

Multislice CT with single-phase technique in patients with suspected pancreatic cancer

TC multistrato con tecnica monofasica nei pazienti con sospetto tumore pancreatico

M. Imbriaco • D. Smeraldo • R. Liuzzi • F. Carrillo • G. Cacace • D. Vecchione • A. Diglio
M. Salvatore

Dipartimento di Scienze Biomorfologiche e Funzionali, Università degli Studi di Napoli “Federico II”, Napoli, Italy
Correspondence to: M. Imbriaco, Via Posillipo 196, I-80123 Napoli, Italy, Tel.: +39-081-5757370, Fax: +39-081-5457081,
e-mail: mimbriaco@hotmail.com

Received: 29 March 2005 / Accepted: 25 August 2005 / Published online: 3 March 2006

Abstract

Purpose. The purpose of this study was to evaluate the role of multislice computed tomography (MSCT) with a single-phase technique in patients with suspected pancreatic cancer (PC).

Materials and methods. Seventy-eight patients underwent MSCT with the following technical parameters: collimation: 4x1 mm; pitch 1; 120 kVp; 260 mAs. The pre-contrast scan was followed by a single acquisition phase in the caudocranial direction from the inferior hepatic margin to the diaphragm with a 60-s delay after IV administration of 150 ml of iodinated contrast material at a rate of 3 ml/s. Two radiologists assessed the single images independently. Receiver operating characteristics (ROC) curves were obtained for each of the two observers.

Results. The final diagnosis was pancreatic cancer in 46 cases and chronic pancreatitis in 32 cases. Areas under the curve (A_z) for diagnosis and evaluation of disease resectability were 0.97 and 0.93 for the first observer ($p=ns$), and 0.97 and 0.90 for the second observer ($p=ns$). The mean difference in tissue attenuation values between the cancer and normal pancreas was 72 ± 3 Hounsfield units (HU). No statistically significant differences were observed in the degree of opacification between the peripancreatic arteries and veins.

Conclusions. MSCT with a single-phase technique is an accurate and reproducible method for diagnosis and evaluation of disease resectability in patients with suspected PC, ensuring optimal tumour-to-pancreas contrast and maximal opacification of the main peripancreatic arterial and venous structures.

Key words Pancreatic cancer • Multislice CT • Pancreas

Riassunto

Obiettivo. Valutare il ruolo della TC multistrato (TCMS) eseguita con tecnica mono-fasica nei pazienti con sospetto tumore pancreatico (TP).

Materiali e metodi. Sono stati studiati 78 pazienti con TCMS utilizzando i seguenti parametri: collimazione: 4x1 mm; pitch: 1; 120 kVp; 260 mAs. All'esame pre-contrastografico ha fatto seguito una singola fase di acquisizione in senso caudo-craniale dal margine inferiore del fegato al diaframma con un ritardo di 60 s dopo la somministrazione e.v. di 150 ml di mezzo di contrasto iodato con una velocità di iniezione di 3 ml/s. Due radiologi hanno valutato in maniera indipendente le singole immagini. Le curve ROC sono state ottenute per ciascuno dei due osservatori.

Risultati. La diagnosi finale è stata di TP in 46 casi e di pancreatite cronica in 32. Le aree sotto la curva (A_z) per la diagnosi e la valutazione di resecabilità di malattia sono risultate pari a 0,97 e 0,93 per il primo osservatore ($p=n.s.$) e 0,97 e 0,90 per il secondo osservatore ($p=n.s.$). La differenza media dei valori di attenuazione tissutale tra il tumore ed il tessuto pancreatico normale è stata di 72 ± 3 unità Hounsfield (UH). Non sono state osservate differenze statisticamente significative nel grado di opacizzazione tra i vasi arteriosi e venosi peri-pancreatici.

Conclusioni. La TCMS eseguita con tecnica mono-fasica rappresenta una metodica accurata e riproducibile per la diagnosi e la valutazione di resecabilità di malattia nei pazienti con sospetto di TP fornendo un ottimale contrasto tra il tumore e il tessuto pancreatico normale ed un eccellente grado di opacizzazione delle principali strutture vascolari artero-venose peri-pancreatiche.

Parole chiave Tumore pancreatico • TC multistrato • Pancreas

Introduction

Pancreatic carcinoma is one of the leading causes of death from cancer in Western countries, with a 5-year survival rate of about 4.1% [1]. Most patients are diagnosed when the dis-

Introduzione

Il carcinoma pancreatico rappresenta una delle principali cause di morte per cancro nei paesi occidentali con una sopravvivenza a 5 anni pari a circa 4,1% [1]. La maggior par-

ease has reached an advanced stage, and only 5%–22% presents with a potentially resectable tumour at diagnosis [2]. Spiral computed tomography (CT) is the most widely used technique for the diagnosis of pancreatic cancer and assessment of disease resectability [3]. A number of study protocols both with single-slice and multislice techniques have been used to study patients with suspected pancreatic cancer [4–12]. In particular, the spiral technique with dual-phase acquisition allows the pancreas to be studied both at the parenchymal level, thus obtaining a good differentiation between the peripancreatic vascular structures and the tumour, and at a portal stage, which is the best stage to search for secondary hepatic lesions [6, 13].

A recent study has proposed a new acquisition technique to evaluate patients with suspected pancreatic tumour (PT) with single-slice spiral CT. This technique involves a single-phase caudocranial acquisition, from the inferior hepatic margin to the diaphragm, after IV administration of iodinated contrast material [14]. The technique proved to be highly accurate and repeatable compared with the dual-phase technique. The introduction of multislice CT (MSCT) into clinical practice has significantly increased the diagnostic potential of spiral CT, thanks especially to improved spatial and temporal resolution and signal-to-noise ratio. The purpose of our study was to evaluate the role of single-phase MSCT in patients with suspected PTs and in the evaluation of disease resectability.

Materials and methods

Patient population

From September 2001 to March 2004, 78 patients (M/F: 42/36, average age: 64 ± 12) with suspected pancreatic cancer based on clinical and laboratory findings and on results of endoscopic retrograde cholangiopancreatogram (ERCP) or ultrasonography (US) underwent MSCT. The pre-operative criteria of disease non-resectability included: liver or peritoneal metastases, direct extension to adjacent organs with involvement of the main coeliac-mesenteric arteries or veins, and lymphadenopathy with maximum transverse diameter >1.5 cm. In all cases of non-resectability, biliodigestive surgery (i.e. gastrojejunostomy or hepatojejunostomy) was performed.

CT technique

All studies were carried out with MSCT (MX8000-Marconi), with a 0.5 s rotation time and acquisition of 8 slices/s; 10–15 min before the scan, the patient drank 500 ml of water to improve definition of relations between the pancreatic head and the second portion of the duodenum. An 18- to 20-gauge needle was then introduced into an antecubital vein of the arm. A first precontrast scan of the pancreas area was performed using a 5-mm collimation in the craniocaudal direction from the diaphragm to the iliac crests. A single set of images was then acquired from the inferior hepatic margin to

te dei pazienti giunge all'osservazione diagnostica già in fase avanzata di malattia, e solo il 5%–22% presenta un tumore potenzialmente reseccabile al momento della diagnosi [2]. La TC spirale rappresenta la tecnica più largamente utilizzata nell'approccio diagnostico in tali pazienti e per valutarne la eventuale reseccabilità di malattia [3]. Diversi protocolli di studio sono stati utilizzati sia con tecnica a singolo strato che con tecnica multistrato nello studio dei pazienti con sospetto tumore pancreatico [4–12]. In particolare, la tecnica spirale, eseguita con un'acquisizione bi-fasica, consente lo studio della ghiandola pancreatica sia in fase parenchimale di studio, permettendo di ottenere una buona differenziazione tra le strutture vascolari peri-pancreatiche ed il tumore, che in fase portale, che rappresenta la fase ottimale per la ricerca di localizzazioni secondarie a livello epatico [6, 13]. In un recente studio è stata proposta una nuova tecnica di acquisizione per la valutazione dei pazienti con sospetto tumore del pancreas con TC spirale a singolo-strato; tale tecnica prevede una singola fase di acquisizione in senso caudo-craniale, partendo dal margine inferiore epatico fino al diaframma, dopo la somministrazione del mezzo di contrasto iodato endovena [14]. Tale tecnica si è dimostrata altamente accurata e riproducibile al confronto con la tecnica bi-fasica. L'introduzione nella pratica clinica della TCMS ha notevolmente ampliato le potenzialità diagnostiche della TC spirale, grazie soprattutto alla migliorata risoluzione spaziale e temporale ed al migliorato rapporto segnale/rumore. Scopo del nostro studio è stato di valutare il ruolo della TCMS eseguita con tecnica mono-fasica nello studio dei pazienti con sospetto di tumore pancreatico e nella valutazione di reseccabilità di malattia.

Materiali e metodi

Popolazione dei pazienti

Nel periodo settembre 2001, marzo 2004, 78 pazienti (M/F: 42/36, età media: 64 ± 12 anni) con sospetto di tumore pancreatico, sulla base dei risultati clinico-laboratoristici e dei risultati dell'ERCP o dell'ecografia, sono stati sottoposti a TC spirale eseguita con tecnica multistrato. I criteri pre-operatori di non reseccabilità di malattia includevano: presenza di metastasi epatiche o peritoneali; diretta estensione agli organi vicini con coinvolgimento dei principali vasi artero-venosi celiaco-mesenterici; presenza di linfadenopatie con diametro trasverso massimo $>1,5$ cm. In tutti i casi di non reseccabilità di malattia sono stati eseguiti interventi di derivazione bilio-digestiva (i.e. gastro-digiunostomia o epatico-digiunostomia).

Tecnica TC

Tutti gli studi sono stati eseguiti con una TC multistrato (MX8000-Marconi) con un tempo di rotazione di 0,5 s con acquisizione di 8 sezioni/s; 10–15 minuti prima dell'esecuzione dell'esame TC, i pazienti sono stati invitati a bere 500 ml di acqua al fine di migliorare la definizione dei rapporti

the diaphragm, with the following parameters (collimation 4x1 mm; reconstruction interval 1.25 mm; pitch 1; 120 kVp; 260 mAs) with a 60-s scan delay after IV administration of 150 ml of non-ionic iodinated contrast material with a iodine concentration of 370 mg/I/ml and an injection rate of 3 ml/s. A 25-cm field of view was used. Two observers independently assessed the images for the presence of cancer and evaluation of its resectability. Tissue attenuation values of normal pancreas, tumour, liver, and superior mesenteric artery and vein were also calculated.

Interpretation of CT images

All CT studies were interpreted independently and randomly by two experienced radiologists who were unaware of the results of the other diagnostic tests.

The two radiologists assigned a 1–5 score for the diagnosis of cancer: 1 = certainly benign, 2 = probably benign, 3 = indeterminate, 4 = probably malignant, 5 = certainly malignant. Studies regarded as indeterminate, which were scored 3, were considered positive in the final calculation of sensitivity and specificity values.

A 1–5 score was also assigned for disease resectability: 1 = certainly resectable, 2 = probably resectable, 3 = indeterminate, 4 = probably non-resectable, 5 = certainly non-resectable. The tumour was considered certainly non-resectable in all cases of peripancreatic vascular invasion (defined as infiltration of the coeliac trunk, hepatic artery, superior mesenteric artery or portal vein, and superior mesenteric vein). The vessel was considered involved when its circumference was reduced more than $>180^\circ$ by the tumour or by evident thrombosis. Involvement of the splenic artery or vein was not considered an absolute contraindication to surgery unless the tumour extended to splenic-mesenteric-portal confluence. Other non-resectability criteria included the extra-pancreatic invasion of adjacent tissues and haematogenous or lymph node metastasis (>1.5 cm) or peritoneal carcinomatosis.

A tumour was considered resectable only if completely removable by surgery. Results of the CT scan were correlated with the final histopathological findings. Mean attenuation values of normal pancreas, tumour, liver, and superior mesenteric artery and vein were calculated using a 1-cm-wide region of interest. Quantitative analysis only considered patients with a final diagnosis of cancer (n=46).

Statistical analysis

Results of CT studies were classified as true positive, true negative, false positive, or false negative based on the final histopathological results. ROC curves were obtained using SPSS Inc. software, which computes the area under the curve and its standard error (A_z). Areas under the ROC curves were used to indicate overall performance of CT with a single acquisition phase both in diagnosis and evaluation of disease resectability by both observers. A_z values greater than 0.80 were regarded as having a high discrimination value [15–17]. Areas obtained by the two observers were com-

tra la regione cefalo-pancreatica e la II porzione duodenale. È stato quindi introdotto un ago di 18–20 gauge in una vena antecubitale del braccio. È stata eseguita una prima acquisizione in fase pre-contrastografica della regione pancreatica utilizzando una collimazione di 5 mm in direzione cranio-caudale dal diaframma fino alle creste iliache. Successivamente è stata acquisita una unica serie di immagini dal limite inferiore del fegato fino al diaframma utilizzando i seguenti parametri: collimazione=4x1 mm; intervallo di ricostruzione=1,25 mm; pitch=1; 120 kVp; 260 mAs e con un ritardo di scansione di 60 s dalla somministrazione endovenosa di 150 ml di mezzo di contrasto iodato non ionico con una concentrazione di iodio pari a 370 mg/I/ml ed una velocità di iniezione di 3 ml/s. È stato utilizzato un campo di vista di 25 cm. Due osservatori hanno analizzato le immagini in maniera indipendente per la diagnosi di neoplasia e per la valutazione della sua resecabilità. Sono stati inoltre calcolati i valori di attenuazione tissutale del tessuto pancreatico normale, del tumore, del fegato, dell'arteria e della vena mesenterica superiore.

Interpretazione delle immagini TC

Tutti gli studi TC sono stati interpretati in maniera indipendente e randomizzata da due esperti radiologi che erano all'oscuro dei risultati degli altri test diagnostici. I due radiologi hanno attribuito un punteggio da 1 a 5 per la diagnosi di neoplasia; 1=certamente benigno, 2=probabilmente benigno, 3=indeterminato, 4=probabilmente maligno, 5=certamente maligno. Gli studi considerati indeterminati ed ai quali era stato attribuito un punteggio pari a 3, sono stati considerati positivi nel calcolo finale dei valori di sensibilità e di specificità. Anche per la valutazione di resecabilità di malattia è stato attribuito un punteggio da 1 a 5; 1=certamente resecabile, 2=probabilmente resecabile, 3=indeterminato, 4=probabilmente non resecabile, 5=certamente non resecabile. Il tumore è stato considerato certamente non resecabile in tutti i casi di invasione vascolare peri-pancreatica (definita come infiltrazione del tripode celiaco, dell'arteria epatica, dell'arteria mesenterica superiore o della vena porta e della vena mesenterica superiore). Il vaso è stato considerato coinvolto se mostrava una riduzione del diametro circonferenziale $>180^\circ$ da parte della neoplasia o una evidente trombosi. Il coinvolgimento dell'arteria o della vena splenica non è stato considerato una controindicazione assoluta all'intervento chirurgico a meno che il tumore non si estendesse alla confluenza spleno-mesenterico-portale. Altri criteri di non resecabilità includevano l'invasione extra-pancreatica dei tessuti adiacenti e la presenza di metastasi ematogene o linfonodali ($>1,5$ cm) o la presenza di carcinosi peritoneale. Un tumore è stato considerato resecabile solo se completamente rimovibile all'intervento chirurgico. I risultati dell'esame TC sono stati confrontati con i risultati finali isto-patologici. I valori medi di attenuazione tissutale del tessuto pancreatico normale, del tumore, del fegato, dell'arteria e della vena mesenterica superiore sono stati calcolati utilizzando una regione di interesse di 1 cm. Per l'analisi quantitativa sono stati considerati solo i pazienti con diagnosi finale di neoplasia (n=46).

pared using Z distribution. Sensitivity and specificity values were determined using standard criteria. Confidence levels of 3–5 were considered positive for malignant lesions; confidence levels of 1–2 were considered negative. Figures of merit were compared using McNemar test. Tissue attenuation values of normal pancreatic tissue, cancer tissue, liver, and of the superior mesenteric artery and vein were also compared using Student's *t* test; *p* values <0.05 were taken as statistically significant.

Results

Final histopathological diagnoses were obtained in 47 patients; in the remaining 31 cases, fine-needle cytological aspiration followed by clinical and imaging follow-up after 1 year indicated no evidence of disease.

The final diagnosis was pancreatic cancer in 46 cases and chronic pancreatitis in 32 cases. The PT was located in the pancreatic head in 26 cases, in the body in 12, and in the tail in the remaining eight. The 46 tumours included 35 ductal adenocarcinomas, ten mucinous cystadenocarcinomas, and one papilliferous cystadenocarcinoma. Of the 46 patients with PT, seven had potentially resectable disease (15%) while 39 had non-resectable disease.

Results of diagnosis and evaluation of resectability are shown in Table 1. Sensitivity and specificity values for the two observers in the diagnosis of pancreatic cancer were 96% and 91% for the first observer and 96% and 88% for the second (*p*=ns). Sensitivity and specificity values for the two observers in evaluation of disease resectability were 95% and 86% for the first observer and 92% and 86% for the second (*p*=ns). Areas under the curve for the diagnosis of neoplasm were 0.97 for both the first and the second observer

Table 1 Results of diagnosis and evaluation of disease resectability

	Diagnosis of neoplasm		Total
	Malignant	Benign	
Observer 1			
Negative	2	29	31
Positive	44	3	47
Total	46	32	78
Observer 2			
Negative	2	28	30
Positive	44	4	48
Total	46	32	78
	Evaluation of neoplasm resectability		Total
	Non-resectable	Resectable	
Observer 1			
Negative	2	6	8
Positive	37	1	38
Total	39	7	46
Observer 2			
Negative	3	6	9
Positive	36	1	37
Total	39	7	46

Analisi statistica

I risultati degli studi TC sono stati classificati come veri positivi, veri negativi, falsi positivi o falsi negativi sulla base dei risultati finali isto-patologici. Le curve ROC sono state ottenute utilizzando il programma SPSS Inc., che permette di calcolare l'area sotto la curva ed il suo errore standard (Az). Le aree sotto le curve ROC sono state utilizzate per indicare la performance globale della TC eseguita con singola-fase di acquisizione sia per la diagnosi che per la valutazione di resecabilità di malattia per ciascuno dei due osservatori. Valori di Az maggiori di 0,80 sono stati considerati avere un elevato valore discriminante [15–17].

*Le aree ottenute dai due osservatori sono state confrontate utilizzando una distribuzione Z. I valori di sensibilità e specificità sono stati determinati utilizzando criteri standard. Livelli di confidenza pari a 3–5 sono stati considerati positivi per lesione maligna; livelli di confidenza di 1–2 sono stati considerati negativi. Il confronto tra le figure di merito è stato ottenuto utilizzando il test di McNemar. I valori di attenuazione tissutale del tessuto pancreatico normale, del tessuto neoplastico, del fegato, dell'arteria e della vena mesenterica superiore sono stati confrontati utilizzando lo student's *t* test. Valori di *p*<0,05 sono stati considerati statisticamente significativi.*

Risultati

La diagnosi finale isto-patologica è stata ottenuta in 47 pazienti, nei restanti 31 casi l'aspirazione citologica con ago sottile seguita dal monitoraggio clinico-strumentale a 1 anno non ha evidenziato segni di malattia. La diagnosi finale è stata di TP in 46 casi e di pancreatite cronica in 32. Il tumo-

Tabella 1 Risultati per la diagnosi e la valutazione di resecabilità di malattia

	Diagnosi di neoplasia		
	Maligno	Benigno	Totale
Osservatore 1			
Negativo	2	29	31
Positivo	44	3	47
Totale	46	32	78
Osservatore 2			
Negativo	2	28	30
Positivo	44	4	48
Totale	46	32	78
	Resecabilità di neoplasia		
	Non-resecabile	Resecabile	Totale
Osservatore 1			
Negativo	2	6	8
Positivo	37	1	38
Totale	39	7	46
Osservatore 2			
Negativo	3	6	9
Positivo	36	1	37
Totale	39	7	46

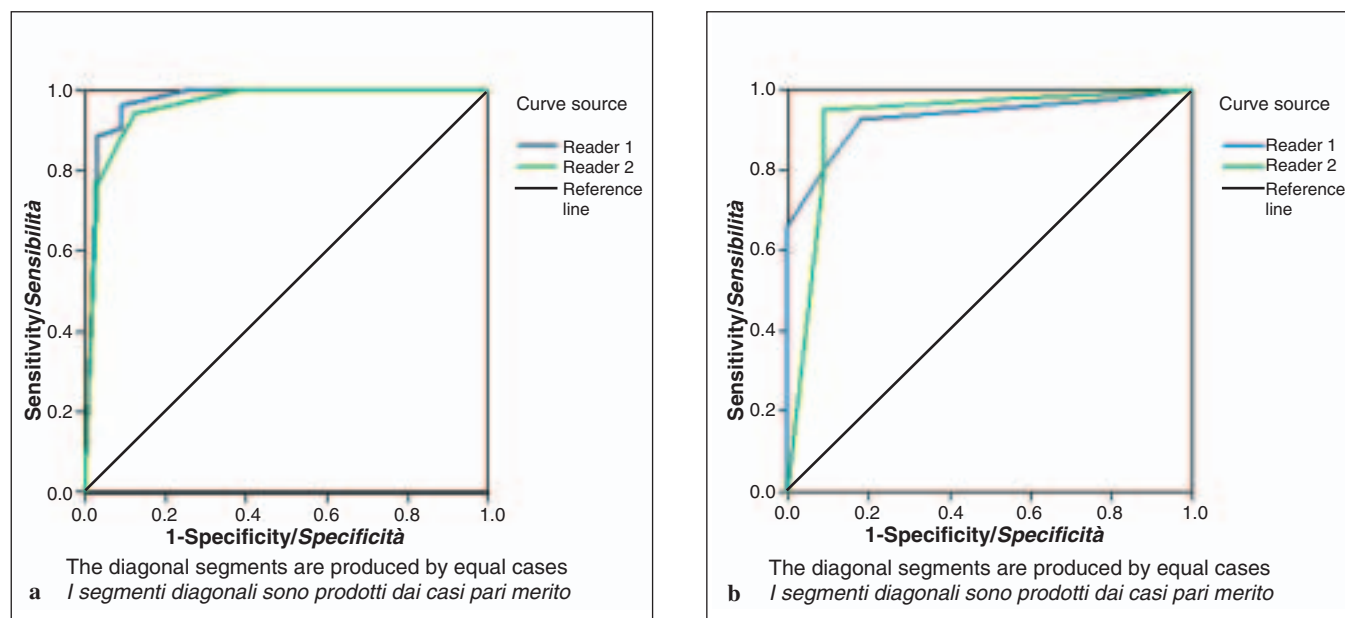


Fig. 1a,b Receiver operating characteristics (ROC) curves in the diagnosis of cancer (a) and in the evaluation of disease resectability (b).

Fig. 1a,b Curve ROC per la diagnosi di neoplasia (a) e per la valutazione di resecabilità (b).

($p=ns$). Areas under the curve for disease resectability were 0.93 for the first observer and 0.90 for the second ($p=ns$). ROC curves are shown in Figure 1. Table 2 shows mean attenuation values of normal pancreas, pancreatic cancer, liver,

Table 2 Quantitative measurements of the degree of enhancement of normal pancreas, tumour, liver, and superior mesenteric artery and vein

Pancreatic parenchyma, mean \pm SD	113 \pm 23
Pancreatic tumour, mean \pm SD	41 \pm 20
Liver, mean \pm SD	112 \pm 19
Superior mesenteric artery, mean \pm SD	197 \pm 36
Superior mesenteric vein, mean \pm SD	200 \pm 29
Pancreatic parenchyma-pancreatic tumour, mean difference \pm SE	72 \pm 3*
Superior mesenteric vein-superior mesenteric artery, mean difference \pm SE	-3 \pm 7**

All tissue attenuation values are expressed in Hounsfield units (HU)

* $p<0.001$, ** $p=ns$

Tabella 2 Misurazioni quantitative in unità Hounsfield del grado di impregnazione del parenchima pancreatico normale, del tumore pancreatico, del fegato, dell'arteria e della vena mesenterica superiore

Parenchima pancreatico, media \pm DS	113 \pm 23
Tumore pancreatico, media \pm DS	41 \pm 20
Fegato, media \pm DS	112 \pm 19
Arteria mesenterica superiore, media \pm DS	197 \pm 36
Vena mesenterica superiore, media \pm DS	200 \pm 29
Parenchima pancreatico-tumore pancreatico, differenza media \pm ES	72 \pm 3*
Vena mesenterica superiore-arteria mesenterica superiore, differenza media \pm ES	-3 \pm 7**

Tutti i valori di attenuazione tissutale sono espressi in unità Hounsfield

* $p<0,001$; ** $p=ns$

re era localizzato in corrispondenza della regione cefalica in 26 casi, in corrispondenza del corpo in 12 ed in corrispondenza della coda nei restanti 8 pazienti. I 46 tumori includevano 35 adenocarcinomi duttali, 10 cistoadenocarcinomi mucinosi ed 1 cistoadenocarcinoma papillifero. Dei 46 pazienti con TP, 7 presentavano una malattia potenzialmente resecabile (15%) e 39 erano non resecabili. I risultati per la diagnosi e per la valutazione di resecabilità di malattia sono riportati in Tabella 1. I valori di sensibilità e di specificità per i due osservatori per la diagnosi di neoplasia pancreaticca sono risultati pari a 96% e 91% per il primo osservatore e 96% e 88% per il secondo ($p=ns$).

I valori di sensibilità e di specificità per i due osservatori per la valutazione di resecabilità di malattia sono risultati pari a 95% e 86% per il primo osservatore e 92% e 86% per il secondo ($p=ns$). Le aree sotto la curva per la diagnosi di neoplasia sono risultate pari a 0,97 sia per il primo che per il secondo osservatore ($p=ns$).

Le aree sotto la curva per la valutazione di resecabilità di malattia sono risultate pari a 0,93 per il primo osservatore e 0,90 per il secondo ($p=ns$); le curve ROC sono mostrate in Figura 1. La Tabella 2 mostra i valori medi di attenuazione tissutale del tessuto pancreatico normale, della neoplasia pancreaticca, del fegato, dell'arteria e della vena mesenterica superiore nei 46 pazienti con tumore pancreatico. La differenza media nei valori di attenuazione tissutale tra il tumore ed il tessuto pancreatico normale è risultata pari a 72 \pm 3 UH (differenza media \pm e.s.) ($p<0,0001$). Nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata nel grado di opacizzazione dell'arteria (197 \pm 36 UH) e della vena mesenterica superiore (200 \pm 29 UH), ($p=ns$). Le Figure 2 e 3 mostrano due esempi di tumore pancreatico non resecabile e resecabile studiati con TCMS eseguita con tecnica mono-fasica.

and superior mesenteric artery and vein in the 46 patients with pancreatic cancer.

Mean difference in tissue attenuation values between tumour and normal pancreas was 72 ± 3 HU (mean difference \pm SE) ($p < 0.0001$). No statistically significant difference was observed in the degree of opacification of the superior mesenteric artery (197 ± 36 HU) and vein (200 ± 29 HU), ($p = ns$). Figures 2 and 3 show two examples of non-resectable and resectable pancreatic tumour studied with single-phase MSCT.

Discussion

The spiral single-phase multislice technique with caudocranial acquisition from the inferior hepatic margin to the diaphragm is an accurate and repeatable method for evaluating patients with suspected pancreatic tumour. Thanks to reduced radiation dose to patients and lower costs, this approach, with the spiral single-slice technique, has been previously proposed as the method of choice in patients with suspected pancreatic tumour [14]. In 1992, Megibow et al. were the first to suggest the study of the pancreatic region using a single caudocranial scan with an incremental dynamic CT technique. In that study, the authors initiated the scan at the transverse duodenum at the level of the upper margin of L3. This acquisition ensured optimal opacification of the main arteries (coeliac trunk, superior mesenteric artery, gastroduodenal, and pancreaticoduodenal arteries) and veins (splenic vein, superior mesenteric vein, and portal vein). Furthermore, the pancreatic parenchyma was also homogeneously opacified [18].

The benefits of our method over the conventional two-phase technique are its shorter acquisition times and reduced radiation dose. The technique also allows simultaneous and homogeneous opacification of the main peripancreatic arteries and veins, accurate differentiation of the cancer from nor-

Discussione

La tecnica spirale multi-strato mono-fasica con acquisizione in senso caudo-craniale dal margine inferiore del fegato al diaframma rappresenta una metodica accurata e riproducibile nella valutazione dei pazienti con sospetto tumore del pancreas. Grazie alla ridotta dose di radiazioni per i pazienti ed ai minori costi, tale approccio è stato proposto in un precedente lavoro, come metodo di scelta nei pazienti con sospetta neoplasia pancreaticca utilizzando la tecnica spirale a singolo-strato [14]. Nel 1992, Megibow et al. sono stati i primi a proporre lo studio della regione pancreaticca utilizzando un'unica scansione in senso caudo-craniale con una tecnica TC dinamica incrementale; in questo studio, gli autori iniziavano la scansione in corrispondenza del duodeno trasverso, all'altezza del margine superiore di L3. Con tale acquisizione veniva garantita una ottimale opacizzazione delle principali strutture vascolari arteriose (tripode celiaco, arteria mesenterica superiore, arterie gastro-duodenale e pancreatico-duodenale) e venose (vena splenica, vena mesenterica superiore e vena porta). Inoltre, anche il parenchima pancreatico risultava omogeneamente opacizzato [18]. I vantaggi offerti dalla nostra tecnica rispetto alla tecnica convenzionale bi-fasica sono rappresentati dai ridotti tempi di acquisizione e dalla ridotta dose di radiazioni al paziente. Tale tecnica permette inoltre di ottenere una simultanea ed omogenea opacizzazione dei principali vasi arteriosi e venosi peri-pancreatici, una accurata differenziazione del tumore dal tessuto pancreatico normale e la possibilità di studiare il fegato e l'intero addome superiore in fase portale di studio, che rappresenta la fase ottimale per la ricerca di eventuali lesioni secondarie epatiche in pazienti con neoplasia pancreaticca.

In un precedente lavoro, Tublin et al. hanno dimostrato [19] che sia il volume che la velocità di somministrazione del mezzo di contrasto giocano un ruolo fondamentale nel determinare il grado di impregnazione del parenchima pancreatico. In particolare, il picco di impregnazione ed il tem-



Fig. 2 A 45-year-old woman. Non-resectable tumour in the pancreatic head.

Fig. 2 Quarantacinque anni, femmina. Tumore non reseccabile della regione cefalica del pancreas.

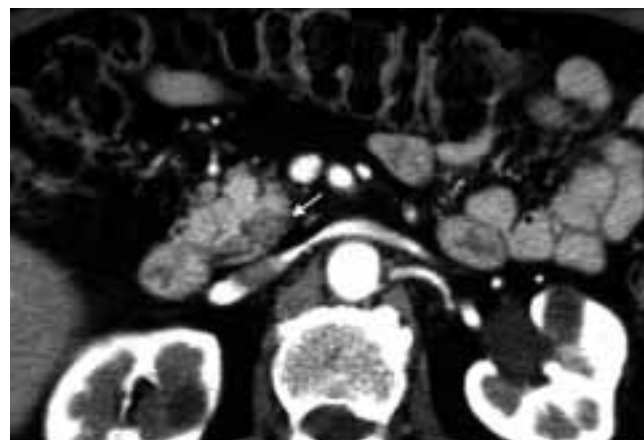


Fig. 3 A 56-year-old man. Resectable tumour of the pancreas uncinate process (arrow).

Fig. 3 Cinquantasei anni, maschio. Tumore reseccabile del processo uncinato del pancreas (freccia).

mal pancreatic tissue, and the possibility of studying the liver and the entire upper abdomen during the portal phase, which is the best phase to search for any secondary hepatic lesions in patients with pancreatic cancer.

In a previous study, Tublin et al. demonstrated [19] that both volume and rate of contrast material administration play a fundamental role in determining the level of pancreatic parenchyma enhancement. In particular, the enhancement peak and time needed to reach that peak are directly related to the injection rate. With an injection rate of 2.5 ml/s, the pancreatic parenchyma enhancement peak (65 HU) is reached in 69 s whereas with an injection rate of 5 ml/s, the 84-HU impregnation peak is reached in 43 s. Applying the formula suggested by Tublin et al., we used an injection rate of 3 ml/s, reaching pancreatic parenchyma peak enhancement in 60 s.

Furthermore, in agreement with results of Kim et al. [20], our findings confirm that the degree of pancreatic parenchyma enhancement is directly related to injection volume and rate. As this study demonstrates, a high level of pancreatic parenchyma enhancement was obtained using a 150-ml volume with an injection rate of 3 ml/s. This provided optimal tumour-to-pancreas contrast and maximal enhancement of peripancreatic arteries and veins.

Limits of this technique lie in the possible morphological variants of the pancreas or in anomalies such as scoliosis, which may rarely lead to the wrong choice of scan plane. A potential limit of our study is related to our decision not to use an automatic technique for evaluating scan delay. In addition, the technique cannot be recommended for patients with hypervascular pancreatic tumours, who will necessitate a double study involving an arterial phase 20–25 s after IV administration of the contrast agent, followed by a second acquisition in the portal phase.

Conclusions

In conclusion, the results of this study show that in diagnosis and evaluation of disease resectability in patients with suspected pancreatic tumour, the single-phase technique performed with a single scan in the caudocranial direction may be a valuable alternative to the conventional dual-phase technique when multislice spiral CT is used.

Acknowledgments The authors thank G. Piscopo, G. Santoro, and R. Telesco for their valuable technical assistance, which made this study possible.

po necessario a raggiungere il picco di impregnazione sono direttamente correlati alla velocità di iniezione del mezzo di contrasto. Infatti, se utilizziamo una velocità di iniezione di 2,5 ml/s, il picco di impregnazione del parenchima pancreatico (65 UH) verrà raggiunto a 69 s; laddove, utilizzando una velocità di iniezione di 5 ml/s, il picco di impregnazione di 84 UH verrà raggiunto in 43 s. Utilizzando la formula suggerita da Tublin et al. nel nostro studio, ad una velocità di iniezione di 3 ml/s il picco di impregnazione del parenchima pancreatico è stato raggiunto in 60 s. Inoltre, in accordo con i risultati di Kim et al. [20] i risultati del nostro studio confermano che il grado di impregnazione del parenchima pancreatico è direttamente correlato con il volume e la velocità di iniezione utilizzati. Come dimostrato nel presente lavoro un elevato grado di impregnazione del parenchima pancreatico è stato ottenuto utilizzando un volume di 150 ml con una velocità di iniezione di 3 ml/s; ciò ha permesso di ottenere un elevato rapporto tumore-tessuto pancreatico normale ed il massimo grado di impregnazione dei vasi arteriosi e venosi peri-pancreatici.

Limite di tale tecnica è rappresentato dalle possibili varianti morfologiche del pancreas o da anomalie come la scoliosi che, sebbene raramente, possono determinare un errore nella scelta del piano di scansione. Altro potenziale limite di tale studio è legato al fatto che non abbiamo utilizzato una tecnica automatica nella valutazione del ritardo dell'inizio dello studio dalla somministrazione del mezzo di contrasto iodato endovena. Inoltre, tale tecnica, certamente non può essere raccomandata nei pazienti con tumori ipervascolari del pancreas per i quali sarà necessario un doppio studio caratterizzato da una prima fase arteriosa a 20–25 s dalla somministrazione del mezzo di contrasto endovena seguito da una seconda acquisizione in fase portale.

Conclusioni

In conclusione, i risultati di questo studio dimostrano che nella diagnosi e nella valutazione di resecabilità di malattia dei pazienti con sospetto di tumore pancreatico, la tecnica mono-fasica eseguita con una singola acquisizione in senso caudo-craniale può rappresentare una valida alternativa alla tecnica convenzionale bi-fasica quando si lavora con TC spirale multistrato.

Ringraziamenti Gli autori ringraziano G. Piscopo, G. Santoro, R. Telesco per la loro preziosa assistenza tecnica che ha reso possibile questo studio.

References/Bibliografia

1. Ries LAG, Kosary CL, Hankey BF et al (1999) SERR cancer statistics review, 1973-1996. National Cancer Institute, Bethesda, Md
2. O'Malley ME, Boland GW, Wood BJ et al (1999) Adenocarcinoma of the head of the pancreas: determination of surgical unresectability with thin-section pancreatic-phase helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 173:1513-1518
3. American Cancer Society (1998) Cancer facts and figures. American Cancer Society, Atlanta
4. Choi BI, Chung MJ, Han JK, Yoon YB (1997) Detection of pancreatic adenocarcinoma: relative value of arterial and late phases of spiral CT. *Abdom Imaging* 22:199-203
5. Lu DS, Vedantham S, Krasny RM et al (1996) Two phase helical CT for pancreatic tumors: pancreatic versus hepatic phase enhancement of tumor, pancreas and vascular structures. *Radiology* 199:697-701
6. Diehl SJ, Lehmann KJ, Sadick M et al (1998) Pancreatic cancer: value of dual-phase helical CT in assessing resectability. *Radiology* 206:373-378
7. Keogan MT, McDermott VG, Paulson EK et al (1997) Pancreatic malignancy: effect of dual phase in tumor detection and vascular opacification. *Radiology* 205:513-518
8. McNulty NJ, Francis IR, Platt JF et al (2001) Multi-detector row helical CT of the pancreas: effect of contrast enhanced multiphase imaging on enhancement of the pancreas, peripancreatic vasculature, and pancreatic adenocarcinoma. *Radiology* 220:97-102
9. Fletcher JG, Wiersema MJ, Farrell MA et al (2003) Pancreatic malignancy: value of arterial, pancreatic, and hepatic phase imaging with multi-detector row CT. *Radiology* 229:81-90
10. Prokesch RW, Chow LC, Beaulieu CF et al (2002) Local staging of pancreatic carcinoma with multi-detector row CT: use of curved planar reformations-initial experience. *Radiology* 225:759-765
11. Graf O, Boland GW, Warshaw AL et al (1997) Arterial versus portal venous helical CT for revealing pancreatic adenocarcinoma: conspicuity of tumor and critical vascular anatomy. *AJR Am J Roentgenol* 169:119-123
12. Zeman RK, Cooper C, Zeiberg AS et al (1997) TNM staging of pancreatic carcinoma using helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 169:459-464
13. Tabuchi T, Itoh K, Ohshio G et al (1999) Tumor staging of pancreatic adenocarcinoma using early and late phase helical CT. *AJR Am J Roentgenol* 173:375-380
14. 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
15. Metz CE (1978) Basic principles of ROC analysis. *Semin Nucl Med* 8:283-298
16. Metz CE (1989) Some practical issues of experimental design and data analysis in radiological ROC studies. *Invest Radiol* 24:34-245
17. Armitage P, Berry G (1994) *Statistical Methods in Medical Research*. Blackfill Scientific Publication Limited, Oxford
18. Megibow AJ (1992) Pancreatic adenocarcinoma: designing the examination to evaluate the clinical questions. *Radiology* 183:297-303
19. Tublin ME, Tessler FN, Cheng SL et al (1999) Effect of injection rate of contrast medium on pancreatic and hepatic helical CT. *Radiology* 210:97-101
20. Kim T, Murakami T, Takahashi S et al (1999) Pancreatic CT imaging: effects of different injection rates and doses of contrast material. *Radiology* 212:219-225