

MR angiography versus intra-arterial digital subtraction angiography of the lower extremities: activity-based cost analysis

Angio-RM versus angiografia digitale degli arti inferiori: analisi dei costi

F. Stacul¹ • F. Pozzi-Mucelli¹ • E. Lubin² • S. Gava¹ • R. Cuttin-Zernich¹ • G. Grisi³ • M.A. Cova¹

¹Unità Clinica Operativa di Radiologia, Università degli Studi di Trieste, Ospedale di Cattinara, Strada di Fiume 447, I-34149 Trieste, Italy

²Unità Operativa di Radiologia, Ospedale Umberto I, Mestre, Venezia, Italy

³Dipartimento di Economia e Tecnica Aziendale, Università degli Studi di Trieste, Trieste, Italy

Correspondence to: F. Stacul, Tel.: +39-040-3994372, Fax: +39-040-3994500, e-mail: fulvio.stacul@aots.sanita.fvg.it

Received: 16 May 2005 / Accepted: 26 July 2005

Abstract

Purpose. The aim of this study was to analyse the costs pertaining to the radiology department of magnetic resonance angiography (MRA) and intra-arterial digital subtraction angiography (DSA) in the evaluation of arterial disease of the lower limbs.

Materials and methods. The differential cost of the two procedures, i.e. the sum of equipment costs (amortisation and service contract), variable costs (supplies and related services) and personnel costs (radiologist, radiographer and nurse) was determined. The common cost (auxiliary personnel and indirect internal costs) was also calculated. Finally, the full cost of the two procedures was obtained (sum of differential and common costs).

Results. The differential cost of MRA was 186.14 euro (equipment costs: 50.80 euro, variable costs: 75.04 euro, personnel costs: 60.30 euro) while the differential cost of intra-arterial DSA was 238.18 euro (equipment costs: 57.60 euro, variable costs: 90.13 euro, staff costs: 90.45 euro). The estimated common cost was 5.62 euro. Therefore, the full cost of MRA was 191.76 euro and the full cost of intra-arterial DSA was 243.80 euro (27.1% higher).

Discussion and conclusions. Intra-arterial DSA costs more than MRA, mainly because of the higher costs of supplies used during the procedure and higher personnel costs (as a result of the longer duration of intra-arterial DSA). It should be noted that our evaluation considers costs pertaining to the radiology department only. It is evident that an economic analysis considering hospital costs as well would result in much higher costs for DSA if post-procedure hospitalisation is required. Our results cannot be simply exported to other radiology departments since they refer to the technology and organisation adopted in our department. However, our cost analysis model can be easily applied to other environments. MRA provides good diagnostic accuracy in the evaluation of arteries of the lower extremities, and its biological cost is far lower than that of intra-arterial DSA (MRA is non-invasive, it does not use ionising radiation, and the contrast medium is safe). Its lower cost is another argument in favour of the use of MRA instead of intra-arterial DSA in the evaluation of lower-extremity arterial disease.

Key words Magnetic resonance angiography • Intra-arterial digital subtraction angiography • Cost analysis • Peripheral vascular disease

Riassunto

Obiettivo. Scopo di questo lavoro è l'analisi comparata dei costi di pertinenza dei servizi di radiologia dell'Angio-RM e dell'angiografia digitale per via arteriosa eseguite per la valutazione delle arterie degli arti inferiori.

Materiali e metodi. È stato calcolato il costo differenziale delle due indagini, ovvero la somma dei costi delle apparecchiature (ammortamenti e manutenzione), dei costi variabili (materiali e servizi connessi) e dei costi del personale (medico, tecnico e infermieristico). È stato inoltre calcolato il costo comune (personale di supporto e costi interni indiretti) ed è stato così possibile valutare il costo pieno (somma del costo differenziale e del costo comune).

Risultati. Il costo differenziale dell'Angio-RM è risultato di 186,14 euro (costi delle apparecchiature 50,80 euro, costi variabili 75,04 euro, costi del personale 60,30 euro), mentre quello dell'angiografia digitale è risultato di 238,18 euro (costi delle apparecchiature 57,60 euro, costi variabili 90,13 euro, costi del personale 90,45 euro). Il costo comune è stato stimato in 5,62 euro. Pertanto l'Angio-RM ha avuto un costo pieno di 191,76 euro e l'angiografia digitale di 243,80 euro (ovvero superiore del 27,1%).

Discussione e conclusioni. L'angiografia digitale ha un costo superiore all'Angio-RM, determinato essenzialmente dal maggior costo del materiale utilizzato durante la procedura e dal maggior costo del personale (legato, a parità di figure professionali coinvolte, alla maggior durata dell'esame angiografico). Va sottolineato come la nostra valutazione consideri i soli costi interni alla radiologia. È evidente come un'analisi economica che prendesse in considerazione anche i costi ospedalieri penalizzerebbe ancor più l'angiografia nel caso essa implicasse la degenza del paziente. I dati da noi raccolti non possono essere passivamente esportati ad altre strutture, essendo condizionati dalla tecnologia impiegata e dalle nostre scelte organizzative. Il modello di analisi dei costi impiegato può peraltro venir facilmente applicato in altre realtà operative. L'Angio-RM fornisce una buona accuratezza diagnostica nella valutazione delle arterie degli arti inferiori ed ha un costo biologico nettamente inferiore all'angiografia digitale (assenza di invasività, assenza di radiazioni ionizzanti, mezzo di contrasto con più elevato margine di sicurezza). Il minor costo dell'Angio-RM costituisce un ulteriore elemento che porta a preferire questa indagine all'angiografia digitale nella diagnostica delle arteriopatie degli arti inferiori.

Parole chiave Angio-RM • Angiografia digitale intra-arteriosa • Analisi dei costi • Arteriopatia periferica

Introduction

Magnetic resonance angiography (MRA) has been increasingly applied in the evaluation of lower-limb arterial disease over the last few years. Technological advancements have allowed this technique to provide high levels of sensitivity and specificity as compared with digital subtraction angiography (DSA) as the gold standard even though the reported ranges are extremely wide (sensitivity: 71%–100%, specificity: 63%–100%) [1–11]. Most papers have, therefore, considered its diagnostic contribution and emphasised its advantages of having a negligible biological cost.

By contrast, this study analyses and compares the costs of MRA and intra-arterial DSA in the evaluation of lower-limb arteries. It should be noted that activities and costs related to these two examinations pertain largely to the radiology department even if some aspects, particularly related to DSA, concern other departments as well. The latter costs were only partially considered in our analysis, which basically evaluated the costs incurred by the radiology department. The costs were also analysed from the point of view of the producer (the hospital), whose aim it is to provide the patient with the best and most cost-effective clinical approach. Costs possibly linked to the two examinations in a private setting were consequently not considered in our study. Our study presents a cost-identification analysis, namely, a partial assessment of the two examinations in question, concentrating on their effect on costs (input) [12]. Clinical consequences of the two different approaches have, instead, been excluded from our study (output).

Materials and methods

Examination technique

Magnetic resonance angiography

MRA examinations were performed using a 1.5-T Intera Master superconductive magnet (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands) with 30 mT/m power gradients and 150 mT/m per millisecond rise time. The use of automated table movement (Mobitrack, Philips) allowed us to study the aorto-iliac, femoral-popliteal and popliteal-tibial vascular regions in a sequence. A body coil was used to acquire the images. The patient was placed in the supine position with ankles immobilised by supports so as to limit motion artefacts during image acquisition. For evaluation of each vascular region, we used three-dimensional (3-D) fast spin echo (FSE) T1-weighted sequences with the following parameters: TR=6 ms, TE 1.5 ms, flip angle 35°, slice thickness 1.5 mm (3 mm with 1.5-mm overlap), field of view 430 mm, matrix 512×512, number of slices 70 and acquisition time 28 s. Overall acquisition time of successive sequences, including the time needed for two table move-

Introduzione

L'angiografia mediante risonanza magnetica (Angio-RM) ha trovato negli ultimi anni applicazione sempre più ampia nella valutazione delle arteriopatie degli arti inferiori. I progressi tecnologici hanno fatto sì che tale indagine possa garantire una sensibilità ed una specificità elevate, utilizzando l'angiografia digitale come gold standard, pur se i lavori pubblicati riportano un range di percentuali assai ampio (sensibilità tra il 71% e il 100%, specificità tra il 63% e il 100%) [1–11]. Molti lavori hanno preso quindi in considerazione il suo apporto diagnostico ed hanno sottolineato i suoi benefici, per il trascurabile costo biologico.

In questo lavoro abbiamo ritenuto opportuno analizzare invece i costi dell'Angio-RM nella valutazione delle arterie degli arti inferiori, raffrontati a quelli dell'angiografia digitale per via arteriosa. Va rilevato come attività e costi relativi a queste due indagini sono in larga misura di pertinenza dei servizi di radiologia, ma per talune, l'angiografia digitale in particolare, riguardano anche altri reparti. Questi ultimi costi sono stati considerati solo in parte nella nostra analisi che ha valutato quindi essenzialmente i costi all'interno dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia. I costi sono inoltre stati considerati dal punto di vista del produttore (l'ospedale) che ha l'obiettivo di fornire al paziente l'approccio clinico migliore e con il miglior rapporto costo-efficacia. Non sono quindi stati considerati i costi che potrebbero essere legati a queste due indagini in un ambiente privato. L'analisi dei costi effettuata è del tipo cost-identification, ovvero una valutazione parziale con l'obiettivo di valutare, analizzando le due indagini considerate, gli effetti sui costi (input) [12]. Non sono invece state considerate le conseguenze cliniche dei due diversi approcci (output).

Materiali e metodi

Tecnica d'esame

Angio-RM

Gli esami di Angio-RM sono stati eseguiti utilizzando un magnete superconduttivo da 1,5 T Intera Master (Philips Medical Systems, Eindhoven, Olanda) con gradienti di potenza pari a 30 mT/m e velocità di raggiungimento del picco di 150 mT/m/ms. L'impiego dello spostamento automatico del tavolo (Mobitrack; Philips) ha consentito di studiare in successione il distretto vascolare aorto-iliaco, quello femoro-popliteo e quello popliteo-tibiale. Per l'acquisizione delle immagini è stata utilizzata una bobina per il corpo. Il paziente è stato posto in posizione supina con immobilizzazione fisica delle caviglie mediante appositi supporti, al fine di limitare gli artefatti da movimento durante l'acquisizione delle immagini. Sono state impiegate per la valutazione di ciascun distretto vascolare sequenze 3D FSE T1 pesate utilizzando i seguenti parametri: TR=6 ms, TE 1,5 ms, flip angle=35°, spessore di strato pari ad 1,5 mm (3 mm con sovrapposizione di 1,5 mm), campo di vista=430 mm, matrice=512×512, numero di strati=70, tempo di acquisizione pa-

ments, amounted to 90 s.

The time to opacify the abdominal aorta was initially evaluated by injecting 2 ml of contrast agent (0.5 ml/s) into a vein of the arm. Mask sequences (without contrast agent) were then acquired of the three regions, starting from the popliteal-tibial, by moving the table. This was followed by injection of 0.2 mmol/kg of 0.5 M paramagnetic contrast agent (gadobenate dimeglumine, Multihance, Bracco, Milan, Italy) with a 0.5-ml/s flow rate. The injection of contrast agent was immediately followed by a flush of 20 ml saline solution at a similar flow rate. The contrast-enhanced sequences were then acquired starting from the aorto-iliac region, according to the delay calculated using the preliminary bolus of 2 ml. Post-processing included subtraction of images acquired before and after the contrast agent injection and 3-D reconstructions based on the maximum intensity projection (MIP) algorithm.

DSA (intra-arterial)

DSA examinations were carried out using the Integris Alura system for diagnostic angiography and interventional radiology (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands). Examinations were performed with intra-arterial catheterisation, usually after puncture of the femoral artery and insertion of the distal end of the catheter into the infrarenal abdominal aorta. Straight-end or pigtail catheters, which can endure high flows of contrast material, were employed.

Intra-arterial examinations were performed using two different methods: the bolus-chasing technique (in which synchronised table movement during injection of the contrast agent allows passage of the contrast through the aorto-iliac-femoral-popliteal region to be monitored), and the successive fields technique. Choice of technique was based on the result of the preliminary test to determine the knee arrival time (KAT) or the number of seconds it takes for a small amount of injected contrast agent to reach the popliteal artery at the knee joint.

We noted that when the KAT is very short (4–6 in.), image quality, especially at the abdominal level, is affected by blurring of the vessel caused by the table moving too fast. Hence, the bolus-chasing technique is only used when the KAT exceeds 7 s whereas for shorter KATs, the classical multiple-fields technique is adopted.

1. In the bolus-chasing technique, the examination is carried out with a single injection of 80 ml of non-ionic monomeric contrast medium (350–370 mgI/ml) with a 7–9 ml/s flow rate through an automatic injector, and the table moves automatically at a speed determined by result of the preliminary test. The examination allows the infrarenal abdominal aorta to be evaluated as far as the arteries of the tibio-tarsal joints. Images are acquired twice: before the contrast agent injection and during the injection itself, ob-

ri a 28 s. Il tempo di acquisizione complessivo delle sequenze in successione, tenuto conto anche del tempo legato ai due spostamenti del tavolo, risultava di 90 s. È stato preliminarmente valutato con l'iniezione di 2 ml di mezzo di contrasto (mdc) (0,5 ml/s) in una vena del braccio il tempo necessario per iniziare ad ottenere l'opacizzazione dell'aorta addominale. Sono state quindi effettuate con spostamento del tavolo le sequenze "maschera" (senza somministrazione del mdc) sui tre tratti a partire da quello popliteo-tibiale. Sono stati poi iniettati 0,2 mmol/kg di un mdc paramagnetico 0,5 M (Gadobenato dimeglumina, Multihance, Bracco, Milano, Italia) con flusso di 0,5 ml/s. All'iniezione del mdc faceva immediatamente seguito l'iniezione di 20 ml di soluzione fisiologica ad un flusso analogo. Sono state quindi acquisite le sequenze dopo iniezione di mdc a partire dal distretto aorto-iliaco, secondo il tempo di ritardo calcolato mediante il bolo preliminare di 2 ml. Il post processing prevedeva la sottrazione di immagine tra quelle acquisite prima e dopo iniezione di mdc e ricostruzioni 3D secondo l'algoritmo MIP (Maximum Intensity Projection).

Angiografia digitale (accesso arterioso)

Gli esami sono stati effettuati utilizzando il sistema per angiografia diagnostica e radiologia interventistica Integris Alura (Philips Medical Systems, Eindhoven, Olanda). Gli esami sono stati effettuati mediante cateterismo intra-arterioso solitamente dopo puntura dell'arteria femorale e posizionamento dell'estremità distale del catetere in aorta addominale sottorenale. Sono stati utilizzati cateteri ad estremità diritta o "pig tail" in grado di sostenere flussi elevati di mdc.

Gli esami con accesso arterioso sono stati eseguiti con due diverse modalità: tecnica "bolus chasing" (che grazie al movimento sincronizzato del tavolo durante l'iniezione del mdc consente di seguire l'avanzamento del bolo di mdc nel distretto aorto-iliaco-femoro-popliteo) o tecnica per "campi successivi". La diversa tecnica di esecuzione si è basata sul risultato del preliminare test per determinare il KAT (Knee Arrival Time) che stabilisce, una volta iniettato un piccolo quantitativo di mdc, quanti secondi esso impiega a giungere nell'arteria poplitea a livello della rima articolare del ginocchio. Si è verificato che quando il KAT è molto breve (4–6 s) la qualità delle immagini soprattutto a livello addominale risulta essere subottimale per la presenza di sfumatura del vaso causata dall'eccessiva velocità del movimento di avanzamento del tavolo. Per tale motivo si usa la tecnica "bolus chasing" solo quando si ha un KAT superiore a 7 s, mentre in caso di KAT inferiore si ricorre alla tecnica "classica" per "campi successivi".

1. Nella tecnica "bolus chasing" l'esame viene effettuato con un'unica iniezione di 80 ml di un mdc monomero non ionico (350–370 mgI/ml) ad un flusso di 7–9 ml/s eseguita mediante apposito iniettore automatico e il tavolo scorre automaticamente ad una velocità che si basa sul risultato del test preliminare. L'esame consente una valutazione dall'aorta addominale sottorenale sino alle strutture arteriose a livello delle articolazioni tibio-tarsiche. L'acquisizione delle immagini avviene due volte: una prima

taining two sets of 15 images each. Images are then subtracted to allow the classic view of vessels without bone structures. If motion artefacts are present, images can be processed with pixel shift software so as to minimise them. If motion artefacts are more substantial, images can be visualised at any rate without subtracting the skeletal structures. In only a few cases (fewer than 10%) did the study of a region need to be repeated because of inadequate results with the bolus-chasing technique.

2. The successive-fields technique, consisting of acquiring five successive contiguous fields, provides coverage similar to that of the preceding technique. An automatic injector is again used to administer 30 ml of contrast agent at a 15-ml/s flow rate for each field, for a total of 150 ml.

Economic analysis

We calculated the *differential cost* (defined as the sum of equipment costs, variable costs and personnel costs) of the two examinations. We also determined the *common cost*, which covers cost components that are similar for every kind of examination performed at the radiology unit. The *full cost* of the two studies was thus obtained (the sum of differential and common costs).

Equipment cost was calculated based on the time it was used; when analysing the cost of technology, the purchase price of the various machines (which can be strongly affected by substantial discounts) and the adequacy of the system for calculating amortisation are clearly important. Purchase prices were derived from hospital administration records. Amortisation was calculated on a time basis based on a constant annual value.

The lifetime of the radiological units was estimated as 8 years, i.e. their maximum technological time. We then evaluated variable costs, regarding supplies and related services, and the cost of radiologists, technologists and nurses. Procedure duration was estimated based on times envisaged by the Radiology Information System (RIS) in use at our unit.

In evaluating the differential cost, we merely considered the technical act, disregarding any other costs related to patient management, as inclusion of the latter would have required an explicit description of the relations between the radiology department and other cost centres of the hospital and the part played by radiological examinations in inpatient treatment.

Therefore, our analysis was restricted to costs incurred by the radiology unit. This made it possible to draw comparisons over time (with respect to budget targets) and space (with respect to other hospitals: independent, with separate accounting, or private) [13].

The cost of fixed-asset utilisation (technology) was related to their time of use, and the cost of radiologists, technologists and nurses was related to their specific activity mea-

dell'iniezione del mdc e la seconda durante l'iniezione del mdc, ottenendo quindi due serie di 15 immagini ciascuna. Tali immagini vengono sottratte tra loro consentendo la classica visualizzazione dei vasi con cancellazione delle strutture ossee. Nel caso di artefatti da movimento è possibile elaborare l'immagine con il programma di pixel shift in modo da ridurre quanto più possibile tali disturbi. Nel caso di artefatti da movimento più consistenti è sempre possibile la visualizzazione delle immagini senza usufruire della funzione di sottrazione delle strutture scheletriche. Solo in una minoranza dei casi (meno del 10%) si è resa necessaria la ripetizione dello studio di qualche distretto per l'inadeguatezza del risultato fornita dall'acquisizione "bolus chasing".

2. *Per quanto riguarda la tecnica a "campi successivi", questa prevede l'esecuzione di 5 campi successivi adiacenti fino a coprire un campo d'esame analogo a quello della tecnica precedente. Ad ogni campo d'esame vengono iniettati, sempre mediante iniettore automatico, 30 ml di mdc con un flusso di 15 ml/s, per un totale di 150 ml.*

Analisi economica

È stato calcolato il "costo differenziale" (definito come la somma dei costi delle apparecchiature, dei costi variabili e dei costi del personale) delle due indagini. È stato inoltre calcolato il "costo comune", il quale raggruppa quelle componenti del costo che risultano sovrapponibili per ogni tipo di esame svolto all'interno dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia. È stato così possibile ottenere il "costo pieno" delle due indagini (somma del costo differenziale e di quello comune).

Il costo delle apparecchiature è stato calcolato in base al tempo di utilizzo delle stesse; nel valutare il costo della tecnologia emerge l'importanza del costo d'acquisto delle diverse attrezzature (che può essere influenzato notevolmente da sconti significativi) e della congruità del sistema di calcolo dell'ammortamento. I costi d'acquisto sono stati ricavati dalla documentazione ufficiale dell'amministrazione ospedaliera. Il calcolo dell'ammortamento è stato effettuato su base temporale, a valore annuo costante. La durata della vita lavorativa delle apparecchiature radiologiche è stata considerata di otto anni, il loro tempo tecnologico massimo. Sono poi stati valutati i costi variabili, relativi ai materiali impiegati e ai servizi legati a tale impiego. Successivamente sono stati valutati anche i costi del personale medico, tecnico e infermieristico. La durata delle procedure è stata stimata facendo riferimento ai tempi previsti nel Sistema Informativo Radiologico (RIS) in uso presso la nostra struttura.

Nella valutazione del costo differenziale ci siamo limitati a considerare l'atto tecnico, ignorando tutti gli altri costi legati alla gestione del paziente. Ciò infatti avrebbe comportato l'esplicitazione di tutti i rapporti tra la Radiologia e gli altri Centri di Costo dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria e, per i pazienti ricoverati, anche del ruolo che le indagini radiologiche hanno sul processo di cura. Nella nostra analisi abbiamo quindi introdotto esclusivamente i costi

sured on the basis of activity time. Times calculated are basic standards, i.e. standards incorporating the current efficiency level at our radiology unit. Support activities by auxiliary staff are similar in terms of composition and time in the two procedures being studied. They are therefore not decisive for comparing costs but play a role in determining the full cost of the two methods.

The sections below provide a detailed analysis of the differential costs of MRA and DSA, with the methods in use at our radiology unit. As stated above, three components of the differential cost were considered, namely: (1) equipment costs (amortisation and service contract); (2) variable costs (supplies and related services); (3) personnel costs.

It should be noted that every patient undergoing DSA must have a blood test to evaluate serum glucose and creatinine levels and coagulation profile [Quick time, international normalised ratio (INR) and platelets].

In addition, patients with a history of allergy (1% of cases) require pre-medication with steroids associated with anti-H1 and anti-H2.

The cost of these procedures does not pertain to the radiology unit

However, because the procedures are mandatory before contrast-enhanced angiography and because their cost is not negligible, they will be briefly discussed.

Finally, it should be recalled that costs of supplies and equipment are inclusive of 20% VAT.

Results

Differential costs

Magnetic resonance angiography

1. Equipment costs (amortisation and service contract). We took into account the cost of a 1.5-T Intera Master MRI device (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands) with 30-mT/m power gradients and a rise time of 150 mT/m per millisecond. The cost to be amortised (purchase price) was 1,551,105.99 euro. There follows an annual cost of 193,888.00 euro for 8 years of amortisation. Costs associated with the service contract, i.e. 56,000.00 euro per year, were added to that amount. The cost of the MRI-compatible contrast agent automatic injector (Medrad, Indianola, USA), namely, 24,170.18 euro, was also included. There follows an annual cost of 3,021.25 euro considering 8 years of amortisation.

Then the cost of the dry printer (Kodak DryView 8700 Laser Imager) was included. The printer is used by the radiology unit with a 3-year lease, inclusive of installation, interfacing to the image archiving systems and service, for an annual cost of 13,785.00 euro.

The sum of amortisation costs and of annual costs for

dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia; così facendo si rendono possibili confronti nel tempo (rispetto ad obiettivi di budget) e nello spazio (rispetto ad altre aziende ospedaliere: autonome, con contabilità separata oppure private) [13].

Il costo di utilizzazione dei capitali fissi (tecnologia) è legato al loro tempo di impiego, così come il costo del personale medico, tecnico ed infermieristico è legato alle specifiche attività fondamentali che li vedono coinvolti mediante misure del tempo di attività. I tempi calcolati costituiscono standard di base, ossia standard che incorporano il livello di efficienza attuale nella nostra Unità Clinico Operativa di Radiologia. Le attività di sostegno svolte dal personale ausiliario presentano la caratteristica di comparire nella stessa composizione ed impegno orario all'interno dei processi studiati. Esse non sono perciò decisive ai fini della comparazione dei costi di questi ultimi, ma hanno un ruolo per la determinazione del costo pieno delle due indagini. Analizzeremo nel dettaglio i costi differenziali dell'Angio-RM e dell'angiografia digitale, con le modalità in uso presso la nostra Unità Clinico Operativa di Radiologia. Come già evidenziato, sono state prese in considerazione 3 componenti del costo differenziale, e precisamente: (1) costi delle apparecchiature (ammortamenti e manutenzione); (2) costi variabili (materiali e servizi connessi); (3) costo del personale.

Va rilevato che ogni paziente sottoposto ad angiografia digitale deve eseguire preliminarmente un prelievo ematico per valutare i livelli sierici di glucosio e creatinina e il suo assetto emocoagulativo (tempo di Quick, INR e piastrine). Nell'1% dei casi inoltre, essendoci un'anamnesi allergica positiva, si esegue anche una preparazione farmacologica (basata sull'impiego di cortisonici associati ad anti-H1 ed anti-H2). I costi legati a tali procedure non sono di pertinenza dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia; tuttavia queste sono fondamentali ai fini dell'esecuzione dell'esame angiografico con mezzo di contrasto ed avendo comunque un certo rilievo economico verranno in seguito brevemente prese in considerazione.

Si ricorda infine che i costi di materiali ed apparecchiature sono comprensivi di IVA al 20%.

Risultati

Costi differenziali

Angio-RM

1. Costi delle apparecchiature (ammortamenti e manutenzioni). Abbiamo preso in considerazione il costo di un apparecchio di RM da 1,5 T Intera Master con gradienti di potenza pari a 30 mT/m e velocità di raggiungimento del picco di 150 mT/m/ms. Il costo da ammortizzare (costo di acquisto) è stato di 1.551.105,99 euro. Ne consegue un costo annuo di 193.888,00 euro per 8 anni di ammortamento. A ciò vanno sommati i costi del contratto di manutenzione pari a 56.000,00 euro annui. Va inoltre considerato il costo dell'iniettore automatico del mezzo di contrasto RM compatibile pari a 24.170,18 euro, da cui consegue un costo annuo

maintenance involves an annual cost of 266,694.25 euro incurred by the magnetic resonance section. Considering a maximum practical capacity of 250 work days/year, the daily cost amounted to 1,066.77 euro. By quantifying the daily activity of the magnetic resonance section in 10.5 h (8.00 a.m.–6.30 p.m.) and the time the equipment is employed for lower-limb MRAs in 30 min, equipment cost per examination was 50.80 euro.

2. *Variable costs (supplies and related services).* The performance of a lower-limb MRA involves the use of:

- An average of 28 ml of paramagnetic contrast agent 0.5 M (gadobenate dimeglumine, Multihance, Bracco, Milan, Italy) costing 68.64 euro (20-ml bottle costs 49.03 euro)
- Twenty millilitres of saline solution costing 0.01 euro (250-ml bottle costs 0.21 euro and 500-ml bottle 0.31 euro)
- One 18-gauge Abbocath needle cannula (0.44 euro)
- Two 35×43-cm films (DVB Kodak) costing 5.95 euro (500-film pack costs 1,489.40 euro)

As a consequence, the variable cost per examination amounted to 75.04 euro.

3. *Personnel costs.* By estimating the average annual cost of a radiologist, technologist and nurse (totalling 158,744 euro) and subtracting the time off work for ordinary, special and sick leave (30% on average) from the annual hourly debt, the actual work time amounted to 35 weeks/year, which results in a daily cost of 905 euro and an hourly cost of 120.73 euro for these three professionals taken together. The radiologist's time commitment is linked to the different activities he/she has to perform personally, i.e. physical presence during the acquisition, image analysis at the console, reporting, correction and signing the written report. In addition, we have to consider the time prior the examination. In particular, the patient has to fill in a questionnaire to check his/her fitness to access the magnet. The questionnaire is filled in with the doctor's help, who is also available for any clarifications. Hence, based on our experience, radiologist time for a lower-limb MRA is 30 min. Every MRA procedure for the study of the lower extremities also involves a time commitment on the part of the technologist and nurse amounting to 30 min. As a consequence, personnel costs per examination were 60.30 euro.

Summing all parameters considered, the differential cost of a lower-limb MRA at our Institute amounted to 186.14 euro.

DSA (intra-arterial)

1. *Equipment costs (amortisation and service contract).* We considered current cost of the Integris Allura angiograph (Philips Medical Systems, Eindhoven, The Netherlands). The cost to be amortised (purchase price) was 661,829.18 euro. There follows an annual cost of 82,728.62 euro for 8 years of

di 3.021,25 euro considerando 8 anni di ammortamento. Va quindi considerato il costo della stampante a secco (Kodak DryView 8700 Laser Imager). Essa viene utilizzata dall'Unità Clinico Operativa di Radiologia con contratto d'affitto triennale comprensivo di installazione, interfacciamento ai sistemi di archiviazione delle immagini e manutenzione con un costo annuo di 13.785,00 euro. La somma dei costi di ammortamento e dei costi annui per la manutenzione comporta quindi un costo annuo della sezione di Risonanza Magnetica pari a 266.694,25 euro. Considerando una capacità massima pratica di 250 giornate lavorative/anno, il costo giornaliero risulta di 1066,77 euro; valutando in 10 ore e 30 minuti (8:00–18:30) l'attività giornaliera della sezione di Risonanza Magnetica ed in 30 minuti il tempo in cui l'apparecchiatura è impegnata per l'esecuzione di una Angio-RM degli arti inferiori, emerge un "costo apparecchiature" per esame di 50,80 euro.

2. *Costi variabili (materiali e servizi connessi).* L'esecuzione di un'Angio-RM degli arti inferiori prevede l'utilizzo di:

- 28 ml in media di mezzo di contrasto paramagnetico 0,5 M (Gadobenato dimeglumina, Multihance, Bracco, Milano, Italia) per un costo pari a 68,64 euro (la confezione da 20 ml ha un costo di 49,03 Euro);
 - 20 ml di soluzione fisiologica il cui costo è trascurabile (0,01 euro, in quanto la confezione da 250 ml ha un costo di 0,21 Euro e quella da 500 ml un costo di 0,31 euro);
 - un ago-cannula Abbocath da 18 G (0,44 euro);
 - 2 pellicole 35×43 cm (DVB Kodak) per un costo di 5,95 euro (la confezione da 500 pellicole ha un costo di 1.489,40 euro).
- Risulta quindi un "costo variabile" per esame di 75,04 euro.

3. *Costo del personale.* Valutando il costo medio annuo per un medico, per un tecnico sanitario di radiologia medica (TSRM) e per un membro del pool infermieristico (complessivamente 158.744 euro) e sottraendo al debito orario annuo le assenze per congedo ordinario, straordinario e malattie (30% in media), risulta un tempo lavorativo effettivo pari a 35 settimane/anno, da cui si deriva il costo giornaliero (905 euro) e orario (120,73 euro) di queste tre figure professionali considerate assieme. L'impegno temporale del medico è legato alle diverse attività che egli deve svolgere in prima persona, ovvero: presenza fisica in fase di acquisizione dell'esame, analisi delle immagini alla console, refertazione, correzione e sigla del referto. Va inoltre preso in considerazione il tempo preliminare all'esame; in particolare, il paziente deve sottoscrivere un apposito questionario mediante il quale se ne verifica l'idoneità all'accesso al magnete. La compilazione viene eseguita con il supporto del medico che è a disposizione anche per eventuali chiarimenti. Perciò, in base alla nostra esperienza, il tempo medico previsto per un Angio-RM degli arti inferiori è di 30 minuti. Ogni indagine di Angio-RM per lo studio degli arti inferiori comporta un impegno temporale del TSRM e dell'infermiere anch'esso stimabile in 30 minuti. Ne risulta quindi un "costo personale" per esame di 60,30 euro.

Da quanto esposto risulta come, sommando tutti i parametri considerati, il costo differenziale di un'Angio-RM degli

amortisation. The annual cost of the service contract, 27,270.00 euro, was added to that amount, as was the cost of the dry printer (Kodak DryView 8700 Laser Imager), which is used by the radiology unit with a 3-year lease inclusive of installation, interfacing to image archiving systems and service, for an annual cost of 13,785.00 euro. The dry printer is also accessed by the two computed tomography (CT) devices used at the radiology unit. In our case, the digital angiography unit uses the printer for around 30% of its activity; this resulted in an annual cost of 4,135.50 euro. The cost of the contrast agent injector (Mark 4, Medrad, Indianola, USA), 8,374.29 euro, corresponds to 1,046.78 euro per year for 8 years of amortisation. The sum of the amortisation and annual costs of service contracts resulted in an annual cost for the equipment of 115,181.00 euro. Considering 250 work days/year, the daily cost amounted to 460.72 euro. Taking into account a single daily work shift of the angiography unit (6 h; 8 a.m.–2 p.m.), and estimating at 45 min the time the equipment is used for an examination of lower-limb arteries, the equipment cost per examination was 57.60 euro.

2. *Variable costs (supplies and related services).* The following factors were taken into account:

- Supplies used prior to the procedure (sterile gloves, disinfection material, sterile cloth, sterile cloths without slit, a sheet with slit for femoral access): total cost of preparatory supplies was 1.10 euro
- Supplies used during the procedure (surgical gauzes, 10-cc LuerLock syringe, 20-cc syringe, needle for arterial puncture, lidocaine, guidewire, introducer, catheter). It was also estimated that 10% of cases require a hydrophilic guidewire to negotiate steno-occlusive lesions. This costs 52.80 euro, so one tenth of this amount (5.28 euro) was included in the cost of each examination. The overall cost of these supplies was 41.38 euro.
- Supplies to maintain haemostasis after compression, i.e. plasters (negligible cost)
- Contrast agent: an average of 120 ml contrast agent is used – in 50% of cases, iodixanol (Visipaque 320, GE Healthcare) from 100-ml bottles (34.78 euro per bottle) and in the remaining 50%, iomeprol (Iomeron 350, Bracco) from 100-ml bottles (38.54 euro per bottle). The resulting mean cost per examination was 43.99 euro.
- Saline solution: an average of 120 ml (Diacol, 0.9% sodium chloride) is used in every examination from 250-ml bottles (0.25 euro per bottle), with a cost per examination of 0.10 euro.
- Film: a 35×43-cm film (DVB Kodak) costing 2.97 euro (500-film packs cost 1,489.40 euro) is used to document lower-limb angiographies. However, in some 20% of cases, two films are used, so the average cost of films per examination was quantified in 3.56 euro.

The total variable cost per examination amounted to 90.13 euro.

arti inferiori risulti presso il nostro Istituto di 186,14 euro.

Angiografia digitale (accesso arterioso)

1. *Costi delle apparecchiature (ammortamenti e manutenzioni).* Abbiamo preso in considerazione il costo attuale dell'angiografo Integris Allura (Philips Medical System, Eindhoven, Olanda). Il costo da ammortizzare (costo di acquisto) è risultato di 661.829,18 euro. Ne consegue un costo annuo di 82.728,62 euro per 8 anni di ammortamento. A ciò va sommato il costo annuo del contratto di manutenzione, pari a 27.270,00 euro. Va considerato inoltre il costo della stampante a secco (Kodak DryView 8700 Laser Imager). Essa viene utilizzata dall'Unità Clinico Operativa di Radiologia con contratto d'affitto triennale comprensivo di installazione, interfacciamento ai sistemi di archiviazione delle immagini e manutenzione, per un costo pari a 13.785,00 euro annui. Alla stampante a secco confluiscono peraltro le due apparecchiature TC in uso nell'Unità Clinico Operativa di Radiologia; nel nostro caso l'angiografo digitale utilizza la stampante per circa il 30% della sua attività; ne deriva quindi un costo annuo di 4135,50 euro. Va inoltre considerato il costo dell'iniettore del mezzo di contrasto (Mark 4, Medrad, Indianola, USA) pari a 8.374,29 euro, il che corrisponde a 1.046,78 euro annui per 8 anni di ammortamento. La somma dei costi di ammortamento e dei costi annui per i contratti di manutenzione comporta quindi un costo annuo delle apparecchiature di 115.181,00 euro. Considerando 250 giornate lavorative/anno il costo giornaliero risulta quindi di 460,72 euro. Prendendo in considerazione il singolo turno lavorativo giornaliero dell'angiografo, pari a 6 ore (8:00–14:00), e valutando in 45 minuti il tempo in cui l'apparecchiatura è impegnata per un esame delle arterie degli arti inferiori, emerge un "costo apparecchiature" per esame di 57,60 euro.

2. *Costi variabili (materiali e servizi connessi).* Vanno presi in considerazione i seguenti fattori:

- Materiale preparatorio all'esecuzione dell'esame (guanti sterili, materiale per disinfezione, telino sterile, teli sterili senza spacco, lenzuolo con taglio accesso femorale). Il costo totale del materiale preparatorio è di 1,10 euro.
- Materiale utilizzato durante la procedura (garze sterili, siringa Luerlock da 10 cc, siringa da 20 cc, ago da puntura arteriosa, lidocaina, guida, introduttore, catetere). Si è inoltre stimato che nel 10% dei casi sia necessario l'impiego di una successiva guida idrofilica per superare lesioni steno-occlusive. Il suo costo è di 52,80 euro, per cui un decimo di questo valore (5,28 euro) va considerato nel costo di ciascun esame. Il costo complessivo di questo materiale è pari a 41,38 euro.
- Materiale per mantenere l'emostasi dopo la compressione, ovvero: cerotti (costo trascurabile).
- Mezzo di contrasto. Si impiegano in media 120 ml di mdc, impiegando nel 50% dei casi Iodixanolo (Visipaque 320, GE Healthcare), usando flaconi da 100 ml (al costo di 34,78 euro per flacone) e nel restante 50% Iomeprolo (Iomeron 350, Bracco), usando flaconi da 100 ml (al costo di 38,54 euro per flacone); il costo medio per esame è quindi di 43,99 euro.

3. *Personnel costs.* Estimating the overall average annual cost for a radiologist, a technologist and a nurse at 158,744 euro and subtracting ordinary, special and sick leaves (30% on average) from the annual hourly debt, the actual work time is 35 weeks/year, with a daily cost of 905 euro and an hourly cost of 120.73 euro for these three professionals taken together.

The radiologist's time commitment depends on the different activities he/she has to perform. In the case of an angiographic examination, the radiologist's time includes performing the procedure from the end of patient preparation to positioning the catheter into the aorta, as well as being physically present during the acquisition phase, assessing images on screen, removing the catheter, performing the compression, reporting, correcting and signing the written report. Hence, based on our experience, intra-arterial lower limb angiography involves 45 min of the radiologist's time. Every angiographic study of the lower extremities also involves a time commitment on the part of the technologist and nurse of 45 min. As a consequence, personnel costs per examination amounted to 90.45 euro.

After summing all the parameters considered, the differential cost of a lower-limb angiography at our institute amounted to 238.18 euro.

Common costs

We defined as common costs the costs of production factors within the radiology unit that provide support to all diagnostic procedures performed within the department. These costs are unaffected by variations in the total number of yearly examinations.

Common costs are those associated with support staff and support materials.

We were unable to conduct a detailed analysis of support activities to quantify the contribution of these production factors to the different procedures (random principle), but we could, as an alternative, use the means method, assuming that each radiological procedure uses these services to the same extent, i.e. that the specific features of each procedure do not affect the common costs.

Support staff costs were calculated considering all professionals not described so far.

They consist of one consultant, one chief technologist, three technologists, three auxiliary staff, four file clerks and seven assistants and administrative assistants. These professionals allow the entire radiology department to function (examination scheduling, PACS, RIS, distribution, archiving, etc.).

Because their work is unaffected by the type of examination performed, their total cost was evenly spread among all procedures performed at the department. Support materials include computers, printers, tape recorders, electrical and network supplies, stationery and cleaning supplies.

- *Soluzione fisiologica.* Per ogni esame se ne impiegano in media 120 ml (Diac, Sodio Cloruro 0,9%) usando flaconi da 250 ml (al costo di 0,25 euro per flacone), con un costo per esame di 0,10 euro.

- *Pellicole:* nella documentazione delle angiografie degli arti inferiori è previsto l'uso di una pellicola 35×43 cm (DVB Kodak), per un costo di 2,97 euro (le confezioni da 500 hanno un costo di 1489,40 euro). Peraltro nel 20% circa dei casi vengono utilizzate due pellicole, per cui il costo medio delle pellicole per esame è quantizzabile in 3,56 euro.

Globalmente quindi risulta un "costo variabile" per esame di 90,13 euro.

3. *Costo del personale.* Valutando il costo medio annuo complessivo di un medico, un TSRM e un infermiere in 158.744 euro e sottraendo al debito orario annuo le assenze per congedo ordinario, straordinario e malattie (in media 30%), risulta un tempo lavorativo effettivo pari a 35 settimane/anno, da cui si deriva un costo giornaliero di 905 euro e orario di 120,73 euro di queste tre figure professionali considerate assieme. L'impegno temporale del medico è legato alle diverse attività che lui stesso deve svolgere. Nel caso dell'esame angiografico il tempo medico prevede l'esecuzione della procedura dal termine della preparazione del paziente fino al posizionamento del catetere in aorta, la presenza fisica in fase di acquisizione dell'esame, la verifica a monitor delle immagini acquisite, la rimozione del catetere, la compressione, la refertazione dell'esame, la correzione e la sigla del referto. Perciò, in base alla nostra esperienza, lo studio angiografico degli arti inferiori per via arteriosa comporta un tempo medico di 45 minuti. Ogni indagine angiografica per lo studio degli arti inferiori comporta un impegno temporale del TSRM e dell'infermiere anch'esso stimabile in 45 minuti. Ne risulta quindi un "costo personale" per esame di 90,45 euro.

Da quanto esposto risulta come, sommando tutti i parametri considerati, il costo differenziale di una indagine angiografica degli arti inferiori risulti presso il nostro Istituto di 238,18 euro.

Costi comuni

Abbiamo indicato con l'espressione "costi comuni" i costi dei fattori produttivi, interni all'Unità Clinico Operativa di Radiologia, che garantiscono un'attività di supporto a tutti gli atti diagnostici svolti nell'unità operativa. Si tratta di costi che non si modificano al variare del numero totale di esami svolti nel periodo annuo. Non siamo in grado di effettuare un'analisi dettagliata delle attività di supporto per quantizzare il contributo di questi fattori produttivi alle diverse procedure (criterio causale), per cui rimane l'alternativa di ricorrere al metodo della media, ipotizzando che ciascuna indagine radiologica usufruisca in pari misura di tali servizi, vale a dire che le specificità di ciascuna indagine non siano una determinante dei costi di cui stiamo trattando. I costi comuni sono rappresentati dai costi relativi al perso-

Table 1 Comparison of costs of magnetic resonance angiography (MRA) and digital subtraction angiography (DSA)

	MRA, euro	DSA, euro
Differential costs		
Equipment	50.80	57.60
Variable	75.04	90.13
Personnel	60.30	90.45
Total	186.14	238.18
Common costs	5.62	5.62
Full cost	191.76	243.80

Tabella 1 Confronto dei costi di Angio-RM e angiografia digitale

	Angio-RM, euro	Angiografia digitale, euro
Costi differenziali		
Apparecchiature	50,80	57,60
Variabili	75,04	90,13
Personale	60,30	90,45
Totale costi differenziali	186,14	238,18
Costi comuni	5,62	5,62
Costo pieno	191,76	243,80

In 2004, the total cost for these professional and support materials was 621,008.00 euro. The total number of examinations was 110,355; hence, an additional common cost per examination of 5.62 euro.

Full cost

Adding the differential costs to the common costs, we calculated the full cost of each study (Table 1):

1. MRA: 186.14 euro + 5.62 euro = 191.76 euro
2. DSA: 238.18 euro + 5.62 euro = 243.8 euro

External costs

A blood sample is taken from all patients undergoing procedures requiring the use of organic iodinated contrast agents (in this case, angiography) to evaluate serum glucose and creatinine levels and coagulation parameters (INR, platelet profile). The total cost of this procedure was 7.50 euro per examination.

This cost does not fall under the differential costs of the examination, but it is not incorrect to point out that DSA angiography weighs more heavily on the expenses of other departments than does MRA.

Finally, as mentioned, around 1% of patients undergoing angiographic examinations have a history of allergy and receive pre-medication (steroids and anti-H1 and anti-H2), for a cost of 4 euro, namely, an additional 0.04 euro for each examination. As a whole, these external costs amounted to 7.54 euro.

nale di supporto e da quelli dei materiali di supporto.

Nel calcolo dei costi del personale di supporto sono state considerate tutte le figure professionali sinora non evidenziate. Si tratta di 1 primario, 1 capotecnico, 3 TSRM, 3 ausiliari, 4 archivisti, 7 tra coadiutori e assistenti amministrativi. Complessivamente questo insieme di unità lavora per il funzionamento di tutta l'Unità Clinico Operativa (programmazione degli esami, PACS, RIS, distribuzione, archiviazione, ...). Non riteniamo che il loro lavoro sia influenzato dalla tipologia degli esami svolti e quindi il loro costo complessivo è stato ripartito proporzionalmente su tutte le indagini eseguite presso l'Unità Clinico Operativa di Radiologia.

I materiali di supporto comprendono computer, stampanti, registratori, materiale elettrico e di rete, materiale di cancelleria e materiale di pulizia. Nel 2004 il costo totale di tale pool di operatori e del materiale di supporto è risultato di 621.008,00 euro. Il numero complessivo di esami è stato di 110.355. Ne risulta un "costo comune" aggiuntivo per esame di 5,62 euro.

Costo pieno

Sommando i costi differenziali con i costi comuni, è stato calcolato il costo pieno di ciascuna indagine (Tabella 1), ovvero: 1. Angio-RM: 186,14 euro + 5,62 euro = 191,76 euro; 2. Angiografia digitale: 238,18 euro + 5,62 euro = 243,8 euro.

Costi esterni

In tutti i pazienti che vengono sottoposti ad indagini contrastografiche che prevedono l'impiego di un mezzo di contrasto organo iodato (in questo caso si tratta dell'esame angiografico) viene effettuato un prelievo ematico per valutarne i livelli sierici di glucosio e creatinina a cui vengono aggiunti i parametri emocoagulativi (INR, assetto piastrinico) per un costo complessivo di 7,50 euro per esame. Questo costo non rientra tra i costi differenziali dell'esame, però riteniamo non scorretto sottolineare come l'angiografia venga così a pesare maggiormente sui costi all'esterno della struttura radiologica rispetto all'Angio-RM. È opportuno infine ricordare, come già precedentemente accennato, che circa nell'1% dei pazienti che vanno sottoposti ad esami angiografici, essendoci un'anamnesi allergica positiva, si esegue anche una preparazione farmacologica (basata sull'impiego di cortisonici associati ad anti-H1 ed anti-H2), per un costo di 4 euro, in media 0,04 Euro in più per ogni esame.

Complessivamente, questi costi esterni alla radiologia ammontano a 7,54 euro.

Discussione e conclusioni

L'analisi dei costi ha dimostrato un costo superiore del 27,1% dell'angiografia digitale rispetto all'Angio-RM nella valutazione delle arterie degli arti inferiori (243,8 versus 191,76 euro). Tale differenza penalizza l'angiografia digitale sia quando si consideri il costo delle apparecchiature sia quando si valutino i costi variabili e quelli del personale. I

Discussion and conclusions

The cost analysis showed that DSA costs 27.1% more than MRA in the evaluation of lower-limb arteries (243.8 euro vs. 191.76 euro). This difference penalises DSA in terms of both equipment costs and variable and personnel costs. Factors with the highest impact are supplies used in the procedure and personnel costs (owing to the longer examination time). Decisions concerning the treatment to be pursued after ascertaining that treatment is indeed required will also affect overall cost calculation [14–17].

Indeed, MRA may or may not evidence lesions requiring surgical treatment with percutaneous transluminal angioplasty (PTA) and/or stent placement. If it does, the next step is therapeutic intra-arterial angiography. In this event, the cost of the MRA examination should be subsequently added to the costs of intra-arterial angiography and the costs for 1 day in hospital after the interventional procedure (however, costs of hospitalisation are not included in our analysis, which assesses only costs incurred by the radiology unit).

It would also be possible to perform angiography first, combining the diagnostic and therapeutic parts in one session, thereby avoiding MRA examination.

This approach would have to take into account an additional hypothetical, non-predictable workload for the section and delays or cancellations of scheduled examinations because of possible complications arising during the procedure. In our personal experience, however, diagnostic and interventional procedures are usually performed separately.

It should also be noted that after diagnostic angiography with arterial catheterisation, the patient is usually hospitalised to monitor possible complications such as bleeding. Therefore, external costs of hospitalisation need to be considered.

On the other hand, an alternative to manual compression and hospitalisation is to apply an intra-vascular haemostatic device (Angio-seal) [18].

If the device is applied at the end of the procedure, the patient can be mobilised immediately without serious complications or longer examination times [19]. At our unit, we have used this device for a few years now, with similar results to those described in the literature. However, the use of this device entails a cost of 139.44 euro, which, although cheaper than 1 day in hospital, directly weighs on our unit's budget. If it were used, it would then have considerable impact on the full costs of DSA.

Hospitalisation may also be avoided by monitoring the patient for 5 h after a 15-min compression and then conducting a telephone follow-up up to the seventh day [20, 21]. A further alternative to avoid hospitalisation may be to perform the diagnostic examination with a brachial as opposed to femoral access.

The cost analysis we conducted employed a technique often applied in industry, which ensures a rigour that reduces

fattori che incidono maggiormente sono rappresentati dal costo del materiale utilizzato durante la procedura e dal costo del personale (quest'ultimo legato, a parità di figure professionali coinvolte, alla maggior durata dell'esame angiografico). Nel computo globale dei costi, inoltre, pesano le scelte relative all'approccio terapeutico che si intende seguire una volta accertata la necessità [14–17]. Vi è infatti la possibilità che l'Angio-RM non evidenzi lesioni passibili di trattamento interventistico mediante PTA e/o posizionamento di stent, oppure al contrario che dimostri lesioni suscettibili di tali trattamenti. In tal caso segue in seconda battuta l'esame angiografico con accesso arterioso con finalità terapeutiche. In questo secondo scenario, al costo dell'esame Angio-RM andrebbero successivamente aggiunti i costi relativi all'esame angiografico eseguito mediante accesso arterioso e i costi relativi ad un giorno di degenza post-procedura interventistica (i costi di degenza non rientrano peraltro nella nostra analisi che valuta i costi all'interno dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia).

Vi sarebbe peraltro la possibilità di eseguire in primis l'angiografia, effettuando così in un'unica seduta sia la parte diagnostica che la parte terapeutica, evitando in tal modo l'esame di Angio-RM. Tale atteggiamento dovrebbe tenere in considerazione il carico di lavoro ipotetico aggiuntivo non prevedibile della sezione e eventuali ritardi o annullamento di esami programmati a causa di eventuali complicanze insorte in corso di procedura. Nella nostra esperienza personale la procedura diagnostica e quella interventistica vengono comunque di norma eseguite in tempi diversi. Va considerato che all'esame angiografico diagnostico, eseguito mediante cateterismo arterioso, fa solitamente seguito l'ospedalizzazione del paziente per il monitoraggio di eventuali complicanze, quali il sanguinamento. Andrebbero quindi considerati anche i costi esterni legati alla degenza ospedaliera.

D'altra parte, un'alternativa alla compressione manuale e alla degenza è rappresentata dall'applicazione di un dispositivo di emostasi intravasale (Angio-seal) [18]. Esso, applicato al termine della procedura, consente un'immediata mobilitazione del paziente senza significative complicanze né allungamento dei tempi necessari all'esecuzione dell'esame [19]. Nella nostra Unità Clinico Operativa viene utilizzato già da qualche anno tale dispositivo con risultati comparabili a quelli riscontrabili in letteratura. Esso tuttavia presenta un costo di 139,44 euro che, pur essendo inferiore al costo di un giorno di degenza, grava direttamente sul budget dell'Unità Clinico Operativa di Radiologia.

Qualora utilizzato, esso graverebbe quindi considerevolmente sui costi pieni dell'angiografia digitale.

La degenza ospedaliera può anche essere evitata eseguendo al termine di una compressione di 15 minuti un monitoraggio temporaneo del paziente per 5 ore e successivamente un follow-up telefonico fino alla 7a giornata [20, 21]. Un'ulteriore alternativa per evitare la degenza può essere costituita da un esame diagnostico eseguito con accesso brachiale anziché femorale.

L'analisi dei costi da noi condotta fa riferimento a una tecnica ampiamente utilizzata in campo industriale che garantisce un rigore che riduce le approssimazioni dei metodi tradizionali di calcolo dei costi [22]. L'analisi da noi effet-

the approximations of traditional cost calculation methods [22]. Our cost analysis can be compared with only one published study [23], as the other studies [14, 24] are based only on MRA and DSA charges and do not evaluate the real costs. Using a method similar to ours, U-King-Im et al. [23] assessed the costs of DSA and MRA in the evaluation of carotid arteries, reporting far higher costs than reported in our study and, at any rate, considerably higher costs for DSA (721 euro vs. 306 euro).

This difference is mostly accounted for by operative factors, including the calculation of costs for monitoring the patient for 3–4 h in bed at the radiology unit after the angiographic procedure and the minimal involvement of the radiologist (estimated in 7 min only) conducting and reporting the MRA.

This emphasises the difficulty in generalising data obtained. Data emerging from our analysis cannot be easily exported to other settings. They reflect the situation in our department at a certain moment in time, but costs in other radiology departments may be extremely different to assess, either owing to different costs of equipment used or simply because of different organisation, which can affect variable costs (different materials used) or personnel costs (possible different roles). In our view, this does not detract from the validity of our analysis, but it emphasises its value in suggesting a model that can be easily applied to other settings rather than for reported cost data.

This can therefore be a stimulus for similar cost evaluations of these two techniques, possibly considered within more complex diagnostic protocols or in comparison with other techniques, such as CT angiography.

Clearly, a cost analysis is only the first step towards a cost-effectiveness analysis, which considers both the diagnostic benefits, including impact on therapy, and biological costs.

The high diagnostic accuracy of MRA in the evaluation of lower-limb arteries is an established fact [1–11]. In addition, MRA no doubt offers clear advantages over angiography if biological costs are considered since it is non-invasive, involves no ionising radiation and makes use of a paramagnetic contrast agent, which is safer than organic iodinated products. These elements led to a quick transition from DSA to MRA in the diagnosis of lower-limb arterial disease in our department.

In 2004, MRA was carried out on all patients with this clinical condition, reserving DSA to a mere 4% of cases, i.e. those with contraindications to MRI.

tuata in questo campo applicativo risulta comparabile ad un solo lavoro in letteratura [23], mentre negli altri [14, 24] si fa riferimento alle tariffe di Angio-RM ed angiografia digitale e non ad una valutazione dei costi reali. U-King-Im et al. [23] hanno valutato con una metodologia simile a quella da noi impiegata i costi dell'angiografia digitale e dell'Angio-RM nella valutazione delle carotidi, riportando costi molto superiori a quelli da noi verificati e comunque nettamente maggiori per l'angiografia digitale (721 vs. 306 euro). Vi sono soprattutto differenze operative che giustificano questa diversità, tra le altre il computo del costo del mantenimento del paziente sorvegliato per 3–4 ore in un letto predisposto nel Servizio di Radiologia dopo l'effettuazione dell'angiografia e il minimo coinvolgimento del medico radiologo (stimato in soli 7 minuti) per l'effettuazione e la refertazione dell'Angio-RM. Ciò sottolinea la difficoltà di generalizzare i dati ottenuti. Infatti i dati che emergono dalle nostre analisi non sono semplicemente esportabili ad altre unità operative. Essi rappresentano una fotografia della situazione nella nostra struttura in un certo momento storico, ma è evidente che in altre strutture i costi possono essere estremamente diversi, vuoi per il costo diverso delle apparecchiature utilizzate o semplicemente per diverse scelte organizzative che possono incidere ad esempio sui costi variabili (per diversi materiali utilizzati) o sui costi del personale, qualora ne sia previsto un diverso impiego. Ciò non toglie a nostro giudizio validità a tale analisi, ma sottolinea il suo valore non tanto per i dati grezzi di costo riportati quanto per il suggerimento di un modello facilmente applicabile in altre realtà operative.

Ciò può quindi essere stimolo per analoghe valutazioni dei costi di queste due tecniche, eventualmente inserite anche in protocolli diagnostici più articolati o in raffronto ad altre indagini, quale l'Angio-TC. È chiaro che un'analisi dei costi rappresenta solo un primo tassello per giungere ad un'analisi costo-efficacia, che consideri quindi da un lato i benefici diagnostici, includendo le ricadute terapeutiche, e dall'altro i costi biologici. L'elevata accuratezza diagnostica dell'Angio-RM nella valutazione delle arterie degli arti inferiori è un dato acquisito [1–11].

Non vi è dubbio inoltre che, per quanto riguarda i costi biologici, l'Angio-RM offre chiari vantaggi rispetto all'angiografia, per l'assenza di invasività, l'assenza di radiazioni ionizzanti e l'utilizzo di un mezzo di contrasto paramagnetico, più sicuro di un prodotto organo-iodato. Questi elementi hanno giustificato nella nostra realtà operativa un rapido passaggio dall'angiografia digitale all'Angio-RM nella diagnostica delle arteriopatie degli arti inferiori. Nel 2004 l'Angio-RM è stata effettuata in tutti i pazienti con tale problematica clinica, riservando l'angiografia digitale al 4% di essi, quelli con controindicazioni all'effettuazione di un esame di risonanza magnetica.

References/Bibliografia

1. Bezooijen R, van den Bosch H, Tielbeek A et al (2004) Peripheral arterial disease: sensitivity-encoded multiposition MR Angiography compared with intraarterial angiography and conventional multiposition MR Angiography. *Radiology* 231:263–271
2. de Vries M, Nijenhuis R, Hoogeveen R et al (2004) Contrast-enhanced peripheral MR Angiography using SENSE in multiple stations: feasibility study. *J Magn Reson Imaging* 21:37–45
3. Koelemay M, Lijmer J, Stoker J et al (2001) Magnetic resonance angiography for the evaluation of lower extremity arterial disease: a meta analysis. *JAMA* 285:1338–1345
4. Krause U, Kroencke T, Spielhauer E et al (2005) Contrast-enhanced magnetic resonance angiography of the lower extremities: standard-dose vs. high-dose gadodiamide injection. *J Magn Reson Imaging* 21:449–454
5. Kreitner K, Kalden P, Neufang A et al (2000) Diabetes and peripheral arterial occlusive disease: prospective comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography with conventional digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol* 174:171–179
6. Nelemans P, Leiner T, de Vet H et al (2000) Peripheral arterial disease: meta-analysis of the diagnostic performance of MR angiography. *Radiology* 217:105–114
7. Oberholzer K, Kreitner K, Kalden P (1999) MR angiography of peripheral vessels with automatic tracking-table technique at 1.0 T in comparison to intra-arterial DSA. *Rofo* 171:240–243
8. Sueyoshi E, Sakamoto I, Matsuoka Y et al (1999) Aortoiliac and lower extremity arteries: comparison of three-dimensional dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography and conventional angiography. *Radiology* 210:683–688
9. Visser K, Hunink M (2000) Peripheral arterial disease: gadolinium-enhanced MR angiography versus color-guided duplex US – a meta-analysis. *Radiology* 216:67–77
10. Wikstrom J, Holmberg A, Johanson L et al (2000) Gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography, digital subtraction angiography and duplex of the iliac arteries compared with intra-arterial pressure gradient measurement. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 19:516–523
11. Winterer J, Laubenberger J, Scheffler K et al (1999) Contrast-enhanced subtraction MR angiography in occlusive disease of the pelvic and lower limb arteries. Result of a prospective intraindividual comparative study with digital subtraction angiography in 76 patients. *J Comput Assist Tomogr* 23:583–589
12. Drummond M, O'Brien B, Stoddart G et al (1997) Methods for the economic evaluation of health care programmes. Oxford University Press, Oxford
13. Dalla Palma L, Grisi G, Cuttin R et al (1999) Digital vs conventional radiography: cost and revenue analysis. *Eur Radiol* 9:1682–1692
14. Visser K, Kuntz K, Donaldson M et al (2003) Pretreatment imaging workup for patients with intermittent claudication: a cost-effectiveness analysis. *J Vasc Interv Radiol* 14:53–62
15. Visser K, de Vries S, Kitslaar P et al (2003) Cost-effectiveness of diagnostic imaging work-up and treatment for patient with intermittent claudication in the Netherlands. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 25:213–223
16. de Vries S, Visser K, de Vries J et al (2002) Intermittent claudication: cost-effectiveness of revascularization versus exercise therapy. *Radiology* 222:25–36
17. Yin D, Baum R, Carpenter J et al (1995) Cost-effectiveness of MR angiography in cases of limb-threatening peripheral vascular disease. *Radiology* 194:757–764
18. Rilling W, Dicker M (2003) Arterial puncture closure using a collagen plug, I (Angio-Seal). *Tech Vasc Interv Radiol* 6:76–81
19. Cleveland G, Hill S, Williams S (2003) Arterial puncture closure using a collagen plug, II (Angio-Seal). *Tech Vasc Interv Radiol* 6:82–84
20. Jones T, McCutcheon H (2003) A randomized controlled trial comparing the use of manual versus mechanical compression following coronary angiography. *Intensive Crit Care Nurs* 19:11–20
21. Lehmann K, Heath-Lange S, Ferria S (1999) Randomized comparison of hemostasis techniques after invasive cardiovascular procedures. *Am Heart J* 138:1118–1125
22. Cohen M, Hawes D, Hutchins G et al (2000) Activity-based Cost Analysis: A Method of Analyzing the Financial and Operating Performance of Academic Radiology Departments. *Radiology* 215:708–716
23. U-King-Im J, Hollingworth W, Trivedi R et al (2004) Contrast-enhanced MR angiography vs intra-arterial digital subtraction angiography for carotid imaging: activity-based cost analysis. *Eur Radiol* 14:730–735
24. Meindl T, Berger K, Knollmann F et al (2003) Cost-utility analysis of contrast-enhanced MR Angiography with automated table-translation for diagnosis and therapy planning in patients with peripheral vascular disease. *Rofo* 175:981–990