

Patient and operator exposure during percutaneous vertebroplasty

La dosimetria operatore e paziente nella vertebroplastica percutanea

C. Tappero¹ · S. Barbero¹ · S. Costantino² · M. Bergui³ · R. Ropolo² · G. Bradac³ · G. Gandini¹

¹Istituto Radiologia Universitaria, ASO Molinette, Via Genova 3, 10126 Torino, Italy

²Fisica Sanitaria 1 ASO S. Giovanni Battista di Torino, Torino, Italy

³Dipartimento di Neuroscienze, Servizio di Neuroradiologia, Università di Torino, Torino, Italy

Correspondence to: C. Tappero, Tel.: +39-0141-485000, Fax: +39-0141-485052, e-mail: c.tappero@gmail.com

Received: 16 January 2008 / Accepted: 27 June 2008 / Published online: 14 May 2009

© Springer-Verlag 2009

Abstract

Purpose. The purpose of this study was to compare exposure of patient and operator to ionising radiation during percutaneous vertebroplasty performed under combined computed tomography (CT) and fluoroscopic guidance or fluoroscopic guidance alone.

Materials and methods. With the collaboration of our physics department, we measured exposure on ten patients undergoing vertebroplasty with combined CT and fluoroscopic guidance and on ten undergoing vertebroplasty with fluoroscopic guidance alone.

Results. Mean operator dose was approximately 0.8 microSv during vertebroplasty done with combined CT and fluoroscopic guidance and 5.8 microSv in procedures with fluoroscopic guidance alone. Mean patient dose was approximately 6 mSv for combined guidance and 8 mSv for fluoroscopic guidance, a difference that was not found to be statistically significant.

Conclusions. Although combined CT and fluoroscopic guidance is normally preferred for difficult areas such as the cervical and upper thoracic vertebrae, to ensure operator radiation protection, the technique should also be considered for areas normally treated under fluoroscopic guidance alone. However, a larger patient series is needed to correctly evaluate the real contribution of low-dose CT to patient exposure.

Keywords Vertebroplasty · Dose · Interventional radiology · Vertebral compression fracture

Riassunto

Obiettivo. Scopo del lavoro è confrontare la dose a cui sono esposti paziente e operatore in corso di vertebroplastica percutanea sotto guida combinata TC e radioscopica e sotto esclusiva guida radioscopica.

Materiali e metodi. In collaborazione con la fisica sanitaria abbiamo eseguito misurazioni su 10 pazienti sottoposti a vertebroplastica con guida combinata e su 10 pazienti sottoposti a vertebroplastica con guida esclusivamente radioscopica.

Risultati. In base a questo studio si osserva come la dose all'operatore sia in media circa 0,8 microSv in corso di vertebroplastica eseguita con guida combinata TC e radioscopica, mentre si attesti attorno a 5,8 microSv se eseguita con guida esclusivamente radioscopica; per quanto riguarda i pazienti la dose è di circa 6 mSv per la guida combinata e circa 8 mSv nel caso di guida esclusivamente radioscopica; tale differenza non risulta statisticamente significativa.

Conclusioni. Se la guida combinata TC e radioscopica risulta preferibile per sedi complesse come il trattamento a livello del rachide cervicale e dorsale "alto" essa è da prendersi in considerazione qualora si privilegi la protezione dell'operatore anche per quei metameri vertebrali solitamente trattati con esclusiva guida radioscopica, tuttavia serve una più ampia casistica per poter valutare il reale contributo della TC a basso dosaggio nell'esposizione del paziente.

Parole chiave Vertebroplastica · Dose · Radiologia interventistica · Fratture vertebrali da compressione

Introduction

Although most operators perform percutaneous vertebroplasty (PVP) using fluoroscopic guidance alone, there continues to be controversy as to whether the procedure should be performed under fluoroscopic guidance alone or with a combination of computed tomography (CT) and fluoroscopic guidance. One of the most common criticisms of CT guidance is that it slows down the procedure and substantially increases patient exposure to ionising radiation. In fact, the majority of studies investigating dosimetry during vertebroplasty have focused on operator and patient exposure during PVP performed with fluoroscopic guidance alone. These papers have reported highly variable fluoroscopy times, 10–60 min, and high operator doses, above all at the hand level [1]. However, when PVP is performed by experienced operators, fluoroscopy time is reduced to 10 min on average [2].

The aim of this study was to evaluate the effective radiation dose to operators and patients during PVP performed under combined CT and fluoroscopic guidance and to compare it with corresponding dose measurements obtained during PVP carried out under fluoroscopic guidance alone.

Materials and methods

Dose measurements in previous studies were obtained both by using electronic and thermoluminescent dosimeters (TLD) [1] and by recording the dose-area product (DAP) and the entrance skin dose [3, 4]. In our study, operator dose was measured with an electronic dosimeter, whereas patient dose was determined by measuring the DAP both with Gafchromic films and with an ionisation chamber, from which we derived the effective dose. This value was added to the effective dose of CT in the case of procedures with combined guidance. DAP is defined as the integral of the absorbed dose to air across the area A of the beam:

$$DAP = \int_A D_{air}(A) dA$$

DAP has the useful property of being invariant with distance from the X-ray tube focus. This means it can be measured at any plane between the tube and the patient, as long as care is taken to avoid points of measurement with nonnegligible backscattered radiation from the patient and to ensure that the beam is focused on the detector. As well as dose, DAP also provides a measure of the beam area and thus of the collimation used, thereby incorporating information on an important protection factor. In the case of a uniform beam, as is assumed as a first approximation in diagnostic imaging, the equation becomes:

$$DAP \gg D_{air} \times A$$

Other fundamental concepts are the absorbed dose and,

Introduzione

La maggioranza degli operatori esegue la vertebroplastica percutanea (PVP) con guida esclusivamente radioscopica tuttavia continuano ad esserci due scuole contrapposte sulla tecnica: esclusiva guida radioscopica, combinata radioscopica e TC guidata, con fautori e detrattori dell'una e dell'altra. Una delle critiche più frequenti nei confronti di coloro che preferiscono la guida TC è che così facendo la procedura è molto più lenta e che il rischio espositivo del paziente è notevolmente superiore. In realtà i vari studi pubblicati riguardo alla dosimetria in corso di vertebroplastica sono quasi tutti incentrati su operatori e pazienti in corso di PVP sotto esclusiva guida radioscopica. In tali lavori si sono evidenziati tempi radioscopici molto variabili fra i 10 ed i 60 minuti ed una elevata esposizione per quanto riguarda l'operatore, soprattutto alle estremità [1]. Tuttavia in mani esperte nei più recenti lavori il tempo di scopia può ridursi fino ad una media di 10 minuti [2].

Scopo del lavoro è valutare l'effettiva dose radiante a cui sono sottoposti operatore e paziente in corso di PVP con guida combinata radioscopica e TC e confrontarla con misurazioni analoghe eseguite in corso di PVP sotto esclusivo controllo radioscopico.

Materiali e metodi

Le misurazioni nei vari studi in letteratura sono state eseguite sia usando dosimetri termoluminescenti (TLD) ed elettronici [1] sia registrando la DAP (dose per area) e la dose in ingresso alla cute [3, 4]. Per quanto riguarda il nostro studio la dose all'operatore è stata misurata mediante dosimetro elettronico, mentre per quanto riguarda la dose al paziente è stata misurata la DAP sia mediante pellicole Gaf-cromic sia con camera a ionizzazione trasmissiva da cui si è ricavata la dose efficace; tale valore è stato sommato alla dose efficace in TC nei casi di guida combinata. Per DAP si intende il prodotto dose-area che è definito come l'integrale della dose assorbita in aria sull'area A del fascio:

$$DAP = \int_A D_{air}(A) dA$$

essa è una grandezza particolarmente utile per la sua invarianza rispetto alla distanza dal fuoco che consente la sua misurazione in qualsiasi piano fra il tubo radiogeno e la posizione del paziente, con l'unica avvertenza di evitare punti di misura in cui sia non trascurabile la radiazione retrodiffusa dal paziente e di assicurarsi che il fascio sia compreso nel rilevatore. Tale grandezza include, oltre a quella di dose, una misura dell'area del fascio e quindi della collimazione impiegata, introducendo informazioni su di un importante fattore di protezione. Nel caso di fascio uniforme, come in prima approssimazione si ha per la

directly related to it, the effective dose. The first is an indicator of the likelihood of stochastic effects, as suggested by the International Commission on Radiation Protection (ICRP) [5], whereas the second refers to the absorbed dose ($D_{T,R}$) mediated by specific weighting factors related to the type of radiation (R) and the tissues or organs being irradiated [6] (W_R and W_T):

$$E = \sum_R W_R \sum_T W_T D_{T,R}$$

For our study, we recruited two radiologists with experience in PVP with combined CT and fluoroscopic guidance and under fluoroscopic guidance alone, respectively. Twenty PVP procedures (ten per technique) were performed in collaboration with the hospital's physics department a personnel who quantified exposures. The equipment used were a GE Lightspeed QX/i 4-detector row CT scanner, a GE OEC 9800 Plus image intensifier and a Philips Integris V5000 angiographic unit. CT was initially used modifying the standard settings adjusted to skeletal segments: 140 kV, 50 mA, 5 mm thickness, 15 mm/s table feed in HS [6] scans and 0.8 s tube rotation (Fig. 1). Subsequently, the settings were further modified in collaboration with the physicists in an attempt to reduce patient doses and exploit the intrinsic contrast of tissues. The new settings were: 80 kV, 40 mA, 5 mm slice thickness, 30 mm/s table feed (Fig. 2), 0.8 s tube rotation as this is the fastest possible value. All the above were during HS [6] scans, that is, with a pitch of 6 equal to a pitch of 1.5 on single-detector-row machines. This CT scanner is not equipped with the modern automatic systems for dose modulation according to patient attenuation. One limitation to dose reduction was the build of some patients, which obliged us to increase the kilovolts to allow for readable CT scans.

The patient was placed prone on the CT table. Then the image intensifier was placed laterally to the patient to verify

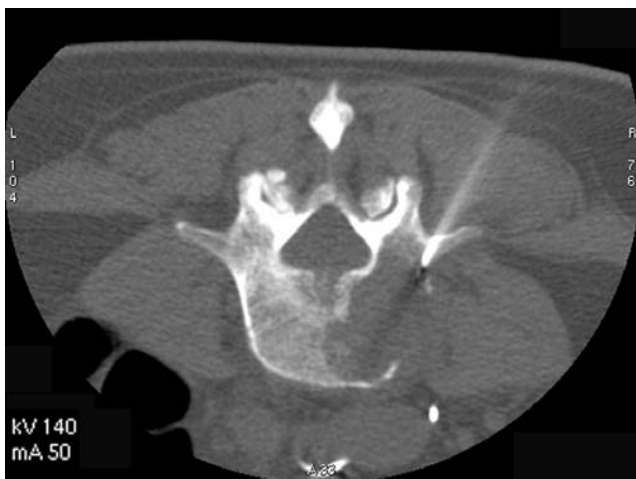


Fig 1 L4 vertebroplasty performed at 140 kV and 50 mA, 5 mm thickness, 15 mm/s table progression in HS [6], and 0.8 s tube rotation.

Fig. 1 Vertebroplastica di L4 eseguita con 140 kV e 50 mA, 5 mm di spessore, 15 mm/s l'avanzamento del lettino in HS [6] e rotazione del tubo in 0,8 secondi.

radiodiagnostica, la relazione diventa semplicemente:

$$DAP \gg D_{air,xA}$$

Altri due fondamentali concetti sono la dose assorbita e, ad essa direttamente collegata, la dose efficace, intendendosi per la prima, come raccomandato dalla ICRP [5] un indicatore di probabilità di insorgenza di effetti stocastici, mentre la dose efficace è la dose assorbita ($D_{T,R}$) mediata da specifici fattori di peso relativi al tipo di radiazione (R) e ai tessuti od organi interessati [6] (W_R e W_T):

$$E = \sum_R W_R \sum_T W_T D_{T,R}$$

Sono stati reclutati, pertanto, due radiologi esperti nell'esecuzione di PVP con guida combinata TC e radioscopica uno ed esclusivamente radioscopica l'altro. Venti interventi di PVP (10 per tecnica) sono stati eseguiti in collaborazione con la fisica sanitaria della nostra ASO che hanno quantificato l'esposizione. Le apparecchiature impiegate sono state: TC G.E. Lightspeed QX/i 4 banchi; intensificatore di brillantezza G.E. OEC 9800 Plus; angiografo Philips Integris V5000. La TC è stata impiegata inizialmente modificando le impostazioni di base per i segmenti scheletrici, quindi: 140 kV, 50 mA, 5 mm di spessore, 15 mm/s l'avanzamento del lettino in HS (6) e rotazione del tubo in 0,8 secondi (Fig. 1); successivamente in collaborazione coi fisici abbiamo modificato ulteriormente i parametri per cercare di ridurre la dose ai pazienti, sfruttando l'intrinseco contrasto dei tessuti ed arrivando così ad impostare 80 kV, 40 mA, 5 mm di spessore di strato, 30 mm/s l'avanzamento del lettino (Fig. 2); la rotazione è stata mantenuta a 0,8 secondi in quanto la più rapida possibile, il tutto sempre in HS (6), cioè con pitch di 6 paragonabile ad un pitch di 1,5 sulle macchine monobanco. Tale apparecchiatura è priva dei moderni controlli di regolazione automatici della dose al paziente a seconda della sua radiopacità. Un limite alla riduzione della dose è stato l'habitus costituzionale di alcuni pazienti che ci ha costretto ad aumentare i kV per rendere leggibili le scansioni TC.

Il paziente è stato posizionato prono sul lettino della TC. A seguire è stato sistemato lateralmente al paziente l'intensificatore di brillantezza, utile per verificare il posizionamento ed indispensabile per controllare l'iniezione del cemento allo scopo di identificare la eventuale comparsa di leak extra-somatico vertebrale e/o vascolare e/o epi-durale. Una volta posizionato il paziente si è proceduto ad una prima scansione TC per individuare il/i metameri da trattare e si è eseguita una scansione con un repere cutaneo per verificare la via di accesso. Successivamente si è proceduto all'anestesia locale con l'ausilio di un ago cannula spinale di 22 G di calibro iniettando lidocaina o, nel caso di vertebre toraciche, una miscela di lidocaina e cortisone (Kenacort), così da ridurre al minimo l'eventuale disagio relativo all'infiammazione del plesso radicolare in caso di accesso parapeduncolare/intercostotrasversario. Sono stati quindi inseriti gli aghicannula di calibro compreso fra 10 e



Fig. 2 L12 vertebroplasty performed at 80 kV and 40 mA, 5 mm thickness, 30 mm/s table progression in HS [6], and 0.8 s tube rotation.

Fig. 2 Vertebroplastica di T12 eseguita con 80 kV e 40 mA, 5 mm di spessore, 30 mm/s l'avanzamento del lettino in HS [6] e rotazione del tubo in 0,8 secondi.

positioning and monitor the cement injection for possible extravertebral, and/or vascular and/or epidural leakages. An initial CT scan was performed to identify the vertebra or vertebrae to be treated, followed by a scan with radiopaque marker on the skin to locate the access route. Local anaesthesia was achieved by injecting lidocaine or, in the case of thoracic vertebrae, a mixture of lidocaine and cortisone (Kenacort) with the aid of a 22-gauge spinal needle to minimise discomfort due to inflammation of the radicular plexus in the case of parapedicular/intercostal transverse approach. Needle cannulas with 10- to 15-gauge calibre were subsequently inserted into the vertebral body with a transpedicular or intercoastal transverse approach and advanced with the aid of a small orthopaedic hammer. At this point, the cement was injected into the vertebral bodies under fluoroscopic guidance.

In the angiography room, the patient was placed prone on the angiographic table and the procedure was carried out leaving the machine's automatic settings. Placement and advancement of the vertebroplasty needles, preferably inserted with a transpedicular approach, occurred under anteroposterior (AP) and laterolateral (LL) fluoroscopic guidance to check correct progression of the needle through the pedicle. On AP views, the needle must not be seen to exit from the pedicle, whereas the LL views serve to monitor its progression.

The equipment used for dose measurements was as follows: Diamentor M4-KDK dual-channel transmission ion chamber; type T Gafchromic XR films; Unfors EDD-30 dosimeter. The dual-channel transmission ion chamber (Diamentor M4-KDK, PTW, Freiburg), which allows simultaneous determination of the DAP and air kerma (absorbed dose) was used to measure the dose contribution of the image intensifier and angiography unit (Fig. 3). The chamber

15 G all'interno del corpo vertebrale con accesso transpedicolare o intercostotrasversario, aiutandosi nella progressione mediante un piccolo martello ortopedico. A questo punto, sotto guida radioscopica, è stato infuso il cemento all'interno dei corpi vertebrali.

In sala angiografica il paziente è stato collocato in decubito prono sul lettino angiografico lasciando le impostazioni automatiche della macchina. Il posizionamento e la progressione degli aghi da vertebroplastica nel soma, con accesso preferibilmente transpedicolare, è avvenuto sotto controllo radioscopico in antero-posteriore (AP) e in latero-laterale (LL) in modo da verificare la corretta progressione e il posizionamento dell'ago attraverso il peduncolo. In AP l'ago non deve uscire dal peduncolo, mentre la LL serve a verificare di quanto progredisce.

La strumentazione impiegata nella valutazione di dose è stata: camera a ionizzazione trasmissiva a doppio canale Diamentor M4-KDK; pellicola di tipo Gaf-chromic XR tipo T; dosimetro Unfors EDD-30. Una camera a ionizzazione trasmissiva a doppio canale (Diamentor M4-KDK, PTW, Freiburg), che permette la misura contemporanea di DAP e kerma (dose assorbita) in aria puntuale è stata utilizzata per la misura del contributo di dose impartito dall'intensificatore di brillantezza e dall'angiografo (Fig. 3). Tale camera è radiotrasparente, ha un'area sensibile di 15×15 cm. Per la misura del DAP il range è compreso da $0,1 \text{ cGy} \times \text{cm}^2$ a $10^6 \text{ cGy} \times \text{cm}^2$, la linearità la precisione e la riproducibilità della misura sono comprese entro l'1%. Per la misura del kerma in aria il range è compreso fra $0,010 \text{ mGy}$ e 10 Gy ; la linearità e la precisione sono inferiori al 2,5% e la riproducibilità entro l'1%. La camera è posta in prossimità della finestra di uscita del tubo. Associata alla camera a trasmissione per ogni paziente è stata impiegata una pellicola di tipo Gaf-chromic XR tipo T. Queste pellicole presentano il vantaggio di non richiedere sviluppo o trattamento chimico, sono scarsamente sensibili alla luce. Le caratteristiche principali sono: bassa dipendenza della risposta dall'energia (<3% per 80–120 kV); bassa dipendenza della risposta dal rateo medio di dose; elevata risoluzione spaziale; adeguata equivalenza con l'acqua.

Le pellicole (di dimensione 15×15 cm) sono state poste sulla finestra di uscita del tubo radiologico, essendo il valore della DAP invariante rispetto alla distanza dal fuoco; ponendo infatti la pellicola sulla finestra di uscita del tubo, piuttosto che sulla cute del paziente, la misura non è influenzata dal contributo di radiazione retrodiffusa dal paziente stesso, non è di intralcio alla procedura ed inoltre nella guida combinata la pellicola sarebbe stata anche impressionata dal fascio della TC. Le pellicole irradiate vengono lette, almeno 24 ore dopo l'irradiazione, con uno scanner. Dalla curva di calibrazione è possibile ricavare, dall'annerimento della pellicola, il valore di DAP e di energia puntuale. I valori misurati con le pellicole e con la



Fig. 3 A dual-channel Diamentor M4KDK transmission chamber.

Fig. 3 Camera a ionizzazione trasmissiva a doppio canale Diamentor M4-KDK.

is radiolucent and has a sensitive area of 15×15 cm. For DAP measurements, the range is between 0.1 cGy cm^2 and 10^6 cGy cm^2 , and the linearity, precision and reproducibility of measurements are in the range of 1%. For air-kerma measurements, the range is between 0.010 mGy and 10 Gy , linearity and precision are $<2.5\%$ and reproducibility is within 1%. The chamber is placed over the output window of the X-ray tube. For each patient, a Gafchromic XR type T film was used in addition to the ion chamber. These films require no development or chemical processing and are poorly sensitive to light. Their main features are low dependence of response on energy ($<3\%$ for 80–120 kV), low dependence of response on average dose rate, high spatial resolution and adequate water equivalence.

The films (15×15 cm) were placed over the output window of the X-ray tube, since the DAP value does not vary in relation to distance from the focus. In fact, with the film placed over the output window rather than over the patient's skin, the measurement is not affected by the backscatter contribution, the film does not interfere with the procedure and, furthermore during procedures using combined CT and fluoroscopic guidance, the film would have been penetrated by the CT beam. The irradiated films are read by a scanner at least 24 h following irradiation. From the calibration curve, one can derive the DAP and point dose values based on film blackening. The values measured with the films and with the transmission ion chamber are comparable.

To evaluate effective patient dose when using the image intensifier and the angiographic unit, we utilised the PCXMC15 software programme (STUK, Radiation and Nuclear Safety Authority, Helsinki, Finland), which is based on the Monte Carlo method (simulation of the process of energy deposition on a virtual phantom for a large number of incident photons) and provides a value in terms of deep dose (H_p10). The data required are voltage, current, fluoroscopy time, field size, projection, focus-to-skin distance and DAP (obtained from the ion chamber or film measurement).

To evaluate effective patient dose when using CT, we utilised the CT-Expo V1.5 programme, which is also based on the Monte Carlo method and provides a value of effective

camera a trasmissione sono confrontabili.

Per la valutazione della dose efficace al paziente nell'utilizzo dell'intensificatore di brillantezza e dell'angiografo è stato utilizzato il programma di calcolo PCXMC15 (STUK, radiation and Nuclear Safety Authority, P.O. Box 14, FIN-00881 Helsinki, Finlandia), che utilizza il metodo Monte Carlo (simulazione del processo di deposizione di energia in fantoccio virtuale per un grande numero di fotoni incidenti) e fornisce un valore in termini di dose profonda (H_p10). I dati impiegati sono: tensione di utilizzo, mA, tempo di scopia, dimensione del campo, proiezione, distanza fra il fuoco del tubo radiogeno e la cute del paziente, DAP (ricavato dalla misura della camera a trasmissione o dalla pellicola).

Per la valutazione della dose efficace al paziente nell'impiego della TC si è utilizzato il programma CT-Expo v. 1.5, anche quest'ultimo software è basato su simulazioni Monte Carlo e fornisce un valore di dose efficace in termini di dose profonda. I dati impiegati sono: tensione, mA, tempo di rotazione totale, pitch, spessore della slice e numero di slice, numero di serie acquisite e collimazione. Il valore di CTDI fornito dall'apparecchiatura è confrontabile con quello misurato sperimentalmente con camera ionizzazione di tipo Pencil dalla S.C. di Fisica Sanitaria durante i controlli di qualità annuali sull'apparecchiatura.

Le misurazioni sulla dose all'operatore sono state eseguite mediante un dosimetro Unfors EDD-30 indossato dal radiologo interventista inizialmente sotto il camice piombato, poi si è deciso che sarebbe stato meglio posizionarlo sopra ed eseguire le dovute correzioni per lo spessore del camice in quanto molto spesso il rateo di dose era inferiore alla minima soglia misurata dallo strumento, che quindi segnava zero (Tabella 1). Il dosimetro è stato posizionato all'altezza del torace, sulla sinistra. L'operatore, essendo sottoposto a sorveglianza fisica per la radioprotezione, è munito di dosimetro a film-badge a corpo intero, posizionato sotto il camice piombato, e dosimetro a bracciale a TLD, poiché tali dosimetri sono indossati dall'operatore non solo durante le procedure di vertebroplastica ma durante tutta l'attività lavorativa e pertanto la misura da essi fornita non è impiegabile nella valutazione

dose in terms of deep dose. The data required are voltage, current, total rotation time, pitch, slice thickness and number of slices, number of serial scans and collimation. The CTDI value provided by the equipment is comparable with that measured experimentally with a pencil type ion chamber by the medical physics staff during the annual quality control procedures.

Measurements of operator dose were carried out with a Unfors EDD-30 dosimeter. This was initially positioned under the interventional radiologist's lead apron and subsequently, because the dose rate was very often lower than the minimum threshold measured by the instrument – which showed zero – it was decided to place it over the apron and to make the required adjustments for apron thickness (Table 1). The dosimeter was placed on the chest to the left. Owing to continuous physical monitoring for radiation protection purposes, the operator wears a film-badge full-body dosimeter under the lead apron and a TLD wrist dosimeter. However, because these dosimeters are worn throughout the working day and not only during vertebroplasty procedures, their measurements could not be used in our evaluation. In procedures performed under fluoroscopic guidance alone,

in oggetto. Nelle procedure che prevedono solo la guida radiosopica angiografica il paziente è in posizione prona sul lettino, il tubo e posto in basso ad una distanza media fra il fuoco del tubo e il ricettore di immagini è mediamente 120 cm: il paziente viene quindi investito dal fascio in proiezione antero-posteriore durante il posizionamento dell'ago e in latero-laterale nell'iniezione del cemento; il tubo e alla destra del paziente mentre l'operatore alla sinistra. Nelle procedure che invece impiegano l'uso combinato di TC ed intensificatore di brillantezza, quest'ultimo è posizionato ortogonalmente al lettino TC (e quindi all'asse testa-piedi del paziente), il tubo in questo caso alla sinistra del paziente e l'operatore a destra. La distanza fra il fuoco del tubo radiologico e l'intensificatore di brillantezza è 100 cm. Durante le procedure gli operatori indossano camice piombato di spessore pari a 0,5 mm Pb equivalente.

Il dosimetro Unfors EDD-30 è formato da un piccolo sensore di dimensioni 6×11×22 mm posto su un cavo collegato ad un display, il sensore ha una risposta di rivelazione sferica che permette quindi la misura della dose indipendentemente dall'angolo di incidenza della radiazione.

Table 1 Operator dose

Radiology Department, combined guidance							
Patient	Vertebra/e	kV	mA	t ¹	Dose µSv	µSv/h rate	t ²
1	L4	93	3.7	2.34	1.168	100.7	50 s
2	L4	107	3.8	2.02	0.100	55.04	4.35 s
3	L2	112	4.2	2.46	1.784	83.58	1.42
4	L1-L2	99	3.8	4.41	0	n.m.	n.m.
5	L3	113	4.4	2.23	1.984	86.72	1.603
6	D9-L2	110	3.6	5.36	0	n.m.	n.m.
7	L3-T12	78	5.3	7.25	0.368	225.7	7.31s
8	L3-L4	93	3.7	7.09	0	n.m.	n.m.
9	L1	102	3.8	3.18	0	n.m.	n.m.
10 ^a	T8-L3	91	3.6	7.49	4.768	342	7.23
				mean	1.0172		
				SD	1.528086		
Neuroradiology Department, fluoroscopic guidance							
1	T9-L1-L4	104	14.5	12	8.45	3390	5
2	T9-T10-T11	90	16.8	22	6.6	3650	4.23
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6.0/14.8	28.4	16.6	301.9	10.22
4	L3-L4-L5	106	6.0/14.1	7.4	3.98	165	2.8
5	L4	110	13.6	7.3	2.29	1500	1.56
6	L1-L2-L3-L4	110	6.0	5.7	2.00	119.7	1.36
7	T7	103	6.0	4.2	0	n.m.	n.m.
8 ^a	T10-T11-T12	110	6.0	8.0	8.46	2.71	7.95
9 ^a	T5-T6	110	6.0/14.9	4.9	12	8.36	5.0
10 ^a	T12-L1-L2-L3	107	6.0/14.9	8.1	10.208	2.11	8.14
				Mean	7.0588		
				SD	5.132849		

SD, standard deviation; ^aoperator dose adapted to the thickness of the lead coat; t¹ irradiation time (min); t² measurement time (min); n.m. not measurable

the patient lies prone on the table, the tube is placed under the table and the mean distance between the focus and the image receptor is 120 cm. The patient is thus penetrated by the beam in an anteroposterior direction during needle placement and in a laterolateral projection during cement injection. The tube is on the patient's right and the operator is on the left. In procedures performed under combined CT and fluoroscopic guidance, the image intensifier is placed perpendicularly to the CT table (hence to the head-foot axis of the patient), the tube is on the patient's left and the operator on the right. The distance between the focus and the image intensifier is 100 cm. During the procedures, the operators wear 0.5-mm Pb-equivalent lead aprons.

The Unfors EDD-30 dosimeter consists of a 6×11×22 mm sensor placed on a cable connected to a display unit. The sensor has a spherical response that can measure dose independently of the incident angle of radiation. The instrument is 82×98×21 mm in size and weighs 200 g and thus does not obstruct the operator. The range of accumulated dose is 10 nSv to 9999 Sv, the trigger level dose rate is 0.054 mSv/h. The instrument allows immediate measurement of the dose accumulated during a single procedure.

Lo strumento ha dimensioni 82×98×21 mm e pesa 200 g, non risulta quindi di minimo intralcio all'operatore. L'intervallo di dose accumulata è compreso fra 10 nSv e 9999 Sv, il minimo valore di soglia del rateo di dose per far partire la misura è 0,054 mSv/h. Lo strumento permette la misura immediata della dose accumulata nella singola procedura.

Risultati

Per ogni paziente abbiamo preso nota delle impostazioni dell'apparecchiatura TC come kV, mA, pitch, tempo di rotazione, spessore e numero di slice, collimazione ed il numero delle scansioni eseguite, mentre il contributo dell'intensificatore di brillantezza (IB) è stato calcolato considerando i minuti di scopia, i kV, i mA, il fuoco del tubo radiogeno, la distanza fra la cute ed il tubo e calcolando la dose efficace tenendo conto delle misurazioni delle pellicole (Tabella 2).

In sala angiografica le misurazioni tenevano conto solo della dose prodotta dall'angiografo, in questo caso per

Tabella 1 Dose all'operatore

S.C.D.U. Radiologia 4, guida combinata

Pz	Vertebra	kV	mA	t ¹	Dose μSv	rateo μSv/h	t ²
1	L4	93	3,7	2,34	1,168	100,7	50 s
2	L4	107	3,8	2,02	0,100	55,04	4,35 s
3	L2	112	4,2	2,46	1,784	83,58	1,42
4	L1-L2	99	3,8	4,41	0	n.m.	n.m.
5	L3	113	4,4	2,23	1,984	86,72	1,603
6	D9-L2	110	3,6	5,36	0	n.m.	n.m.
7	L3-T12	78	5,3	7,25	0,368	225,7	7,31 s
8	L3-L4	93	3,7	7,09	0	n.m.	n.m.
9	L1	102	3,8	3,18	0	n.m.	n.m.
10 ^a	T8-L3	91	3,6	7,49	4,768	342	7,23
				media	1,0172		
				DS	1,528086		

S.C.D.U. Neuroradiologia, Guida radioscopica

1	T9-L1-L4	104	14,5	12	8,45	3390	5
2	T9-T10-T11	90	16,8	22	6,6	3650	4,23
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6,0/14,8	28,4	16,6	301,9	10,22
4	L3-L4-L5	106	6,0/14,1	7,4	3,98	165	2,8
5	L4	110	13,6	7,3	2,29	1500	1,56
6	L1-L2-L3-L4	110	6,0	5,7	2,00	119,7	1,36
7	T7	103	6,0	4,2	0	n.m.	n.m.
8 ^a	T10-T11-T12	110	6,0	8,0	8,46	2,71	7,95
9 ^a	T5-T6	110	6,0/14,9	4,9	12	8,36	5,0
10 ^a	T12-L1-L2-L3	107	6,0/14,9	8,1	10,208	2,11	8,14
				media	7,0588		
				DS	5,132849		

DS, deviazione standard; ^aDose all'operatore adattata allo spessore del camice; t¹, durata dell'irraggiamento (min); t², durata delle misurazioni (min); n.m. non misurabile

Results

For each patient, we took note of the CT settings, including kV, mA, pitch, rotation time, slice thickness and number, collimation and number of scans, whereas the contribution of the image intensifier was derived from fluoroscopy time, kV, mA, X-ray tube focus, focus-to-skin distance and by calculating the effective dose from the film measurements (Table 2).

oltre ai valori presi in considerazione per l'IB le misurazioni sono state calcolate separatamente in base alla proiezione, se AP o LL, e quindi i risultati sono stati sommati (Tabella 3).

Data l'ampiezza del campione preso in esame finora abbiamo analizzato i dati applicando il test *t* di Student che ha dimostrato come non ci sia una differenza statisticamente significativa per quanto riguarda la dose al paziente in corso di vertebroplastica quando eseguita sotto

Table 2 Patient dose during vertebroplasty with combined computed tomography (CT) and fluoroscopic guidance

Vertebra/e	kV	mA	t tot	DAP	E	kV	mA	CTDI	No. slices	No. series	CT dose	Intensifier dose	Total dose (mSv)
1 L4	93	3.7	0.02.34	8.1	441.5	140.0	50.0	6.86	8	9	2.4	1.26	3.66
2 L4	107	3.9	0.02.02	9.8	994.0	120.0	50.0	5.01	12	12	2.9	1	3.9
3 L2	112	4.2	0.02.46	15.2	870.0	120.0	50.0	2.55	12	10	5.5	2.28	7.78
4 L1-L2	98	3.8	0.04.46	19.9	947.0	120.0	50.0	2.25	23	2	6.8	2.25	9.05
						120.0	50.0	2.25	11	10			
5 ^a L3	133	4.1	0.02.28	17.6	1046.0	120.0	50.0	2.25	11	11	6.4	2.09	8.49
6 ^b T8-L2	110	3.6	0.05.36	19.1	1709.0	100.0	50.0	1.35	10	11	3.1	1.7	4.8
						100.0	50.0	1.35	10	11			
7 T12-L3	78			14.3	840.0	80.0	50.0	2.25	27	9	3.9	3.3	7.2
8 L2-L3	98	3.8	0.07.09	28.4	1720.0	120.0	50.0	0.60	14	4	2	3.2	5.2
						120.0	50.0		20	7			
9 ^a L1	100	3.8	0.03.18	10.2	553.0	80.0	40.0	0.56	12	8	0.9	1.03	1.93
10 T12-L1	104	3.6	0.10.53	29.08	2535	80	40	0.56	17	14	1.6	3.1	4.7
		Mean	0.04.37	17.2	1165.6	109.2	48.5	2.3	14.4	9.1	3.55	2.12	5.67
		SD	0.02.54	7.28	637.92	19.35	3.76	1.88	5.71	3.25	2.05	0.88	2.34

DAP, dose area product; SD standard deviation; ^athe same patient treated again for a new vertebral compression fracture; ^bthe same as patient 2 in Table 3 treated for a different vertebral compression fracture with both methods

Tabella 2 Dose al paziente nelle PVP con guida combinata

Vertebra/e	kV	mA	t tot	DAP	E	kV	mA	CTDI	n. slice	n. serie	Dose TC	Dose IB	Dose totale (mSv)
1 L4	93	3,7	0.02.34	8,1	441,5	140,0	50,0	6,86	8	9	2,4	1,26	3,66
2 L4	107	3,9	0.02.02	9,8	994,0	120,0	50,0	5,01	12	12	2,9	1	3,9
3 L2	112	4,2	0.02.46	15,2	870,0	120,0	50,0	2,55	12	10	5,5	2,28	7,78
4 L1-L2	98	3,8	0.04.46	19,9	947,0	120,0	50,0	2,25	23	2	6,8	2,25	9,05
						120,0	50,0	2,25	11	10			
5 ^a L3	133	4,1	0.02.28	17,6	1046,0	120,0	50,0	2,25	11	11	6,4	2,09	8,49
6 ^b T8-L2	110	3,6	0.05.36	19,1	1709,0	100,0	50,0	1,35	10	11	3,1	1,7	4,8
						100,0	50,0	1,35	10	11			
7 T12-L3	78			14,3	840,0	80,0	50,0	2,25	27	9	3,9	3,3	7,2
8 L2-L3	98	3,8	0.07.09	28,4	1720,0	120,0	50,0	0,60	14	4	2	3,2	5,2
						120,0	50,0		20	7			
9 ^a L1	100	3,8	0.03.18	10,2	553,0	80,0	40,0	0,56	12	8	0,9	1,03	1,93
10 T12-L1	104	3,6	0.10.53	29,08	2535	80	40	0,56	17	14	1,6	3,1	4,7
		media	0.04.37	17,2	1165,6	109,2	48,5	2,3	14,4	9,1	3,55	2,12	5,67
		DS	0.02.54	7,28	637,92	19,35	3,76	1,88	5,71	3,25	2,05	0,88	2,34

DAP, dose x area; DS, deviazione standard; ^aLo stesso paziente ritrattato per un nuovo crollo vertebrale. ^bCorrisponde al paziente 2 della Tabella 3 trattato per crolli successivi con entrambe le metodiche

Measurements in the angiographic room took into account only the dose produced by the angiographic unit. In this case, however, in addition to the values considered for the image intensifier, determinations were made separately for the AP and LL projections, and the results were summed (Table 3).

Given the size of the sample studied to date, we analysed the data with Student's *t* test, which showed that patient dose did not differ significantly between vertebroplasty performed with fluoroscopic guidance alone and with combined CT and fluoroscopic guidance [$t=0.9726$; $p=0.3436$ with 95% confidence interval (CI)], whereas operator dose was substantially lower during vertebroplasty performed under combined CT and fluoroscopic guidance ($t=3.5674$, $p=0.0022$ with 95% CI). However, because this may have been underestimated as a result of our assigning a value of 0 to dose rates lower than the trigger level of 0.054

controllo esclusivamente angiografico rispetto alla guida combinata TC e radiosopica ($t=0,9726$ $p=0,3436$ con I.C. al 95%), mentre come la dose all'operatore sia notevolmente inferiore nelle vertebroplastiche sotto guida combinata TC e radiosopica rispetto alla sola guida radiosopica ($t=3,5674$ $p=0,0022$ con I.C. al 95%), avendo attribuito il valore 0 quando il rateo di dose era inferiore al valore soglia di 0,054 mSv/h. In considerazione di questo fatto si è proceduto all'attribuzione di tale valore soglia adattato al tempo di scopia come ipotetica dose all'operatore (Tabella 4). Anche con tali nuovi valori permane la notevole differenza di esposizione all'operatore a favore della guida combinata ($t=3,5341$ $p=0,0024$ con I.C. al 95%).

Dal momento che nel corso delle procedure abbiamo modificato i parametri della TC abbiamo rianalizzato con il

Table 3 Patient dose during vertebroplasty performed with fluoroscopic guidance alone

	Vertebra/e	kV	mA	Fluoroscopy time	DAP	E(mGy)	AP	LL	Total effective dose (mSv)	
1	T9-L1-L4	104	14.5	0.12.00	111.0	3750	14.0	5.4	19.4	
2 ^a	T9-T10-T11	90	16.8	0.22.00	55.6	2430	10.8	2.7	13.5	
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6.0/14.8	0.28.04	117.0	4500	10.0	11.0	21	
4	L3-L4-L5	92	6	0.03.00	33.3	1350	4.5	4.5	9.0	
5	L4	110	5.9/13.6	0.07.30	17.6	970	1.3	0.7	2.0	
6	L1-L2-L3-L4	110	6	0.05.42	13.2	392	1.7	1.0	2.7	
7	T7	103	5.8/15	0.04.20	10.2	430	2.4	0.3	2.7	
8	T10-T11-T12	110	6	0.08.00	15.9	670	1.6	1.8	3.4	
9	T5-T6	100	6.0/15	0.05.05	11.7	643	1.2	0.9	2.1	
10	T12-L1-L2-L3	107	6.0/15	0.08.01	24.2	1195	2.7	2.0	4.7	
			Mean fluoroscopy time	Mean DAP	Mean E (mGy)				Mean effective dose (mSv)	SD
			0.10.22	41.0	1633				8.05	7.37

DAP, dose area product; AP anteroposterior; LL laterolateral; SD, standard deviation; ^athe same as patient 6 in Table 2 treated for a different vertebral compression fracture with both methods

Tabella 3 Dose al paziente nelle PVP con guida radiosopica

	Vertebra/e	kV	mA	Tempo scopia	DAP	E(mGy)	AP	LL	Dose efficace totale (mSv)	
1	T9-L1-L4	104	14,5	0.12.00	111,0	3750	14,0	5,4	19,4	
2 ^a	T9-T10-T11	90	16,8	0.22.00	55,6	2430	10,8	2,7	13,5	
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6,0/14,8	0.28.04	117,0	4500	10,0	11,0	21	
4	L3-L4-L5	92	6	0.03.00	33,3	1350	4,5	4,5	9,0	
5	L4	110	5,9/13,6	0.07.30	17,6	970	1,3	0,7	2,0	
6	L1-L2-L3-L4	110	6	0.05.42	13,2	392	1,7	1,0	2,7	
7	T7	103	5,8/15	0.04.20	10,2	430	2,4	0,3	2,7	
8	T10-T11-T12	110	6	0.08.00	15,9	670	1,6	1,8	3,4	
9	T5-T6	100	6,0/15	0.05.05	11,7	643	1,2	0,9	2,1	
10	T12-L1-L2-L3	107	6,0/15	0.08.01	24,2	1195	2,7	2,0	4,7	
			Media tempi scopia	Media DAP	Media E (mGy)				Media dose efficace (mSv)	DS
			0.10.22	41,0	1633				8,05	7,37

DAP, prodotto dose area; AP, anteroposteriore; LL, laterolaterale; DS, deviazione standard; ^aCorrisponde al paziente 6 della Tabella 2 trattato per crolli successivi con entrambe le metodiche

Table 4 Operator dose, adapted

Radiology Department, combined guidance							
Patient	Notes	kV	mA	t ¹	Dose μ Sv	μ Sv/h rate	t ²
1	L4	93	3.7	2.34	1.168	100.7	50 s
2	L4	107	3.8	2.02	0.100	55.04	4.35 s
3	L2	112	4.2	2.46	1.784	83.58	1.42
4	L1-L2	99	3.8	4.41	<u>0.3969</u>	n.m.	n.m.
5	L3	113	4.4	2.23	1.984	86.72	1.603
6	D9-L2	110	3.6	5.36	0.504	n.m.	n.m.
7	L3-T12	78	5.3	7.25	<u>0.4824</u>	225.7	7.31s
8	L3-L4	93	3.7	7.09	<u>0.6381</u>	n.m.	n.m.
9	L1	102	3.8	3.18	<u>0.2862</u>	n.m.	n.m.
10 ^a	T8-L3	91	3.6	7.49	4.768	342	7.23
				Mean	1.21116		
				SD	1.40203		
Neuroradiology Department, fluoroscopic guidance							
Patient	Note	kV	mA	t ¹	Dose μ Sv	μ Sv/h rate	t ²
1	T9-L1-L4	104	14.5	12	8.45	3390	5
2	T9-T10-T11	90	16.8	22	6.6	3650	4.23
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6.0/14.8	28.4	16.6	301.9	10.22
4	L3-L4-L5	106	6.0/14.1	7.4	3.98	165	2.8
5	L4	110	13.6	7.3	2.29	1500	1.56
6	L1-L2-L3-L4	110	6.0	5.7	2.00	119.7	1.36
7	T7	103	6.0	4.2	<u>0.378</u>	n.m.	n.m.
8 ^a	T10-T11-T12	110	6.0	8.0	8.46	2.71	7.95
9 ^a	T5-T6	110	6.0/14.9	4.9	12	8.36	5.0
10 ^a	T12-L1-L2-L3	107	6.0/14.9	8.1	10.208	2.11	8.14
				Mean	7.0966		
				SD	5.076169		

Adapted values are underlined

SD, standard deviation; ^a Operator dose adapted to the thickness of the lead coat; t¹ irradiation time (min); t² measurement time (min); n.m. not measurable

mSv/h, we considered this trigger level dose value adjusted to fluoroscopy time as a hypothetical operator dose (Table 4). This change did not, however, affect the substantial difference in operator dose in favour of combined CT and fluoroscopic guidance ($t=3.5341$, $p=0.0024$ with 95% CI).

Because the CT settings were modified during the procedures, we reanalysed the data with Student's t test after creating two groups with a cutoff value of 120 kV for CT voltage. However, no statistically significant difference emerged between high- and low-voltage settings ($t=2.0956$, $p=0.0656$ with 95% CI).

For each series of values, we then calculated the ratio of DAP to effective dose (and effective dose to DAP), the mean values and related standard deviations. A graph was created by plotting the DAP values (x-axis) and effective dose values (y-axis) and applying linear interpolation. It was particularly interesting to find that the linear coefficient of the straight line was comparable with the mean value of ratio of effective

test t di Student i dati creando due gruppi e ponendo come cut-off i 120 kV di tensione della TC. Non si è tuttavia dimostrata una differenza statisticamente significativa fra alti e bassi kV ($t=2,0956$, $p=0,0656$ e I.C. 95%).

Abbiamo poi calcolato per entrambe le serie di valori il rapporto DAP/Dose Efficace (e l'inverso), i valori medi e le relative deviazioni standard. Sono stati quindi posti su grafico i valori di DAP (ascisse) e di dose efficace (ordinate), interpolando i dati con una correlazione di tipo lineare. È risultato particolarmente interessante che il valore del coefficiente lineare della retta è confrontabile proprio con il valore medio del rapporto dose efficace/DAP; in altre parole dato un valore di DAP (letto dalla camera a trasmissione o dalla pellicola) e moltiplicato nel caso della guida combinata per 0,12–0,13 e nel caso della sola guida radiosopica per 0,18–0,20 si ottiene una buona stima del valore di dose efficace al paziente in mSv (Figg. 4 e 5).

Tabella 4 Dose agli operatori adattata

S.C.D.U. Radiologia 4, guida combinata

Paziente	Note	kV	mA	t ¹	Dose μ Sv	rateo μ Sv/h	t ²
1	L4	93	3,7	2,34	1,168	100,7	50 s
2	L4	107	3,8	2,02	0,100	55,04	4,35 s
3	L2	112	4,2	2,46	1,784	83,58	1,42
4	L1-L2	99	3,8	4,41	<u>0,3969</u>	n.m.	n.m.
5	L3	113	4,4	2,23	1,984	86,72	1,603
6	D9-L2	110	3,6	5,36	0,504	n.m.	n.m.
7	L3-T12	78	5,3	7,25	<u>0,4824</u>	225,7	7,31 s
8	L3-L4	93	3,7	7,09	<u>0,6381</u>	n.m.	n.m.
9	L1	102	3,8	3,18	<u>0,2862</u>	n.m.	n.m.
10 ^a	T8-L3	91	3,6	7,49	4,768	342	7,23
				media	1,21116		
				DS	1,40203		

S.C.D.U. Neuroradiologia, guida radioscopica

Paziente	Note	kV	mA	t ¹	Dose μ Sv	rateo μ Sv/h	t ²
1	T9-L1-L4	104	14,5	12	8,45	3390	5
2	T9-T10-T11	90	16,8	22	6,6	3650	4,23
3	T10-T11-L1-L3-L4	110	6,0/14,8	28,4	16,6	301,9	10,22
4	L3-L4-L5	106	6,0/14,1	7,4	3,98	165	2,8
5	L4	110	13,6	7,3	2,29	1500	1,56
6	L1-L2-L3-L4	110	6,0	5,7	2,00	119,7	1,36
7	T7	103	6,0	4,2	<u>0,378</u>	n.m.	n.m.
8 ^a	T10-T11-T12	110	6,0	8,0	8,46	2,71	7,95
9 ^a	T5-T6	110	6,0/14,9	4,9	12	8,36	5,0
10 ^a	T12-L1-L2-L3	107	6,0/14,9	8,1	10,208	2,11	8,14
				media	7,0966		
				DS	5,076169		

I valori adattati sono sottolineati

DS, deviazione standard; ^aDose all'operatore adattata allo spessore del camice; t¹, durata dell'irraggiamento (min); t², durata delle misurazioni (min); n.m., non misurabile

dose to DAP. In other words, by multiplying a given DAP value (read by the ion chamber or film) by 0.12–0.13 in the case of the combined guidance and by 0.18–0.20 in the case of fluoroscopic guidance, we have a good estimation of the effective patient dose in mSv (Figs. 4 and 5).

Discussion

In our series, fluoroscopy time has less variability than that reported in the literature [1] (2.1–10.53 min for combined guidance and 4.2–28.4 for fluoroscopic guidance), whereas mean fluoroscopy time during procedures with fluoroscopic guidance alone was 10.22 min and thus in line with previous reports [2].

Our study shows that CT guidance is a valuable alternative for vertebroplasty procedures, as patient dose, generally believed to be too high, can by taking appropriate measures be lowered to similar levels to those imparted in the angiog-

Discussione

Nella casistica presentata il tempo della scopia ha una variabilità molto inferiore rispetto a quanto riportato in letteratura [1] (fra 2,1 e 10,53 minuti per la guida combinata e fra 4,2 e 28,4 per l'esclusiva guida radioscopica), mentre il tempo medio di scopia sotto esclusiva guida radioscopica, di 10,22 minuti, è assolutamente in linea con quanto riportato in letteratura [2].

Da questo studio si evince come la guida TC sia una valida alternativa per l'esecuzione della vertebroplastica in quanto la dose al paziente, ritenuta per lo più troppo alta, è in realtà, con gli opportuni accorgimenti, analoga a quella cui il paziente è esposto durante una seduta in sala angiografica. Per quanto riguarda l'operatore è risultato che la dose, nel caso di procedura eseguita in sala TC, è inferiore a quella eseguita in sala angiografica con una differenza statisticamente significativa ($t=3,5674$ $p=0,0022$ con I.C. al 95%); si deve comunque segnalare l'esiguità del

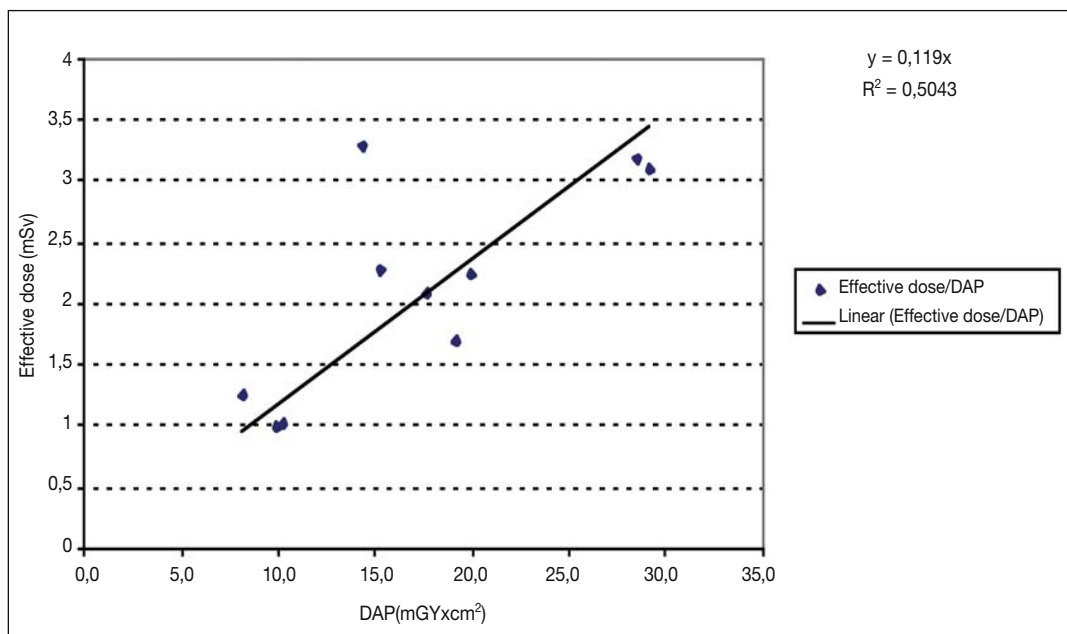


Fig. 4 Correlation between effective dose and dose-area product (DAP) for combined computed tomography (CT) and fluoroscopic guidance.

Fig. 4 Correlazione dose efficace/DAP. Guida combinata TC e radioscopica.

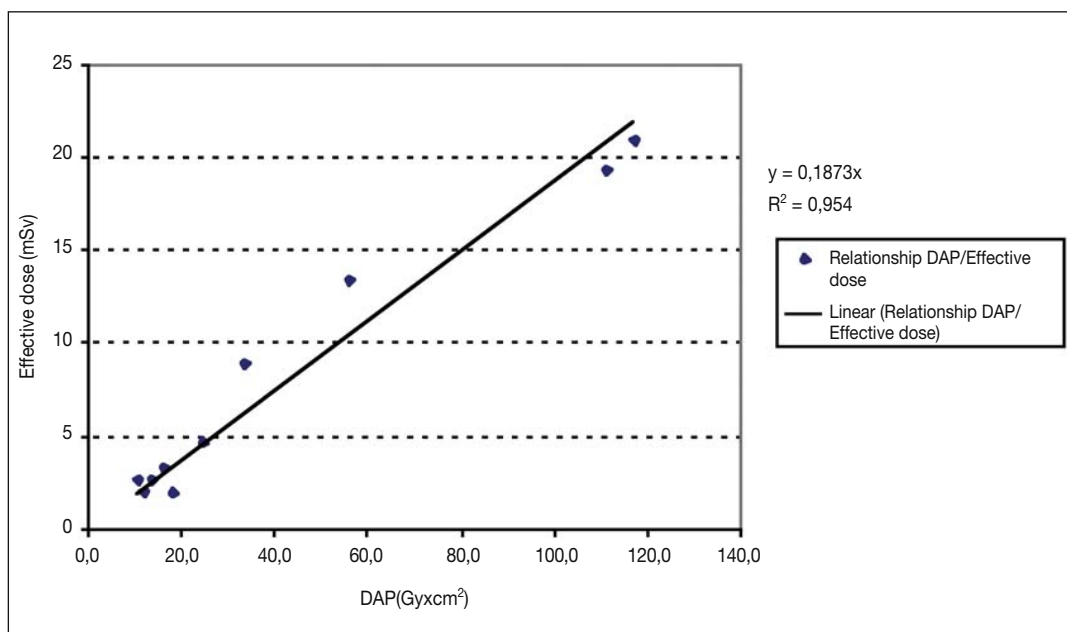


Fig. 5 Correlation between effective dose and dose-area product (DAP) during fluoroscopic guidance alone.

Fig. 5 Correlazione dose efficace/DAP. Guida esclusiva angiografica.

raphy room. With regard to the operator, we found that the dose delivered during procedures performed in the CT room is significantly lower than that delivered in the angiography room ($t=3.5674$, $p=0.0022$ with 95% CI). However, it is important to note that the patient sample was small and that in some cases, the operator dose was lower than the minimum threshold detectable by the equipment. Further

campione ed il fatto che in alcuni casi la dose all'operatore era inferiore al minimo rilevabile dall'apparecchiatura. Ulteriori studi con un campione di maggiori dimensioni sono pertanto indispensabili per poter individuare l'eventuale vantaggio della guida TC con bassa tensione ed intensità nel ridurre la dose al paziente.

Analogamente è necessario effettuare un campione più

studies on larger patient series are therefore needed to determine the possible benefit of low-voltage, low-current CT guidance in reducing patient doses.

Likewise, more measurements of operator exposure – by placing the dosimeter over the lead apron and correcting the results for apron thickness – are required to validate the reduction in dose during PVP under combined CT and fluoroscopic guidance. From this point of view, it is also important to evaluate the different contribution of the type of equipment used (image intensifiers, portable angiographic units, application of mobile lasers) and of possible changes to the equipment settings, such as selecting fluoroscopy settings that use lower mA (e.g. fluoro1 or fluoro3 on Philips angiography systems) or utilising pulsed rather than continuous fluoroscopy during needle insertion.

In view of the quadratic dispersion of the beam, another factor to be considered is the possibility of using devices that allow cement injection without requiring the operator to be in direct contact with the patient or in close proximity to the direct beam.

numero di misurazioni dell'irraggiamento all'operatore ponendo il dosimetro sopra il camice ed eseguendo le dovute correzioni per lo spessore del camice stesso al fine di poter confermare o meno la reale riduzione di dose nell'esecuzione di PVP sotto guida combinata TC e radioscopica. Da questo punto di vista è anche importante valutare il diverso contributo del tipo di apparecchiature utilizzate (intensificatori di brillantezza, angiografi portatili, applicazione di laser mobili), oltre a quello delle possibili modifiche sulle impostazioni delle apparecchiature stesse; ad esempio: preferire una radioscopia che tendenzialmente usa mA minori di un'altra (per esempio fluoro1 o fluoro3 negli angiografi Philips), utilizzare la scopia pulsata al posto della continua durante l'infissione degli aghi.

In considerazione della dispersione quadratica del fascio radiante un altro elemento che dovrà essere preso in considerazione è la possibilità di utilizzare presidi che permettano di iniettare il cemento stando l'operatore non a diretto contatto del paziente e non in stretta prossimità al fascio diretto.

Conflict of interest statement The authors declare that they have no conflict of interest to the publication of this article.

References/Bibliografia

1. Mehdizade A, Lovblad KO, Wilhelm KE et al (2004) Radiation dose in vertebroplasty. *Neuroradiology* 46:243–245
2. Perisinakis K, Damilakis J, Theocharopoulos N et al (2004) Patient exposure and associated radiation risks from fluoroscopically guided vertebroplasty or kyphoplasty. *Radiology* 232:701–707
3. Miller DL, Balter S, Cole PE et al (2003) Radiation doses in interventional radiology procedures. The RAD-IR Study: I. Overall measures of dose. *J Vasc Interv Radiol* 14:711–728
4. Miller DL, Balter S, Cole PE et al (2003) Radiation doses in interventional radiology procedures. The RAD-IR Study: II. Skin dose. *J Vasc Interv Radiol* 14:977–990
5. ICRP (1991) 1990 Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 60, New York
6. Ropolo R, Isoardi P (2001) Valutazioni per la radiodiagnostica convenzionale. Da: Atti del corso di aggiornamento: Valutazione della dose al paziente in radiodiagnostica. Torino 11-12-maggio 2001:16–23