuries of the peripheral arteries following blunt trauma. *Injury* 2007;38:1091-7.
 38. Reuben BC, Whitten MG, Sarfati M, Kraiss LW. Increasing use of endovascular therapy in acute arterial injuries: analysis of the National Trauma Data Bank. *J Vasc Surg* 2007;46, 6:1222-6.
 39. Starnes BW, Arthurs ZM. Endovascular management of vascular trauma. *Perspect Vas Sur Endovasc Ther* 2006;18, 2:114-29.
 40. Carrick MM, Morrison CA, Pham HQ, Norman MA, Marvin B, Lee J *et al.* Modern management of traumatic subclavian artery injuries: a single institution's experience in the evolution of endovascular repair. *Am J Surg* 2010;199, 1, 28-34.
 41. Castelli P, Caronno R, Piffaretti G, Tozzi M, Lagana D, Carrafiello G *et al.* Endovascular repair of traumatic injuries of the subclavian and axillary arteries. *Injury* 2005;36, 6: 778-82.
 42. Danetz JS, Cassano AD, Stoner MC, Ivatury RR, Levy MM. Feasibility of endovascular repair in penetrating axillosubclavian injuries: a retrospective review. *J Vasc Surg* 2005;41, 2:246-54.
 43. Demetriades D, Chahwan S, Gomez H, Peng R, Velmahos G, Murray J *et al.* Penetrating injuries to the subclavian and axillary vessels. *J Am Coll Surg* 1999;188, 3:290-5.
 44. Du Toit DF, Lambrechts AV, Stark H, Warren BL. Long-term results of stent graft treatment of subclavian artery injuries: management of choice for stable patients? *J Vasc Surg* 2008;47, 4:739-43.
 45. Wagner WH, Calkins ER, Weaver FA *et al.* Blunt popliteal artery trauma. One hundred consecutive injuries. *J Vasc Surg* 1988;7:736-43
 46. Borut LT, Acosta CJ, Tadlock LC, Dye JL, Galarneau M, Elshire CD. The use of temporary vascular shunts in military extremity wounds: a preliminary outcome analysis with 2-year follow-up. *J Trauma* 2010;69:174-8.
 47. Feliciano DV, Moore FA, Moore EE, West M, Davis J, Cocanour CS *et al.* Evaluation and management of peripheral vascular injury. Part 1. Western Trauma Association/Critical Decision in Trauma. 70, 6, (June 2011), pp. (1551),.
 48. Frykberg ER, Dennis JW, Bishop K, Laneve L, Alexander RH. The reliability of physical examination in the evaluation of penetrating extremity trauma for vascular injury: results at one year. *J Trauma* 1991;31, 4:502-11.
 49. Farber A, Tan TW, Hamburg NM, Kalish JA, Joglar F, Onigman T *et al.* Early fasciotomy in patients with extremity vascular injury is associated with decreased risk of adverse limb outcomes: a review of the National Trauma Data Bank. *Injury* 2012;43:1486-91.
 50. Johnson SB, Weaver FA, Yellin AE *et al.* Clinical results of decompressive dermatomy- fasciotomy. *Am J Surg* 1992;164:286-90.
 51. Tizon-Marcos H, Barbeau GR. Incidence of compartment syndrome of the arm in a large series of transradial approach for coronary procedures. *Journal of Interventional Cardiology* 2008;21, 5:380-4.
 52. Moniz MP, Ombrellaro MP, Stevens SL, Freeman MB, Diamond DL, Goldman MH. Concomitant orthopedic and vascular injuries as predictors for limb loss in blunt lower extremity trauma. *Am Surg* 1997;63:24-8.
 53. Gifford SM, Aidinian G, Clouse WD, Fox CJ, Porras CA, Jones WT *et al.* Effect of temporary shunting on extremity vascular injury: an outcome analysis from the Global War on Terror vascular injury initiative. *J Vasc Surg* 2009;50:549-55;discussion 555-6.
 54. Johansen K, Bandyk D, Thiele B, Hansen ST. Temporary intraluminal shunts. Resolution of a management dilemma in complex vascular injuries. *J Trauma* 1982;22:395-402.
 55. Meyer J, Walsch J, Schuler J *et al.* The early fate of venous repair after civilian vascular trauma. *Ann Surg* 1987;206:458-64.
 56. Rich NM. Principles and indications for primary venous repair. *Surgery* 1982;91:492-6.
 57. Visser PA, Hermreck AS, Pierce GE *et al.* Prognosis of nerve injuries incurred during acute trauma to peripheral arteries. *Am J Surg* 1980;140:569-9.
 58. Banerjee R, Waterman B, Nelson J, Abdelfattah A. Reconstruction of massive midfoot bone and soft tissue loss as a result of blast injury. *J Foot Ankle Surg* 2010;49:301-4.
 59. Franz RW, Shah KJ, Halaharvi D, Franz ET, Hartman JF, Wright ML. A 5-year review of management of lower extremity arterial injuries at an urban level I trauma center. *J Vasc Surg* 2011;53:1604-10.
 60. Hoyt DB, Coimbra R, Potenza BM, Rappold JF. Anatomic exposures for vascular injuries. *Surg Clin North Am* 2001;81, 6: 1299-330.
 61. Sadjadi J, Cureton EL, Dozier KC, Kwan RO, Victorino GP. Expedited treatment of lower extremity gunshot wounds. *J Am Coll Surg* 2009;209, 6:740-5.
 62. Levin LS. The reconstructive ladder. An orthoplastic approach. *Orthop Clin North Am* 1993;24:393-409.
 63. Doody O, Given MF, Lyon SM. Extremities indications and techniques for treatment of extremity vascular injuries. *Injury* 2008;39, 11:1295-303.
 64. Shawen SB, Keeling JJ, Branstetter J, Kirk KL, Ficke JR. The mangled foot and leg: salvage versus amputation. *Foot Ankle Clin* 2010;15:63-75.