

Comparison between multislice CT and MR imaging in the diagnostic evaluation of patients with pancreatic masses

Confronto fra TC multistrato e RM nella valutazione diagnostica dei pazienti con masse pancreatiche

M. Fusari • S. Maurea • M. Imbriaco • C. Mollica • G. Avitabile • F. Soscia • L. Camera
M. Salvatore

Dipartimento di Scienze Biomorfologiche e Funzionali (DSBMF), Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA), Istituto di Biostrutture e Bioimmagini (IBB), Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), Fondazione SDN (IRCCS), Napoli, Italy
Correspondence to: S. Maurea, Via Ernesto Murolo 5, 80123 Napoli, Italy, Tel.: +39-081-7463560, Fax: +39-081-5457081, e-mail: maurea@unina.it

Received: 11 February 2009 / Accepted: 12 May 2009 / Published online: 15 January 2010
© Springer-Verlag 2010

Abstract

Purpose. This study compared the results of multislice computed tomography (MSCT) and high-field magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnostic evaluation of pancreatic masses.

Materials and methods. Forty patients with clinical and ultrasonographic evidence of pancreatic masses underwent MSCT and MRI. The majority of patients (31/40, 78%) had proven malignant pancreatic tumours (24 ductal adenocarcinoma, six mucinous cystadenocarcinoma, one intraductal papillary mucinous carcinoma), whereas the remaining patients (9/40, 22%) were found to have benign lesions (eight chronic pancreatitis, one serous cystadenoma). Results of the imaging studies were compared with biopsy (n=33) and/or histology (n=7) findings to calculate sensitivity, specificity, accuracy and positive (PPV) and negative (NPV) predictive value for correct identification of tumours and evaluation of resectability of malignancies.

Results. Both for tumour identification and resectability, MSCT and MRI had comparable diagnostic accuracy, with no statistically significant differences between them. Tumour identification CT/MRI: accuracy 98/98%, sensitivity 100/100%, specificity 88/88%, PPV 97/97%, NPV 100/100%; tumour resectability CT/MRI: accuracy 94/90%, sensitivity 92/88%, specificity 100/100%, PPV 100/100%, NPV 78/70%.

Conclusions. MRI represents a valid diagnostic alternative to CT in the evaluation of patients with pancreatic masses, both for correct identification and characterisation of primary lesions and to establish resectability in the case of malignancies. New high-field MRI equipment allows

Riassunto

Obiettivo. Scopo del nostro studio è stato effettuare un confronto dei risultati della tomografia computerizzata (TC) multistrato e della risonanza magnetica (RM) ad alto campo nella valutazione diagnostica di pazienti con masse pancreatiche.

Materiali e metodi. Sono stati studiati 40 pazienti con evidenza clinico-ecografica di masse pancreatiche, di cui la maggioranza (78%; n=31) con tumori pancreatici maligni di diverso tipo istologico (adenocarcinoma duttale=24, cistoadenocarcinoma mucinoso=6, carcinoma mucinoso papillifero intraduttale=1); nei restanti 9 pazienti (22%) sono state dimostrate lesioni espansive di tipo benigno da pancreatite cronica (n=8) o da cistoadenoma sieroso (n=1); tutti i pazienti sono stati sottoposti a TC ed RM; i risultati degli esami di imaging sono stati confrontati con i dati biopsici (n=33) e/o istologici (n=7) ai fini del calcolo dei valori diagnostici di sensibilità, specificità, accuratezza, valori predittivi positivo (VPP) e negativo (VPN) per la corretta identificazione dei tumori maligni e la valutazione dell'eventuale resecabilità chirurgica delle lesioni.

Risultati. Sia per l'identificazione delle lesioni neoplastiche che per la valutazione della resecabilità chirurgica, la TC e la RM hanno mostrato valori di accuratezza diagnostica comparabili senza differenze statisticamente significative; identificazione del tumore TC/RM: accuratezza=98%/98%, sensibilità=100%/100%, specificità=88%/88%, VPP=97%/97%, VPN=100%/100%; resecabilità del tumore TC/RM: accuratezza=94%/90%, sensibilità=92%/88%, specificità=100%/100%, VPP=100%/100%, VPN=78%/70%.

optimal imaging quality with good contrast resolution in evaluating the upper abdomen.

Keywords Computed tomography · Magnetic resonance · Pancreatic masses · Identification · Resectability

Conclusioni. *La RM rappresenta una valida alternativa diagnostica all'esame TC nei pazienti con lesioni espansive del pancreas; in particolare, la RM consente sia la corretta identificazione e caratterizzazione delle masse pancreatiche che la valutazione dell'eventuale reseccabilità chirurgica in caso di malignità; l'alto campo magnetico delle nuove apparecchiature permette di ottenere un'ottima qualità delle immagini RM che mostrano un'elevata risoluzione di contrasto nello studio dell'addome superiore.*

Parole chiave Tomografia computerizzata · Risonanza magnetica · Masse pancreatiche · Identificazione · Reseccabilità

Introduction

Noninvasive evaluation of pancreatic masses relies on several imaging modalities, such as ultrasonography, computed tomography (CT), magnetic resonance (MR) imaging and CT combined with positron emission tomography (PET-CT) [1, 2]. Technological advances in the field of CT have led to the development of multislice or multidetector imaging, with considerable improvements in the technique's diagnostic potential [3]. Moreover, MR imaging has been proposed as an alternative to CT, as the new high-magnetic-field scanners offer optimal contrast resolution for studying the upper abdomen [3]. The choice between CT and MR imaging for diagnostic evaluation of pancreatic masses is controversial, as the majority of studies in the literature suggests that CT and MR imaging have comparable diagnostic accuracy [4–9], whereas other studies report conflicting results [10–13].

Pancreatic masses are solid or cystic expansile lesions that may be benign or malignant. The most common (95%) malignancy is ductal adenocarcinoma, which arises more frequently in the pancreatic head and rarely in the body or tail [14–17]. Patients with pancreatic adenocarcinoma present with nonspecific, subtle symptoms, and serological makers have little diagnostic significance, so that only 30% of tumours are potentially resectable at the time of diagnosis. The main diagnostic issues in patients with suspected pancreatic tumour are to identify the lesion and establish its surgical resectability. Surgery is in fact not an option in cases of invasion of vascular structures of the splenic-mesenteric-portal axis, especially of the superior mesenteric vein due to its close proximity to the pancreatic parenchyma, and in cases of advanced disease with hepatic, nodal, peritoneal and/or distant metastases.

The aim of our study was to compare the results of multi-

Introduzione

La valutazione dei pazienti con masse pancreatiche mediante tecniche non invasive di diagnostica per immagini si avvale di diverse metodiche quali l'ecografia, la tomografia computerizzata (TC), la risonanza magnetica (RM) e la TC abbinata alla tomografia ad emissione di positroni (PET/TC) [1, 2]. In particolare, l'innovazione tecnologica in TC ha proposto la metodica multi-detettore o "multi-slice" (MDCT) ampliandone notevolmente le potenzialità diagnostiche [3]; inoltre, la RM è stata proposta come tecnica alternativa all'esame TC in quanto le nuove apparecchiature con campi magnetici di elevata intensità offrono un'ottima risoluzione di contrasto estremamente vantaggiosa nello studio dell'addome superiore [3]. Attualmente, la scelta tra le due metodiche per la valutazione diagnostica dei pazienti con masse pancreatiche risulta controversa; in base agli studi presenti in letteratura [4–9], la maggioranza dei dati suggerisce un'accuratezza diagnostica simile della TC e della RM in tali pazienti, mentre alcuni studi mostrano risultati discordanti [10–13].

Le masse pancreatiche sono formazioni espansive con struttura di tipo solido o cistico, possono essere sia di natura benigna che maligna e, in particolare, tra le forme maligne quella più frequente (95%) è rappresentata dall'adenocarcinoma duttale; la maggioranza di tali lesioni si localizza a livello della testa, mentre l'interessamento del corpo e della coda è più raro [14–17]. I pazienti con adenocarcinoma del pancreas presentano una sintomatologia subdola e gli esami sierologici hanno scarso significato diagnostico, per cui solo nel 30% dei casi il tumore è potenzialmente reseccabile al momento della diagnosi. Le principali problematiche diagnostiche nei pazienti con sospetto di tumore pancreatico sono rappresentate dall'identificazione della lesione e dalla valutazione della sua reseccabilità

slice computed tomography (MSCT) and MR imaging in detecting and evaluating resectability of expansile malignant lesions in a group of patients with pancreatic masses.

Materials and methods

Population

Over a period of 2 years, we prospectively evaluated 40 patients (22 men, 18 women) aged 28–72 (mean age 62 ± 13) years with clinical and ultrasonographic evidence of a pancreatic mass. Clinical characteristics of patients enrolled in the study are shown in Table 1. All patients underwent spiral MSCT and, within a week, MR imaging of the upper abdomen. All patients gave informed consent, and the study protocol was approved by the institutional ethics committee.

Computed tomography

CT examinations were performed with a four-detector row MSCT scanner (MX 8000-Marconi) with a rotation time of 0.5 s allowing acquisition of eight sections per second. All patients were instructed to drink 750 ml of water 10–15 min before the examination to improve definition of relationships between the pancreatic head and the second portion of the duodenum. Venous access for administration of contrast

Table 1 Clinical and laboratory characteristics of the patient population

Characteristics	Statistics
Age (years)*	62 ± 13
Sex (M/F)	22/18
Jaundice (yes/no)	14/26
Pain (yes/no)	19/21
CA 19.9 (U/ml)*	737 ± 26
CEA (ng/ml)*	6.4 ± 2.2

M, male; F, female

*Mean \pm standard deviation

Normal values CA 19.9<40 U/ml, carbohydrate antigen 19.9; CEA<5 ng/ml, carcinoembryonic antigen

Tabella 1 Caratteristiche clinico-laboratoristiche della popolazione

Caratteristiche	Statistiche
Età (anni)*	62 ± 13
Sesso (M/F)	22/18
Ittero (sì/no)	14/26
Dolore (sì/no)	19/21
CA 19,9 (U/ml)*	737 ± 26
CEA (ng/ml)*	$6,4\pm 2,2$

M, maschio; F, femmina

*Media \pm deviazione standard

Valori di riferimento: CA 19,9<40 U/ml, antigene carboidrato; CEA<5 ng/ml, antigene carcino-embriionario

chirurgica; in particolare, il trattamento chirurgico non è possibile nei casi di infiltrazione delle strutture vascolari dell'asse spleno-mesenterico-portale, prevalentemente della vena mesenterica superiore dati i suoi rapporti di immediata vicinanza con il parenchima pancreatico, e nei casi di malattia avanzata con presenza di metastasi epatiche, linfonodali, peritoneali e/o a distanza.

Lo scopo del nostro studio è stato quello di confrontare i risultati delle immagini TC e RM nell'identificazione e caratterizzazione in termini di resecabilità chirurgica delle lesioni espansive maligne in un gruppo di pazienti con masse pancreatiche.

Materiali e metodi

Popolazione

Sono stati studiati prospettivamente, in un arco temporale di circa 2 anni, 40 pazienti (22 maschi e 18 femmine), di età compresa tra 28 e 72 anni (età media 62 ± 13), con evidenza clinico-ecografica di masse pancreatiche; la Tabella 1 illustra le caratteristiche cliniche dei pazienti arruolati nello studio. Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad esame TC spirale multistrato e successivamente entro una settimana ad esame RM dell'addome superiore. Da tutti i pazienti è stato ottenuto consenso informato per l'esecuzione degli esami di diagnostica per immagini dopo approvazione del progetto di studio da parte del Comitato Etico.

Tomografia computerizzata

Gli esami sono stati eseguiti con uno scanner MDCT con 4 file di detettori (MX 8000-Marconi) con tempo di rotazione di 0,5 s che permette l'acquisizione di 8 sezioni al secondo. Tutti i pazienti sono stati invitati a bere, 10–15 min prima dell'esecuzione dell'esame, 750 ml di acqua al fine di migliorare la definizione dei rapporti tra la regione cefalica del pancreas e la II porzione duodenale. L'accesso venoso per la somministrazione del mezzo di contrasto (MdC) è stato realizzato mediante un ago-cannula di 18–20 gauge in una vena antecubitale del braccio. È stata eseguita una prima acquisizione in fase pre-contrastografica della regione pancreatica in direzione cranio-caudale dal diaframma fino alle creste iliache utilizzando i seguenti parametri: collimazione=4 \times 1 mm, intervallo di ricostruzione=3 mm, pitch=0,875, kV=120, mAs=260 e campo di vista (FOV)=25 cm. Successivamente in fase post-contrastografica sono state eseguite scansioni della regione pancreatica in senso cranio-caudale utilizzando i seguenti parametri: collimazione=4 \times 1 mm, intervallo di ricostruzione=1,25 mm, pitch=0,875, kV=120, mAs=260 e FOV=25 cm; l'acquisizione delle scansioni post-contrastografiche in fase arteriosa è stata

material was achieved with an 18- to 20-gauge needle cannula placed in an antecubital vein of the arm. An initial unenhanced baseline scan of the pancreatic region was obtained in the craniocaudal direction from the diaphragm down to the iliac crests, with the following parameters: collimation 4×1 mm, reconstruction interval 3 mm, pitch 0.875, kV 120, mAs 260 and field of view 25 cm. After contrast-medium administration, the pancreatic region was imaged in the craniocaudal direction using the following parameters: collimation 4×1 mm, reconstruction interval 1.25 mm, pitch 0.875, kV 120, mAs 260 and field of view 25 cm. Acquisition of scans in the arterial phase was synchronised with the passage of contrast through the arterial tree using real-time bolus tracking to calculate scan delay. Scans were subsequently acquired in the pancreatic (40–45 s) and portal (70–80 s) phases. The contrast medium used was nonionic iodinated iopromide (Ultravist, Schering) with an iodine concentration of 370 mgI/ml administered at a rate of 3 ml/s via an automatic power injector.

Magnetic resonance imaging

MR study was performed with a 1.5-Tesla scanner (Philips, Gyroscan Intera). After receiving 900 ml of oral superparamagnetic contrast material consisting of a suspension of silicon-coated iron oxide crystals (Ferumoxil, Lumirem, Guebert), all patients were studied with dedicated T1- and T2-weighted breath-hold (Bh) sequences using a phased-array synergy body coil. Precontrast T1-weighted fast-field echo (T1 FFE-Bh) without fat saturation sequences were acquired in the axial plane using the following parameters: TR/TE 214/46 ms, flip angle 80°, matrix 192×512 and slice thickness 5 mm; T2-weighted single-shot turbo spin echo (SS-TSE) (with and without fat saturation) were acquired with TR/TE 417/80 ms, flip angle 80°, matrix 192×512 and slice thickness 5 mm.

The examination was completed by the acquisition of a magnetic resonance cholangiopancreatography (MRCP-Rad-Bh) with a 40-mm-thick single-slab half-Fourier sequence, with acquisition matrix 256, reconstruction matrix 256×512, field of view 25 cm, effective echo time (TE_{eff}) 1,050 ms and repetition time (TR) 2,600 ms. Scan time was approximately 2.7 s per Bh for nine radial coronal-oblique scans. The T1 FFE-Bh sequences were complemented with contrast-enhanced acquisitions using a multiphase dynamic technique with fat saturation and intravenous administration of 0.1 mmol/kg body weight of paramagnetic contrast medium (gadopentetic acid, Magnevist, Schering). The multiphase dynamic technique comprised an arterial phase synchronised with the passage of the paramagnetic contrast bolus using real-time bolus tracking to calculate scan delay, followed by a pancreatic (40–45 s) and portal (70–80 s) phase.

sincronizzata con il transito arterioso del mezzo di contrasto utilizzando la tecnica del bolus tracking in tempo reale per il calcolo del ritardo di scansione; successivamente sono state acquisite le fasi di studio pancreatico (40–45 s) e portale (70–80 s); è stato impiegato un mezzo di contrasto iodato non ionico iopromide (Ultravist, Schering) con concentrazione di iodio pari a 370 mgI/ml somministrato con iniettore automatico alla velocità di 3 ml/s.

Risonanza magnetica

Lo studio RM è stato eseguito utilizzando un apparecchio RM (Philips, Intera 1,5 Tesla, Gyroscan), tutti i pazienti, previa assunzione orale di mezzo di contrasto super-paramagnetico, sospensione di cristalli di ossido di ferro rivestiti di silicone (Ferumoxil, Lumirem, Guebert), alla dose di 900 ml, sono stati studiati con sequenze dedicate in apnea espiratoria (Bh) T1 e T2 pesate usando una bobina phased array synergy body coil; le sequenze T1 (FFE-Bh) pesate in fase pre-contrastografica, secondo piani di scansione assiali, senza soppressione del segnale del tessuto adiposo, erano caratterizzate da valori di tempo di ripetizione (TR)/tempo di eco (TE) pari a 214/46 ms, flip angle (FA) di 80°, matrice 192×512 e spessore di scansione di 5 mm; le sequenze T2 pesate turbo-spin echo (TSE) single-shot (con e senza soppressione del tessuto adiposo) mostravano valori del TR/TE pari a 417/80 ms, FA di 80°, matrice 192×512 e spessore di scansione di 5 mm.

L'esame è stato completato con l'acquisizione di una sequenza colangiografica (CPRM-Rad-Bh) per la quale è stata usata la sequenza single slab-half-Fourier, a singola fetta di 40 mm di spessore con matrice di acquisizione 256 e matrice di ricostruzione 256×512, un FOV di 25 cm, con tempo di eco effettivo (TE_{eff}) di 1050 millisecondi, TR di 2600 millisecondi; il tempo di scansione è stato circa di 2,7 secondi per apnea respiratoria, per 9 scansioni coronali oblique a disposizione radiale. Le sequenze T1 FFE-Bh sono state infine integrate dalla fase post-contrastografica eseguita con soppressione del segnale del tessuto adiposo e somministrazione endovenosa con tecnica dinamica multi-fasica di MdC paramagnetico (acido gadopentetico, Magnevist, Schering) al dosaggio di 0,1 mmol/kg peso corporeo; la tecnica dinamica multi-fasica prevedeva l'acquisizione delle scansioni in fase arteriosa in sincronizzazione con il transito arterioso del mezzo di contrasto paramagnetico utilizzando la tecnica del bolus tracking in tempo reale per il calcolo del ritardo di scansione; successivamente sono state acquisite le fasi di studio pancreatico (40–45 s) e portale (70–80 s).

Analisi delle immagini

Le immagini ottenute sono state analizzate separatamente

Image analysis

Images were reviewed separately by two radiologists who read the CT and MR images, respectively. The readers evaluated the images independently and were blinded to patients' clinical and ultrasonographic findings. In the event of discordant interpretation of the CT and/or MR images, a third reader was invited to provide an additional evaluation.

Each reader used a score from 1 to 5 for identifying and characterising the pancreatic masses (1=definitely benign, 2=probably benign, 3=indeterminate, 4=probably malignant, 5=definitely malignant). The readers also evaluated the resectability of the malignant lesions (n=32), according to previously reported criteria [18], using a score from 1 to 3 (1=resectable, 2=indeterminate, 3=unresectable). Malignant masses were considered unresectable in all cases of direct or indirect evidence of peripancreatic vascular involvement. Vessels evaluated were the coeliac trunk, mesenteric vessels (vein and artery) and splenic-mesenteric-portal confluence. Direct signs of vascular invasion were the degree of circumferential involvement ($>180^\circ$) or a "tear-drop" appearance of involved vessels. Indirect signs were dilated pancreaticoduodenal arcades and/or gastrocolic venous trunk. Involvement of the splenic vessels (artery and vein) was considered to be an absolute contraindication for surgical resection. Other unresectability criteria were the invasion of adjacent tissues or organs, the presence of distant metastasis and the presence of peritoneal carcinosis.

Results of the CT and MR imaging studies were compared with biopsy (n=33) and/or histology (n=7), which were considered the reference standards against which the diagnostic accuracy of CT and MR imaging was measured. In particular, histological reports were available for all resectable malignancies, whereas biopsy reports were available for unresectable malignancies or patients with chronic pancreatitis. Fine-needle biopsies were obtained under CT guidance. For each of the two modalities, we calculated sensitivity, specificity, diagnostic accuracy and positive (PPV) and negative (NPV) predictive values for both identifying and evaluating resectability of the pancreatic masses. To assess statistical significance of any differences between CT and MR imaging, we used the McNemar test, with significance set at $p < 0.05$ [19]. In particular, we tested whether there was a statistically significant difference between results provided by the two modalities, as confirmed by the reference standards.

Results

Results of the CT and MR imaging studies in patients with ductal adenocarcinoma or cystic tumours of the pancreas, along with biopsy (n=25) and/or histology (n=7) results, are

da due radiologi che hanno interpretato rispettivamente le scansioni TC e RM; gli osservatori hanno valutato indipendentemente le immagini e nella loro analisi non erano a conoscenza dei dati clinico-ecografici dei pazienti; in caso di discordanza dei risultati della valutazione delle scansioni TC e/o RM, un terzo osservatore è stato invitato a valutare ulteriormente le immagini.

Ciascun osservatore ha utilizzato un punteggio da 1 a 5 per l'identificazione e la caratterizzazione delle masse pancreatiche (1=sicuramente benigna, 2=probabilmente benigna, 3=indeterminata, 4=probabilmente maligna, 5=sicuramente maligna). Gli osservatori hanno inoltre valutato la resecabilità o meno delle lesioni nei pazienti con neoplasia maligna (n=32) in base a criteri precedentemente utilizzati [18]; è stato impiegato un punteggio da 1 a 3 (1=resecabile, 2=indeterminato, 3=non resecabile); le masse maligne sono state considerate certamente non resecabili in tutti i casi in cui esisteva un'evidenza diretta o indiretta di coinvolgimento vascolare peri-pancreatico; i vasi valutati sono stati il tripode celiaco, i vasi mesenterici (vena e arteria) e la confluenza spleno-mesenterico-portale; i segni diretti di infiltrazione vascolare erano rappresentati dal grado di coinvolgimento circonferenziale ($>180^\circ$) o dalla deformazione di calibro "a goccia" dei vasi interessati; segni indiretti di infiltrazione vascolare sono stati considerati l'ectasia delle arcate pancreatico-duodenali e/o del tronco venoso gastrocolico; il coinvolgimento dei vasi splenici (arteria e vena) non è stato considerato controindicazione assoluta alla resezione chirurgica; altri criteri di non resecabilità delle lesioni maligne sono stati l'infiltrazione dei tessuti e/o degli organi adiacenti al pancreas e/o la presenza di metastasi a distanza o, infine, la presenza di carcinosi peritoneale.

I risultati degli esami TC ed RM sono stati confrontati con i dati biopsici (n=33) e/o istologici (n=7), considerati lo standard di riferimento per l'attribuzione del risultato vero o falso delle immagini TC e/o RM; in particolare, i dati istologici sono stati disponibili nei casi di tumori maligni resecabili, mentre i dati biopsici sono stati ottenuti nei casi di tumori non resecabili o nei pazienti con pancreatite cronica; gli esami biopsici con ago sottile sono stati eseguiti sotto guida TC. Successivamente sono stati calcolati per le due metodiche i valori di sensibilità, specificità, ed accuratezza diagnostica e i valori predittivo positivo e negativo sia per l'identificazione del tumore pancreatico che per la sua resecabilità. Al fine di valutare la significatività statistica dei risultati delle tecniche per immagini osservati nell'analisi comparativa tra TC e RM è stato applicato un test di McNemar, considerando un valore significativo della $p < 0,05$ [19]; in particolare, l'ipotesi da dimostrare è stata la significatività statistica della discordanza dei risultati osservati supportata dai dati degli standard di riferimento.

Table 2 Results of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) in patients with ductal pancreatic adenocarcinoma

Patient	Site	Size (cm)	Identification		Vascular infiltration	Unresectability		Biopsy (B)/Histology (H)
			MSCT	MRI		MSCT	MRI	
1	Tail	2.2	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
2	Head	3.2	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
3	Head	2.1	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
4	Body	2.3	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
5	Head	2.9	TP	TP	SMV ^a	TP	TP	(B)
6	Head	2.5	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
7	Body	2.1	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
8	Tail	2.9	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
9	Tail	3.5	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
10	Body	3.3	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
11	Head	3.7	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
12	Head	2	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
13	Body	3	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
14	Head	2.2	TP	TP	SMV	TP	TP	(B)
15	Head	2.7	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
16	Head	2.4	TP	TP	SMV	FN	FN	(B)
17	Body	3.2	TP	TP	CT	TP	TP	(B)
18	Head	2.4	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	(B)
19	Head	2.1	TP	TP	SMV, SMA	TP	FN	(B)
20	Head	1.9	TP	TP	–	TP ^a	TP ^a	(B)
21	Head	1	TP	TP	–	TN	TN	(H)
22	Head	1.1	TP	TP	–	TN	TN	(H)
23	Head	1.2	TP	TP	–	TN	TN	(H)
24	Head	1.4	TP	TP	–	TN	TN	(H)

SMV, superior mesenteric vein; SMA, superior mesenteric artery; CT, coeliac trunk; TP, true positive; TN, true negative; FN, false negative

^aLiver metastases

shown in Tables 2 and 3, respectively. There were 31 cases of pancreatic malignancies, of which 24 were ductal adenocarcinomas, six were mucinous cystadenocarcinomas and one was an intraductal mucinous papillary tumour. In one case, the lesion was benign – a serous cystadenoma. Lesions involved the pancreatic head (n=19), body (n=7) and tail (n=6) and were from 1 to 8 cm in size [2.6 ± 1.2 standard deviation (SD)]. In the remaining eight patients, the pancreatic masses corresponded to tissue degeneration due to chronic pancreatitis, which was diffuse in the majority of patients (7/8 cases) and focal in one case only.

With regard to identification and localisation of pancreatic masses, the overall results of CT and MR imaging are shown in Table 4. Diagnostic accuracy of CT and MR imaging was comparable (98%). Only one patient with focal chronic pancreatitis was negative for neoplastic lesions on both CT and MR imaging. Figure 1 shows an example of concordant findings of CT and MR imaging in a patient with resectable serous cystadenoma of the pancreatic tail (patient 8, Table 3). Figure 2 shows an example of concordance between CT and MR imaging in a patient with a resectable intraductal mucinous papillary neoplasm in the pancreatic body (patient 7, Table 3).

Risultati

I risultati degli esami TC e RM nei pazienti con adenocarcinoma duttale o con tumori cistici del pancreas sono illustrati rispettivamente nelle Tabelle 2 e 3; sono inoltre riportati i dati relativi al risultato della biopsia (n=25) e/o dell'istologia (n=7). Sono stati riscontrati 31 casi di tumori maligni pancreatici, di cui 24 adenocarcinomi duttali, 6 cistoadenocarcinomi mucinosi e 1 tumore mucinoso papillifero intraduttale; in un caso la lesione era di tipo benigno, cistoadenoma sieroso. Le lesioni interessavano la regione cefalica (19), il corpo (7) e la coda (6) del pancreas; la loro dimensione era compresa tra 1 e 8 cm ($2,6\pm 1,2$; $media\pm deviazione standard [DS]$); nei restanti 8 pazienti le masse pancreatiche corrispondevano a degenerazione tessutale da pancreatite cronica di cui la maggioranza (7/8) di tipo diffuso e in un solo caso di tipo focale.

Per quanto riguarda l'identificazione e la localizzazione delle neoplasie pancreatiche, i risultati globali della TC e della RM sono riportati nella Tabella 4; in particolare, l'accuratezza diagnostica della TC e della RM è risultata analoga (98%); un solo paziente affetto da pancreatite cronica focale risultava falsamente positivo per lesione

Tabella 2 Risultati degli esami di tomografia computerizzata (TC) e risonanza magnetica (RM) nei pazienti con adenocarcinoma duttale pancreatico

Paziente	Sede	Dimensione (cm)	Identificazione di lesione		Infiltrazione vascolare	Non resecabilità del tumore		Biopsia (B)/Istologia (I)
			TC	RM		TC	RM	
1	Coda	2,2	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
2	Testa	3,2	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
3	Testa	2,1	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
4	Corpo	2,3	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
5	Testa	2,9	VP	VP	VMS ^a	VP	VP	(B)
6	Testa	2,5	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
7	Corpo	2,1	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
8	Coda	2,9	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
9	Coda	3,5	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
10	Corpo	3,3	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
11	Testa	3,7	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
12	Testa	2	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
13	Corpo	3	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
14	Testa	2,2	VP	VP	VMS	VP	VP	(B)
15	Testa	2,7	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
16	Testa	2,4	VP	VP	VMS	FN	FN	(B)
17	Corpo	3,2	VP	VP	TRC	VP	VP	(B)
18	Testa	2,4	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	(B)
19	Testa	2,1	VP	VP	VMS, AMS	VP	FN	(B)
20	Testa	1,9	VP	VP	–	VP ^a	VP ^a	(B)
21	Testa	1	VP	VP	–	VN	VN	(I)
22	Testa	1,1	VP	VP	–	VN	VN	(I)
23	Testa	1,2	VP	VP	–	VN	VN	(I)
24	Testa	1,4	VP	VP	–	VN	VN	(I)

VMS, vena mesenterica superiore; AMS, arteria mesenterica superiore; TRC, tripode celiaco; VP, vero positivo; VN, vero negativo; FN, falso negativo
^aMetastasi epatiche

Table 5 shows overall results of CT and MR evaluation of the resectability of the pancreatic masses. There were 25 patients with unresectable tumours. Of these, 13 had neoplastic invasion of both mesenteric vessels, associated with hepatic metastases in one case. Nine had involvement of the superior mesenteric vein, again associated with hepatic metastases in one case. One patient, with a tumour of the pancreatic body, showed invasion of the coeliac trunk. Finally, in two patients, unresectability was due to the presence of hepatic metastases. Thus, the diagnostic accuracy of CT and MR imaging in the judgement of tumour resectability was similar, with values of 94% and 90%, respectively (p =not significant). There were two cases in which both CT and MR imaging provided a false negative result, and one case in which MR imaging only provided a false negative result. The minimal difference in diagnostic accuracy between the two modalities did not reach statistical significance. Fig. 3 shows an example of concordance between CT and MR imaging in a patient with unresectable adenocarcinoma of the pancreatic body with invasion of the coeliac trunk (patient 17, Table 2).

neoplastica sia alla TC che alla RM. La Figura 1 mostra un esempio di risultato concordante tra TC e RM in un paziente con cistoadenoma sieroso resecabile della coda del pancreas ($n=8$, Tabella 3). La Figura 2 mostra un esempio di risultato concordante tra TC e RM in una paziente con tumore mucinoso papillifero intra-duttale resecabile del corpo del pancreas ($n=7$, Tabella 3).

Per quanto riguarda la valutazione della potenziale resecabilità dei tumori pancreatici, i risultati globali della TC e della RM sono riportati nella Tabella 5. Sono stati osservati in totale 25 pazienti con tumori pancreatici non resecabili, 13 pazienti presentavano infiltrazione neoplastica di entrambi i vasi mesenterici, in un caso erano presenti anche metastasi epatiche; 9 pazienti hanno mostrato coinvolgimento neoplastico della sola vena mesenterica superiore, con anche in questo gruppo un solo caso di metastasi epatiche; 1 paziente, con una neoplasia del corpo pancreatico, mostrava infiltrazione del tripode celiaco; infine, in 2 pazienti la non resecabilità del tumore era dovuta alla presenza di metastasi epatiche. In particolare, l'accuratezza diagnostica della TC e della RM nel giudizio di resecabilità

Table 3 Results of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) in patients with cystic tumours of the pancreas

Patient	Site	Size (cm)	Identification		Vascular Infiltration	Unresectability		Biopsy (B)/Histology (H)
			MSCT	MRI		MSCT	MRI	
1	Head	4	TP	TP	SMV	TP	TP	Mucinous cystadenocarcinoma (B)
2	Tail	1.7	TP	TP	SMV, SMA ^a	TP	TP	Mucinous cystadenocarcinoma (B)
3	Head	2.1	TP	TP	SMV, SMA	FN	FN	Mucinous cystadenocarcinoma (B)
4	Head	1.9	TP	TP	–	TP ^a	TP ^a	Mucinous cystadenocarcinoma (B)
5	Head	2.9	TP	TP	SMV, SMA	TP	TP	Mucinous cystadenocarcinoma (B)
6	Tail	2.3	TP	TP	–	TN	TN	Mucinous cystadenocarcinoma (H)
7	Body	1.7	TP	TP	–	TN	TN	Intraductal papillary mucinous carcinoma (H)
8	Tail	8	TP	TP	–	TN	TN	Serous cystadenoma (H)

SMV, superior mesenteric vein; SMA, superior mesenteric artery; TP, true positive; TN, true negative; FN, false negative

^aLiver metastases

Tabella 3 Risultati degli esami di tomografia computerizzata (TC) e risonanza magnetica (RM) nei pazienti con tumori cistici del pancreas

Paziente	Sede	Dimensione (cm)	Identificazione di lesione		Infiltrazione vascolare	Non resecabilità del tumore		Biopsia (B)/Istologia (I)
			TC	RM		TC	RM	
1	Testa	4	VP	VP	VMS	VP	VP	Cistoadenocarcinoma mucinoso (B)
2	Coda	1,7	VP	VP	VMS, AMS ^a	VP	VP	Cistoadenocarcinoma mucinoso (B)
3	Testa	2,1	VP	VP	VMS, AMS	FN	FN	Cistoadenocarcinoma mucinoso (B)
4	Testa	1,9	VP	VP	–	VP ^a	VP ^a	Cistoadenocarcinoma mucinoso (B)
5	Corpo	2,9	VP	VP	VMS, AMS	VP	VP	Cistoadenocarcinoma mucinoso (B)
6	Coda	2,3	VP	VP	–	VN	VN	Cistoadenocarcinoma mucinoso (I)
7	Corpo	1,7	VP	VP	–	VN	VN	Carcinoma mucinoso papillifero intraduttale (I)
8	Coda	8	VP	VP	–	VN	VN	Cistoadenoma sieroso (I)

VMS, vena mesenterica superiore; AMS, arteria mesenterica superiore; VP, vero positivo; VN, vero negativo; FN, falso negativo

^aMetastasi epatiche

Discussion

Our study compared the performance of CT and MR imaging in identifying and evaluating the resectability of pancreatic malignancies. Malignancies accounted for 78% of cases in our series and included 24 ductal adenocarcinomas, six cystadenocarcinomas and one intraductal mucinous papillary neoplasm. Overall, CT and MR imaging had similar diagnostic accuracy. Considering that the most common pancreatic malignancy is ductal adenocarcinoma, a

delle lesioni neoplastiche è risultata simile, rispettivamente 94% e 90% (p =non significativo [ns]); sono stati osservati due casi in cui il risultato sia della TC che della RM è stato falsamente negativo, mentre in un caso solo il risultato della RM è stato falsamente negativo; la minima differenza in accuratezza diagnostica tra TC e RM non ha mostrato significatività statistica. La Figura 3 mostra un esempio di risultato concordante tra TC e RM in una paziente con adenocarcinoma non resecabile del corpo del pancreas con infiltrazione del tripode celiaco ($n=17$, Tabella 2).

Table 4 Performance of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) in identifying pancreatic tumours

	MSCT	MRI
Sensitivity (%)	100	100
Specificity (%)	88	88
Positive predictive value (%)	97	97
Negative predictive value (%)	100	100
Accuracy (%)	98	98

p=not significant

Tabella 4 Risultati degli esami d'imaging nella identificazione del tumore pancreatico

	TC	RM
Sensibilità (%)	100	100
Specificità (%)	88	88
Valore predittivo positivo (%)	97	97
Valore predittivo negativo (%)	100	100
Accuratezza (%)	98	98

p=non significativa

fatal cancer that is potentially curable by surgical resection [16, 17], an early diagnosis and accurate evaluation of resectability are fundamental. Despite availability of numerous diagnostic modalities, the majority of lesions are generally detected at an advanced stage, as the patient is initially asymptomatic and does not undergo diagnostic investigations. On the other hand, symptomatic patients

Discussione

Oggetto di trattazione è la nostra esperienza in una valutazione comparativa tra TC e RM nel localizzare e caratterizzare in termini di resecabilità chirurgica le lesioni espansive maligne del pancreas; nel nostro studio le lesioni maligne costituivano il 78% dei casi ed erano rappresentate da 24 adenocarcinomi duttali, 6 neoplasie maligne di tipo cistico ed 1 tumore mucinoso papillifero intraduttale. Globalmente, i risultati della nostra valutazione hanno dimostrato un'accuratezza diagnostica analoga della TC e della RM sia nella localizzazione che nella formulazione del giudizio di resecabilità delle masse maligne; tra queste essendo l'adenocarcinoma duttale del pancreas la neoplasia più frequente con elevata mortalità in cui la completa resezione chirurgica costituisce l'unico trattamento terapeutico potenzialmente efficace [16, 17], gli aspetti diagnostici fondamentali sono la diagnosi precoce e l'accurata valutazione della sua resecabilità. Attualmente, nonostante la disponibilità di numerose metodiche diagnostiche la maggior parte delle lesioni è generalmente identificata in fase avanzata in quanto inizialmente il paziente non è sintomatico per cui gli esami di diagnostica per immagini non sono eseguiti; al contrario, nel caso di pazienti sintomatici spesso non è possibile intervenire terapeuticamente in quanto gli esami diagnostici dimostrano infiltrazione vascolare loco-regionale o la presenza di metastasi a distanza.

L'ecografia rappresenta l'esame diagnostico di primo livello in quanto è ampiamente diffuso, assolutamente non

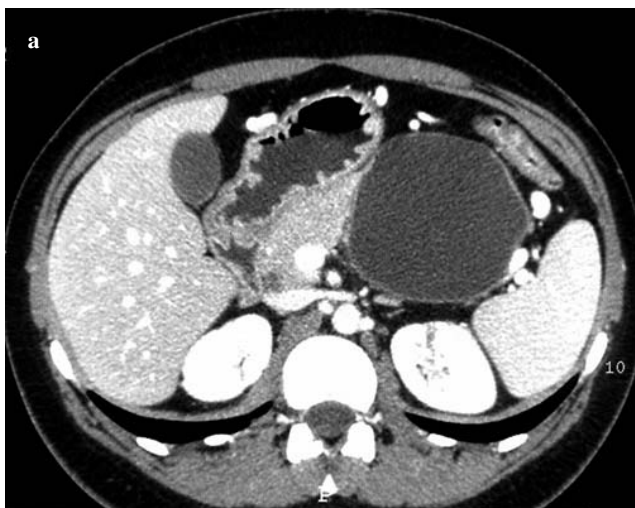


Fig. 1a,b A 48-year-old man with resectable serous cystadenoma of the pancreatic tail with concordant CT and MR imaging results (patient 8, Table 3). **a** Axial CT image obtained in the portal phase after intravenous administration of contrast agent shows a large (8 cm) and homogeneous cystic lesion of the pancreatic tail with regular margins suggestive of a benign mass. **b** T2-weighted single-shot turbo spin echo (SS-TSE) image obtained in the axial plane shows a similar finding, as the lesion has the typical hyperintense appearance of a benign cystic mass.

Fig. 1a,b Paziente maschio di 48 anni con cistoadenoma sieroso resecabile della coda del pancreas con risultato concordante degli esami TC ed RM (*n*=8, Tabella 3). **a** L'immagine assiale TC multistrato ottenuta in fase portale dopo la somministrazione del mezzo di contrasto iodato endovena mostra una grossolana formazione espansiva di tipo cistico localizzata a livello della coda pancreaticca, di circa 8 cm, con margini netti e regolari e contenuto omogeneo, caratteristiche dunque indicative di benignità. **b** L'immagine RM single-shot T2 TSE ottenuta in scansione assiale mostra un risultato analogo a quello della TC in quanto la lesione presenta la tipica ed omogenea iperintensità di segnale delle formazioni cistiche di tipo benigno.

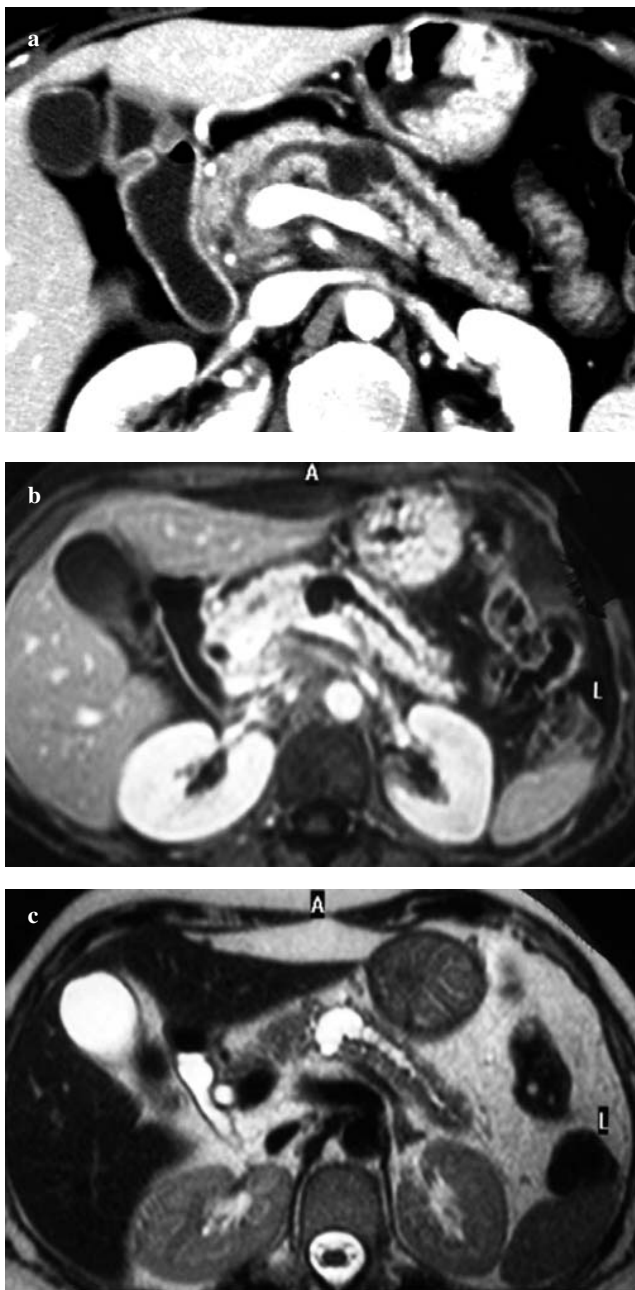


Fig. 2a-c A 71-year-old woman with resectable intraductal mucinous papillary tumour of the pancreatic body with concordant CT and MR imaging results (patient 7, Table 3). **a** Axial CT image obtained in the portal phase after intravenous administration of contrast agent shows a small (2 cm), oval, hypodense lesion with cystic features in apparent communication with Wirsung's duct and collateral ducts at the level of the pancreatic body. **b** Axial T1-weighted fat-saturated MR image obtained in the portal phase after administration of paramagnetic contrast agent shows similar findings. The lesion has the typical hypointensity of a cystic structure and appears to communicate with the pancreatic ducts. **c** Axial T2-weighted SS-TSE image in the precontrast phase confirms the finding of the previous images by showing the typical hyperintense signal of the cystic lesion and the ducts with which it appears to communicate.

Fig. 2a-c Paziente femmina di 71 anni con tumore mucinoso papillifero intraduttale resecabile del corpo del pancreas con risultato concordante degli esami TC ed RM (n=7, Tabella 3). **a** L'immagine assiale TC multiestrato ottenuta in fase portale dopo la somministrazione del mezzo di contrasto mostra una piccola lesione intra-parenchimale, di morfologia ovalare, nettamente ipodensa, di circa 2 cm, con dunque caratteristiche di tipo cistico in apparente comunicazione con il dotto di Wirsung a livello del corpo pancreatico e con i dotti collaterali di pari livello. **b** L'immagine assiale RM T1 pesata ottenuta in fase portale dopo la somministrazione del mezzo di contrasto paramagnetico con soppressione del segnale del tessuto adiposo mostra un risultato perfettamente sovrapponibile rispetto alla TC; la lesione appare tipicamente ipointensa come da componente cistica con analoghi rapporti con le strutture duttali. **c** L'immagine RM Single-Shot T2 TSE in scansione assiale in fase pre-contrastografica conferma il risultato delle due precedenti immagini mostrando il segnale tipicamente iperintenso della lesione analogo al segnale delle strutture duttali con cui appare in comunicazione.

often cannot be treated because the diagnostic investigations show locoregional vascular invasion or distant metastases.

Ultrasonography represents the first-line investigation, as it is widely available, noninvasive and allows complete evaluation of the upper abdomen, which is useful for locoregional staging of neoplastic masses. However, it is operator dependent and has limitations in obese patients or those with a large amount of bowel gas. Consequently, in patients with pancreatic masses, ultrasonography must necessarily be integrated by a second-line investigation such as CT or MR imaging [1–3].

CT is the most commonly employed imaging modality

invasivo e consente una valutazione completa degli organi dell'addome superiore, utile nella stadiazione loco-regionale delle masse neoplastiche; tuttavia, essa può presentare alcune limitazioni tecniche nei pazienti obesi, anche il meteorismo intestinale può interferire con la qualità delle immagini ecografiche ed inoltre essendo una tecnica fortemente operatore-dipendente può essere influenzata dalla maggiore o minore esperienza nell'esecuzione dell'esame, pertanto nei pazienti con masse pancreatiche certamente l'esame ecografico deve essere integrato da una tecnica di secondo livello diagnostico quale la TC o la RM [1–3].

La TC è la tecnica di imaging più utilizzata per la

Table 5 Performance of multislice computed tomography (MSCT) and magnetic resonance imaging (MRI) in the evaluation of the pancreatic tumour resectability

	MSCT	MRI
Sensitivity (%)	92	88
Specificity (%)	100	100
Positive predictive value (%)	100	100
Negative predictive value (%)	78	70
Accuracy (%)	94	90

p=not significant

Tabella 5 Risultati degli esami d'imaging nella valutazione della possibile resecabilità o non resecabilità dei tumori pancreatici

	TC	RM
Sensibilità (%)	92	88
Specificità (%)	100	100
Valore predittivo positivo (%)	100	100
Valore predittivo negativo (%)	78	70
Accuratezza (%)	94	90

p=non significativa

for the identification and preoperative staging of pancreatic malignancies, where it is highly reliable in determining the unresectability of lesions [3, 20, 21]. CT imaging exploits the difference between arterial hypervascularity of the pancreas and hypovascularity of the ductal adenocarcinoma

identificazione e la stadiazione pre-operatoria delle masse pancreatiche maligne mostrando un'elevata accuratezza nella determinazione della non resecabilità delle lesioni [3, 20, 21]. La TC sfrutta la differenza tra la ricca vascolarizzazione di tipo arterioso del pancreas e l'ipovascolarizzazione dell'adenocarcinoma duttale per ottenere, dopo aver raggiunto la massima impregnazione del parenchima ghiandolare, l'ottimale differenza di contrasto tra tumore e tessuto pancreatico sano; inoltre, l'opacizzazione dei vasi peri-pancreatici è essenziale per l'identificazione del coinvolgimento vascolare e l'estensione loco-regionale del tumore. Negli ultimi anni sono stati proposti diversi protocolli di acquisizione TC per lo studio delle lesioni pancreatiche maligne, allo scopo di migliorare l'accuratezza globale della metodica sia nell'identificazione che nella valutazione della sua resecabilità [22]. L'acquisizione multi-fasica, in fase arteriosa (25–30 s), pancreatico (40–45 s) e portale (70–80 s) rappresenta l'approccio metodologico ottimale consentendo di acquisire informazioni diagnostiche sulla presenza della neoplasia e riguardo i rapporti della lesione con le strutture vascolari arteriose e venose adiacenti, requisito quest'ultimo indispensabile ai fini di una corretta pianificazione pre-operatoria. In particolare, la recente introduzione nella pratica clinica della TC multi-detettore ha notevolmente ampliato le potenzialità diagnostiche della tecnica e anche se i risultati di uno studio recente hanno mostrato che la qualità diagnostica delle

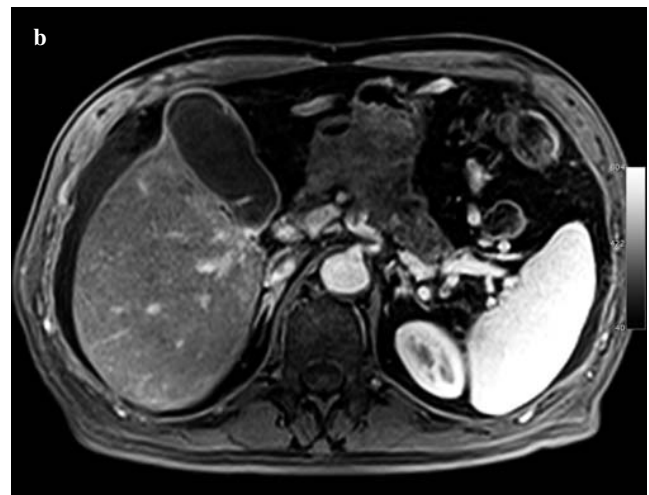
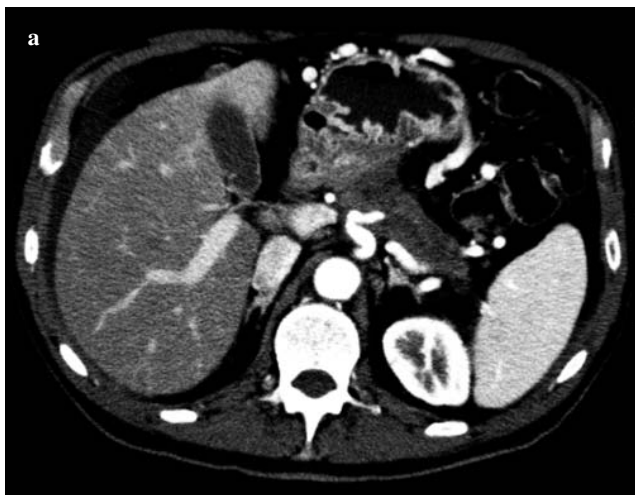


Fig. 3a,b A 73-year-old man with unresectable adenocarcinoma of the pancreatic body and evidence of coeliac trunk infiltration with concordant CT and magnetic resonance (MR) imaging results (patient 17, Table 2). **a** Axial CT image obtained in the portal phase after intravenous administration of contrast agent shows a large and irregular lesion originating from the anterior border of the pancreatic body with vascular infiltration of the celiac trunk, which appears proximally dilated and tortuous and indistinguishable from the antral-pyloric region. **b** Axial T1-weighted MR fat-saturated sequence obtained in the portal phase after administration of paramagnetic contrast agent shows similar findings to the CT study.

Fig. 3a,b Paziente maschio di 73 anni con adenocarcinoma non resecabile del corpo del pancreas per infiltrazione del tripode celiaco con risultato concordante degli esami TC ed RM (*n*=17, Tabella 2). **a** L'immagine assiale TC multistrato ottenuta in fase portale dopo la somministrazione del mezzo di contrasto mostra una formazione espansiva di morfologia irregolare ad origine dal profilo anteriore del corpo pancreatico che infila il tripode celiaco che appare ectasico e tortuoso nel suo tratto prossimale, risultando non dissociabile dalla regione antrale-pilorica. **b** L'immagine assiale RM T1 pesata ottenuta in fase portale dopo la somministrazione del mezzo di contrasto paramagnetico con soppressione del segnale del tessuto adiposo mostra un risultato analogo a quello della TC.

to achieve, after maximal enhancement of the pancreatic parenchyma, optimal differentiation between the lesion and the healthy pancreatic tissue. In addition, opacification of peripancreatic vessels is essential for identifying vascular involvement and locoregional spread. In recent years, several CT protocols have been proposed to improve the overall accuracy of CT in identifying and evaluating the resectability of pancreatic malignancies [22]. Multiphase acquisition with scans in the arterial (25–30 s), pancreatic (40–45 s) and portal (70–80 s) phases is an excellent technique that provides diagnostic information on the presence of the tumour and its relationship with adjacent arterial and venous structures – a crucial requirement for preoperative planning. In particular, the recent introduction of multidetector CT has considerably expanded the technique's diagnostic potential and, even though it has recently been demonstrated that the diagnostic quality of images obtained with multislice and single-slice CT is comparable, multislice CT has the advantage of significantly faster acquisition times [20].

MR imaging has been suggested as an alternative to CT in the diagnostic evaluation of patients with pancreatic masses, as it offers accurate locoregional anatomical assessment of both parenchymal and vascular structures with high contrast resolution. T1-weighted volumetric gradient-echo sequences acquired with a multiphase dynamic technique after intravenous administration of paramagnetic contrast medium allow simultaneous visualisation of the pancreatic vasculature and parenchyma in patients with malignancies. Finally, the dedicated cholangiographic sequence depicts the anatomy of bile and pancreatic ducts with high contrast resolution [3, 23, 24]. The technological evolution of MR scanners allows reasonably rapid abdominal imaging with fast Bh sequences that last only a few seconds and are well tolerated by patients. In addition, the short acquisition time of the sequences allows for fewer technical artefacts and better image quality, which is further improved by high-field-strength systems and the use of multichannel coils that provide very good contrast resolution.

The overall concordance we observed between CT and MR imaging, as demonstrated by the lack of statistical significance of the small differences identified, is similar to that reported by previous studies. Sheridan et al. [4] reported comparable results between CT and MR imaging in detecting pancreatic cancers, with a superiority of MR imaging in judging lesion resectability. Arslan et al. [5] found a similar performance of CT and MR imaging in evaluating vascular invasion. Concordant results between CT and MR imaging were reported by Fukukura et al. [6], Sahani et al. [8] and Yamada et al. [9] in patients with intraductal papillary mucinous neoplasms, and similar results were also reported for other types of pancreatic neoplasms, such as islet cell tumours of the pancreas [7]. In contrast, a

immagini acquisite con tecnica TC multistrato è comparabile a quella delle immagini acquisite con TC a singolo strato, giocano a favore della prima i tempi significativamente ridotti di acquisizione delle immagini [20].

La RM è stata proposta come tecnica alternativa all'esame TC nella valutazione diagnostica dei pazienti con masse pancreatiche offrendo un'accurata valutazione anatomica loco-regionale sia delle strutture parenchimali che vascolari con una elevata risoluzione di contrasto; in particolare, la sequenza volumetrica T1 pesata gradient-echo acquisita dopo la somministrazione endovenosa di mezzo di contrasto paramagnetico, con tecnica dinamica multi-fasica, consente simultaneamente la valutazione angiografica e parenchimografica delle lesioni neoplastiche in pazienti con tumori pancreatici maligni; infine, la sequenza dedicata colangiografica riproduce con elevata risoluzione di contrasto l'anatomia delle vie biliari e dei dotti pancreatici [3, 23, 24]. In particolare, l'evoluzione tecnologica delle apparecchiature RM attualmente utilizzate consente di eseguire l'esame dell'addome in tempi ragionevolmente rapidi con sequenze veloci in apnea respiratoria della durata di pochi secondi certamente confortevoli per il paziente; del resto la rapidità di esecuzione delle sequenze impiegate permette inoltre di ridurre gli artefatti tecnici con un significativo aumento della qualità delle immagini, ulteriormente migliorata dai campi magnetici di elevata intensità e dall'impiego delle bobine multi-canale che consentono di ottenere immagini di ottima qualità con risoluzione di contrasto certamente favorevole.

La concordanza globale dei risultati osservati nel nostro studio tra TC ed RM, supportata dalla non significatività statistica delle minime differenze nei valori diagnostici delle due tecniche, risulta simile ai dati riportati in altri studi di confronto fra le due metodiche; in dettaglio, Sheridan et al. [4] hanno riscontrato risultati comparabili tra TC e RM nell'identificazione dei tumori pancreatici, con una superiorità della RM rispetto alla TC nel giudizio di reseccabilità delle lesioni; Arslan et al. [5] hanno osservato un'analoga efficacia della TC e della RM nella valutazione dell'infiltrazione vascolare dei tumori pancreatici; risultati concordanti tra TC e RM sono stati inoltre osservati da Fukukura et al. [6], Sahani et al. [8] e Yamada et al. [9] in pazienti con tumori mucinosi papilliferi intraduttali; risultati simili tra TC ed RM sono stati infine riportati anche in altri tipi di tumori del pancreas, quali le lesioni maligne pancreatiche di tipo endocrino [7]. Al contrario, sono presenti in letteratura una serie di studi con risultati discordanti tra le due metodiche; in particolare, Irie et al. [10] suggeriscono la RM rispetto alla TC come esame di scelta in pazienti con piccoli (≤ 2 cm) adenocarcinomi del pancreas; analogamente, nello studio di Andersson et al. [11] la RM risulta maggiormente accurata della TC nella differenziazione tra lesioni benigne e maligne in pazienti con tumori

number of studies in the literature have reported conflicting results. For example, Irie et al. [10] suggested that MR imaging rather than CT should be used as the examination of choice in patients with small (≤ 2 cm) pancreatic adenocarcinomas. Similarly, Andersson et al. [11] found MR imaging to be more accurate than CT in differentiating benign and malignant lesions in patients with periampullary tumours. Erturk et al. [12] demonstrated the superiority of multislice CT with multiplanar reconstructions compared with MR imaging for both detecting and assessing locoregional extension of disease. Song et al. [13] showed that MR imaging has better diagnostic performance than CT for differentiating intraductal papillary mucinous neoplasms from other cystic lesions of the pancreas.

In our study, in the evaluation of lesion resectability, both CT and MR imaging produced false negative results in two malignant lesions of the pancreatic head (a ductal adenocarcinoma and a mucinous cystadenocarcinoma), as the involved vessels had preserved flow signal. In another patient, a false negative result was produced by MR imaging alone. Finally, in one patient with focal chronic pancreatitis, both CT and MR imaging were false positive for malignancy. However, it is well known that pancreatic enlargement and contour disruption typical of focal chronic pancreatitis can mimic malignant disease [25]. Despite these erroneous results of both CT and MR imaging, statistical analysis did not reveal statistically significant differences between modalities in identifying or evaluating resectability of malignant masses, so we may hypothesise that either technique can be used in these patients, depending on availability. However, because our study was limited by a small study sample affected by neoplastic lesions of different histological type, our preliminary results need to be validated by larger studies conducted on more homogeneous patient populations.

In conclusion, on the basis of our experience and the results reported in the literature we believe that MR imaging of the pancreas performed with state-of-art-equipment and a dedicated study protocol represents a valuable alternative to CT in the diagnostic assessment of patients with pancreatic masses as it provides both accurate identification and characterisation of lesions and an appropriate evaluation of resectability in the case of malignant masses.

Conflict of interest None

periampullari; Mehmet Erturk et al. [12] hanno dimostrato una superiorità della TC multiestrato integrata con ricostruzioni multiplanari rispetto alla RM sia per la diagnosi che per la valutazione della estensione loco-regionale di malattia; infine, Song et al. [13] hanno dimostrato che la RM ha una migliore capacità diagnostica nel differenziare rispetto alla TC i tumori mucinosi papilliferi intra-duttali da altri tipi di lesioni cistiche del pancreas.

Nel nostro studio, nella valutazione del giudizio di reseccabilità delle lesioni maligne, in due casi di neoplasie maligne della testa pancreatica (un adenocarcinoma duttale ed un cistoadenocarcinoma mucinoso) sia il risultato della TC che quello della RM è stato falsamente negativo in quanto i vasi coinvolti mostravano nelle immagini segnale di flusso conservato; in un solo paziente, il risultato falsamente negativo ha riguardato unicamente la RM. Infine, in un paziente affetto da pancreatite cronica focale il risultato sia della TC che della RM è stato falsamente positivo per massa neoplastica di tipo maligno; a tale proposito, è a tutti noto come l'incremento volumetrico ed il dimorfismo propri della pancreatite cronica di tipo focale possano simulare una neoplasia maligna [25]. Nonostante questi risultati incorretti, sia della TC che della RM, l'analisi statistica dei dati non ha mostrato differenze statisticamente significative tra le due metodiche, sia per identificazione che per il giudizio di reseccabilità delle masse maligne, per cui è ipotizzabile in base alla disponibilità un uso alternativo di entrambe le tecniche in tali pazienti; è necessario, tuttavia, sottolineare un limite del nostro studio rappresentato da una casistica di pazienti non ampia, comprendente tra l'altro lesioni neoplastiche di diverso tipo istologico, per cui per confermare i nostri risultati preliminari sono necessari ulteriori studi di confronto su gruppi di pazienti più numerosi ed omogenei per patologia.

In conclusione, possiamo certamente suggerire, sia in base alla nostra esperienza che ai risultati degli studi riportati in letteratura, che la RM del pancreas, eseguita con le più avanzate apparecchiature e con protocollo dedicato, rappresenta attualmente una valida alternativa all'esame TC nella valutazione diagnostica dei pazienti con masse pancreatiche, sia per l'accurata identificazione e caratterizzazione delle lesioni che per un appropriato giudizio di reseccabilità chirurgica in caso di malignità.

References/Bibliografia

- Kinney TP, Freeman ML (2008) Recent advances and novel methods in pancreatic imaging. *Minerva Gastroenterol Dietol* 54:85–95
- Recaldini C, Carrafiello G, Bertolotti E et al (2008) Contrast-enhanced ultrasonographic findings in pancreatic tumors. *Int J Med Sci* 5:203–208
- Stroszczyński C, Grutzmann R, Kittner T (2008) CT and MR imaging of pancreatic cancer. Recent results. *Cancer Res* 177:5–14
- Sheridan MB, Ward J, Guthrie JA et al (1999) Dynamic contrast-enhanced MR imaging and dual-phase helical CT in the preoperative assessment of suspected pancreatic cancer: a comparative study with receiver operating characteristic analysis. *AJR Am J Roentgenol* 173:583–590
- Arslan A, Buanes T, Geitung JT (2001) Pancreatic carcinoma: MR, MR angiography and dynamic helical CT in the evaluation of vascular invasion. *Eur J Radiol* 38:151–159
- Fukukura Y, Fujiyoshi F, Hamada H et al (2003) Intraductal papillary mucinous tumors of the pancreas. Comparison of helical CT and MR imaging. *Acta Radiol* 44:464–471
- Ichikawa T, Peterson MS, Federle MP et al (2000) Islet cell tumor of the pancreas: biphasic CT versus MR imaging in tumor detection. *Radiology* 216:163–171
- Sahani DV, Kadavigere R, Blake M et al (2006) Intraductal papillary mucinous neoplasm of pancreas multi-detector row CT with 2D curved reformations: correlation with MRCP. *Radiology* 238:560–569
- Yamada Y, Mori H, Matsumoto S (2008) Intraductal papillary mucinous neoplasms of the pancreas: correlation of helical CT and dynamic MR imaging features with pathologic findings. *Abdom imaging* 33:474–481
- Irie H, Honda H, Kaneko K et al (1997) Comparison of helical CT and MR imaging in detecting and staging small pancreatic adenocarcinoma. *Abdom Imaging* 22:429–433
- Andersson M, Kostic S, Johansson M et al (2005) MRI combined with MR cholangiopancreatography versus helical CT in the evaluation of patients with suspected periampullary tumors: a prospective comparative study. *Acta Radiol* 46:16–27
- Mehmet Erturk S, Ichikawa T, Sou H et al (2006) Pancreatic adenocarcinoma: MDCT versus MRI in the detection and assessment of locoregional extension. *J Comput Assist Tomogr* 30:583–590
- Song SJ, Lee JM, Kim YJ et al (2007) Differentiation of intraductal papillary mucinous neoplasms from other pancreatic cystic masses: comparison of multirow-detector CT and MR imaging using ROC analysis. *J Magn Reson Imaging* 26:86–93
- Jemal A, Siegel R, Ward E et al (2008) Cancer statistics, 2008. *CA Cancer J Clin* 58:71–96
- Eriguchi N, Aoyagi S, Imayama H et al (2000) Resectable carcinoma of the pancreatic head developing 7 years and 4 months after distal pancreatectomy for carcinoma of the pancreatic tail. *J Hepatobiliary Pancreat Surg* 7:316–320
- Wagner M, Dikopoulos N, Kulli C, Friess H, Buchler MW (1999) Standard surgical treatment in pancreatic cancer. *Ann Oncol* 4:247–251
- Rosewicz S, Wiedenmann B (1997) Pancreatic carcinoma. *Lancet* 349:485–489
- Imbriaco M, Megibow AJ, Camera L et al (2002) Dual-phase versus single-phase helical CT to detect and assess resectability of pancreatic carcinoma. *AJR Am J Roentgenol* 178:1473–1479
- Applegate KE, Tello R, Ying J (2003) Hypothesis Testing III: Counts and medians. *Radiology* 228:603–608
- Hu H, He D, Foley D, Fox SH (2000) Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. *Radiology* 215:55–62
- McNulty NJ, Francis IR, Platt JF (2001) Multidetector row helical CT of the pancreas: effect of contrast-enhanced multiphase imaging on enhancement of the pancreas, peri-pancreatic vasculature, and pancreatic adenocarcinoma. *Radiology* 220:97–102
- Peddu P, Quaglia A, Kane PA, Karani JB (2009) Role of imaging in the management of pancreatic mass. *Crit Rev Oncol Hematol* 70:12–23
- Lopez Hanninen E, Amthauer H, Hosten N et al (2002) Prospective evaluation of pancreatic tumors: accuracy of MR imaging with MR cholangiopancreatography and MR Angiography. *Radiology* 224:34–41
- Robinson PJA (2002) The role of MRI in pancreatic cancer. *Eur Radiol* 12:267–269
- Schima W (2006) MRI of the pancreas: tumours and tumour-simulating processes. *Cancer Imaging* 6:199–203