

## Ecografia con mdc di seconda generazione nelle lesioni traumatiche del fegato

Vittorio MIELE - Vitaliano BUFFA - Alessandro STASOLLA\*  
Giovanni REGINE - Maurizio ATZORI  
Pasquale IALONGO - Loredana ADAMI

**Scopo.** Valutare l'accuratezza dell'ecografia con mezzo di contrasto di seconda generazione (Sonovue<sup>®</sup>) nella diagnosi e nella stadiazione delle lesioni epatiche traumatiche, a confronto con l'ecografia convenzionale e la TC spirale.

**Materiale e metodi.** Sono stati studiati, con ecografia convenzionale e ecografia con mdc di seconda generazione (Sonovue<sup>®</sup>, Bracco, Italia), 203 pazienti consecutivi (127 maschi, 76 femmine, età media 36 anni) con trauma addominale isolato, nel periodo marzo 2002 - febbraio 2003. Il mdc ecografico è stato somministrato alla dose di 2 ml/10-15" ripetuta in due boli. Gli esami TC sono stati eseguiti con apparecchio TC spirale monostrato o multistrato con somministrazione di mdc. Sono stati valutati presenza e numero delle lesioni, interessamento della capsula epatica, dimensioni, pattern ecostrutturale.

**Risultati.** In 27 pazienti l'esame ecografico di base ha evidenziato la presenza di lesioni epatiche, in 3 casi sono stati evidenziati due focolai (30 lesioni totali, diametro 2-8 cm). L'esame ecografico con mdc ha evidenziato ulteriori lesioni in 2 pazienti; in 4 casi ha evidenziato lesioni non visualizzate all'esame ecografico di base (diametro 2-5 cm). La capsula è apparsa interessata in 14 casi, in 3 di questi l'interessamento capsulare non era stato evidenziato dall'esame di base.

L'ecostruttura delle lesioni all'esame di base era prevalentemente ipo-anechoica in 19 casi, prevalentemente iperechoica in 11. Dopo mdc tutte le lesioni si presentavano come aree fortemente ipoecogene nel contesto del parenchima la cui ecogenicità era nettamente accentuata; i margini delle lesioni erano più netti e le dimensioni complessive maggiori rispetto a quelle dell'esame convenzionale.

**Conclusioni.** Nei traumi addominali chiusi isolati l'ecografia con mdc di seconda generazione ha una superiore accuratezza, rispetto all'ecografia di base, nel rilievo del numero delle lesioni traumatiche del fegato, dell'interessamento della superficie capsulare, della valutazione delle dimensioni. Questo ha un rilevante impatto diagnostico, con una riduzione del numero di falsi negativi, e prognostico, con una più precisa attribuzione dello stadio di gravità delle lesioni, con elevata correlazione con la TC spirale con mdc. Pertanto si propone l'ecografia con mdc come esame di prima istanza nei casi di trauma addominale minore isolato, nei pazienti in età pediatrica e, verosimilmente, nel follow-up, mentre la TC resta metodica di elezione nei traumi maggiori e nei politraumi.

PAROLE CHIAVE: Fegato, traumi - Ecografia, mezzi di contrasto - Ecografia, traumi addominali - Tomografia Computerizzata - Traumi addominali.

## Contrast enhanced ultrasound with second generation contrast agent in traumatic liver lesions

**Purpose.** To evaluate the accuracy of second generation contrast enhanced US (Sonovue<sup>®</sup>) in the diagnosis and staging of traumatic hepatic lesions, compared with conventional US and spiral CT.

**Materials and methods.** A total of 203 patients (127 males, 76 females, mean age 36 years) with isolated abdominal trauma were examined with conventional and contrast enhanced US (Sonovue<sup>®</sup>, Bracco, Italy) between March 2002 and February 2003. The sonographic contrast agent was administered at a dose of 2 ml/10-15", repeated twice. CT examinations were performed with single- (Rhota, Esaote Biomedica, Italy) or multislice spiral CT with administration of contrast agent. The presence and number of lesions, hepatic capsular involvement, size and sonographic pattern were evaluated.

**Results.** Conventional US demonstrated hepatic lesions in 27 patients, in 3 cases it identified 2 foci (30 lesions, size 2-8 cm). Contrast enhanced US (CEUS) revealed another 2 lesions and in 4 patients it identified lesions not shown at conventional US (size 2-5 cm). Capsular involvement was detected in 14 cases (11 with conventional US). The sonographic pattern of the lesions at conventional US was hypo-anechoic in 19 cases, and hyperechoic in 11. In CEUS all the lesions appeared strongly hypoechoic against a strongly hyperechoic parenchyma, with clear borders and larger size as compared with conventional US.

**Conclusions.** In isolated blunt abdominal trauma CEUS is more accurate than conventional US in determining the number and size of lesions and detecting capsular involvement. This has a strong impact on diagnosis as the number of false negatives is reduced and on prognosis as the lesions are more accurately graded, and there is close correlation with spiral CT. CEUS can be used as a first approach in mild isolated abdominal trauma, in paediatric patients and in the follow-up, whereas CT is the method of choice in severe trauma and in multiple traumas.

KEY WORDS: Liver, trauma - Ultrasonography, contrast medium - Computed Tomography - Abdomen, trauma.

### Introduzione

L'ecografia ha bassa accuratezza nella diagnosi e nella definizione dell'estensione delle lesioni traumatiche del fegato-

### Introduction

Ultrasound has a low level of accuracy for detecting and determining the extent of hepatic injuries compared with

Servizio di Radiologia Generale - Ospedale San Camillo - Roma - \*Dipartimento di Scienze Radiologiche - Università degli Studi di Roma «La Sapienza» - Roma.

Pervenuto alla Redazione il 20.5.2003; revisionato il 30.6.2003; restituito corretto il 5.11.2003; accettato per la pubblicazione il 29.11.2003.

Indirizzo per la richiesta di estratti: Dott. V. Miele - Radiologia DEA - Ospedale S. Camillo - C.ne Gianicolense, 87 - 00152 Roma RM - Tel. 06/58703022 - Fax 06/58704729 - E-mail: vmiele@sirm.org

TABELLA I. — Confronto tra ecografia, ecografia con mdc, TC con mdc.

	Ecografia di base	Ecografia con mdc	TC spirale con mdc
Pazienti con lesioni	27	31	31
Numero di lesioni	30	36	36
Interessamento capsulare	11	14	14

TABLE I.—Comparison of conventional US, contrast-enhanced US (CEUS) and contrast-enhanced CT (CE spiral CT).

	Conventional US	CEUS	CE spiral CT
Patients with lesions	27	31	31
Number of lesions	30	36	36
Capsular involvement	11	14	14

to rispetto alla TC con mezzo di contrasto (mdc), considerata da parte di diversi autori come gold standard [1-3]. In alcuni casi, tuttavia, può comunque rappresentare l'esame di prima istanza e di fatto a volte l'unico esame diagnostico, in particolare nei pazienti in età pediatrica, o in quelli con trauma addominale minore o nel caso di mancata disponibilità dell'apparecchiatura TC. Viene inoltre utilizzata nei controlli a distanza dei pazienti con lesione epatica traumatica accertata, sottoposti a trattamento conservativo.

L'introduzione nella pratica clinica dei mezzi di contrasto ecografici ha determinato in generale un miglioramento dell'accuratezza dell'esame ecografico del fegato, riscontrato in primo luogo nello studio delle lesioni focali epatiche [4-6].

Con la disponibilità dei mezzi di contrasto ecografici di seconda generazione utilizzabili con basso indice meccanico, si è avuto un ulteriore miglioramento della tecnica di esecuzione degli esami (esame in tempo reale, con scala di grigi) e dell'accuratezza complessiva della metodica [7-9].

Gli Autori presentano quindi un lavoro in cui si valuta l'accuratezza dell'ecografia con mezzo di contrasto di seconda generazione (Sonovue<sup>R</sup>, Bracco, Italia) nella diagnosi e nella stadiazione delle lesioni epatiche traumatiche, a confronto con l'ecografia convenzionale e la TC spirale.

## Materiali e metodi

Nel periodo marzo 2002 - marzo 2003 sono stati studiati con ecografia 203 pazienti consecutivi (127 maschi, 76 femmine, età 6-72 anni, età media 36 anni) giunti al Dipartimento d'Emergenza per trauma addominale isolato, non associato quindi a traumatismi di altri distretti corporei.

Tutti i pazienti sono stati sottoposti a ecografia convenzionale e ecografia con mdc di seconda generazione (Sonovue<sup>R</sup>, Bracco, Italia).

I pazienti risultati positivi per trauma epatico allo studio ecografico con mdc sono poi stati sottoposti a angio-TC spirale; i pazienti risultati negativi all'esame ecografico standard e con mdc, anche sulla base delle valutazioni clinico-laboratoristiche, non sono stati ulteriormente studiati con metodiche di imaging.

Gli esami ecografici sono stati eseguiti con apparecchi Sequoia 512 (Acuson, USA), dotato di modulo software CCI (Coherent Contrast Imaging); Aplio (Toshiba, Giappone), dotato di modulo software PS (Pulse Subtraction); l'esame ecografico è stato condotto in scala di grigi, modalità continua, basso indice meccanico (0,2), per circa 5'-10' dalla somministrazione del mdc, alla dose di 2 ml/10"-15", ripetuta in due boli.

*contrast-enhanced CT which is regarded by many as the gold standard [1-3]. In some cases, however, it may represent the examination of choice or the only possible imaging method, in particular in children, in patients with mild abdominal trauma or in centres where CT is not available. In addition, ultrasound is used in the follow-up of patients with known hepatic injury undergoing conservative treatment.*

*The introduction of sonographic contrast media into clinical practice has generally led to an improvement in the accuracy of hepatic ultrasound, in particular in the study of focal liver lesions [4-6].*

*The availability of second-generation sonographic contrast media that can be used with low mechanical index has further improved the examination technique (real time imaging, grey scale imaging) and the overall accuracy of the method [7-9].*

*The aim of this study was to evaluate the accuracy of ultrasound with a second-generation contrast agent (Sonovue<sup>R</sup>, Bracco, Italy) in the diagnosis and grading of hepatic injuries, compared with conventional ultrasound and spiral CT.*

## Materials and methods

*Between March 2002 and March 2003, a total of 203 consecutive patients (127 males, 76 females, age range 6-72 years, mean age 36 years) underwent ultrasound examinations at Emergency Department for isolated abdominal trauma, not associated with trauma to other body districts.*

*All patients underwent conventional ultrasound (US) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) with second-generation contrast agent (Sonovue<sup>R</sup>, Bracco, Italy).*

*All patients with positive CEUS findings for hepatic injury were then studied by spiral CT-angiography; the patients with negative US and CEUS findings, and negative clinical and laboratory findings, underwent no further imaging investigation.*

*The ultrasound examinations were performed with the units Sequoia 512 (Acuson, USA), equipped with CCI (Coherent Contrast Imaging) software, and Aplio (Toshiba, Japan) with PS (Pulse Subtraction). The examination was carried out with grey-scale imaging, in continuous mode with low mechanical index (0.2), for approximately 5'-10' after the administration of contrast medium at a dose of 2 ml/10"-15", repeated twice.*

*The CT examinations were performed with a spiral CT*

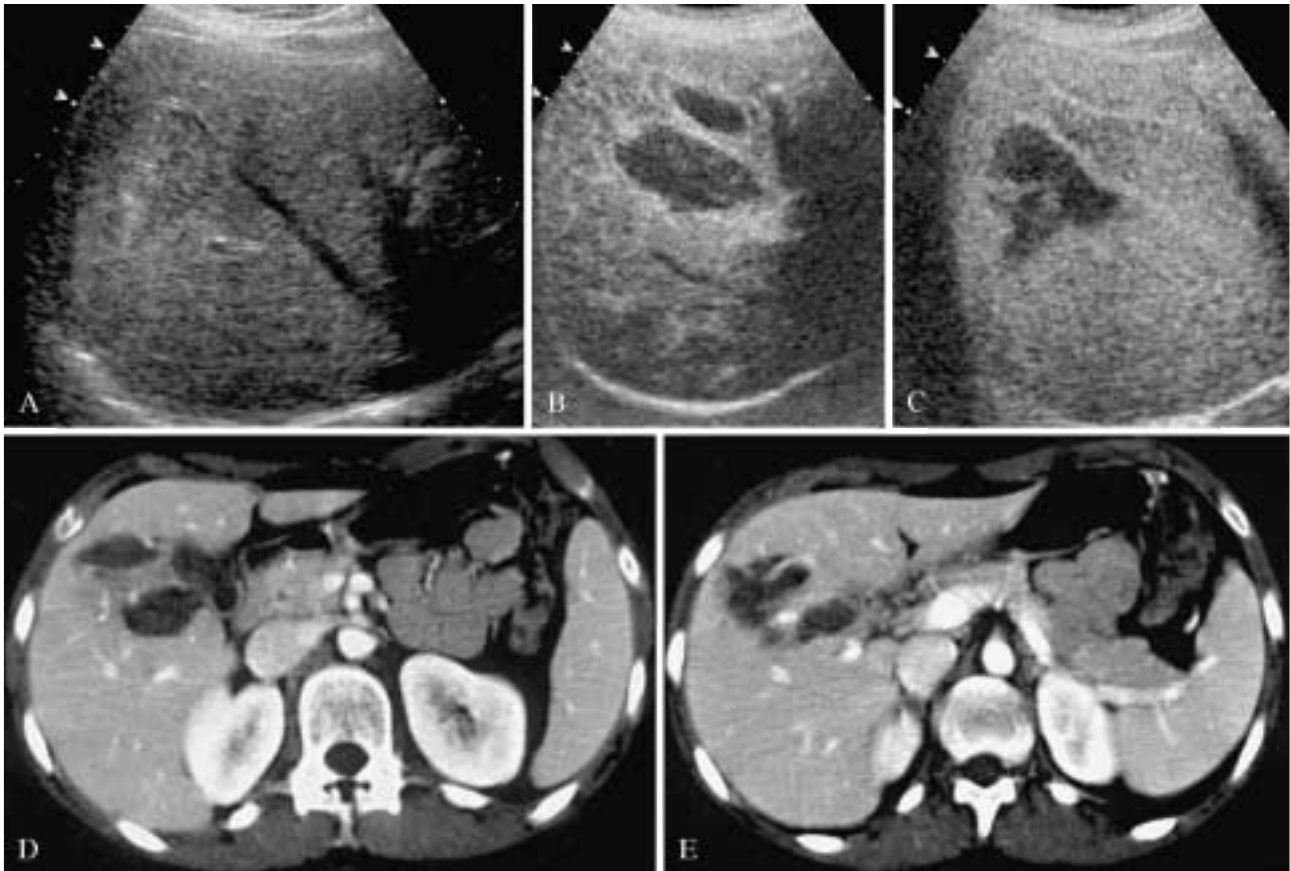


Fig. 1. — A) Ecografia di base: lesione prevalentemente ipoecogena a margini sfumati nel lobo destro. B, C) Ecografia dopo mdc: marcata ipoecogenicità della lesione rispetto al parenchima epatico sano. La lesione appare costituita da due focolai principali che tendono alla confluenza. D, E) TC spirale dopo mdc: le dimensioni e la morfologia della lesione appaiono sostanzialmente sovrapponibili rispetto all'esame ecografico con mdc.

A) Conventional US: hypochoic lesion with ill-defined borders in right hepatic lobe. B, C) Contrast-enhanced US: strong hypoechogenicity of the lesion with respect to the hepatic parenchyma. The lesion is formed by two confluent foci. D, E) Spiral CT: size and morphology of the lesions are similar to CEUS.

Gli esami TC sono stati eseguiti con apparecchio TC spirale Rhota (Esaote Biomedica, Italia) e apparecchio TC multistrato Light Speed Ultra (General Electric, USA).

Sono stati valutati la presenza e il numero delle lesioni, l'interessamento della capsula epatica, le dimensioni delle lesioni, il pattern ecostrutturale prima e dopo mdc.

Per la stadiazione TC del grado di gravità delle lesioni epatiche è stata usata la scala di Mirvis [10]. Gli stessi parametri della scala di Mirvis sono stati adoperati anche per la stadiazione con ecografia con mdc.

Sono quindi stati confrontati i reperti dell'ecografia con mdc con quelli dell'ecografia convenzionale e della TC, confrontando il grado delle lesioni epatiche valutato con ecografia prima e dopo mdc con quello valutato con TC spirale dopo mdc.

## Risultati

Su 203 pazienti esaminati, l'esame ecografico di base ha evidenziato la presenza di una lesione epatica in 27 pazienti (tab. I). Per la presenza di un duplice focolaio in 3 casi, sono

unit, Rhota (Esaote Biomedica, Italy), and a multislice CT unit, Light Speed Ultra (General Electric, USA).

We evaluated the presence and number of lesions, capsular involvement, the size of the lesions, and the sonographic pattern, before and after contrast medium administration.

For CT grading of lesion severity we used the Mirvis scale [10]; the same Mirvis scale parameters were also adopted for CEUS grading.

The CEUS findings were then compared with those of conventional ultrasound and CT, by checking the grade of hepatic lesions determined by ultrasound before and after contrast medium administration against that estimated by contrast-enhanced spiral CT.

## Results

Out of 203 patients examined, conventional US detected hepatic lesions in 27 patients (tab. I). Due to the presence of two lesions in three cases, the total number of trau-

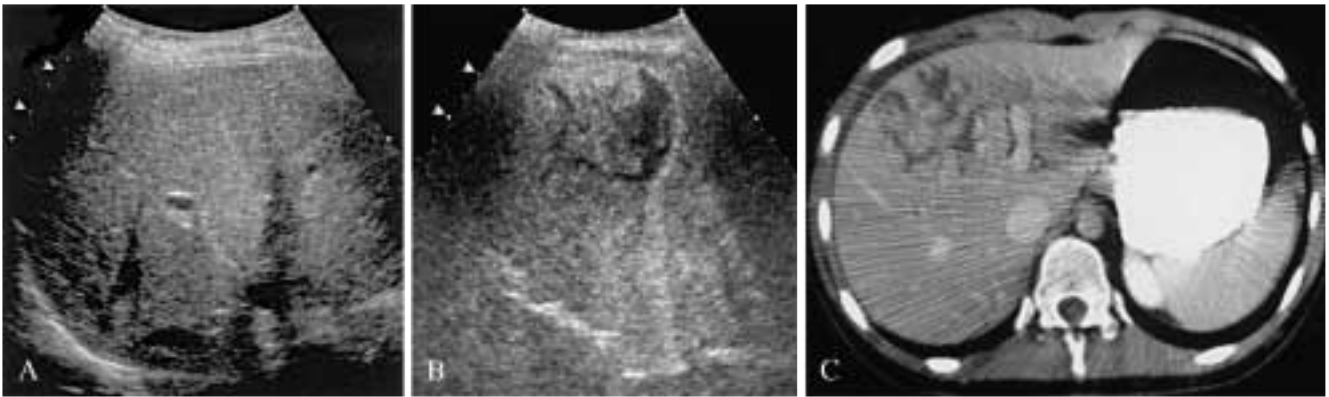


Fig. 2. — A) Ecografia di base: area di modesta iperecogenicità mal definita nel lobo destro. B) Ecografia dopo mdc: la lesione, di forma irregolare, è fortemente ipoecogena rispetto al parenchima sano. È ben evidente il rapporto con un ramo venoso sovraepatico. C) TC spirale dopo mdc: conferma le dimensioni complessive della lesione rispetto all'ecografia con mdc.

A) Conventional US: slightly hyperechoic, ill-defined area in the right lobe. B) Contrast-enhanced US: the lesion, of irregular shape, is strongly hypoechoic with respect to the hepatic parenchyma. Relations with the hepatic vein are well depicted. C) Spiral CT confirms the overall size of the lesion.

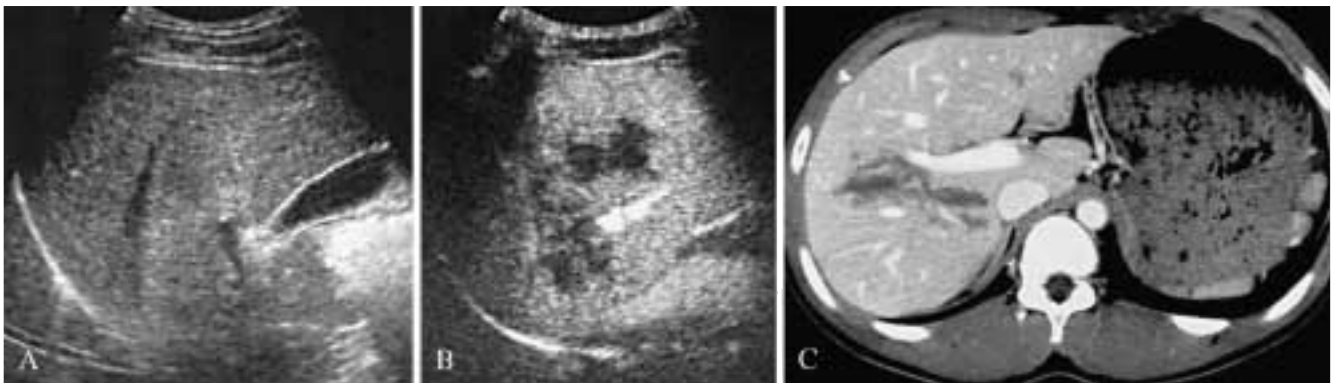


Fig. 3. — A) Ecografia di base: in questo paziente, esplorabile con difficoltà per via intercostale per scarsa collaborazione, non si evidenzia un focolo di lesione a carico del lobo destro. B) Ecografia dopo mdc: nella stessa sede, l'esame ecografico con mdc mostra focolai di lesione ipoecogeni, confluenti, mal definiti. C) TC spirale multistrato con mdc: conferma la presenza della lesione e le dimensioni rilevate con ecografia con mdc. Fig. A) Conventional US: in this poorly-cooperating patient examined using the intercostal approach, no parenchymal lesion is visible in the right lobe. B) Contrast-enhanced US: in the same location CEUS reveals hypoechoic lesions with ill-defined borders. C) Multislice spiral CT confirms the presence and size of the lesion.

state identificate 30 lesioni epatiche traumatiche; le lesioni presentavano diametro variabile tra 2 e 8 cm. L'ecostruttura delle lesioni è apparsa riconducibile a due categorie principali: lesioni ipo-anecogene a margini più o meno definiti (19 lesioni) (fig. 1A); sfumate aree iperecogene a margini sempre indistinti (11 lesioni) (fig. 2A). In 11 casi si è dimostrato l'interessamento della superficie capsulare del fegato.

L'ecografia con mdc ha riscontrato correttamente tutte le lesioni già accertate con ecografia convenzionale; in 2 di questi pazienti sono state rilevate lesioni consensuali di diametro fino a 3 cm non evidenziate dall'esame basale. Inoltre in altri 4 pazienti, risultati negativi allo studio ecografico convenzionale, l'esame con mdc ha riscontrato la presenza di una lesione traumatica (fig. 3A, B); le 6 lesioni non rilevate all'esame convenzionale presentavano tutte diametro compreso tra 2 e 5 cm.

La capsula è apparsa interessata in 14 casi; in 3 di questi l'interessamento della superficie capsulare non era stato correttamente dimostrato con l'esame convenzionale (fig. 4A, B).

*matic lesions identified was 30; the lesions had diameters ranging from 2 to 8 cm. The sonographic patterns fell within two major categories: hypo-anechoic lesions with more or less well-defined margins (19 lesions) (fig. 1 A); blurred hyperechoic areas with poorly-defined margins (11 lesions) (fig. 2 A). In 11 cases there was involvement of the liver capsule.*

*Contrast-enhanced US correctly identified all of the lesions detected by conventional US; in two patients it revealed confluent lesions measuring up to 3 cm in diameter that had been missed on conventional US. In another four patients, with negative findings at conventional US, the contrast-enhanced examination detected the presence of one traumatic lesion (fig. 3 A, B); all of the six lesions missed at conventional US had diameters ranging from 2 to 5 cm.*

*There was capsular involvement in 14 cases; in three of*

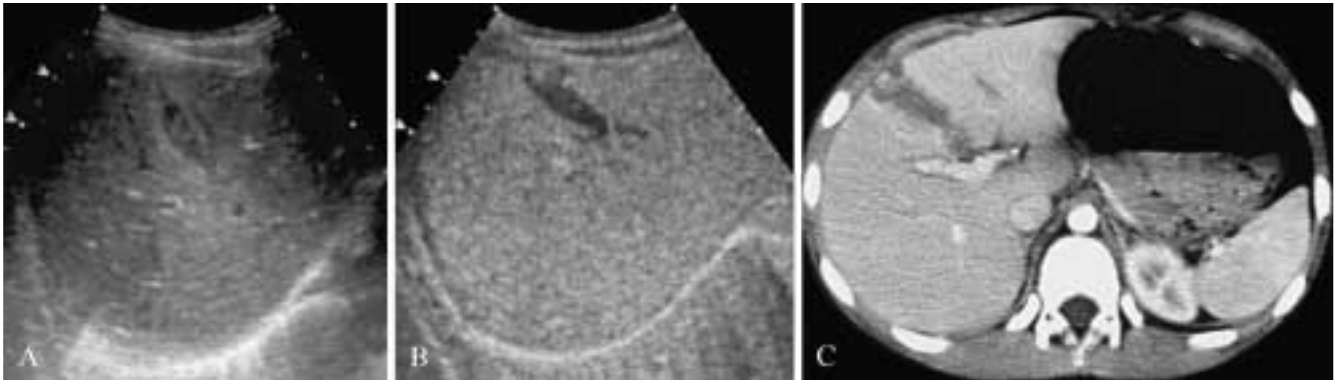


Fig. 4. — A, Ecografia di base: piccola lesione lenticolare ipoecogena al lobo destro, senza sicuro interessamento della superficie capsulare del fegato. B) Ecografia con mdc: maggiore definizione delle dimensioni e della morfologia della lesione, che raggiunge la capsula epatica. C) TC spirale con mdc: le dimensioni e la morfologia della lesione appaiono sostanzialmente sovrapponibili rispetto all'esame ecografico con mdc; si conferma inoltre l'interessamento della superficie capsulare del fegato.

A) *Conventional US: small lesion in the right lobe, without sure capsular involvement. B) Contrast-enhanced US: better definition of the size and morphology of the lesion involving the hepatic capsule. C) Spiral CT: size and morphology of the lesion are similar to CEUS and capsular involvement is confirmed.*

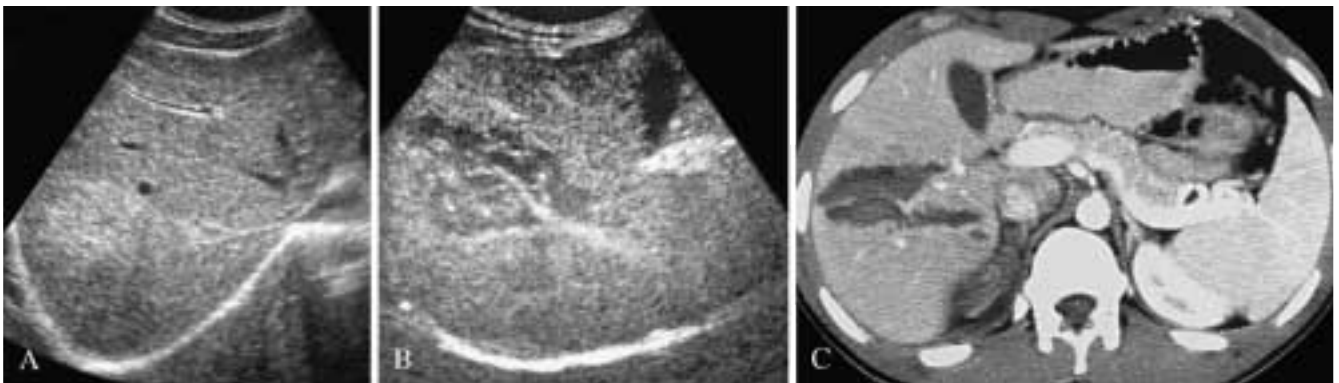


Fig. 5. — A) Ecografia di base: sfumata area iperecogena al lobo destro. B, Ecografia con mdc: la lesione è di dimensioni nettamente maggiori, i margini sono meglio definiti, si evidenzia il rapporto con le diramazioni venose sovraepatiche. C) TC spirale multistrato con mdc: conferma l'estensione della lesione, con stadiazione della gravità sovrapponibile all'ecografia con mdc.

A) *Conventional US: Ill-defined hypoechoic area in the right lobe. B) Contrast-enhanced US: the lesion appears larger and with better defined borders; its relation with the hepatic veins is well depicted. C) Multislice spiral CT confirms the extension of the lesion, with similar grading to CEUS.*

L'aspetto ecografico delle lesioni dopo mdc è stato in tutti i casi quello di un'area fortemente ipoecogena nel contesto del parenchima epatico la cui ecogenicità appariva diffusamente accentuata dopo mdc (figg. 1B, C, 2B).

Rispetto a quanto osservabile nell'esame convenzionale, le lesioni hanno mostrato tutti margini più netti e dimensioni maggiori, in rapporto alla migliore definizione di componenti periferiche non apprezzabili all'esame di base (fig. 5 A, B).

In particolare, in 2 casi lesioni rilevate all'esame ecografico di base come inferiori a 3 cm sono state valutate superiori a 3 cm con l'esame con mdc; in 4 casi lesioni identificate come inferiori a 10 cm all'esame ecografico di base sono state poi valutate come superiori a 10 cm all'esame dopo mdc.

Si è evidenziata un'elevata correlazione con la TC, riguardo dimensioni, numero, caratteristiche morfologiche, rapporti vascolari e capsulari delle lesioni (figg. 1 D-E, 2 C, 3 C, 4 C, 5 C). In particolare, per quanto riguarda la stadiazione delle lesioni, le dimensioni massime rilevabili con eco-

these the involvement had not been correctly identified by conventional US (fig. 4 A, B).

The sonographic appearance of the lesions at contrast-enhanced US was of a strongly hypoechoic area against the liver parenchyma whose echogenicity was diffusely increased after contrast administration (figs. 1 B, C, 2 B).

Compared to the conventional examination, at contrast-enhanced US all of the lesions had better defined margins and larger size, as a result of the better definition of the peripheral components unappreciable at the unenhanced examination (fig. 5 A, B).

In particular, two lesions depicted by conventional US as measuring less than 3 cm were found to be larger than 3 cm at contrast-enhanced US; four lesions depicted by conventional US as measuring less than 10 cm were subsequently shown to be larger than 10 cm at contrast-enhanced US.

TABELLA II. — Valutazione delle dimensioni delle lesioni (grado).

	Ecografia di base	Ecografia con mdc	TC spirale con mdc
<1 cm (grado I)	0	0	0
1-3 cm (grado II)	5	7	7
3-10 cm (grado III)	25	25	25
>10 cm (grado IV)	0	4	4
Totale	30	36	36

grafia con mdc sono risultate sostanzialmente sovrapponibili al diametro massimo della lesione riscontrabile in TC spirale con mdc (tab. II).

Tutti i pazienti della casistica sono stati trattati conservativamente e seguiti con follow-up ecografico e/o TC fino a completa risoluzione.

## Discussione

Nei paesi occidentali i traumi rappresentano una vera e propria emergenza sanitaria per i bambini, gli adolescenti ed i giovani adulti, costituendo la prima causa di morte nella popolazione al di sotto dei 45 anni di età [11]. In particolare si stima che il 10% di tali decessi sia attribuibile a lesioni addominali ed il meccanismo traumatico è nella grande maggioranza dei casi di tipo chiuso (rapporto traumi chiusi/penetranti=10/1) [11].

Nella valutazione diagnostica dei pazienti, l'esame ecografico è molto utilizzato, grazie alle sue caratteristiche di sicurezza, rapidità di esecuzione, economicità e, soprattutto, maneggevolezza, che ne consente l'impiego nell'area di emergenza, al letto del paziente, senza interrompere le manovre rianimatorie degli altri operatori sanitari.

Nel paziente in condizioni di instabilità emodinamica, l'ecografia ha il compito non tanto di accertare sede ed entità del danno viscerale, quanto di fornire in maniera rapida ed accurata la diagnosi di emoperitoneo. In particolare nei paesi anglosassoni viene molto utilizzata la tecnica F.A.S.T. (Focused Abdominal Sonography for Trauma), che in urgenza viene eseguita non solo dal radiologo, spesso non presente in ospedale in guardia attiva, ma anche eventualmente dal chirurgo o dal rianimatore. Questa tecnica consiste nell'esecuzione di 4 scansioni, sull'ipocondrio destro, epigastrio, ipocondrio sinistro e scavo pelvico, in modo da rilevare la presenza di emoperitoneo nel paziente traumatizzato [12, 13]. La presenza di emoperitoneo, se inserita in un contesto clinico appropriato, può giustificare la decisione di sottoporre il paziente ad un intervento chirurgico laparotomico, senza ulteriori accertamenti diagnostici, che, in condizioni cliniche estremamente critiche, potrebbero causare un ritardo fatale.

Nel paziente stabile o stabilizzato, acquista invece notevole importanza prognostica la valutazione esatta della sede e dell'estensione del danno viscerale, al fine di porre l'indicazione alla terapia chirurgica o conservativa.

Mentre l'ecografia ha elevatissima sensibilità nel rilievo dell'emoperitoneo, ha invece una sensibilità diagnostica netta-

TABLE II.—Assessment of lesion size (grade).

	Conventional US	CEUS	CE spiral CT
<1 cm (grade I)	0	0	0
1-3 cm (grade II)	5	7	7
3-10 cm (grade III)	25	25	25
>10 cm (grade IV)	0	4	4
Total	30	36	36

*There was a close correlation with CT as regards lesion size, number, morphology, and relations with hepatic vessels and capsule (figs. 1 D-E, 2 C, 3 C, 4 C, 5 C). More specifically, with regard to grading, the larger lesion dimensions detected at contrast-enhanced US were virtually identical to the maximum diameter identified by contrast-enhanced spiral CT (tab. II).*

*All of the patients studied were managed conservatively and followed up by US and/or CT until complete resolution of the lesions.*

## Discussion

*In western countries traumatic injuries constitute a true healthcare emergency for children, adolescents and young adults, being the leading cause of death among people under the age of 45 years [11]. In particular, 10% of these deaths are estimated to be due to abdominal trauma and the majority of these to blunt trauma (blunt trauma-to-penetrating trauma ratio=10/1) [11].*

*In the diagnostic assessment of patients, ultrasound is very frequently used, being a safe, fast, economical and above all portable modality that can be used at the bedside in emergency settings without interrupting the resuscitation manoeuvres of the other healthcare professionals.*

*In haemodynamically unstable patients, the role of ultrasound is not so much to identify the site and extent of visceral damage, as much as to provide a timely and accurate diagnosis of haemoperitoneum. In particular, in English-speaking countries the F.A.S.T. technique (Focused Abdominal Sonography for Trauma) is commonly used, which can be performed not only by the radiologist - often not on duty - but also by surgeons and intensivists. This technique consists in performing four scans - right hypochondrium, epigastrium, left hypochondrium and pelvic cavity - to detect the presence of haemoperitoneum in trauma patients [12, 13]. Haemoperitoneum detected in an appropriate clinical setting may justify the decision to proceed to laparotomy without further diagnostic investigations which could, in extremely critical settings, be a cause of fatal delays.*

*In stable or stabilised patients, instead, a precise evaluation of the site and extension of visceral damage has fundamental prognostic importance as it poses the indication for surgical or conservative management.*

mente più bassa, rispetto alla TC spirale, nella valutazione delle lesioni traumatiche degli organi parenchimali [1, 3, 14]. L'uso dell'ecografia risulta pertanto insufficiente a escludere con certezza lesioni traumatiche degli organi parenchimali [1].

All'esame ecografico convenzionale le lesioni traumatiche del fegato presentano un aspetto assai variabile in funzione del tipo di lesione (emorragia attiva, ematoma o focolo lacero-contusivo) e del tempo intercorso dal trauma.

Le emorragie in atto e gli ematomi si presentano in genere come aree anecogene, a sede intraparenchimale o sottocapsulare, ben identificabili spesso rispetto al parenchima sano [2]. I focolai lacero-contusivi si presentano invece come aree con minore demarcazione, come strie iperecogene o aree di forma irregolare ipo o iperecogene [15]; l'ecogenicità, se inizialmente elevata, si riduce progressivamente nel tempo a causa della progressiva emolisi dell'emoglobina [2, 16].

È comunque frequente che le lesioni traumatiche del fegato si presentino come aree isoecogene rispetto al parenchima sano circostante, dalle quali possono distinguersi, non di rado con difficoltà, solo per la presenza di un certo grado di "disordine strutturale" [2] o talvolta dalla mancanza di segnali vascolari normali [2, 16, 17].

Quindi l'ecografia convenzionale può avere una scarsa accuratezza sia nell'identificazione che nella valutazione della reale estensione della lesione traumatica. D'altra parte, poiché il trattamento conservativo delle lesioni traumatiche del fegato, introdotto per i pazienti in età pediatrica [18], è divenuto l'opzione terapeutica standard per i pazienti adulti emodinamicamente stabili [19-24], la precisa valutazione dell'estensione della lesione è indispensabile, in quanto consente di stabilirne il grado di gravità.

Attualmente la stadiazione di gravità dal punto di vista della diagnostica per immagini è effettuata con la TC, utilizzando i criteri di Mirvis [10]. Possono peraltro essere considerati altri criteri classificativi, che tengano conto del complesso dei reperti ottenibili con la TC [25].

L'introduzione nella clinica dei mezzi di contrasto ecografici ha modificato il modo di concepire l'ecografia che, da esame di semplice esecuzione, tecnologicamente "di base", è diventato esame di maggiore impegno, accuratezza e contenuto tecnologico.

In particolare con l'introduzione dei mdc di seconda generazione è aumentata l'accuratezza dell'ecografia in scala di grigi nelle lesioni focali epatiche [7] ed inoltre è diventato possibile uno studio della vascolarizzazione delle lesioni, analogamente alla TC con mdc, in tempo reale; il comportamento contrastografico può essere registrato e valutato successivamente all'esecuzione dell'esame. Si tratta di un notevole miglioramento rispetto la tecnica di studio "ad intermittenza" con mdc di prima generazione.

Nella nostra esperienza abbiamo applicato l'ecografia con mdc allo studio dei traumi chiusi dell'addome, con particolare riguardo alle lesioni isolate del fegato. L'esame contrastografico è stato condotto utilizzando Sonovue®, mezzo di contrasto di seconda generazione, costituito da una sospensione di microbolle di esafluoruro di zolfo stabilizzate da un guscio di fosfolipidi. Questo mdc presenta bassa solubilità in acqua, elevata resistenza pressoria, buona tollerabilità, distribuzione solo intravascolare, eliminazione per via respiratoria [8, 9, 26, 27].

Questa molecola, insonata alla frequenza fondamentale,

*While highly sensitive in detecting haemoperitoneum, ultrasound has a markedly lower sensitivity than spiral CT in the evaluation of traumatic injuries to the parenchymal organs [1, 3, 14]. The use of ultrasound is therefore insufficient for excluding with certainty traumatic injuries to parenchymal organs [1].*

*At conventional ultrasound, traumatic lesions of the liver vary in appearance depending on the type of lesion (active bleeding, haematoma, localised laceration or contusion) and the time intervening since the trauma.*

*Active bleeding and haematomas generally appear as anechoic areas with intraparenchymal or subcapsular location, that are often well distinguishable from the healthy parenchyma [2]. Localised lacerations and contusions are less well-defined and manifest as hyperechoic bands or irregularly shaped hypo- or hyperechoic areas [15]; if initially high, echogenicity will decrease over time as a result of the progressive haemolysis of haemoglobin [2, 16].*

*Hepatic injuries frequently manifest as areas isoechoic to the surrounding healthy parenchyma, from which they can be distinguished, often with some difficulty, for a certain degree of structural derangement [2] or the lack of normal vascular signals [2, 16, 17].*

*Conventional ultrasound may therefore be poorly accurate both in identifying the lesion and in evaluating its real extension. On the other hand, since conservative treatment of hepatic injuries, originally introduced for children [18], has become the standard treatment option for haemodynamically stable adults [19-24], the precise evaluation of the extension of the lesion is mandatory as it allows the lesion to be graded.*

*In diagnostic imaging lesion grading is currently performed with CT using the Mirvis criteria [10]. Other classification criteria may also be used that take into account all of the data provided by CT [25].*

*The introduction of sonographic contrast agents into clinical practice has changed our perception of ultrasound which, from a simple, technologically "basic" imaging modality has become a more complex and accurate examination with a higher technological content.*

*In particular, the advent of second-generation contrast agents has increased the accuracy of grey-scale ultrasound in focal liver lesions [7] and made possible the real-time study of lesion vascularity, as done with contrast-enhanced CT; enhancement patterns can be recorded and assessed after completion of the examination. This is a considerable improvement over the "intermittent" study technique possible with first-generation contrast agents.*

*In our experience we applied contrast-enhanced ultrasound to the study of blunt abdominal trauma, with special attention to isolated hepatic lesions. The contrast-enhanced examinations were performed with Sonovue®, a second-generation contrast agent consisting of a suspension of sulphur hexafluoride microbubbles stabilised by a phospholipid shell. The main features of this contrast agent are low solubility in water, high pressure resistance, good tolerability, exclusively intravascular distribution, respiratory excretion [8, 9, 26, 27].*

produce un segnale di eco molto forte alla frequenza armonica, a differenza del parenchima; il segnale di ritorno deve essere decodificato da un programma specifico che, nel nostro studio, è stato il modulo CCI (Coherent Contrast Imaging) per l'apparecchio Acuson e il metodo PS (Pulse Subtraction) per l'apparecchio Toshiba. Lo studio va condotto in scala di grigi, a basso indice meccanico ( $MI < 0,2$ ); in tali condizioni il mdc aumenta l'ecogenicità del sangue circolante rendendo evidenti tutte le aree vascolarizzate. Poiché per la formazione del segnale non è necessaria la rottura delle microbolle, è ottenibile uno studio continuo in scala dei grigi, in tempo reale. La mancanza delle controindicazioni dei mdc iodati, la minima quantità di mdc necessaria e la semplicità della somministrazione rendono questo mdc di uso agevole anche in condizioni di urgenza.

Nella casistica da noi presentata l'uso dell'ecografia con mdc ha determinato un netto miglioramento sia qualitativo che quantitativo dei reperti ecografici rispetto all'esame basale.

In primo luogo è aumentato il numero delle lesioni rilevate, con l'evidenziazione di lesioni in 4 pazienti in cui l'esame convenzionale risultava falsamente negativo; inoltre, in pazienti con lesione già accertata o quantomeno sospetta, è aumentato il numero dei focolai di lesione apprezzabili.

Sul piano della qualità d'immagine, si è riscontrato un netto miglioramento del contrasto tra l'area della lesione e il fegato sano, con conseguente migliore definizione dei margini della lesione e dei rapporti con la capsula e con i vasi, elementi di rilevante significato prognostico; inoltre la migliore definizione dei margini ha consentito di stimare con maggiore accuratezza le dimensioni complessive delle lesioni, che sono risultate nella quasi totalità dei casi maggiori rispetto a quanto apprezzabile nell'esame convenzionale. Sul piano prognostico, questo ha determinato che in 2 casi lesioni valutate come  $< 3$  cm sono risultate invece  $> 3$  cm, come poi confermato dallo studio TC, corrispondendo al passaggio dal II al III stadio di gravità della lesione epatica; in 4 casi, si è verificato un analogo passaggio di stadio, dal III al IV, per lesioni identificate  $< 10$  cm all'esame di base e invece  $> 10$  cm all'esame ecografico con mdc.

In pressoché tutti i casi la valutazione delle lesioni ottenuta con ecografia con mdc è risultata molto simile a quanto ottenuto con angio-TC spirale, al punto che il numero delle lesioni identificate e la stadiazione delle lesioni con le due metodiche sono sostanzialmente sovrapponibili. Questo significa che la metodica ecografica con mdc non solo è in grado di identificare correttamente, almeno in questa tipologia di pazienti, tutte le lesioni, ma anche di stadiarle esattamente la gravità, con un valore prognostico pari a quello della TC.

Nel nostro studio, i pazienti che non presentavano lesioni all'esame ecografico con mdc non sono stati sottoposti a TC: questa scelta, dovuta ovviamente a considerazioni di radioprotezione, non consente tuttavia di esprimere un giudizio sicuro sulla eventuale presenza di falsi negativi e quindi sulla sensibilità della metodica a confronto della TC. Peraltro nella nostra esperienza il decorso clinico è sempre stato favorevole; inoltre l'elevata correlazione dei reperti nel caso dei pazienti positivi consente di ipotizzare una sensibilità comunque molto alta della metodica. Bisogna tuttavia tenere presente che l'esame ecografico ha dei limiti relativi a condizioni contingenti come, ad esempio, l'habitus del paziente o l'eventuale presenza di ferite aperte, condizioni

*When insonicated at the fundamental frequency this molecule, unlike the parenchyma, generates a high-level harmonic signal; the returning signal needs to be decoded by a dedicated software programme - in our study CCI (Coherent Contrast Imaging) for the Acuson unit and PS (Pulse Subtraction) for the Toshiba unit. The examination should be conducted with grey-scale imaging at low mechanical index ( $MI < 0,2$ ), as under these conditions the contrast agent increases the echogenicity of circulating blood and thus enhances all the vascularised areas. Because signal formation does not require the microbubbles to burst, a continuous grey-scale study can be obtained, in real time. The lack of the contraindications of iodinated contrast media, the minimal amounts of contrast needed and ease of administration make this contrast agent even suitable for use in emergency settings.*

*In our series the use of contrast medium greatly improved the quantity and quality of findings compared to the conventional examination. First, the number of detected lesions increased, with the contrast-enhanced examination identifying lesions in four patients who had false-negative diagnosis at conventional US; moreover, in patients with known or suspected lesions, the number of appreciable lesion foci increased.*

*As regards image quality, there was a significant improvement in contrast between the lesion and the healthy liver, and as a result better definition of lesion margins and relations with the capsule and vessels, both of which are important for prognosis; furthermore, the better definition of margins allowed for a more accurate determination of lesion size, in almost all cases larger than had been estimated at conventional US. In prognostic terms, in two cases lesions assessed as being  $< 3$  cm were found to be  $> 3$  cm, as later confirmed by CT, corresponding to a change from grade II to grade III lesions; in four cases, there was a similar change in grading, from grade III to IV, for lesions identified as being  $< 10$  cm at conventional US but  $> 10$  cm at contrast-enhanced US.*

*In almost all cases the assessment of lesions obtained with contrast-enhanced US was very similar to that obtained with spiral CT angiography, the number of lesions identified and the grading of lesions with the two methods being virtually identical. This means that contrast-enhanced US is not only able to correctly identify all lesions, in this type of patients at least, but it can also provide precise grading of the lesions, thereby exhibiting a prognostic value equal to that of CT.*

*In our study the patients without lesions at contrast-enhanced US did not undergo CT: this decision, based on radiation protection concerns, does not allow us to express a sound judgement on the possible presence of false negatives and hence on the sensitivity of the method as compared to CT. Besides, in our experience the clinical outcome was favourable in all cases and in any case the close correlation of findings in positive patients allows us to hypothesise a very high sensitivity for the method. It should, however, be considered that sonography suffers some limitations relating to the situation, such as patient body habi-*

che non si sono presentate nel nostro studio ma che potrebbero presentarsi con l'ampliarsi della casistica. In questi casi il ricorso alla TC potrebbe essere ineludibile.

## Conclusioni

L'uso dei mdc ecografici di seconda generazione migliora l'accuratezza dell'ecografia nella diagnosi e nella stadiazione delle lesioni epatiche traumatiche e rende la metodica altamente correlabile con la TC.

La semplicità e rapidità di esecuzione, in assenza di rilevanti controindicazioni ed effetti collaterali, fa propendere per un utilizzo estensivo dell'esame con mdc in tutti i casi di sospetta lesione traumatica, evitando di eseguire solo lo studio di base, che ha sicuramente minore sensibilità nella ricerca di tali lesioni. Tali indicazioni appaiono concettualmente estensibili anche alle lesioni spleniche.

Si può pertanto proporre l'ecografia con mdc come esame di prima istanza nei traumi addominali chiusi in caso di traumatismo minore, in cui si sospetti una lesione epatica isolata e nei pazienti in età pediatrica, mentre la TC resta comunque indiscutibilmente metodica di elezione nei politraumatismi e nei traumi maggiori, in cui si ricerchi la presenza di lesioni pluriviscerali. Una valutazione prospettica potrà indicare l'utilità come esame di prima istanza nella valutazione di tutti i traumi chiusi dell'addome.

Rimane chiaramente diverso il discorso della valutazione diagnostica e prognostica dei traumatismi maggiori e dei politraumatismi, in cui la panoramicità e la pan-esplorabilità che si ottengono con TC sono insostituibili. Inoltre, in questa tipologia di pazienti, l'ecografia, sia senza che con mdc, può risentire notevolmente della totale mancanza di collaborazione dei pazienti.

Invece può essere molto interessante il ruolo della ecografia con mdc nel follow-up delle lesioni, particolarmente in considerazione del fatto che molti di questi pazienti vengono trattati conservativamente e che sono spesso trasportabili con difficoltà, ricoverati in reparti di rianimazione e terapia intensiva [28]. Anche se nei controlli precoci l'ecografia di base può probabilmente essere sufficiente per monitorare l'andamento della lesione, tuttavia l'esame con mdc può diventare di nuovo sostitutivo della TC nelle fasi tardive, quando occorre valutare l'evoluzione a distanza e la risoluzione completa o meno della lesione [29, 30].

*tus or the presence of open wounds, conditions that were not present in our study but that are likely to occur as more cases are examined. In these cases the use of CT might be mandatory.*

## Conclusions

*The use of second-generation sonographic contrast media improves the accuracy of ultrasound in the diagnosis and grading of traumatic hepatic injuries and makes the method comparable to CT.*

*Given the ease and speed with which contrast-enhanced US is performed, in the absence of important contraindications and side effects we tend to favour the extensive use of this method in all cases of suspected traumatic injury, avoiding the use of conventional US alone, which has decidedly less sensitivity for such lesions. These indications are conceptually applicable also to splenic lesions.*

*We therefore propose the use of contrast-enhanced US as a first-line examination in mild blunt abdominal trauma, where an isolated hepatic injury is suspected, and in children. CT remains the method of choice in cases of polytrauma and in major trauma, where there is a need to search for plurivisceral lesions. A prospective study is needed to assess the usefulness of contrast-enhanced US as a first-line examination for the assessment of all blunt abdominal traumas.*

*The diagnostic and prognostic assessment of major trauma and polytrauma is clearly a different matter, as the panoramic view and extensive exploration afforded by CT cannot be replaced. In addition, in such patients ultrasound, whether with or without contrast medium, may be affected by the total lack of cooperation of the patients.*

*Instead, the role of contrast-enhanced US in the follow-up of these lesions is interesting, especially in view of the fact that many of these patients are treated conservatively, often cannot be moved, are in intensive care units [28]. Even if conventional ultrasound is probably sufficient to monitor the lesion in the early follow-up period, the contrast-enhanced examination may again replace CT in later stages, when evolution over time and whether or not the lesion has resolved need to be assessed [29, 30].*

## Bibliografia/References

- 1) Poletti PA, Wintermark M, Schnyder P *et al.*: Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation). *Eur Radiol* 12: 969-978, 2002.
- 2) McGahan JP, Richards JR: Blunt abdominal trauma: the role of emergent sonography and a review of the literature. *AJR* 172: 897-903, 1999.
- 3) McGahan JP, Rose J, Coates TL *et al.*: Use of ultrasonography in the patient with acute abdominal trauma. *J Ultrasound Med* 16: 653-662, 1997.
- 4) Campani R, Calliada F, Bottinelli O *et al.*: Lesioni focali epatiche. *Radiol Med (Suppl.1)* 5: 47-52, 1998.
- 5) Pennisi F, Farina R, Politi G *et al.*: Lesioni focali epatiche: ruolo dell'ecocolor Doppler con mezzo di contrasto. *Radiol Med* 96: 579-587, 1998.
- 6) Quaja E, Forgács B, Calderan L *et al.*: Caratterizzazione di lesioni focali epatiche in pazienti cirrotici mediante tecnica ecografica contrasto specifica Pulse Inversion Harmonic Imaging con mezzo di contrasto Levovist. *Radiol Med* 104:285-294, 2002.
- 7) Solbiati L, Tonolini M, Cova L *et al.*: The role of contrast-enhanced ultrasound in the detection of focal liver lesions. *Eur Radiol* 11 (Suppl 3): E15-E26, 2001.
- 8) Leen E. The role of contrast-enhanced ultrasound in the characterisation of focal liver lesions. *Eur Radiol* 11 (Suppl 3): E27-E34, 2001.
- 9) Leen E, Angerson WJ, Yarmenitis S *et al.*: Multi-centre clinical study evaluating the efficacy of SonoVue (BR1) a new ultrasound contrast agent in Doppler investigation of focal hepatic lesions. *Europ J Radiol* 41: 200-206, 2002.
- 10) Mirvis SE, Whitley NO, Vainwright JR *et al.*: Blunt hepatic trauma in adults: CT-based classification and correlation with prognosis and treatment. *Radiology* 171:27-32, 1989.
- 11) Weishaupt D, Grozaj AM, Willmann JK *et al.*: Traumatic injuries: imaging of abdominal and pelvic injuries. *Eur Radiol* 12:1295-1311, 2002.
- 12) Schackford SR: Focused ultrasound examination by surgeons: the time is now. *J Trauma* 35:181-182, 1993.
- 13) Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC *et al.*: Focused assessment with sonography for trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma* 46: 466-472, 1999.
- 14) Poletti PA, Mirvis SE, Shanmuganathan K *et al.*: CT Criteria for management of blunt liver trauma: correlation with angiographic and surgical findings. *Radiology* 216: 418-427, 2000.
- 15) Otha S, Hagiwara A, Yukioka T *et al.*: Hyperechoic appearance of hepatic parenchyma on ultrasound examination of patients with blunt hepatic injury. *J Trauma* 44: 135-138, 1998.
- 16) McKenney KL: Role of US in the diagnosis of intraabdominal catastrophes. *RadioGraphics*, 19: 1332-1339, 1999.
- 17) Van Sonnenberg E, Simeone JF, Mueller PR *et al.*: Sonographic appearance of hematoma in liver, spleen and kidney: a clinical, pathologic and animal study. *Radiology* 147: 507- 510, 1983.
- 18) Cywes BS, Rode H, Millar AJ: Blunt liver trauma in children: nonoperative

- management. *J Pediatr Surg* 20:14-18, 1985.
- 19) Meredith JW, Young JS, Bowling J *et al*: Nonoperative management of blunt hepatic abdominal trauma: the exception or the rule? *J Trauma* 36: 529-535, 1994.
- 20) Sherman HF, Savage BA, Jones LM *et al*: Nonoperative management of blunt hepatic injuries: safe at any grade? *J Trauma* 37: 616-621, 1994.
- 21) Carrillo EH, Spain DA, Wohltmann CD *et al*: Interventional techniques are useful adjuncts in nonoperative management of hepatic injuries. *J Trauma* 46: 619-624, 1999.
- 22) Feliciano DV, Jordan GL, Bitondo CG *et al*: Management of 1000 consecutive cases of hepatic trauma (1979-1984). *Ann Surg* 10: 438-445, 1986.
- 23) Meyer AA, Crass RA, Lim RC *et al*: Selective nonoperative management of blunt liver injury using computed tomography. *Arch Surg* 120: 550-554, 1985.
- 24) Croce MA, Fabian TC, Menke PG *et al*: Nonoperative management of blunt hepatic trauma is the treatment of choice for hemodynamically stable patients: results of a prospective trial. *Ann Surg* 221: 744-755, 1995.
- 25) Miele V, Andreoli C, De Cicco ML *et al*: Isolated blunt hepatic traumas: role of emergency CT in therapeutic choice. *Radiol Med* 103: 360-369, 2002.
- 26) Bokor D, Chambers JB, Rees PJ *et al*: Clinical safety of SonoVue TM, a new contrast agent for ultrasound imaging, in healthy volunteers and in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Invest Radiol* 36: 104-109, 2001.
- 27) Morel DR, Schwieger I, Hohn L *et al*: Human pharmacokinetics and safety evaluation of SonoVue TM, a new contrast agent for ultrasound imaging. *Invest Radiol*, 35: 80-85, 2000.
- 28) Yoshii H, Sato M, Yamamoto S *et al*: Usefulness and limitations of ultrasonography in the initial evaluation of blunt abdominal trauma. *J Trauma* 45: 45-50, 1998.
- 29) Shilyansky J, Navarro J, Superina RA *et al*: Delayed hemorrhage after nonoperative management of blunt hepatic trauma in children: a rare but significant event. *J Pediatr Surg* 34: 60-64, 1999.
- 30) Stylianos S and the APSA Trauma Committee: Evidence-based guidelines for resource utilization in children with isolated spleen or liver injury. *J Pediatr Surg* 35:164-169, 2000.

*Dott. V. Miele*  
*Radiologia DEA*  
*Ospedale San Camillo*  
*C.ne Gianicolense, 87*  
*00152 Roma RM*  
*Tel. 06/58703022*  
*Fax 06/58704729*  
*E-mail: vmiele@sirm.org*