

La Radiologia Medica - Radiol Med 107: 58-68, 2004  
Edizioni Minerva Medica - Torino

## La valutazione radiologica nel trapianto di fegato da donatore vivente

Davide LENI\* - Roberta TREVISAN\*\*  
Angelo VANZULLI\*\*

**Scopo.** Questo articolo intende presentare l'esperienza maturata nel nostro centro nella valutazione di 23 potenziali donatori viventi di fegato dal gennaio 2001 al dicembre 2002.

**Materiale e metodi.** Sono stati esaminati 23 potenziali donatori (20 uomini e 3 donne - età media 30 anni) in un periodo di tempo compreso tra gennaio 2001 e dicembre 2002 mediante TC multislice ed RM. Sulla base delle immagini ottenute mediante TC sono state effettuate ricostruzioni vascolari (MIP e MIP-Thin) e la valutazione volumetrica del fegato «in toto» e del lobo epatico destro da espantare.

L'esame RM è stato eseguito con sequenze in fase e in opposizione di fase (TR 180 ms, TE 2,1/4,2 ms) per dimostrare la presenza di steatosi epatica e con sequenze SSFSE T2 pesate a strato spesso (50 mm) per la valutazione colangiografica. La valutazione colangiografica è stata completata dopo somministrazione di mezzo di contrasto (Gd-BOPTA 90 min) con sequenze coronali 3D GE a strato sottile (1,5 mm).

Dieci potenziali donatori sono stati sottoposti anche ad angiografia.

**Risultati.** Le indagini diagnostiche hanno dimostrato varianti dell'anatomia portale in 7/23 potenziali donatori, varianti anatomiche arteriose in 5/23 potenziali donatori, varianti anatomiche delle vene sovraepatiche in 5/23 potenziali donatori ed infine varianti dell'anatomia biliare in 20/23 potenziali donatori di fegato. In 1 caso abbiamo riscontrato un dismorfismo della colecisti.

L'esame RM ha determinato l'esclusione dal programma di trapianto di un potenziale donatore per il rilievo di steatosi epatica successivamente confermato dalla biopsia.

Dei 23 potenziali donatori 7 sono stati giudicati idonei all'intervento chirurgico e sono stati ulteriormente studiati con Eco color Doppler preoperatorio ed ecografia e colangiografia intraoperatoria.

**Conclusioni.** L'iter diagnostico da noi elaborato offre al clinico tutti le informazioni necessarie e un quadro esauriente dell'anatomia epatica per valutare l'inclusione dei potenziali donatori viventi di fegato nel programma di trapianto.

PAROLE CHIAVE: Fegato - Donatore vivente - TC - RM.

## Imaging of living donor liver transplantation

**Purpose.** This paper presents our experience in the evaluation of 23 potential living liver donors examined from January 2001 to December 2002.

**Materials and methods.** Between January 2001 and December 2002, a total of 23 potential living liver donors were evaluated (20 men, 3 women; mean age 30 years) with MSCT and MR. Vascular reconstructions (MIP and Thin MIP) and volumetric evaluation of liver "in toto" and of the right hepatic lobe to be harvested were obtained with CT. MR was performed with in- and out-of-phase GE acquisitions in order to detect liver steatosis and with SSFSE T2 weighted thick-slab (50 mm) coronal acquisitions to obtain MR cholangiography. MR cholangiography was also obtained with post-contrast (Gd-BOPTA 90 min) 3D GE thin (1.5 mm) coronal sequences. Ten potential living liver donors also underwent angiography.

**Results.** The radiological examinations demonstrated abnormalities of the portal vein bifurcation in 7/23 potential living liver donors, variants of the arterial anatomy in 5/23 and abnormalities of the biliary anatomy in 20/23. One case showed gallbladder dysmorphism. The MR examinations led to the exclusion from the transplantation of one potential living liver donor owing to the detection of liver steatosis that was subsequently confirmed by biopsy. 7/23 potential living liver donors were considered eligible for the surgical procedure and underwent preoperative colour Doppler sonography and intraoperative cholangiography.

**Conclusions.** The diagnostic protocols used at our centre provide the clinician with important information and an exhaustive picture of the hepatic anatomy to evaluate the inclusion of potential living liver donors in the transplantation program.

KEY WORDS: Liver - Liver donor - CT - MR.

## Introduzione

Il trapianto di fegato da donatore sano è una metodica affermata solo negli ultimi dieci anni e si propone come valida soluzione per ovviare alla carenza di organi disponibili. I vantaggi sono innumerevoli rispetto al trapianto di fegato da cadavere. Innanzitutto permette al chirurgo di intervenire in elezione e libera il ricevente dall'attesa di un organo disponibile; questo si traduce in una riduzione di mortalità e morbilità, correlati anche con la riduzione del tempo di attesa dell'organo. Inoltre non vanno trascurati la sensibile riduzione del tempo di «ischemia fredda», cioè il periodo in cui il fegato o

## Introduction

*Liver transplantation from living donors was introduced about ten years ago and now represents a valid solution to the shortage of available organs. The method offers many advantages over cadaveric liver transplantation. First, the surgeon is able to operate on an elective basis and the patient no longer has to wait for an organ; this translates into reduced mortality and morbidity, which are strictly correlated with waiting times. Other remarkable advantages are the substantial reduction of "cold ischaemia" time, that is the time during which the organ is not perfused with blood, and the*

\* Medico specializzando - Scuola di Specializzazione in Radiodiagnostica - Università degli Studi di Milano - \*\*Dipartimento di Radiodiagnostica - Ospedale Niguarda Cà Granda - Milano.

Pervenuto alla Redazione il 16.1.2003; revisionato il 14.2.2003; restituito corretto il 3.6.2003; accettato per la pubblicazione il 10.7.2003.

Indirizzo per la richiesta di estratti: Dott. D. Leni - Dipartimento di Radiodiagnostica - Ospedale Niguarda Ca' Granda - Piazza Ospedale Maggiore 3 - 20162 Milano - Tel 02/64442700 - E-mail: daleni@tin.it

la parte di fegato da trapiantare non è perfusa da sangue, e la disponibilità di donatori viventi sani in ottima salute, requisito primario nel caso di una simile scelta terapeutica.

La tecnica chirurgica alla base della procedura è ormai consolidata ed è molto diffusa in Giappone, dove in tempi non lontani il trapianto di organi da cadavere era vietato dalla legge.

Il primo trapianto da donatore sano fu eseguito con successo su un bambino, al quale fu impiantato parte del lobo sinistro [1-3]. La medesima tecnica fu utilizzata inizialmente anche per gli adulti ma ebbe scarso successo, in quanto il volume di tessuto trapiantato appariva nettamente insufficiente a coprirne le esigenze metaboliche [4, 5]. Si stima infatti che almeno il 50% di volume epatico normale sia necessario al ricevente e inoltre, sebbene la quantità precisa di fegato occorrente non si possa adeguatamente quantificare, dovrebbe essere sufficiente una quantità pari all'1% della massa corporea del ricevente [6].

Il primo trapianto di lobo epatico destro da donatore vivente fu realizzato esclusivamente per ragioni dovute ad anomalie vascolari presenti nel donatore; solo in seguito la tecnica fu sviluppata in quanto unica in grado di offrire un volume epatico sufficiente al ricevente ed attualmente è la procedura di elezione per la popolazione adulta [7, 8].

Dal punto di vista della tecnica chirurgica, previa mobilizzazione del fegato si procede all'isolamento delle strutture dell'ilo (venose, arteriose e biliari) e delle principali diramazioni per il lobo destro e per il lobo sinistro. Successivamente, sotto guida ecografica, si identifica la trancia di sezione per la lobectomia destra, segnando sulla superficie del fegato una linea 1 cm lateralmente alla vena sovraepatica media, estesa sino al margine anteriore del fegato a livello del letto colecistico. I chirurghi praticano poi la colecistectomia e successivamente il radiologo esegue una colangiografia intraoperatoria mediante iniezione di pochi ml di mezzo di contrasto iodato attraverso il dotto cistico residuo, per escludere ulteriori inaspettate anomalie delle vie biliari. In seguito si procede alla sezione dell'arteria epatica destra e del ramo portale destro. Il dotto biliare destro è sezionato per ultimo. Poi viene rimosso il fegato del ricevente lasciando intatta la vena cava inferiore e si procede all'impianto del lobo epatico destro del donatore. Le connessioni vascolari vengono effettuate nel seguente ordine: termino-laterale sovraepatica destra-vena cava inferiore, termino-terminale vena porta, termino-terminale arteria epatica, termino-terminale coledoco-coledocica.

## Considerazioni anatomiche

### Comparto arterioso

Solo il 55% delle persone presenta l'anatomia arteriosa epatica «classica» e cioè l'arteria epatica destra e sinistra che nascono dall'arteria epatica propria. Nel gruppo restante l'anatomia arteriosa è variabile. L'arteria epatica destra nasce dall'arteria mesenterica superiore nell'11% dei casi e l'arteria epatica sinistra nasce dall'arteria gastrica sinistra nel 10% dei casi nella popolazione generale. Arterie epatiche accessorie destra o sinistra sono presenti approssimativamente nel 8% dei soggetti [9].

La presenza di vasi accessori nel contesto di un lobo epatico richiede almeno due anastomosi arteriose e verosimil-

*availability of healthy liver donors, a prerequisite for this therapeutic choice.*

*The surgical technique is consolidated and is widely used in Japan where until recently cadaveric transplantation was forbidden by law. The first living donor liver transplantation was successfully performed in a child, who was implanted with a part of the left hepatic lobe [1-3]. The same procedure was initially also performed on adult patients but with little success because the volume of transplanted liver was not sufficient to fulfil their metabolic needs [4,5]. It is estimated that the recipient requires at least 50% of normal liver volume and, although the amount of liver needed cannot be precisely quantified, an adequate amount for successful functioning is approximately 1% of the recipient's body mass [6].*

*The first right-lobe living-donor liver transplantation was performed due to the donor's vascular abnormalities and the technique was only developed later given that it was the only one able to provide enough liver to the recipient. This is now the standard procedure used in the adult population [7, 8].*

*With regard to technique, the surgeons mobilize the donor's liver and then isolate the hilar structures (veins, arteries and bile ducts) and their main branches in the left and right lobe. The dissection plane for right lobectomy is then identified under sonographic guidance and a 1-cm line drawn on the liver surface lateral to the suprahepatic vein and extending to the gallbladder fossa on the anterior edge of the liver. Cholecystectomy is then performed followed by intraoperative cholangiography after the injection of a few millilitres of iodinated contrast material through the residual cystic duct to assess any other anatomical abnormalities not noted in advance. The right hepatic artery, the right portal branch and finally the right bile duct are dissected. The recipient's liver is then removed leaving the inferior vena cava and the recipient is implanted with the donor's right hepatic lobe. The blood vessels are anastomosed in the following order: right hepatic vein end-to-side to inferior vena cava; vena porta end-to-end to vena porta; right hepatic artery end-to-end to recipient's hepatic artery; donor's right bile duct end-to-end to recipient's choledocus.*

## Anatomical evaluation

### Arterial anatomy

*Classic hepatic arterial anatomy, that is right and left hepatic artery arising from the hepatic artery proper are found in only 55% of the population. The remainder have vascular abnormalities. The right hepatic artery arises from the superior mesenteric artery in 11% of cases and the left hepatic artery arises from the left gastric artery in 10% of cases. Accessory right or left hepatic arteries can be found approximately in 8% of subjects.*

*The presence of accessory arteries in a lobe requires at least two vascular anastomoses and most likely small-caliber arteries often supply a lobe. If the size of these vessels is less than 2-3 mm in diameter, recipients have a higher risk of thrombosis after transplantation. To decrease*

mente sono più spesso arterie di piccolo calibro ad irrorare un singolo lobo. Se il calibro di tali vasi è inferiore a 2-3 mm, i riceventi presentano un maggior rischio di trombosi dopo il trapianto. Per diminuire il rischio, i chirurghi impiegano tecniche di microchirurgia per realizzare anastomosi arteriose. In alcuni casi comunque la presenza di numerosi piccoli vasi preclude al trapianto [10].

Da valutare anche l'origine dei vasi arteriosi per il IV segmento: nell'esecuzione della lobectomia destra il chirurgo seziona l'arteria epatica destra distalmente agli eventuali rami per il IV segmento in modo da assicurare un adeguato apporto sanguigno durante la rigenerazione del restante lobo epatico sinistro.

Inoltre la presenza di malattia aterosclerotica nel tronco celiaco del donatore è controindicazione alla procedura in quanto può esporre il donatore al rischio di trombosi post-chirurgica dell'arteria epatica per basso flusso sanguigno.

#### Comparto venoso

Le vene sovraepatiche drenano il sangue in condizioni di normalità anatomica nella vena cava inferiore; tuttavia un numero variabile di rami può drenare parte del flusso sanguigno proveniente dai segmenti laterali e posteriori del lobo epatico destro direttamente nella vena cava inferiore. Tale condizione si riscontra in circa il 6% della popolazione [12]. La presenza di una o più vene sovraepatiche destre accessorie può comportare in corso di intervento un aumento considerevole del sanguinamento, essendo comunque indispensabili alla sopravvivenza della parte di fegato da trapiantare. In tale caso i chirurghi praticano una doppia anastomosi termino-laterale delle vene sovraepatiche con la vena cava.

La vena porta solitamente si biforca in un ramo destro e in un ramo sinistro; spesso tuttavia il ramo portale principale può triforcarsi con un ramo destro accessorio per il lobo epatico destro ad origine precoce. In questo caso, in corso di impianto d'organo, i chirurghi uniscono i due rami portali per il lobo destro con un graf vascolare e successivamente realizzano una sola anastomosi.

#### Comparto biliare

Il dotto epatico destro e il dotto epatico sinistro si uniscono a formare il dotto epatico comune; in alcuni pazienti tuttavia rami segmentari provenienti dal lobo epatico destro possono confluire nel sinistro oppure direttamente nella via biliare principale e viceversa rami segmentari provenienti da sinistra possono confluire nel dotto epatico destro o nella via biliare principale. Non è nemmeno insolito ritrovare tre rami che confluiscono separatamente nella via biliare principale configurando l'aspetto di una triforcazione. Da un punto di vista chirurgico, in caso di anomalia biliare, può essere necessaria una doppia anastomosi.

#### Comparto epatico

Una quantità minima pari al 40% di fegato normale oppure all'1% del peso corporeo è necessaria al ricevente ed un minimo pari al 30% è indispensabile al donatore per le proprie esigenze metaboliche nel periodo immediatamente successivo al trapianto [11]. Un volume epatico superiore per il ricevente può complicare l'intervento chirurgico sia in fase

*this risk, surgeons use microsurgical techniques to perform arterial anastomosis. Sometimes the presence of many small-caliber vessels precludes successful transplantation. [10].*

*The origin of artery supplying segment IV also needs to be evaluated since during lobectomy the right hepatic artery is dissected distal to any branches supplying segment IV, in order to ensure adequate blood supply for the growth of the left hepatic lobe that remains to the donor.*

*The presence of atherosclerosis in the donor's celiac trunk is a strict contraindication to the procedure as it can expose donors to the risk of post-surgical thrombosis of the hepatic artery owing to insufficient blood supply.*

#### Venous anatomy

*The main hepatic veins normally drain into the inferior vena cava. However, there may be a varying number of accessory hepatic veins draining blood from the lateral and posterior segments of right hepatic lobe directly into the inferior vena cava. This occurs in approximately 6% of subjects [12]. The presence of one or more accessory right hepatic veins may be a cause of increased bleeding during surgery. These hepatic veins are, however, necessary for the survival of the right hepatic lobe and therefore have to be preserved. In such a situation a double end-to-side anastomosis of the accessory hepatic veins to the inferior vena cava is performed.*

*The portal vein usually bifurcates into right and left portal branches; nevertheless the portal vein often has a trifurcation and there is an accessory right branch to the right hepatic lobe arising early from the main portal vein. In this situation the two portal branches are joined with a vascular graft and only one anastomosis is performed.*

#### Biliary anatomy

*The right and left hepatic ducts join to form the common hepatic duct; in some patients segmental ducts from the right hepatic lobe join the left duct or drain directly into the common bile duct; likewise, segmental ducts from the left lobe can join the right hepatic duct or the common bile duct. It is not unusual to find three ducts draining separately into the common bile duct with the appearance of a trifurcation. From the surgical point of view, biliary anatomical variations may require a double anastomosis.*

#### Liver volume

*The recipient requires a minimum of 40% of normal liver or an amount equal to 1% of body mass and the donor needs at least 30% for metabolic needs in the period immediately after transplantation [11]. In the recipient, transplantation of a larger amount of liver volume can complicate the surgical procedure by making it difficult to perform the anastomoses, to control blood loss, and in some cases to close abdominal wall. By contrast, a smaller liver volume can result in malfunctioning due to not only to insufficient volume but also to sinusoidal cell damage by excess portal perfusion. In rare cases, there may be torsion of the*

di realizzazione delle anastomosi sia nel controllo del sanguinamento; inoltre può risultare complicata la chiusura della parete addominale. Viceversa un volume epatico inferiore può causare un malfunzionamento non solo per la scarsa massa epatica, ma anche perchè la massa trapiantata ed in particolare le cellule dei sinusoidi possono essere danneggiate dall'eccessiva perfusione portale. Inoltre può verificarsi, benchè raramente, una torsione del parenchima impiantato, complicanza prevenibile legando il legamento falciforme alla parete anteriore della cavità addominale.

### Comparto epatico

Il riscontro di steatosi epatica non è infrequente nella popolazione e riconosce numerose cause: diabete, iperlipidemia, uso di steroidi, per citarne alcune. La presenza di una forma severa di steatosi può precludere al trapianto per l'abbassamento della massa effettiva dell'organo da trapiantare.

## Materiale e metodi

### Valutazione preoperatoria dei donatori

Abbiamo eseguito un esame TC per la valutazione dell'anatomia arteriosa, per escludere lesioni focali e per il calcolo dei volumi epatici mediante TC Multislice Somatom Plus 4 Volume Zoom (Siemens, Erlangen-Germania). Abbiamo acquisito immagini in condizioni basali (collimazione 2,5 mm, indice di ricostruzione 3 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120) e dopo somministrazione di 140-150 ml di mezzo di contrasto organo iodato non ionico (Iomeron 350 mgI/ml, Bracco, Milano, Italia) mediante iniettore automatico nella vena antecubitale del braccio incannulata con agocannula 18 gauge con acquisizioni:

— a 19 secondi (collimazione 2,5 mm, indice di ricostruzione 1 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - fase arteriosa precoce);

— a 35 secondi (collimazione 2,5 mm, indice di ricostruzione 1 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - fase arteriosa tardiva);

— a 70 secondi (collimazione 2,5 mm, indice di ricostruzione 3 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - fase di ritorno portale).

Successivamente mediante software di elaborazione grafica installato sull'apposita workstation sulla base delle immagini ottenute durante l'acquisizione in fase arteriosa precoce e venosa portale abbiamo eseguito le valutazioni vascolari mediante ricostruzioni in Volume Rendering, MIP Thin e MIP.

Inoltre sulle immagini ottenute durante l'acquisizione in fase di ritorno portale grazie ad apposito software a disposizione sulla workstation abbiamo calcolato il volume epatico totale del donatore e la quantità di fegato da trapiantare tracciando una linea immaginaria 1 cm a destra della vena sovraepatica media. Sulla base delle linee tracciate rispettivamente lungo i margini epatici e lungo la presunta linea di sezione chirurgica il calcolatore ha moltiplicato l'area selezionata dall'operatore per lo spessore di sezione e ne ha ricavato infine un dato volumetrico.

Abbiamo poi eseguito un esame RM con un magnete 1,5 T (Infinion Marconi-Picker). È stata utilizzata una bobina phased-array a polarizzazione circolare.

*transplanted parenchyma, a complication that can be prevented by fixing the falciform ligament to the anterior wall of the abdominal cavity.*

### Liver parenchyma

*Hepatic steatosis is not unusual and has several causes, including diabetes, hyperlipidemia, and steroid abuse. Severe steatosis may preclude transplantation because the working hepatic mass is much less than the calculated mass.*

## Materials and methods

### Preoperative evaluation of potential donors

*CT scans with a multislice CT Somatom Plus 4 Volume Zoom (Siemens, Erlangen, Germany) were performed to evaluate the arterial anatomy, to exclude focal lesions and to calculate liver volume. The examination was obtained at baseline (collimation 2.5 mm, reconstruction interval 3 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120) and after the IV administration of non ionic iodinated contrast material (Iomeron 350 mgI/ml, Bracco, Milan, Italy) injected by an automatic injector (MedRad) through a 18-Gauge catheter placed in the antecubital vein. Post-contrast acquisitions were obtained at:*

— 19 seconds (collimation 2.5 mm, reconstruction interval 1 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - early arterial phase);

— 35 seconds (collimation 2.5 mm, reconstruction interval 1 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - late arterial phase);

— 70 seconds (collimation 2.5 mm, reconstruction interval 1 mm, pitch 1, kV 140, mAs 120 - venous phase).

*Vascular anatomy was then evaluated with Volume Rendering, Thin-MIP and MIP reconstructions on the basis of the arterial- and venous-phase images using graphic processing software.*

*Total liver volume and volume of right hepatic lobe to be explanted was determined on the basis of the venous-phase images using graphic processing software by drawing a 1-cm line to the right of middle hepatic vein. Based on the lines drawn along the liver edges and along the line of surgical section the computer calculated the volumetric data by multiplying the surface selected by the operator by the section thickness.*

*An MR examination was then performed using a 1.5 T system (Infinion-Marconi-Picker) with a circularly polarized phased-array body coil. The MR sequences used were: axial T2-weighted FSE, FATSAT (PseudoEcho 110 ms, InterEcho 11ms, TR 3500 ms, flip angle 90, thickness 8 mm, gap 2 mm, 6 averages, echo train length 16), axial T1-weighted in phase (TE 4.2 ms, TR 180 ms, flip angle 80, thickness 8 mm, gap 2 mm, 1 average), axial T1-weighted opposed phase (TE 2.24, TR 148 ms, flip angle 80, thickness 8 mm, gap 2 mm, 1 average), axial T2 weighted breath-hold HASTE (PseudoEcho 105 ms, InterEcho 7 ms, TR 15000 ms, flip angle 90, thickness 8 mm, gap 2 mm 1 average).*

*The MR cholangiography sequences included, axial single shot HASTE T2-weighted (PseudoEcho 209 ms, InterEcho 11ms, TR 8000, flip angle 90, single slice thickness 75 mm, 1 average), sagittal HASTE T2-weighted (PseudoEcho 209 ms, InterEcho 11ms, TR 8000, flip angle 90, single slice*

Sono state acquisite sequenze assiali T2 pesate FSE con treno di 16 echi, FATSAT con due bande di saturazione sopra e sotto lo spessore da valutare (PseudoEco 110 ms, Intereco 11 ms, TR 3500 ms, flip angle 90, spessore 8 mm, gap 2 mm, 6 medie), sequenze assiali T1 in fase (TE 4,2 ms, TR 180 ms, flip angle 80, spessore 8 mm, gap 2 mm, 1 media), sequenze assiali T1 fuori fase (TE 2,24 ms, TR 148 ms, flip angle 80, spessore 8 mm, gap 2 mm, 1 media), sequenze assiali T2 Express con treno di 128 echi in apnea (Pseudo Eco 105 ms, Intereco 7 ms, TR 15000 ms, flip angle 90, spessore 8 mm, gap 2 mm, 1 media).

Abbiamo poi eseguito una valutazione colangio-RM con sequenza Radiale Single Shot T2 pesata (Pseudoeco 209 ms, Intereco 11 ms, flip angle 90, single slice da 75 mm, 1 media), sequenza Sagittale Express T2 pesata (Pseudoeco 209 ms, Intereco 11 ms, TR 8000 ms, flip angle 90, single slice da 75 mm), sequenza coronale Express T2 pesata (Pseudoeco 209 ms, Intereco 11 ms, TR 8000 ms, flip angle 90, single slice da 20 mm) e sequenza coronale Express FatSat T2 pesata (Pseudoeco 140 ms, Intereco 7 ms, TR 22812 ms, flip angle 90, spessore 4 mm, 1 media).

Si è poi passato alla somministrazione endovenosa del mezzo di contrasto paramagnetico (Gadobenato dimeglumina, Multihance, Bracco, Milano, Italia) alla dose di 0,1 ml/kg in bolo.

Sono state acquisite immagini a 90 minuti, in fase escretorica biliare del mezzo di contrasto, con sequenze assiali T1 pesate in fase (TE 2 ms, TR 5 ms, flip angle 40, spessore 1,2 cm, 1 media). Tali scansioni sono state poi ricostruite con algoritmo MIP.

Abbiamo anche eseguito un'angiografia mediante puntura arteriosa transfemorale in 10 pazienti per eliminare tutti i possibili dubbi sull'anatomia vascolare arteriosa dei potenziali donatori, in particolare per la ricerca di eventuali arterie per il IV segmento ad origine dall'arteria epatica destra, eventualità che può creare gravi problemi al chirurgo nel corso della procedura. La valutazione angiografica ha presupposto uno studio dell'aorta, dei rami del tripode celiaco e dell'arteria mesenterica superiore. Si è anche ottenuta una valutazione della pervietà della vena porta su immagini acquisite tardivamente dopo cateterizzazione selettiva dell'arteria mesenterica superiore.

Infine l'iter diagnostico preoperatorio si è concluso con un esame eco color Doppler eseguito 24 ore prima dell'intervento per offrire al radiologo di supporto al chirurgo, in corso di espanto-trapianto, un quadro ecografico dell'anatomia e del decorso delle sovraepatiche e del lobo epatico destro.

#### *Valutazione intraoperatoria dei donatori*

La valutazione intraoperatoria dei donatori si rende necessaria a causa dell'estrema variabilità dell'anatomia arteriosa, venosa e biliare.

I chirurghi espongono il fegato utilizzando un'incisione standard a L, isolano le strutture vascolari e biliari dell'ilo ed eseguono una colecistectomia. Intraoperatoriamente viene valutata ispettivamente l'anatomia della superficie del fegato ed in particolare si ricercano il tratto extraepatico della vena cava inferiore e le vene sovraepatiche.

Successivamente il radiologo esegue un'ecografia intraoperatoria mediante sonda curva da 8 MHz precedentemente sterilizzata. La sonda viene poi posizionata sulla superfi-

*thickness 75 mm), coronal Express T2-weighted (PseudoEcho 209 ms, InterEcho 11ms, TR 8000, flip angle 90, single slice thickness 20 mm), coronal Express FATSAT T2-weighted (PseudoEcho 140 ms, InterEcho 7 ms, TR 22812 ms, flip angle 90, thickness 4 mm, 1 average).*

*Paramagnetic contrast material (Gadobenato Dimeglumin – Multihance, Bracco, Milan, Italy) was administered as an intravenous bolus at a dose of 0.1ml/kg.*

*The images were acquired at 90 minutes during the biliary excretory phase of the contrast agent with Coronal GE 3D T1-weighted sequences (TE 2 ms, TR 5 ms, flip angle 40, thickness 1.2 cm). MIP images were then reconstructed.*

*Ten patients underwent angiography via femoral access to exclude abnormalities of the arterial anatomy, and in particular to detect any unknown small arteries to segment VI arising from the right hepatic artery. The angiographic study permitted evaluation of the aorta, the arteries arising from celiac trunk and from the superior mesenteric artery.*

*Finally, colour-Doppler sonography was performed 24 hours before surgery to provide a sonographic map of the course of the hepatic veins and of the anatomy of the right hepatic lobe.*

#### *Intraoperative evaluation of donors*

*Living liver donors must be evaluated intraoperatively owing to the extreme variability of the arterial, venous and biliary anatomy.*

*The surgeon exposes the donor's liver using a standard L-shaped incision. The hilar anatomical structures are then identified and the gallbladder excised. The liver dome is visually inspected to identify the suprahepatic portion of the inferior vena cava and the hepatic veins.*

*The radiologist then performs intraoperative sonography using a linear 8MHz probe. The probe is placed on the liver dome at the suprahepatic inferior vena cava and moved along the anterior surface of the liver in axial and sagittal planes to identify the middle hepatic vein and its main branches. Following the radiologist's directions, the surgeon then marks the liver surface along the middle hepatic vein down to the gallbladder fossa with an argon-beam coagulator. This line defines a relatively avascular plane of section. The surgeon then performs a right hepatectomy, preserving 1 cm of tissue just to the right of the middle hepatic vein.*

*During the procedure, cholangiography is performed under fluoroscopic guidance injecting a few millilitres of iodinated contrast material (Iopamiro) into the residual cystic duct after clamping the choledocus. This provides a more accurate picture of the biliary anatomy and allows detection of any biliary anatomy abnormalities not noted in the previous examinations.*

#### *Results*

*A total of 23 potential liver donors were evaluated (20 men, 3 women, mean age 30 years) between January 2001 and December 2002. Of these 7 underwent transplantation.*

*The radiological examinations enabled the identification of several variants of the vascular and biliary anatomy. These involved particularly the portal vein bifurcation: portal tri-*

cie epatica a partire dal tratto extraepatico della vena cava superiore e mossa sulla superficie anteriore del fegato con scansioni trasversali e sagittali per identificare la vena sovraepatica media e le sue principali effluenti. Il chirurgo mediante elettrocoagulatore laser esegue piccole incisioni sulla superficie epatica, seguendo le indicazioni del radiologo, lungo una linea coincidente con la vena sovraepatica media sino in fossa colecistica. Questa linea definisce un piano di sezione relativamente avascolare. Giunto a questo punto, il chirurgo procede all'epatectomia destra preservando 1 cm di tessuto lateralmente alla vena sovraepatica media.

In corso di intervento si pratica sotto controllo radioscopico anche una colangiografia mediante iniezione di pochi ml di mezzo di contrasto organo iodato (Iopamiro) nel dotto cistico residuo, previo clampaggio del coledoco, per avere un quadro più preciso dell'anatomia biliare ed evidenziare eventuali anomalie dell'albero biliare non emerse nelle precedenti indagini.

## Risultati

Sono stati valutati in totale 23 potenziali donatori (20 uomini e 3 donne, età media 30 anni) in un periodo di tempo compreso tra gennaio 2001 e dicembre 2002; 7 sono stati sottoposti ad intervento chirurgico.

Le indagini diagnostiche hanno portato all'evidenziazione di numerosi varianti anatomiche sia nel comparto vascolare sia in quello biliare.

In particolare sono state evidenziate anomalie di biforcazione della vena porta: triforcazione portale (1 caso), dismorfia del ramo portale destro a decorso parallelo al sinistro associata ad emergenza di un ramo portale anomalo per il IV e VIII segmento alla biforcazione (1 caso), precoce divisione dal ramo destro della porta di un ramo per il VI segmento (3 casi) (fig. 1), rami per il IV segmento ad origine dal ramo portale destro (1 caso).

Frequenti sono risultate anche le anomalie nel comparto arterioso: arteria epatica sinistra ad origine dall'arteria gastrica sinistra (1 caso) (fig. 2), arteria epatica destra ad origine dall'arteria mesenterica superiore (1 caso), arteria epatica destra con origine dall'arteria mesenterica superiore con rami per il lobo sinistro (1 caso) (fig. 3A, B), arteria epatica destra con regolare origine dall'arteria epatica propria deputata solo alla vascolarizzazione del VI segmento e i restanti segmenti di destra vascolarizzati da rami ad origine dall'arteria epatica sinistra (1 caso), arteria epatica media ad origine dall'arteria dorsale pancreatica deputata alla vascolarizzazione di alcuni segmenti del lobo destro (1 caso).

In 4 casi è stata riscontrata la presenza di vene sovraepatiche accessorie per il lobo destro con confluenza nella cava in sede più caudale del normale (fig. 4A, B); in un caso un candidato donatore presentava due sovraepatiche accessorie per il lobo destro; in 1 caso si è evidenziato un dismorfismo rispettivamente delle vene sovraepatiche media e sinistra.

Molto più frequenti si sono riscontrate le anomalie dell'albero biliare. Sono risultati normali all'indagine RM solo tre potenziali donatori; nei restanti l'anatomia presentava

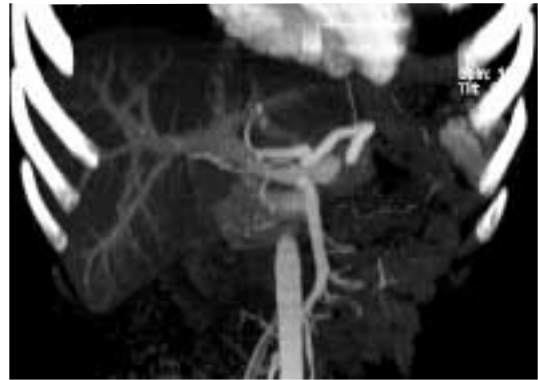


Fig. 1. — Ricostruzione MIP coronale ottenuta da scansioni TC dell'addome superiore in fase arteriosa tardiva di candidato donatore di 22 anni. Si osserva precoce divisione dalla vena porta di un ramo diretto al VI segmento (freccia).

*Coronal volume-rendered MIP image based on CT scans obtained during late arterial phase of a 22-year-old male potential liver donor shows an early branch of the portal vein to segment VI (arrow).*



Fig. 2. — Ricostruzione MIP coronale da scansioni TC in fase arteriosa dell'addome superiore di candidato donatore di 30 anni. Si osserva origine dell'arteria epatica sinistra dall'arteria gastrica sinistra (freccia).

*Coronal volume-rendered MIP image of the abdomen of a 30-year-old male potential liver donor based on CT scans obtained during arterial phase shows the left hepatic artery arising from left gastric artery (arrow).*

*furcation (1 case); right portal branch dysmorphism with parallel course to the left branch and with abnormal portal branch to segments IV and VIII arising from portal bifurcation (1 case); portal branch to segment VI arising early from the right portal branch (1 case) (fig.1).*

*Also common were abnormalities of the arterial anatomy. These included: left hepatic artery arising from left gastric artery (1 case) (fig. 2); right hepatic artery arising from superior mesenteric artery (1 case); right hepatic artery arising from superior mesenteric artery with small branches to the left lobe (1 case) (fig. 3A, B); right hepatic artery arising from the hepatic artery proper and vascularizing only segment VI, with the right liver segments being vascularized by small branches arising from the left hepatic artery (1*

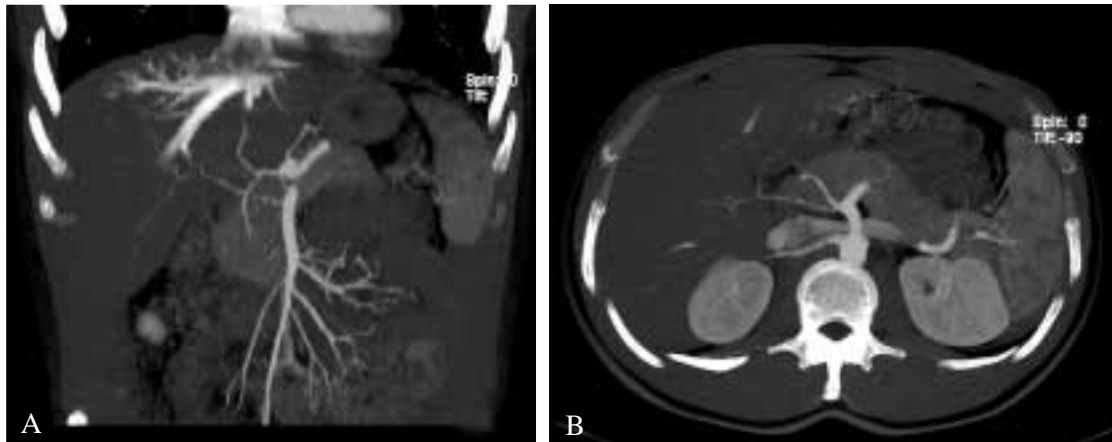


Fig. 3A, B. — Ricostruzioni MIP coronali e assiali basate su scansioni TC ottenute in fase arteriosa dell'addome di potenziale donatore di 30 anni. Si osserva arteria epatica destra ad origine dall'arteria mesenterica superiore (freccia lunga) con arteria diretta al IV segmento (freccia corta).

*Coronal and axial volume-rendered MIP images based on CT scan of the abdomen of a 30-year-old male potential liver donor during arterial phase shows right hepatic artery arising from the superior mesenteric artery (long arrow), with a branch to segment IV (short arrow).*

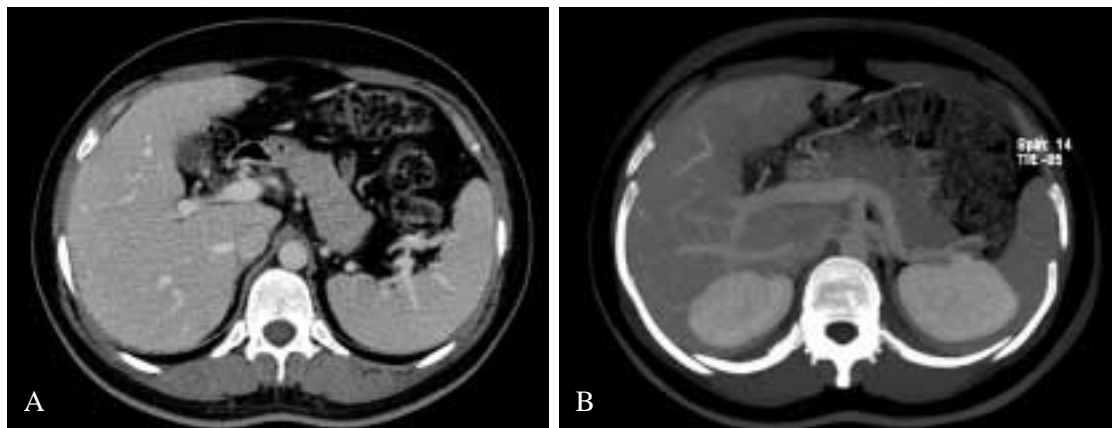


Fig. 4A, B. — Immagine TC assiale e ricostruzione MIP da scansioni dell'addome superiore di candidato donatore di 30 anni in fase venosa. Si osserva vena sovraepatica accessoria ad origine dal VI segmento (freccia).

*Axial CT scan and volume-rendered MIP image of a 30-year-old potential liver donor during portal venous phase shows an accessory right hepatic vein from segment VI (arrow).*

varianti. Si è riscontrata la presenza di un dotto biliare per i segmenti craniali del lobo epatico destro con sbocco alla confluenza del dotto epatico destro e sinistro associata a dotto epatico accessorio per il VI segmento con confluenza 1 cm a valle della biforcazione (1 caso), dotti biliari per il lobo destro con confluenza nel dotto epatico sinistro (5 casi) (fig. 5), triforcazione biliare con sbocco autonomo dei dotti diretti al VI e VII segmento (1 caso) (fig. 6A-C), ramo biliare per il IV segmento con confluenza nel dotto epatico destro (1 caso), ramo biliare per i segmenti posteriori del lobo destro con sbocco nella via biliare principale subito a monte del cistico (1 caso).

In un caso si è riscontrato un dimorfismo non altrimenti noto della colecisti con apparente disgiunzione delle due porzioni.

L'esame RM con sequenze «in fase» e «in opposizione di

case); accessory hepatic artery arising from dorsal pancreatic artery and vascularizing a few segments of the right hepatic lobe (1 case).

In 4 cases accessory hepatic veins for the right hepatic lobe were found to drain into the inferior vena cava more caudally than usual (fig. 4A, B); in 1 case there two accessory right hepatic veins; in 1 case there was dysmorphism of the middle and the left hepatic veins.

The biliary anatomy variants were more frequent, with only 3 potential donors showing normal biliary anatomy at MR examination. In the remainder we found 1 case of bile duct from the cranial segments of the right hepatic lobe draining into the confluence of the right and the left hepatic ducts; in the same case there was an accessory bile duct draining from segment VI into the common bile duct 1 cm downstream from the bifurcation. We also demonstrated bile ducts drain-

fase» ha poi determinato l'esclusione di un potenziale donatore per l'eccessivo grado di steatosi epatica (fig. 7A, B).

Alla valutazione anatomica si è aggiunta la valutazione volumetrica del fegato in toto e della porzione di fegato da espianare. Per quanto riguarda la valutazione volumetrica del fegato in toto (fig. 8A, B) si è riscontrato un valore massimo di 2010 cc e un minimo di 877 cc; per quanto attiene alla valutazione volumetrica della porzione da espianare (fig. 9A, B) i dati sono risultati compresi nel range 1221-461 cc.

## Discussione

La valutazione radiologica dei donatori viventi di fegato è di fondamentale importanza, in quanto deve fornire al chirurgo una panoramica dettagliata dell'anatomia arteriosa, venosa e biliare del fegato da sottoporre a parziale espianato e nel contempo deve escludere tutte le possibili alterazioni parenchimali che controindichino la metodica.

Il protocollo diagnostico da noi elaborato sembra soddisfare simili requisiti e i risultati ottenuti mediante diagnostica per immagini sono stati sostanzialmente confermati dal dato operatorio. Unica eccezione: in un caso si è riscontrata in corso di procedura chirurgica una vena sovraepatica accessoria non evidenziata in corso di valutazione radiologica, peraltro non evidente alla valutazione retrospettiva delle immagini.

Complessivamente quindi i risultati raggiunti in termini di accuratezza diagnostica sono più che accettabili.

Riteniamo in base alla nostra esperienza che la valutazione mediante TC multistrato dell'anatomia arteriosa e venosa dei potenziali donatori sia necessaria per definire ogni possibile variante. Mediante tale metodica di immagine infatti sono state evidenziate numerosi alterazioni dell'anatomia classica: sono emerse variazioni nell'albero portale in 7/23 potenziali donatori, variazioni nell'albero arterioso in 5/23 potenziali donatori, sovraepatiche accessorie o alterazioni nella loro morfologia in 5/23 potenziali donatori.

Alla luce di tali risultati, confermati dal dato operatorio nei donatori poi sottoposti alla procedura chirurgica, si può affermare che la TC sia uno strumento di fondamentale importanza. Sostanzialmente in linea con i nostri risultati sono anche alcuni lavori recentemente pubblicati sull'argomento. Kamel enfatizza il ruolo della TC multidetettore nella valutazione dell'anatomia arteriosa e venosa e nella valutazione volumetrica della porzione di fegato da espianare [11, 13, 16-17].

Altri autori giungono a proporre l'esame TC come unica metodica di immagine necessaria per lo screening dei donatori [18]. Il loro assunto si basa sull'uso di un doppio mezzo di contrasto ad escrezione biliare e renale. I vantaggi sono molteplici e includono sia un minor disagio per il paziente da sottoporre ad un numero inferiore di indagini diagnostiche sia una sensibile riduzione dei costi.

Sulla base della nostra esperienza preferiamo riservare la valutazione dell'anatomia biliare all'esame colangiogramma, che ha prodotto risultati in linea con il dato chirurgico e non comporta la somministrazione di mezzo di contrasto iodato a prevalente escrezione biliare. Tale preparato infatti può comportare talvolta alcuni effetti collaterali: nausea, vomiti-

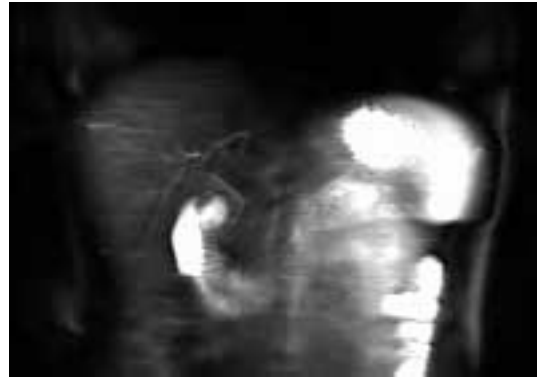


Fig. 5. — Scansione coronale di colangiogramma RM idrografica di candidato donatore di 30 anni. L'immagine documenta vie biliari provenienti dall'VIII e V segmento che drenano nel dotto biliare sinistro (freccia).

*Coronal thick-slab MR cholangiogram of a 30-year-old potential liver donor provides a comprehensive image of the biliary tract and demonstrates branches from segments VIII and V entering the left hepatic bile duct (arrow).*

*ing from the right hepatic lobe into the left hepatic duct (5 cases) (fig. 5); bile duct from segments VI and VII draining into the biliary trifurcation (1 case) (fig. 6A, B, C); bile duct from segment IV draining into the right bile duct (1 case); bile duct from the posterior segments of the right hepatic lobe draining into common bile duct cranially from the cystic duct (1 case). In 1 case there was dysmorphism of the gallbladder with apparent non fusion of the two anatomical portions. The MR examination with in-phase and opposed-phase sequences led to the exclusion of one potential donor owing to the high level of hepatic steatosis (fig. 7A, B).*

*With regard to the evaluation of total liver volume (fig. 8A, B) and volume of right liver to be explanted (fig. 9A, B), total liver volumes ranged from 2010 cc to 877, whereas the volumes of right liver to be explanted were between 1221 and 461 cc.*

## Discussion

*The radiological evaluation of potential liver donors is very important, as it has to provide the surgeon a precise picture of the arterial, venous and biliary anatomy of the liver to be explanted and to exclude any parenchymal abnormalities that may contraindicate the procedure.*

*The diagnostic protocol used at our centre seems to fulfil these criteria and the results obtained with imaging examinations were confirmed by the surgical findings. There was only one exception: in 1 case an accessory hepatic vein was found at surgery that was not noted in the radiological evaluation or on retrospective review. Our results therefore demonstrate a high diagnostic accuracy.*

*On the basis of our experience, we believe that the evaluation of the arterial and venous anatomy with multidetector CT is mandatory to define any abnormality. Multislice CT detected anatomical variants of the portal anatomy in 7/23 potential donors, of the arterial anatomy in 5/23 and variants of the hepatic vein or dysmorphism in 5/23. These results were confirmed by the surgical findings.*

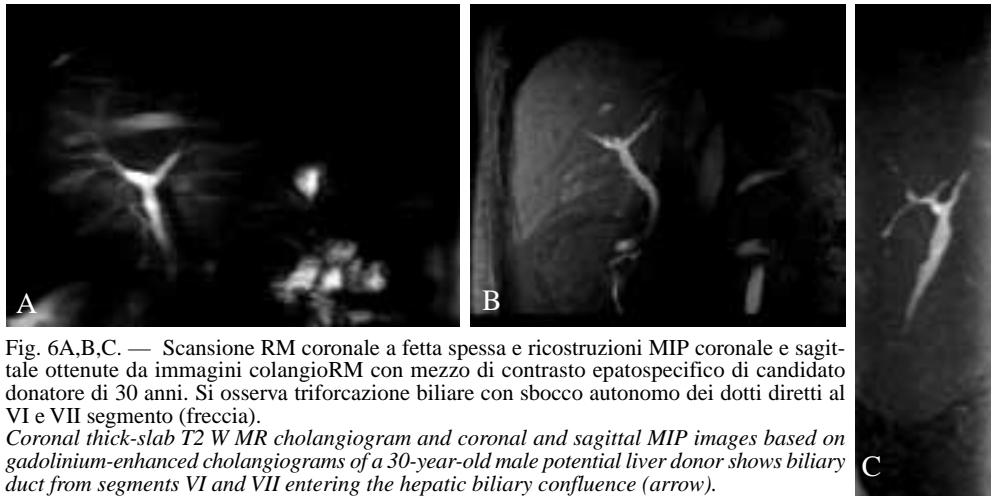


Fig. 6A,B,C. — Scansione RM coronale a fetta spessa e ricostruzioni MIP coronale e sagittale ottenute da immagini colangiogrammi RM con mezzo di contrasto epatospecifico di candidato donatore di 30 anni. Si osserva triforcazione biliare con sbocco autonomo dei dotti diretti al VI e VII segmento (freccia).  
*Coronal thick-slab T2 W MR cholangiogram and coronal and sagittal MIP images based on gadolinium-enhanced cholangiograms of a 30-year-old male potential liver donor shows biliary duct from segments VI and VII entering the hepatic biliary confluence (arrow).*

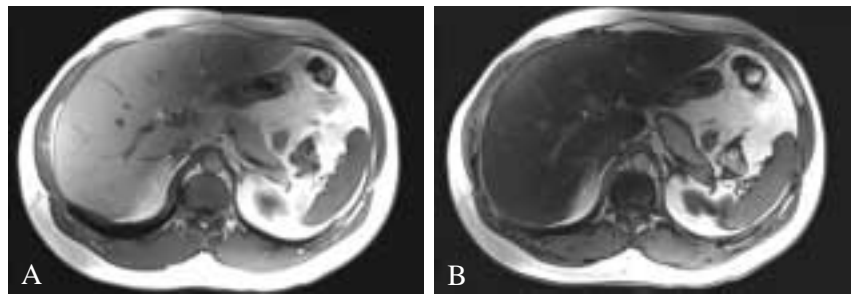
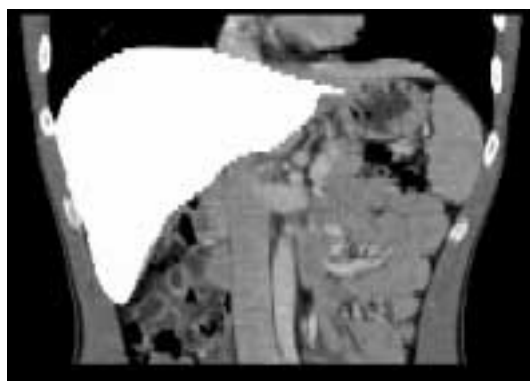
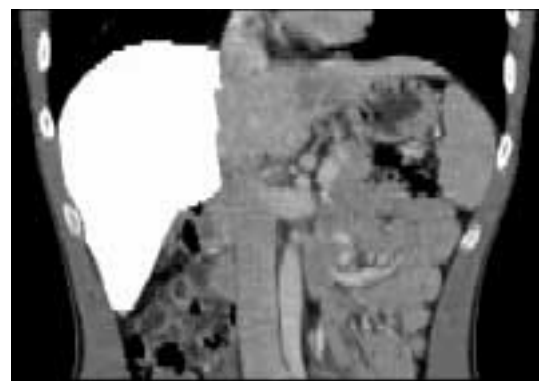


Fig. 7A, B. — Valutazione RM di potenziale donatore di fegato. A sinistra immagine ottenuta con sequenze «in fase», con segnale epatico apparentemente normale; a destra immagine ottenuta con sequenze «in opposizione di fase» che documenta brusco abbattimento di segnale a livello del parenchima epatico dovuto all'elevato grado di steatosi. Sulla base della valutazione RM il candidato è stato escluso dal trapianto.  
*MR evaluation of potential liver donor. On the left MR T1 W GE “in phase” acquisition showing apparently regular hepatic signal; on the right MR T1 W GE “out of phase” acquisition showing a reduction of the hepatic signal because of steatosis. On the basis of MR evaluation the potential liver donor was excluded from transplantation.*



Vol.	1
Volume (cc)	1726.25
Height (cm)	17.10
Width (cm)	25.31
Mean (HU)	145.0
SD	28.6
L Eval Limit (HU)	-1024
U Eval Limit (HU)	3071

Fig. 8. — Esempio di calcolo di volume epatico di candidato donatore di 22 anni eseguito su scansioni TC acquisite in fase venosa.  
*Hepatic volume determination in a 22-year-old male potential liver donor based on CT scan obtained during portal venous phase.*



Vol.	1
Volume (cc)	1082.18
Height (cm)	17.10
Width (cm)	12.87
Mean (HU)	147.8
SD	25.0
L Eval Limit (HU)	-1024
U Eval Limit (HU)	3071

Fig. 9. — Esempio di calcolo di volume di lobo epatico destro in candidato donatore di 22 anni eseguito su scansioni TC ottenute in fase di ritorno portale.  
*Volume determination of right hepatic lobe in a 22-year-old male potential liver donor based on CT scan obtained during portal venous phase.*

to, reazioni cutanee e in alcuni casi gravi reazioni sistemiche. Gli autori dello studio sopracitato sottolineano la buona tolleranza riferita dai potenziali donatori sottoposti a colangiografia TC, tuttavia ammettono di avere a disposizione dati limitati e sottolineano la necessità di sviluppare un'esperienza clinica maggiore. Non va poi dimenticato che il mezzo di contrasto iodato ad escrezione biliare può essere selettivamente captato dal parenchima epatico, mascherando un'eventuale steatosi epatica. La valutazione dell'anatomia biliare viene quindi da noi effettuata mediante RM sia con sequenze senza mezzo di contrasto sia con sequenze acquisite 90 minuti dopo la somministrazione di mezzo di contrasto paramagnetico ad escrezione biliare. La nostra esperienza in merito all'uso di mezzo di contrasto paramagnetico ad escrezione biliare è ancora limitata (solo 4 potenziali donatori sono stati valutati in questo modo) ma sembra offrire risultati promettenti.

Altri autori sottolineano la possibilità di utilizzare la sola valutazione RM nello studio preoperatorio dei potenziali donatori [19, 20]. Tale opzione non è stata da noi praticata in quanto le immagini TC sono di qualità superiori alle immagini RM, cionondimeno riteniamo tale possibilità dotata di innumerevoli vantaggi, prima fra tutti evitare l'esposizione a radiazioni ionizzanti a soggetti di età media di circa 30 anni.

I citati dati della letteratura e la nostra esperienza concordano nel riservare la valutazione angiografica solo ai casi dubbi, considerata l'invasività dell'esame, e l'elevata dose di radiazioni erogata. L'esecuzione di un'angiografia è richiesta per lo più per definire con precisione l'origine dell'arteria epatica segmentaria per il IV segmento. Va però detto che le ricostruzioni vascolari MIP e MIP-Thin su immagini TC sostituiscono bene lo studio angiografico (fig. 3A, B) e Kamel nel già citato studio [16] riferisce di aver dimostrato l'origine dell'arteria epatica per il IV segmento in 39 dei 40 potenziali donatori effettuati.

Risulta anche indispensabile valutare l'effettiva massa di parenchima epatico funzionante e quindi escludere la presenza di gradi elevati di steatosi epatica. Utilizziamo a questo scopo sequenze RM «in fase» e «in opposizione di fase». Tali sequenze dimostrano la presenza di un grado elevato di steatosi, in quanto si ha un sensibile abbattimento del segnale del parenchima epatico affetto nelle sequenze «in opposizione di fase». In letteratura non vi sono significative esperienze in merito alla valutazione della steatosi epatica con RM. Kamel et al [11] preferiscono utilizzare la valutazione mediante sequenze TC con differenti kVp: il parenchima epatico affetto da steatosi mostra un differente grado di attenuazione a diversi kVp (per essere più precisi a 80 e 140 kVp). I pazienti con un grado di steatosi minore del 25% presentavano nel loro studio una variazione di 6 H.U., i pazienti con un grado di steatosi di circa il 50% una variazione di 11 H.U. ed infine i pazienti con un grado di steatosi maggiore del 75% avevano una variazione di 20 H.U. Preferiamo comunque utilizzare la risonanza in quanto non associata all'esposizione a radiazioni ionizzanti.

Abbiamo poi effettuato il calcolo dei volumi epatici su scansioni TC, benché in letteratura siano riportate esperienze di ricostruzione sia con TC multidetettore sia con immagini RM [11, 13-15]. Il motivo della nostra scelta è

*The importance of multislice CT is confirmed by recent reports. Kamel emphasises the role of the multislice CT in the evaluation of the arterial and venous anatomy and of the volumetric calculation of the liver portion to be explanted [11, 13, 16-17]. Other authors have proposed CT, with the use of two iodinated contrast agents with biliary and renal excretion respectively, as the only examination necessary in the screening of potential donors [18]. The advantages include less patient discomfort since the number of radiological examinations is reduced, and a substantial reduction of costs. On the basis of our experience, we prefer to evaluate the biliary anatomy with MRCP. The results agree with the surgical data and do not require the introduction of an iodinated contrast agent with biliary excretion, which can sometimes cause side-effects, such as nausea, vomiting, cutaneous reactions and rarely systemic reactions. Although the authors underline the good tolerance of the potential donors who underwent CT cholangiography, they admit that they have only few data and that further clinical experience is needed. In addition, the iodinated contrast agent with biliary excretion may be captured by the hepatic parenchyma and mask hepatic steatosis. At our centre the biliary anatomy is therefore evaluated using MRCP with sequences both without and with paramagnetic contrast agent. Our experience with paramagnetic contrast agent with biliary excretion is still limited (only 4 potential donors were evaluated in this way) but the technique seems to provide good results.*

*Other authors have reported the possibility of using MR alone in the preoperative evaluation of potential donors [19-20]. This was not done because CT images have better quality than MR images; nevertheless, we believe this option has several advantages, the main one being avoiding the exposure to ionising radiation in young subjects (mean age 30 years old).*

*The different authors agree to use angiography only in selected cases owing to the invasiveness of this examination and to the fairly high exposure to x-rays. Angiography is only required to localise the origin of the artery to segment IV when the CT data are not certain. Nonetheless, MIP and Thin-MIP vascular reconstructions obtained from CT images can replace angiography (fig. 3A, B) and Kamel [16] demonstrated the origin of the artery to segment IV in 39 of 40 potential donors on the basis of the CT images.*

*One important point is the evaluation of the hepatic mass and the exclusion of the presence of hepatic steatosis. For this purpose, we use "in-phase" and "out-of-phase" MR GE sequences. These sequences demonstrate the presence of steatosis as the liver parenchyma affected by steatosis shows a drop in signal intensity in the "opposed-phase" sequence. Only few studies on MR evaluation of steatosis have been reported in the literature. Kamel et al [11] prefer to use dual energy CT scan, because the liver parenchyma affected by steatosis shows different attenuation rates at 80 kVp and 140 kVp. Potential liver donors with less than 25% steatosis showed an attenuation difference of 6 HU, those with about 50% steatosis showed an attenuation difference of 11 HU and those with more than 75% steatosis an attenuation difference of 20 HU. Nonetheless, we prefer to use MR imaging as it does not expose patient to ionising radiation.*

determinato dall'alta qualità e definizione delle immagini TC nettamente superiori rispetto ad analoghe scansioni ottenute mediante l'apparecchiatura RM. Va detto che i risultati ottenuti sono stati poi confermati dalla valutazione operatoria in tutti i casi poi trapiantati. Anche i dati disponibili in letteratura concordano con la nostra esperienza [13].

Sulla base di quest'analisi riteniamo che il protocollo da noi elaborato sia sufficiente a fornire al chirurgo tutte le informazioni anatomiche di cui ha bisogno per effettuare l'intervento con il minimo rischio per il donatore, necessità assolutamente mandatoria.

*Liver volumes were determined on the basis of CT images, although there are many literature reports about volumetric evaluation on both CT and MR images [11,13-15]. Our choice is determined by the high quality and definition of the CT images compared with the quality and definition of the MR images obtained with our system. It must be added that the results of volumetric evaluations were confirmed by the surgical data in all cases and that the literature data are in substantial agreement with our experience [13].*

*On the basis of this analysis we believe our protocol to be adequate for providing the surgeon with all the information required to perform the operation with the minimum*

### Bibliografia/References

- 1) Broelsch CE, Whittington PF, Emond JC *et al*: Liver transplantation in children from living related donors. *Ann Surg* 214: 428-439, 1991.
- 2) Emond JC, Heffron TG, Kortz EO *et al*: Improved results of living related liver transplantation with routine application in a pediatric programme. *Transplantation* 55: 835-840, 1993.
- 3) Ozawa K, Shinji E, Tanaka K *et al*: An appraisal of pediatric liver transplantation from living relatives. *Ann Surg* 214: 428-439, 1991.
- 4) Ikai I, Morimoto T, Yamamoto T *et al*: Left lobectomy of the donor: operation for larger recipients in living related liver transplantation. *Transplan Proc* 28: 56-58, 1996.
- 5) Lo CM, Fan ST, Chan JFK, Wei W *et al*: Minimum graft volume for successful adult-to-adult living donor liver transplantation for fulminant hepatic failure. *Transplantation* 62: 696-698, 1996.
- 6) Kiuchi T, Kasahara M, Kenji U *et al*: Impact of graft size mismatching on the graft prognosis in liver transplantation from living donors. *Transplantation* 67: 321-327, 1999.
- 7) Yamaoka Y, Wahida M, Honda K *et al*: Liver transplantation using a right lobe graft from living related donor. *Transplantation* 57: 1127-1130, 1994.
- 8) Marco A, Fischer RA, Ham JM *et al*: Right lobe living donor liver transplantation. *Transplantation* 68: 798-803, 1999.
- 9) Winter TC, Freeny PC, Nghiem HV *et al*: Hepatic arterial anatomy in transplantation candidates: evaluation with three dimensional CT arteriography. *Radiology* 195: 363-370, 1995.
- 10) Inomoto T, Nishizawa F, Sasaki H *et al*: Experiences of 120 microsurgical reconstructions of hepatic artery in living related liver transplantation. *Surgery* 119: 20-26, 1996.
- 11) Kamel IR, Raptopoulos V, Pomfret EA *et al*: Living adult right lobe liver transplantation: imaging before surgery with multidetector multiphase CT. *AJR* 175: 1141-1143, 2000.
- 12) Van Leeuwen MS, Fernandez MA, Van ES HW *et al*: Variation in venous and segmental anatomy of the liver: two and three dimensional MR imaging in healthy volunteers. *AJR* 162: 1337-1345, 1994.
- 13) Kamel IR, Kruskal JB, Warmbrand G *et al*: Accuracy of volumetric measurements after virtual right hepatectomy in potential donors undergoing living adult liver transplantation. *AJR* 176: 483-487, 2001.
- 14) Bassignani MJ, Fulcher AS, Szucs RA *et al*: Use of imaging for living donor liver transplantation. *Radiographics* 21: 39-52, 2001.
- 15) Pannu KH, Maley WR, Fishman EK *et al*: Liver transplantation: preoperative CT evaluation. *Radiographics* 21: S133-S146, 2001.
- 16) Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA *et al*: Impact of multidetector CT on donor selection and surgical planning before living adult right lobe liver transplantation. *AJR* 176: 193-200, 2001.
- 17) Kamel IR, Kruskal JB, Keogan MT *et al*: Multidetector CT of potential right-lobe liver donors. *AJR* 177: 645-651, 2001.
- 18) Schroeder T, Nadalin S, Stattaus J *et al*: Potential living liver donors: evaluation with an all-in-one protocol with multidetector row CT. *Radiology* 224: 586-591, 2002.
- 19) Lee VS, Morgan GR, Teperman LW *et al*: MR imaging as the sole preoperative imaging modality for right hepatectomy: a prospective study of living adult-to-adult liver donor candidates. *AJR* 176: 1475-1482, 2001.
- 20) Fulcher AS, Szucs RA, Bassignani MJ *et al*: Right lobe living donor liver transplantation: preoperative evaluation of the donor with MR imaging. *AJR* 176: 1483-1491, 2001.

*Dott. D. Leni  
Dipartimento di Radiodiagnostica  
Ospedale Niguarda Ca' Granda  
Piazza Ospedale Maggiore 3  
20162 Milano Tel 02/64442700  
e-mail: daleni@tin.it*