

Embolia polmonare e massiva e trombolisi farmaco-meccanica

Descrizione di un caso trattato con l'ausilio di un trombolizzatore

***Massive pulmonary embolism and pharmacological-mechanical thrombolysis:
 report of a case treated by mechanical catheter fragmentation***

Stefano PIERI - Maurizio MORUCCI - Paolo AGRESTI - Lorenzo DE' MEDICI

Introduzione

Con una variabilità di sintomi e di esami diagnostici non specifici, l'embolia polmonare continua a rimanere una frequente causa di morbilità e mortalità, spesso non diagnosticata [1]. In particolare, la variante massiva, comportando un notevole ostacolo alla perfusione polmonare, in modo acuto, se non trattata adeguatamente, porta rapidamente a morte, specie i pazienti cardiopatici [2].

Il principale obiettivo della terapia è quello di ridurre, rimuovere o dissolvere la causa dell'ostruzione emodinamica dal letto vascolare polmonare [3].

Numerosi studi hanno riportato i successi conseguiti nel trattamento dell'embolia polmonare con la terapia fibrinolitica, sistemica o locoregionale [3-7] ma, nel caso della forma massiva occorrono sicuramente interventi terapeutici più aggressivi ed immediati. La frammentazione meccanica degli emboli polmonari, eseguita per via percutanea, consente una più rapida ricanalizzazione delle arterie polmonari centrali, indipendentemente dal presidio utilizzato [8-11].

Riportiamo la nostra esperienza di un caso di embolia polmonare massiva, trattato con un presidio meccanico per la frammentazione dei trombi, con successiva fibrinolisi loco-regionale.

Caso clinico

Donna di 67 anni portata alla nostra osservazione in condizione di emergenza affetta da metastasi ossee e polmonari per un adenocarcinoma della mammella precedentemente asportato chirurgicamente. La paziente era giunta con la diagnosi di embolia polmonare massiva secondaria a flebotrombosi dell'arto inferiore sinistro. La diagnosi era stata avanzata dai clinici, in base ad un'anamnesi fortemente probante e quindi successivamente confermata dalla angio-TC spirale. Era stata quindi indirizzata al nostro servizio per tentare il trattamento immediato di trombolisi.

L'angiografia polmonare diagnostica è stata eseguita in anestesia locale con approccio trans-femorale destro con un catetere pig-tail 6 Fr, tipo Grollman, (angolato a 145°, lungo 125 cm - Cordis, Cordis

Introduction

With its wide variability of signs and nonspecific diagnostic findings, pulmonary embolism is a frequent cause of morbidity and mortality which often goes undiagnosed [1]. In particular, the form known as massive pulmonary embolism involves an acute massive obstacle to pulmonary perfusion, which, if not adequately treated, rapidly leads to death, especially in cardiac patients [2].

The main objective of therapy is to decrease, remove or dissolve the cause of the obstruction from the pulmonary vascular bed [3].

Several studies have reported on the success obtained in the treatment of pulmonary embolism by systemic or regional fibrinolysis [3-7]. Nonetheless, the massive form requires more aggressive immediate therapeutic intervention. Mechanical fragmentation of pulmonary emboli, done percutaneously, allows faster recanalisation of the central pulmonary arteries, regardless of the device used [8-11].

We report our experience with a case of massive pulmonary embolism treated with a mechanical device for fragmentation of the emboli, followed by regional fibrinolysis.

Case report

A 67-year-old woman was referred to our Department as an emergency patient. She suffered from bone and lung metastases of a breast adenocarcinoma that had been previously removed by surgery. The patient had a diagnosis of massive pulmonary embolism secondary to vein thrombosis in the left leg; the diagnosis, which had been formulated by the clinicians on the basis of a highly suggestive history, had been confirmed by spiral CT-angiography. She was then sent to our Department to attempt immediate thrombolytic treatment.

Diagnostic pulmonary angiography was performed with local anaesthesia, through a right transfemoral approach with a 6-F pigtail Grollman catheter (145° angle, 125-cm length - Cordis,

Europe, Roden, Olanda), con l'iniezione di mezzo di contrasto (Optiray 300, BykGulden, Cormano, Italia) (20 ml/s per 2,5 s), con successivo studio selettivo di ciascun albero arterioso polmonare.

I reperti angiografici evidenziati sono stati: a) notevole difetto di riempimento di entrambe le arterie polmonari principali: a destra in sede ilare, con estensione lobare inferiore, media e superiore (fig. 1); a sinistra l'interessamento era a carico del tratto discendente, con devascularizzazione completa del lobo inferiore e della lingula; b) ridotta perfusione del parenchima polmonare, sub-totale a destra e nella metà inferiore a sinistra; c) pressione arteriosa polmonare media fortemente aumentata (48 mmHg).

Come nostra consuetudine, in questi casi, abbiamo tentato la trombolisi, prima con l'infusione frazionata di un "bolo di carico" di Urokinasi (300.000 UI diluiti in 50 ml di soluzione fisiologica, in 30' - Urokinasi, PH&T, Milano, Italia) e quindi, tentando la frammentazione meccanica, tramite il catetere pig-tail. Visti gli scarsi risultati ottenuti (fig. 2), verosimilmente in rapporto alla presenza di trombi fortemente organizzati, e data l'estrema gravità clinica della paziente, abbiamo deciso di impiegare un dispositivo di frammentazione meccanica (trombolizzatore).

Il dispositivo utilizzato è stato l'Arrow-Trerotola (PTD, Arrow, Reading, Pa, USA), modello 8 Fr, da 15 mm con punta in silicone. Questo è composto da un canestro in nitinolo, che entra a diretto contatto degli emboli e con la parete del vaso da trattare. È connesso ad un motorino, in grado di garantire fino a 3000 rotazioni al minuto. Gli studi sperimentali *in vivo* su animali [12], ne hanno escluso la eventuale traumaticità sulle pareti vasali. Infatti, è già stato largamente utilizzato nella disostruzione delle protesi per emodialisi [13], ed è stato impiegato con successo anche in un caso di embolia polmonare massiva [14]. Il dispositivo è stato posizionato nell'albero polmonare tramite un introduttore angiografico armato, valvolato, 8 Fr, lungo 80 cm (Arrow, Reading, Pa, USA), impiegando una guida angiografica idrofilica da scambio, ad elevata resistenza (Terumo stiff, Terumo Europe NV, Lenven, Belgio). Dopo un ulteriore rilascio di boli frazionati di Urokinasi (150.000 UI diluiti in 150 ml soluzione fisiologica, somministrati in 15'), il canestro del trombolizzatore è stato posizionato a valle delle formazioni emboliche polmonari di destra (fig. 3A). Il dispositivo meccanico è stato quindi azionato, lentamente ritratto sino in sede ilare, con una durata della singola manovra di trombolisi fra i 15 e i 30 secondi. L'operazione è stata ripetuta più volte, poi estesa al ramo arterioso per il lobo superiore e all'arteria principale discendente di sinistra (fig. 3B) per un totale di 12 "passaggi". Sono state effettuate aspirazioni manuali al termine di ogni manovra, attraverso l'introduttore valvolato, con il recupero di grossolane formazioni trombotiche.

Al termine della trombolisi meccanica, l'arteriografia polmonare di controllo, con cateterismo selettivo destro e sinistro, ha consentito di visualizzare una completa rivascolarizzazione dei rami ilari e lobari, estesa in parte anche ai rami segmentari trattati. Residuavano ostruzioni e sub-ostruzioni dei rami segmentari non trattati, ma soprattutto non era ancora possibile assistere ad una completa ripercorrenza alveolare periferica, per la probabile migrazione periferica dei detriti della frammentazione meccanica. La pressione arteriosa polmonare infatti, era lievemente aumentata (58 mmHg), pur con un lieve miglioramento della PaO_2 ed una sensibile riduzione della dispnea.

È stato quindi deciso di completare il trattamento con la consueta fibrinolisi loco-regionale selettiva, alle dosi di 40.000 UI di urokinasi/h, con l'estremo del catetere angiografico posizionato a livello post-ilare inferiore destro (12 ore) e quindi a livello del ramo discendente intermedio di sinistra (ulteriori 12 ore). Al controllo finale, dopo 24 di fibrinolisi farmacologica, si confermava la lisi pressoché completa delle formazioni trombo emboliche ilari, lobari e segmentali (lobi inferiori), con comparsa di una buona opacizzazione in fase parenchimale, bilateralmente (figg. 4, 5). Al reperto angiografico si associa la normalizzazione della PaO_2 , della pressione media dell'arteria polmonare (25 mmHg) e la scomparsa della dispnea a riposo.

Cordis Europe, Roden, The Netherlands), after contrast medium injection (Optiray 300, BykGulden, Cormano, Italy) (20 ml/s for 2.5 s) followed by a selective study of each pulmonary artery tree.

CT-angiography revealed the following: a) considerable filling defect in both main pulmonary arteries : on the right this was located at a hilar level and extended to the lower, middle and upper lobes (fig. 1); on the left, it was located in the descending branch, with complete devascularisation of the lower lobe and of the lingula; b) reduced perfusion of the pulmonary parenchyma, sub-total on the right, and confined to the lower half on the left; c) significant increase in mean pulmonary artery pressure (48 mmHg).

As is customary in these cases, we first attempted thrombolysis by performing a fractionated infusion of a "sentinel bolus" of urokinase (300,000 IU in 50 ml of saline solution for 30 min - Urokinase, PH&T, Milan, Italy), followed by mechanical fragmentation with a pigtail catheter. Given the poor results achieved with this procedure (fig. 2), possibly due to the presence of highly organised thrombi, and considering the severity of the patient's clinical condition, we decided to use a mechanical fragmentation device (thrombolyser).

*The device used was an 8-F, 15-mm silicon-coated Arrow-Trerotola (PTD, Arrow, Reading, Pa, USA). This consists of a nitinol basket, which comes into direct contact with the emboli and the vessel wall. It is connected with a motor that can reach 3000 revolutions per minute. Experimental *in vivo* animal studies [12] have excluded any risk of vessel wall injury, and the device has been widely used with obstructed haemodialysis prostheses [13], and has successfully been used in one case of massive pulmonary embolism [14].*

The device was positioned inside the pulmonary tree through an armed 8-F, 80-cm angiographic introducer, with integral haemostasis valve, (Arrow, Reading, Pa, USA), using a stiff angiographic hydrophilic guide wire (Terumo stiff, Terumo Europe NV, Leuven, Belgium). After a second release of fractionated urokinase boluses (150,000 IU in 150 ml of saline solution, administered in 15 min), the basket was placed distal to the right pulmonary emboli (fig 3A). The mechanical device was then activated and slowly withdrawn as far as the hilum; each single thrombolytic manoeuvre lasted from 15 to 30 seconds. The manoeuvre was repeated several times and then extended to the arterial branch to treat the upper lobe and the left anterior descending artery (fig. 3B), to a total of 12 passes. After each manoeuvre gross thrombotic occlusions were aspirated through the introducer.

On completion of the mechanical thrombolysis, post-procedure pulmonary arteriography with selective right and left catheterisation displayed complete revascularisation of the hilar and lobar branches, in part extending to the treated segmental branches.

There were still obstructions and sub-obstructions in untreated segmental branches, but more importantly complete peripheral alveolar reperfusion could not be achieved possibly due to the peripheral migration of debris from the mechanical fragmentation. Pulmonary artery pressure had slightly increased (58 mmHg), despite a slight improvement in PaO_2 , and a considerable decrease in dyspnoea.

It was then decided to complete the treatment with the usual selective loco-regional fibrinolysis, with 40,000 IU of urokinase/h, with the tip of the angiographic catheter positioned first at the right lower post-hilar level (12 h), and then in the left intermediate descending branch (12 h). Angiography after 24 hours of pharmacological fibrinolysis confirmed the nearly complete lysis of the hilar, lobar and segmental (lower lobes) emboli, with good bilateral enhancement in the parenchymal phase (Figs. 4, 5). The angiographic findings were associated with normalisation of PaO_2 , of mean pulmonary artery pressure (25 mmHg), and of disappearance of dyspnoea at rest.

Discussione

L'embolia polmonare è l'espressione clinica di un embolo venoso, migrato da una vena del sistema profondo, il più delle volte dagli arti inferiori [2].

L'effetto emodinamico è dato non solo dalla localizzazione dell'embolo nell'albero arterioso polmonare, e quindi dall'ostacolo al flusso vascolare, ma anche dalla preesistente situazione della vascularizzazione polmonare, dalle condizioni cardiache e dalla eventuale risposta vasocostrittiva umorale, che può modulare una vasocostrizione polmonare reattiva. Il risultato è comunque un aumento delle resistenze polmonari e della pressione arteriosa polmonare, direttamente proporzionali alla quantità di flusso ostacolato. Si registra un incremento di lavoro nel ventricolo destro, un ipoafflusso di sangue nel circolo sistematico (ipotensione) poco ossigenato (incremento dello spazio morto = polmone ventilato ma non perfuso) [3].

Il punto centrale rimane comunque che maggiore è il grado di coinvolgimento delle arterie polmonari, maggiore è la gravità del quadro clinico. Pertanto, in tutti i casi di embolia polmonare l'obiettivo terapeutico si svolge su tre binari: a) precoce ed efficace scioglimento e/o rimozione degli emboli dal circolo polmonare; b) prevenzione della formazione di nuovi trombi (terapia anticoagulante); c) impedire la migrazione di nuovi emboli (posizionamento di filtri cavalì) [3, 11].

Mentre nelle embolie polmonari periferiche e segmentarie la frammentazione e lo scioglimento degli emboli possono essere ottenuti con la terapia fibrinolitica, sia loco-regionale, che sistemica, nell'embolia polmonare massiva lo scioglimento e la rimozione devono essere quanto più immediati e risolutivi possibili per la sopravvivenza stessa del paziente. Si tratta infatti di gestire un'emergenza, visto che il miglioramento soggettivo, dei parametri pressori e di saturazione di O₂ sono immediati dopo la frammentazione dell'ostacolo nel circolo polmonare [10].

Le indicazioni al trattamento aggressivo dell'embolia polmonare massiva sono oramai ampiamente accettate [11]. La trombectomia chirurgica, estremamente invasiva, per quanto efficace in alcuni casi, presenta infatti elevate percentuali di morbilità e di mortalità, nonostante i progressi della tecnica chirurgica e dell'assistenza anestesiologica [11, 15]. Infine, solo pochi centri ospedalieri possono disporre in tempi rapidi di una struttura di Cardiochirurgia.

La frammentazione meccanica dell'embolo, con la dispersione periferica, comporta un immediata riduzione della pressione arteriosa polmonare e una ripresa del flusso arterioso ossigenato, come da noi più volte registrato [16]. Utilizzando cateteri per trombolisi meccanica, invece, la riduzione della pressione polmonare può anche non verificarsi, o addirittura aumentare [13], come accaduto anche nel nostro caso, a causa dell'embolizzazione periferica, forse anche per vasospasmo e/o per produzione locale di trombossano A2. Ecco perché l'azione di frammentazione meccanica dell'embolo deve essere associata alla successiva somministrazione di un farmaco fibrinolitico (urokinase), con o senza eparina, finalizzata alla lisi dei piccoli frammenti di embolo, migrati a livello arteriolare. In questa ottica appare fondamentale effettuare anche l'aspirazione manuale degli emboli frammentati, eseguibile direttamente e ripetutamente dall'introduttore. La fibrinolisi loco-regionale deve pertanto sempre essere eseguita per almeno altre 24-48 ore,

Discussion

Pulmonary embolism is the clinical expression of a venous embolus that has migrated from a deep vein, most of the time from the lower limbs [2].

Haemodynamic changes are caused not only by the localisation of the embolus within the pulmonary artery tree, and by the obstruction of the blood flow, but also by the pre-existing status of pulmonary vascularisation, by the condition of the heart, and by a possible humoral vasoconstrictive response, which may trigger reactive pulmonary vasoconstriction. In any case, the result is an increase in pulmonary resistance and pulmonary artery pressure, directly proportional to the degree of obstruction to the flow. Right ventricular activity is increased, and the blood flowing into the systemic circulation (hypotension) is decreased and poorly oxygenated (increase in dead space=ventilated but not perfused lung) [3].

However, the key point is that the greater the extent of involvement of the pulmonary arteries, the greater the severity of the clinical pattern.

Therefore, in all cases of pulmonary embolism, the aims of therapy are threefold: a) to dissolve and/or remove the emboli from the pulmonary circulation promptly and effectively; b) to prevent the formation of new clots (anticoagulation therapy); c) to prevent the migration of new emboli (positioning of caval filters) [3, 11].

Whereas in peripheral and segmental pulmonary embolism the emboli may be fragmented and dissolved by either regional or systemic fibrinolytic therapy, in massive pulmonary embolism, the emboli must be dissolved and removed as soon and as effectively as possible to ensure the patient's survival. Massive pulmonary embolism is in every respect an emergency situation, given that subjective improvement, and improvement of the pressure and O₂ saturation parameters, occur immediately after the obstacle in the pulmonary circulation has been fragmented [10].

The indications to aggressive treatment of massive pulmonary embolism are now generally accepted [11]. Surgical thrombectomy, which is extremely invasive although effective in some cases, carries high morbidity and mortality rates, despite the progress in surgical techniques and anaesthesiological assistance [11, 15]. Finally, only few hospitals are able to provide fast access to a Cardiac Surgery facility.

Mechanical fragmentation of the embolus with distal dispersion leads to an immediate decrease in pulmonary artery pressure, and resumption of the oxygenated arterial flow, as previously reported by us on many occasions [16]. By contrast, using catheters for mechanical thrombolysis, the decrease in pulmonary pressure may fail to take place, or even increase [13]. This happened in our case as well, due to the peripheral embolisation, and maybe even to vasoconstriction and/or to the local production of thromboxane A2. This is why the mechanical fragmentation of the embolus needs to be followed by administration of a fibrinolytic drug (urokinase), with or without heparin, aimed at dissolving the small clot fragments that have migrated into the arterioles. From this point of view, it is also fundamental to carry out a manual aspiration of the fragmented emboli, which may be done directly and repeatedly with

sino ad ottenere un quadro angiografico di completa ripercussione parenchimale.

Nel caso trattato da Rocek [13], a nostro avviso, il successo terapeutico parziale potrebbe essere messo in relazione, più che alla mancata frammentazione dell'embolo localizzato nell'arteria polmonare sinistra, alla non effettuazione della terapia fibrinolitica, a completamento della procedura, non effettuata dall'Autore cecoslovacco forse nel timore delle possibili complicanze emorragiche.

La trombectomia meccanica percutanea è una realtà ormai consolidata nella terapia di altre patologie, quali le trombosi delle protesi per dialisi [13] o dei by-pass chirurgici [17]. Numerosi sono i presidi attualmente in commercio (Amplatz - Lang - Catetere pig rotante - Cateteri reolitici - Rotarex), tutti proposti anche per l'impiego nel circolo polmonare. Essi, in genere, non dissolvono completamente gli emboli, ma li frammentano in porzioni molto più piccole, contribuendo a ricanalizzare l'arteria polmonare principale e ad aumentare il flusso vascolare [18]. Questi emboli frammentati, che possono migrare perifericamente nella circolazione arteriosa polmonare, diventano così più suscettibili all'azione dei farmaci fibrinolitici. La validità dell'impiego di questi presidi meccanici nei casi di embolia polmonare acuta, massiva, risiede nel fatto che l'area delle arteriole distali è dalle quattro alle sei volte superiore rispetto a quanto misurato a livello dell'arteria polmonare principale. Inoltre il volume del letto polmonare periferico è il doppio di quello misurato a livello centrale: lo spostamento dei frammenti di emboli centrali all'interno delle arterie polmonari periferiche è in grado di produrre, in modo repentino, un aumento consistente di flusso e un miglioramento dei parametri emodinamici [8, 15].

Il presidio meccanico che, a nostro giudizio, riveste le caratteristiche di giusto equilibrio tra flessibilità del catetere, dimensioni del dispositivo di frammentazione, adattabilità ai vasi arteriosi polmonari, centrali e periferici, versatilità nei confronti degli emboli recenti o organizzati è l'Arrow-Trerotola. Infatti questo dispositivo, con l'ausilio di un introduttore armato lungo, precurvato o meno, può essere impiegato in ogni ramo dell'albero polmonare; la possibilità di ampliare la superficie d'azione fino a 15 mm, dopo aver aperto il cestello, consente di eseguire una frammentazione superiore al diametro del catetere con cui il dispositivo è stato trasportato, elemento da noi non riscontrato con i cateteri reolitici. Infine, ma non ultimo, la possibilità di eseguire con successo una frammentazione meccanica su emboli organizzati consente di migliorare la prognosi nel breve e medio periodo, specie in quelle forme di embolia polmonare non particolarmente suscettibili di miglioramento con la sola terapia fibrinolitica.

In conclusione, la nostra esperienza complessiva [16, 19] ci porta a confermare che quando l'embolia polmonare massiva viene sospettata, l'arteriografia polmonare deve essere eseguita. L'importanza di questa prestazione risiede più che nelle finalità diagnostiche, nelle fondamentali implicazioni terapeutiche dirette, sempre più ampliate dall'incessante sviluppo tecnologico. L'industria è infatti in grado di offrire nuovi e preziosi presidi terapeutici, molto utili per il trattamento endovascolare.

La frammentazione meccanica percutanea è quindi un'opzione terapeutica percorribile, estremamente efficace, per la possibilità di rimuovere rapidamente l'ostacolo e di ristabilire il flusso polmonare. Nello specifico, il PTD si è dimostrato

the introducer. For all these reasons, regional fibrinolysis must always be carried out for an additional 24-48 h at least, until the angiographic picture shows complete reperfusion of the parenchyma.

In the case treated by Rocek [13], in our opinion, the partial therapeutic success may be related not so much to failure to fragment the clot in the left pulmonary artery, as to the fact that no fibrinolytic therapy was administered after the procedure, possibly for fear of possible haemorrhagic complications.

Percutaneous mechanical thrombectomy is nowadays well established in the treatment of other pathologies such as dialysis graft [13] or surgical by-pass thrombosis [17]. There are several devices currently available (Amplatz - Lang - Rotatable pigtail catheters - Rheolytic catheters - Rotarex), which are also suggested for use within the pulmonary circulation.

These devices do not normally dissolve the clots completely, but break them down into much smaller portions, thus helping to recanalise the main pulmonary artery, and increase the flow [18]. The fragmented emboli, which may migrate distally within the pulmonary artery circulation, are more sensitive to the action of fibrinolytic drugs. The effectiveness of these mechanical devices in cases of acute massive pulmonary embolism lies in the fact that the surface of the distal arterioles is four to six times larger than the area measured on the main pulmonary artery. Furthermore, the volume of the distal pulmonary bed is twice the volume measured proximally: the displacement of the fragments of central emboli within the peripheral pulmonary arteries can rapidly increase the flow, and improve the haemodynamic parameters [8, 15].

The mechanical device that, in our opinion, offers a good balance between catheter flexibility, dimensions of the fragmentation device, adaptability to central and peripheral pulmonary arteries, versatility to recent or organised emboli is the Arrow-Trerotola. This device, used with a long, curved or straight armed introducer, can be used in any branch of the pulmonary tree. The possibility of extending the surface of action up to 15 mm, once the basket has been opened, enables more extensive fragmentation with respect to the diameter of the catheter through which the device was introduced, a possibility not offered by rheolytic catheters. Last but not least, the possibility to fragment organised emboli mechanically allows improved short- and mid-term prognosis, mainly in those forms of pulmonary embolism that are not susceptible to improve with fibrinolytic therapy alone.

In conclusion, our overall experience [16, 19] leads us to confirm that when massive pulmonary embolism is suspected, pulmonary arteriography must be performed. The importance of this treatment lies rather than in its diagnostic usefulness, in its direct implications on therapy, which are increasingly being expanded by technological developments. Industry is able to offer new and valuable therapeutic tools, which are very useful for endovascular treatment.

Mechanical percutaneous fragmentation is a practicable, extremely effective therapeutic option, due to its ability to rapidly remove the obstruction and re-establish pulmonary flow. In particular, the PTD proved to be a valid, safe and ef-

un presidio valido, sicuro ed efficace. La sua atraumaticità, la flessibilità, il suo calibro contenuto, adattabile a diametri di vasi anche di piccolo calibro, ne consentono l'impiego sia nelle arterie polmonari principali che nei rami segmentari. La nostra iniziale esperienza clinica è stata corredata da un successo morfologico, clinico e pressorio. La trombolisi meccanica, quindi, in mani esperte, è una procedura rapida, di facile utilizzazione, priva di complicanze maggiori e minori, sia immediate che a distanza, efficace a risolvere in breve tempo il dramma dell'embolia polmonare massiva.

Bibliografia/References

- 1) Remy-Jardin M, Remy J, Deschildre F *et al*: Diagnosis of pulmonary embolism with spiral CT: comparison with pulmonary angiography and scintigraphy. Radiology 200: 699-706, 1996.
- 2) Smith TP: Pulmonary embolism: what's wrong with the diagnosis. AJR 174: 1489-1497, 2000.
- 3) Handler JA, Feied CF: Acute pulmonary embolism. Aggressive therapy with anticoagulants and thrombolytics. Postgrad Med 97: 61-72, 1995.
- 4) Verstraete M, Miller GA, Bounameaux H *et al*: Intravenous and intrapulmonary recombinant tissue-type plasminogen activator in the treatment of acute massive pulmonary embolism. Circulation 77: 353-360, 1988.
- 5) Goldhaber SZ: Contemporary pulmonary embolism thrombolysis. Chest 107: 45S-51S, 1995.
- 6) Meyer G, Sors H, Charbonnier B *et al*: Effects of intravenous urokinase versus alteplase on total pulmonary resistance in acute massive pulmonary embolism: a European multicenter double-blind trial. J Am Coll Cardiol 19: 239-245, 1992.
- 7) Prewitt RM: Principles of thrombolysis in pulmonary embolism. Chest 99 (suppl): 157-164, 1991.
- 8) Fava M, Loyola S, Flores P, Huete I: Mechanical fragmentation and pharmacologic thrombolysis in massive pulmonary embolism. J Vasc Interv Radiol 8: 261-266, 1997.
- 9) Handa K, Sasaki Y, Kiyonaga A *et al*: Acute pulmonary thromboembolism treated successfully by balloon angioplasty: a case report. Angiology 8: 775-778, 1988.
- 10) Girard P, Simonneau G: Catheter fragmentation of pulmonary emboli. Chest 115: 1759, 1999.
- 11) Uflacker R: Interventional therapy for pulmonary embolism. J Vasc Interv Radiol 12: 147-164, 2001.
- 12) Trerotola SO, Davidson DD, Filo RS *et al*: Preclinical *in vivo* testing of a rotational mechanical thrombolytic device. JVIR 7: 717-723, 1996.
- 13) Trerotola SO: Mechanical thrombolysis of hemodialysis grafts. In: Trerotola SO, Savader SJ, Durham JD (eds) Venous interventions. The Society of Cardiovascular and Interventional Radiology, Fairfax, Virginia pp 94-110.
- 14) Rocek M, Peregrin J, Velimsky T: Mechanical thrombectomy of massive pulmonary embolism using an Arrow-Trerotola percutaneous thrombolytic device. Eur Radiol 8: 1683-1685, 1998.
- 15) Gulba DC, Schmid C, Borst HG *et al*: Medical compared with surgical treatment for massive pulmonary embolism. Lancet 343: 576-577, 1994.
- 16) Morucci M, Giuliani S, Pieri S, Agresti P *et al*: Embolia polmonare acuta: ruolo della pressione polmonare nella clinica e nella gestione terapeutica. Atti del Convegno Nazionale Sezione di Radiologia Vascolare ed Interventistica 2001, pag 40.
- 17) Pieri S, Agresti P, Minucci S *et al*: Iniziale esperienza clinica nella ricanalizzazione delle occlusioni arteriose periferiche. Atti del Convegno Nazionale Sezione di Radiologia Vascolare ed Interventistica 2001, pag 63.
- 18) Brady AJ, Crake T, Oakley CM: Percutaneous catheter fragmentation and distal dispersion of proximal pulmonary embolus. Lancet 338: 1186-1189, 1991.
- 19) Pedicelli G, Boni S, Concorsi P *et al*: La tromboembolia polmonare. Radiol Med 84: 242-261, 1992.

effective device. Its lack of traumatic effects, its flexibility, and small calibre that allows its use in small vessels, means it can be used both in the main pulmonary arteries and in their segmental branches. Our initial clinical experience was a morphological, clinical and pressure success. In conclusion, mechanical thrombolysis, performed by an expert, is a rapid, easy-to-use procedure, which does not present major or minor complications, either immediate or long-term, and it may rapidly and effectively resolve the problem of massive pulmonary embolism.

Dott. S. Pieri
Via F. Algarotti, 8
00137 Roma RM
Tel. 39-06-86896690
39-349-1946942
E-mail: stepieri@excite.it

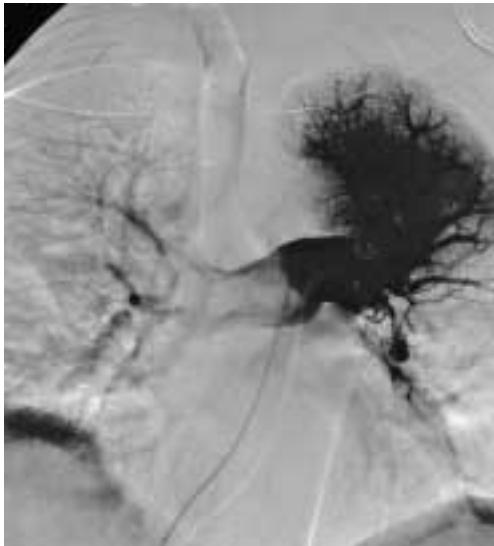


Fig. 1. — Arteriografia polmonare. L'iniezione di mezzo di contrasto mostra un'embolia polmonare massiva. L'embolo produce un grossolano difetto di riempimento dell'arteria polmonare destra: solo una piccola quota di mezzo di contrasto riesce ad oltrepassare l'embolo e ne conferma la "mostruosità dimensionale". A sinistra un frammento embolico ostruisce il ramo per il lobo inferiore e lingulare.

Pulmonary arteriography. Contrast medium injection evidences massive pulmonary embolism. The embolus produces a large filling defect in the right pulmonary artery: only a small amount of contrast medium can go beyond the embolus, thus confirming its "monstrous dimensions". On the left, embolic material obstructs the branch towards the lower lobe and the lingula.



Fig. 2. — Arteriografia polmonare dopo le prime manovre interventive. L'iniezione di mezzo di contrasto documenta la parziale ricanalizzazione dei rami arteriosi polmonari di destra, per i lobi inferiore e superiore. La parziale ricanalizzazione, a sinistra, intessa parte dell'arteria per il lobo inferiore. La pressione arteriosa polmonare continua a rimanere alta e la paziente continua ad avere dispnea. Sulla base di questi elementi si decide l'impiego di un dispositivo per la frammentazione meccanica. *Pulmonary angiography after the first interventional manoeuvres. Contrast medium injection evidences partial recanalisation of the right pulmonary artery branches, towards the lower and upper lobes. The partial recanalisation, left, involves part of the artery towards the lower lobe. Pulmonary artery pressure is still high, and the patient still presents with dyspnoea. On the basis of these elements, the use of a mechanical fragmentation device was decided.*

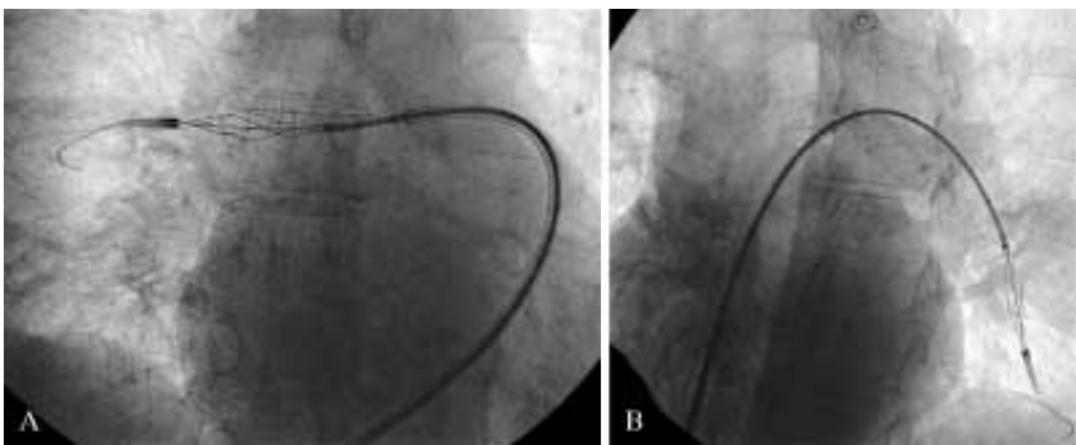


Fig. 3. — A) Dispositivo per la frammentazione meccanica in azione. Il PTD viene impiegato per frammentare il grossolano embolo nell'arteria polmonare destra. Una volta scoperto dalla guaina di protezione, assume un calibro nettamente superiore a quello utilizzato per arrivare in sede. Questo elemento, unito alla conformatore a canestro, consente al dispositivo di frammentare gli emboli, non solo quelli freschi, ma soprattutto quelli organizzati. B) Il PTD scorre su filo guida e presenta caratteristiche di flessibilità, che ne consentono l'impiego anche in rami polmonari più periferici. In questo caso, è stato inserito all'interno dell'arteria polmonare per il lobo inferiore sinistro: posizionato a valle dell'occlusione embolica viene azionato il motorino elettrico e il dispositivo viene lentamente ritirato.

A) Mechanical fragmentation device in action. The PTD is used to resolve the large embolus in the right pulmonary artery. Once the protective sheath is removed from the device, this has a definitely larger calibre than the device used to reach the site. This peculiarity, together with the basket shape, allows the device to resolve the emboli, not only the new ones, but mostly the organised ones. B) The PTD runs on the guide wire, and its flexibility allowed us to use it even in the peripheral pulmonary branches. In this case, the device was introduced inside the pulmonary artery towards the lower left lobe: it was placed distally from the embolic occlusion, the electric motor was started, and the device was slowly retrieved.



Fig. 4. — Angiografia polmonare selettiva sinistra. Al termine dei ripetuti passaggi con il dispositivo meccanico e dopo la fibrinolisi loco-regionale con Urochinasi, la ricanalizzazione delle arterie polmonari può considerarsi completata. Permangono piccoli difetti di riempimento nei rami vasculari periferici ma le condizioni cliniche, i dati della pressione polmonare e della saturazione di O₂ e l'aspetto angiografico consentono di interrompere il trattamento.

Selective left pulmonary angiography. After repeated passes with the mechanical device, and after regional urokinase fibrinolysis, recanalisation of the pulmonary arteries is virtually complete. There are still some small filling defects left in the peripheral vessels, but the clinical conditions, the data on pulmonary pressure and on O₂ saturation, and the angiographic data allow us to interrupt the treatment.

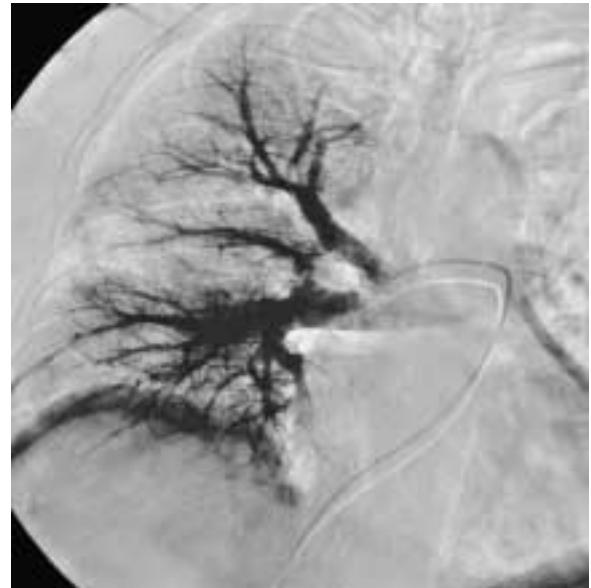


Fig. 5. — Angiografia polmonare selettiva destra. La ricanalizzazione dell'arteria polmonare destra coinvolge in modo prevalente i rami per i lobi superiore ed inferiore con visualizzazione delle arterie più periferiche. In considerazione della situazione di partenza, l'attuale aspetto angiografico, se pur parzialmente insoddisfacente, inserito nel contesto del miglioramento clinico della paziente, consente di formulare un giudizio di soddisfazione per l'opera della frammentazione meccanica e farmacologica. *Selective right pulmonary angiography. Recanalisation of the right pulmonary artery mainly involves the branches to the upper and lower lobes, with a visualisation of the most distal arteries. Keeping in mind the initial situation, the current angiographic findings, although partially unsatisfactory, when considered in the context of the patient's clinical improvements, allow us to express our satisfaction on the procedure of mechanical and pharmacological fragmentation.*