

肝腫瘍に対する三相性CT —造影剤量, 注入プログラム, 検出能について—

清水 雅史 新武 慶興 三崎 敏正 山本 和宏 田中 康敬
西垣 洋 上杉 康夫 松井 律夫 末吉 公三 河合 武司 植林 勇

大阪医科大学放射線医学教室

Three-phase Dynamic Helical CT for Hepatocellular Carcinoma: Optimal scanning protocol

Tadafumi Shimizu, Keikou Aratake, Toshimasa Misaki, Kazuhiro Yamamoto, Yasunori Tanaka, Hiroshi Nishigaki, Yasuo Uesugi, Ritsuo Matsui, Kozo Sueyoshi, Takeshi Kawai and Isamu Narabayashi

To assess the optimal scanning protocol for three-phase dynamic helical CT, 20 patients were examined according to the following 4 methods (5 cases each): (1) 100 ml Iopamidol (300 mgI/ml), at a rate of 2 ml/sec; (2) 120 ml, 3 ml/sec; (3) 150 ml, 3 ml/sec; (4) biphasic method, initial 100 ml, 3.3 ml/sec; remaining 50 ml, 1.6 ml/sec. Assessment of the time-density curve of the aorta, and the liver parenchyma, indicated that protocol (4) was superior to the others. Using protocol (4), 32 patients (62 nodules) with hepatocellular carcinoma underwent three-phase scanning, consisting of early, late, and delayed phases. Out of 61 nodules, 43 nodules were detected as high density areas in the early phase, 7 nodules as low density areas only in the late phase, and 3 nodules as low density areas only in the delayed phase. Compared with MRI, three-phase dynamic helical CT demonstrated numerous nodules, especially those less than 10 mm in diameter, and, therefore, was useful for the detection of hepatocellular carcinoma.

Research Code No.: 519.1

Key words: Helical CT, Dynamic CT, Hepatocellular carcinoma, Contrast material

Received Sep. 1, 1995; revision accepted Mar. 19, 1996
Department of Radiology, Osaka Medical College

はじめに

上腹部にヘリカルCTが臨床応用され, 比較的短時間に全肝のスキャンが可能となったことから, ヘリカルCTを用いた全肝dynamic CTが施行され, 肝腫瘍に対する有用性が報告されている^{1)~5)}. これらはいずれも, ヘリカルCTを動脈優位相と門脈優位相あるいは平衡相に2回施行する二相性CTである. われわれの施設でも肝腫瘍に対する二相性CT(早期相, 後期相)を施行し有用性の報告を行ってきたが^{6), 7)}, 今回は, さらに遅延相を追加した三相性CTを施行し, 至適造影剤量, 注入プログラム, 病巣の検出能について検討したので報告する.

対象および方法

1. 撮像方法

CT装置は東芝社製Xforceを用い, ヘリカルCTは, 1回転1.5秒, X線ビーム幅5mm, テーブル移動速度5-7mm, 120kVp, 150mA, スキャン時間は30秒で施行した. 補間再構成アルゴリズムは360°補間法を用い, 画像再構成間隔は4mmピッチとした. incremental CTは, スライス厚10mm, 1回呼吸停止7.5秒で3スライスをスキャンした. スキャン時間は, 1分20秒(計12スライス)から2分(計18スライス)であった.

三相性CTは, 造影剤注入開始30秒後早期相(ヘリカルCT), 90秒後後期相(ヘリカルCT), 5分後遅延相(incrementalまたはヘリカルCT)のプロトコルで施行した(Fig.1).

2. 検討方法

1) 造影剤量

造影剤は300mgI/ml, Iopamidolを用い, 造影剤量を100ml, 120ml, 150mlとした各5例について三相性CTを施行した. 各群の平均体重±S.D.は, 51±1.41kg, 53.8±4.14kg, 56±3.08kgで群間に有意差は認めなかった(Student's t-test). 造影剤注入速度とスキャンタイミング(早期相, 後期相, 遅延相)は, 100mlでは2ml/secで40秒, 100

秒、5分後にスキャンし、120mlでは3ml/secで35秒、95秒、5分後にスキャンし、150mlでは3ml/secで30秒、90秒、5分後にスキャンした。大動脈と肝にROIを設定し単純CTとのCT値の差をenhancement unitsとして比較した。

2) 注入方法

注入方法は、300mgI/ml, Iopamidol計150ml全量を3ml/secで注入する単相性注入(注入時間50秒)と、最初に100mlを3.3ml/secで注入し、残り50mlを1.6ml/secで注入する二相性注入(注入時間60秒)の各5例について三相性CTを施行し、大動脈と肝にROIを設定し単純CTとのCT値の差をenhancement unitsとして比較した。各群の平均体重±S.D.は、56±3.08kg, 55.2±3.34kgで群間に有意差は認めなかった

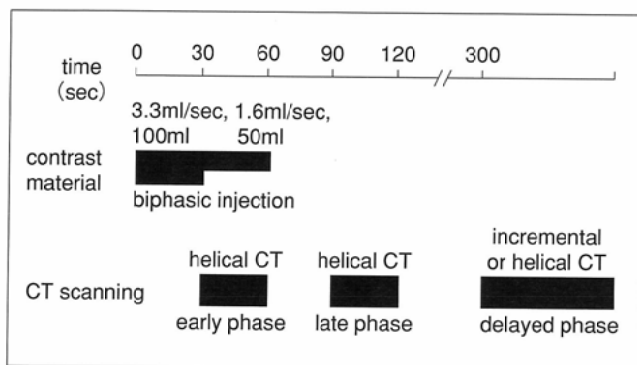


Fig.1 Biphasic protocol for three-phase CT

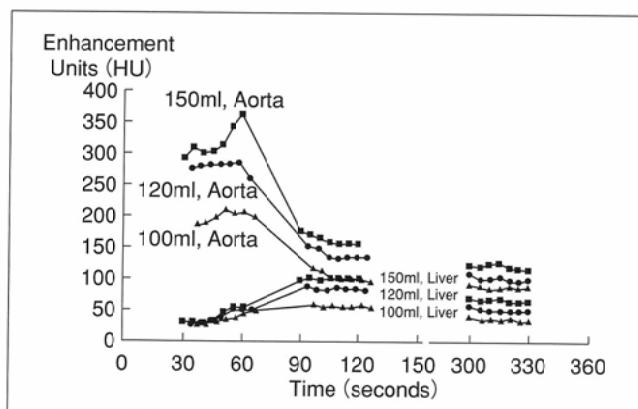


Fig.2 Aortic and hepatic time density curves for 100, 120, and 150 ml of 300 mgI/ml contrast material.

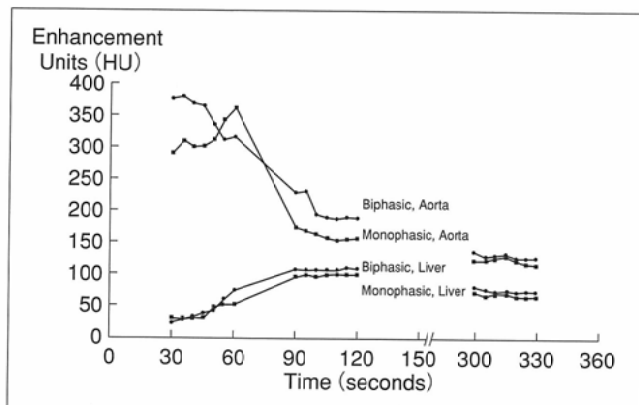


Fig.3 Aortic and hepatic time density curves for mono- and biphasic injection protocol.

(Student's t-test).

三相性CTは、造影剤注入開始30秒後早期相、90秒後後期相、5分後遅延相のプロトコルで施行した。

3) 病巣の検出能

病巣の検出能は、肝癌32例(62結節)について検出能を検討した。その内20例(36結節)については、MRI(T1WI, T2WI, プロトン密度像)と検出能を比較した。DSAにおける濃染像あるいはlipiodol CTによるlipiodol集積により結節ありと判定した。娘結節が多発するものについては、最大5結節までとした。

結 果

1. 造影剤量

各造影剤量について早期相、後期相および遅延相の大動脈と肝のenhancement unitsの各5例の平均値をプロットしたグラフである(Fig.2)。150ml, 120ml, 100mlの順に高値を示した。早期相では、大動脈で100mlよりも150mlが高値を示した($P < 0.005$)。後期相では、大動脈で100mlよりも150mlが高値を示した($P < 0.05$)、肝で100mlよりも150ml($P < 0.05$)、120ml($P < 0.1$)が高値であった。150mlと120mlの間には有意差は見られなかった。遅延相では、3群間に有意差を認めなかった。

2. 注入方法

単相性注入と二相性注入について、早期相、後期相および遅延相の大動脈と肝のenhancement unitsの各5例の平均値をプロットしたグラフである(Fig.3)。ピーク値に有意差はなく、後期相で二相性注入が単相性注入よりも高値であったが、有意差は認めなかった。遅延相では、ほぼ同様の値を示した。

3. 病巣の検出能

肝癌61結節の描出パターンをTable 1に示す。早期相で高濃度域を示すものが43結節(70%)と最も多く、後期相で高濃度域を示すものは5結節であった。早期相の高濃度域でのみ描出されるものは18結節で、そのうち9結節は10mm未満の小結節であった。後期相で低濃度域として初めて検出されたものは7結節(11%)、遅延相で低濃度域として初めて検出されたものは3結節(5%)であった。現在、二相性CTは、早期相と後期相を撮像することが多いことから、早期相と後期相を合わせたものを二相性CTとすれば、三相目の遅延相を加えることにより3結節の検出が可能となった。

ほぼ同時期にMRIが施行された肝癌20例(36結節)で検出能を比較すると、三相性CTでのみ描出されたものが11結節、MRIでのみ描出されたものが1結節で三相性CTが優れていた(Table 2)。

症例を示す。

67歳女性肝癌例で、S₈の主腫瘍は後期相、遅延相でlow density areaとして描出され、2個のdaughter noduleは早期相でのみhigh density areaとして同定可能である(Fig.4)。

Table 1 Enhancement pattern of liver tumors

pattern			diameter (mm)				total
early	late	delay	< 10	10 ≤ < 20	20 ≤ < 30	30 ≤	
high	high	iso			1		1
high	high	low				4	4
high	iso	iso	9	4	2	3	18
high	iso	low	3	3		2	8
high	low	low	3	2	5	2	12
iso	iso	low		2	1		3
iso	low	low	4		3		7
low	low	low	1	7			8
total			20	18	12	11	61

考 察

肝癌には富血管性を示すいわゆる古典的肝癌と乏血管性を示す高分化肝癌が存在する^{2), 5)}。CTで肝癌を検出するには、肝臓と腫瘍との間にCT値の差が生じることが必要であり、肝癌の診断には、dynamic CTが有用であることが知られている⁸⁾。

dynamic CTの知見では、造影剤の注入後約20秒で肝臓は肝動脈優位相となり、次に門脈優位相を経て、約60秒後に平衡相に至る⁸⁾。この間に肝臓と腫瘍との間にCT値の差が生じれば腫瘍は検出され、腫瘍の血行動態をある程度把握することができる。富血管性腫瘍は肝動脈優位相で高濃度域として描出され、乏血管性腫瘍は門脈優位相から平衡相のいずれかの血管相で低濃度域として描出されれば検出可能となる。

従来のdynamic CTは1スライスのためのスキニングであり、その後incremental CT、ヘリカルCTの臨床応用により全肝dynamic CTが施行されるようになった。全肝のスキニングにはincremental CTでは40-50秒、ヘリカルCTでは20-30秒を要することや管球容量による制約のため頻回の全肝スキニングは困難で、肝動脈優位相と門脈優位相あるいは平衡相に2回全肝スキニングを施行する二相性CTが施行されてきた¹⁾⁻⁵⁾。

造影剤量、注入プログラム、スキニングタイミングについての種々の報告⁹⁾⁻¹²⁾から、肝動脈優位相、門脈優位相および平衡相の三相性CTを施行するためには、一相目で肝動脈の濃度を高濃度

Table 2 Detectability of liver tumors on three-phase CT and MRI

	diameter (mm)				total
	< 10	10 ≤ < 20	20 ≤ < 30	30 ≤	
CT and MRI	4	9	6	5	24
CT	8	3			11
MRI		1			1
total	12	13	6	5	36

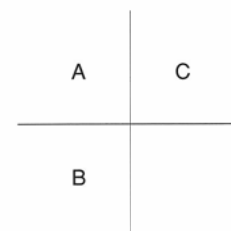
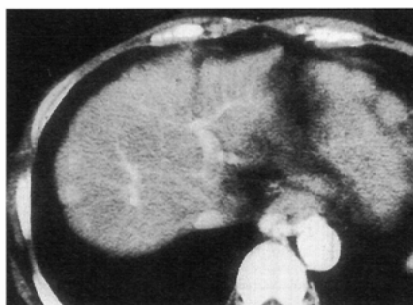


Fig.4 67-year-old woman with hepatocellular carcinoma.

(A) Early phase CT image shows clearly two hyperdense daughter nodules.

(B) Late phase CT image shows a hypodense lesion in S₈ of the liver.

(C) Delayed CT image shows a hypodense lesion in S₈ of the liver, too.

に上昇させることと、二相目を平衡相迄に撮像することが必要である。すなわち、造影剤を急速注入しかつ平衡相開始時間を遅らせれば良いことになる。dynamic CTでの time density curve の研究から、造影剤の注入時間の延長により平衡相開始時間が延長することが知られており^{9), 10)}、造影剤の急速注入が必要であることと相反する条件になる。そこで、われわれは、造影剤の総量を150mlに増量し、最初に100mlを3.3ml/secで急速注入することにより肝動脈の造影ピーク値を増大させ、残り50mlを1.6ml/secで注入する二相性注入(注入時間60秒)により平衡相開始時間を遅らせる注入プログラムを設定した。造影剤注入開始30秒後早期相(ヘリカルCT)、90秒後後期相(ヘリカルCT)、5分後遅延相(incrementalまたはヘリカルCT)のプロトコルで三相性CTの撮像が可能であった。

肝癌の造影パターンについては、早期相の高濃度域でのみ描出されるものは18結節であったが、後期相で初めて検出されたものは7結節(11%)、遅延相で初めて検出されたものは3結節(5%)であった。早期相と後期相を合わせたものを二相性CTとすれば、三相目の遅延相を加えることにより3結節の検出が可能となっており、従来の二相性CTよりも検出能が向上したものと考えられる。組織(分化度)と造影効果について、内田らは、高分化なもので早期相で造影効果が認められるものは55%で10mm以下では33%であったと報告している⁵⁾。これらの乏血管性腫瘍あるいは早期相でタイミングが合わず等濃度域となった腫瘍が後期相あるいは遅延相で低濃度域となれば検出可能となる。

MRIとの検出能の比較について、われわれがすでに報告した超常磁性酸化鉄(AMI-25)造影MRIと二相性造影ヘリカルCTとの描出能の比較検討では、AMI-25造影MRIが最も優れており、造影前MRIよりも二相性造影ヘリカルCTが優れるという結果であった⁶⁾。今回の検討は造影前MRIとの比較のみであるが、三相性CTでのみ描出されたものが11結節、MRIでのみ描出されたものが1結節と三相性CTが優れており前回と同様の結果であった。

ま と め

1. 造影剤量と注入プログラムの検討を行い、300mgI/ml非イオン性造影剤の量は計150ml、注入方法は先ず3.3ml/secで100ml注入し次に1.6ml/secで50ml注入する二相性注入で、30秒後早期相(ヘリカルCT)、90秒後遅延相(ヘリカルCT)、5分後後期相(incrementalまたはヘリカルCT)の三相性CTを32例(62結節)に施行した。
 3. 肝癌の描出パターンは、早期相で高濃度域を示すものが43結節(70%)と最も多く、早期相でのみ描出されるものは18結節であったが、後期相で初めて検出されたものは7結節(11%)、遅延相で初めて検出されたものは3結節(5%)あり、従来の二相性CTよりも検出能が向上した。
 4. 三相性CTは肝癌の検出能において、SE法MRIよりも優れていた。
- 以上より、三相性CTは肝癌の検出および診断に有用な検査法であると考えられた。

なお、本論文の要旨は、第246回日本医学放射線学会関西地方会で発表した。

文 献

- 1) Ohashi I, Hanafusa K, Yoshida T: Small hepatocellular carcinoma: Two-phase dynamic incremental CT in detection and evaluation. *Radiology* 189: 851-855, 1993
- 2) 大橋 勇, 伊奈宏泰, 花房 薫: 肝癌の早期発見のための二相性CT. *臨床放射線* 39: 997-1003, 1994
- 3) 松田裕道, 阿部公彦, Freeny PC: 肝悪性腫瘍検出における double helical CTの有用性. *臨床放射線* 40: 435-441, 1995
- 4) 金 東石, 大井博道, 村上卓道, 他: Hypervascularな小肝細胞癌のSpiral CTによるDynamic CT. *日本医放会誌* 55: 296-299, 1995
- 5) 内田政史, 隈部 力, 上田裕之, 他: 小型肝細胞癌の全肝 dynamic CT 形態, 造影効果, 組織(分化度)についての検討. *臨床放射線* 40: 539-544, 1995
- 6) 山本和宏, 清水雅史, 平石久美子, 他: 肝腫瘍の超常磁性酸化鉄(AMI-25)造影MR Imagingと造影ヘリカルCTの検討. *日本医放会誌* 55: 1-6, 1995
- 7) 清水雅史, 新武慶興, 上杉康夫, 他: 腹部血管の造影ヘリカルCTによる三次元立体表示. *日本医放会誌* 14: 946-951, 1995
- 8) Foley WD: Dynamic hepatic CT. *Radiology* 170: 617-622, 1989
- 9) Heiken JP, Brink JA, McClennan BL, et al: Dynamic contrast-enhanced CT of the liver: Comparison of contrast medium injection rates and uniphasic and biphasic injection protocols. *Radiology* 187: 327-331, 1993
- 10) Foley WD, Hoffmann RG, Quiroz FA, et al: Hepatic helical CT: Contrast material injection protocol. *Radiology* 192: 367-371, 1994
- 11) Herts BR, Paushter DM, Einstein DM, et al: Use of contrast material for spiral CT of the abdomen: Comparison of hepatic enhancement and vascular attenuation for three different contrast media at two different delay times. *AJR* 164: 327-331, 1995
- 12) Berland LL: Slip-ling and conventional dynamic hepatic CT: Contrast material and timing considerations. *Radiology* 195: 1-8, 1995