



Title	経静脈性helical CTによる肝内門脈, 肝静脈の三次元表示-MIP画像による至適造影剂量の検討-
Author(s)	内田, 政史; 品川, 正治; 境, 文孝 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2000, 60(1), p. 18-22
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15152
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

経靜脈性helical CTによる肝内門脈、肝静脈の三次元表示 -MIP画像による至適造影剂量の検討-

内田 政史 品川 正治 境 文孝
鬼塚 昌彦 西村 浩 早渕 尚文

久留米大学医学部放射線医学教室

Three-dimensional Imaging of Hepatic and Intrahepatic Portal Veins with Helical CT: Determination of optimal volume of contrast medium by intravenous injection using MIP technique

Masafumi Uchida, Masaharu Shinagawa,
Humitaka Sakai, Yoshihiko Onizuka,
Hiroshi Nishimura, and Naofumi Hayabuchi

In this study, the optimal volume of contrast medium in the liver for three-dimensional(3D) imaging of the hepatic and portal veins by helical CT were determined by intravenous injection using the MIP technique. In the 48 cases examined, CT images of the liver were obtained following the administration of contrast medium (90, 120, or 150 ml and $1.0 < a \leq 1.5$ ml; $1.5 < a \leq 2.0$ ml; $2.0 < a \leq 2.5$ ml or $2.5 < a \leq 3.0$ ml/kg) for determination of the optimal volume. The mean body weight of the patients was 59 kg. Contrast medium (Iopamidol 300 mg/ml) was injected at a rate of 3 ml/sec, and scanning was initiated 70 sec after the beginning of injection. Images were obtained throughout the entire liver using 5-mm collimation. MIP images were graded from poor to excellent based on their visualization of the hepatic vessels. Images produced with 120 ml of contrast medium presented excellent images of hepatic vessels, superior to those produced with 90 ml (hepatic vein: $p < .001$, portal vein: $p < .001$). Images produced with $2.0 < a \leq 2.5$ ml/kg of contrast medium presented excellent images of the portal vein, superior to those produced with $1.5 < a \leq 2.0$ ml/kg ($p < 0.05$). It is evident from the present data that a contrast medium volume of more than 120 ml or $2.0 < a \leq 2.5$ ml/kg is sufficient for three-dimensional imaging of hepatic vessels. These images may be a useful diagnostic tool in patients with hepatic disease.

Research Code No.: 514.1

Key words: CT, MIP, 3D, Liver

Received May 24, 1999; revision accepted Aug. 31, 1999

Department of Radiology, Kurume University School of Medicine

はじめに

近年、CTはhelical scanが広く用いられるようになり、撮影時間も1スキャンが1秒以下の0.8秒、0.75秒あるいは最近では0.5秒やそれ以下でも可能となってきている。このため、1回の呼吸停止下に短時間で肝臓全体のthin sliceの撮影が可能である。また、三次元処理をはじめとする画像処理ソフトの性能が進歩し、容易に三次元画像の作成が可能となり、臨床面で応用されている。そこで今回、helical scanを用い経靜脈性に造影剤を投与して肝臓の撮影を施行し、得られた連続データから肝内血管である門脈および肝静脈をmaximum intensity projection(以下、MIP)による三次元画像の作成を行い、肝内血管造影能の至適造影剂量についての検討を行ったので報告する。

対象と方法

対象は肝臓のCT検査を施行した心機能、腎機能に異常がないと臨床的に考えられた48例である。なお、慢性肝疾患者は除外している。無作為に造影剤量90, 120, 150mlの3群に16例ずつ分類した。各群の平均体重は90ml群が 59.34 ± 8.44 kg, 120ml群 59.46 ± 4.45 kgで、150ml群が 58.35 ± 7.49 kgであり、これらに有意差は認めなかった。また体重当たりの造影剤量(以下、a)にも換算して $1.0 < a \leq 1.5$ ml/kg ($n = 9$), $1.5 < a \leq 2.0$ ml/kg ($n = 13$), $2.0 < a \leq 2.5$ ml/kg ($n = 19$), $2.5 < a \leq 3.0$ ml/kg ($n = 7$)の4群にも分類して検討した。

CTはGE横河メディカル製ProSeed SAを用い、管電圧120kVp, 管電流160~200mA, X線ビーム幅5mm, テーブル移動5mm/0.8秒で、1スキャンを0.8秒の条件で撮影した。造影剤は非イオン性ヨード造影剤(Iopamidol 300mgI/ml)を3ml/秒の条件で前腕の静脈より注入し、70秒後より肝下縁から上縁方向に1回の呼吸停止下に撮影を行った。なお、全例自動注入器(根本杏林堂製オートエンハンスA-50)を用い、37°Cに設定された造影剤専用インキュベータで加温して使用した。得られたデータは2mmに再構成して、Workstation(Advantage Windows)へ転送し、MIP法を用い

Table 1 Comparison of image quality for each volume

Image quality	Volume of contrast medium					
	90 ml		120 ml		150 ml	
	HV	PV	HV	PV	HV	PV
Excellent	1	7	9	14	14	14
Good	7	8	6	2	2	2
Fair	8	1	1	0	0	0
Poor	0	0	0	0	0	0

Table 2 Comparison of image quality for each volume per weight (kg/ml)

Image quality	Volume of contrast medium per weight (kg/ml)							
	1.0 < a ≤ 1.5 (n = 9)		1.5 < a ≤ 2.0 (n = 13)		2.0 < a ≤ 2.5 (n = 19)		2.5 < a ≤ 3.0 (n = 7)	
	HV	PV	HV	PV	HV	PV	HV	PV
Excellent	0	3	5	8	13	18	6	6
Good	4	5	5	5	5	1	1	1
Fair	5	1	3	0	1	0	0	0
Poor	0	0	0	0	0	0	0	0

て肝内門脈と肝静脈の三次元画像の作成を行った。作成した画像の評価は盲検法で 2 人の放射線科専門医の合議のうえ、全く血管の同定不能なものを poor, 一次分枝までを fair, 二次分枝までを good, 三次分枝以上の同定可能なものを excellentとして行った。モニター上で任意方向に回転させながら評価している。なお、今回の検討では造影効果の差や腫瘍などの存在により肝区域で評価が異なる場合には、最もよく描出されている区域の評価を優先した。検定は変量をノンパラメトリックとして扱い、まず Kruskal-Wallis testを使って、各群における画像評価を検定し、続いて Mann-Whitney U testにておのおの 2 群間の分布に有意差があるかどうかを求めた。p < 0.05 を有意基準として有意差を判定した。

結果

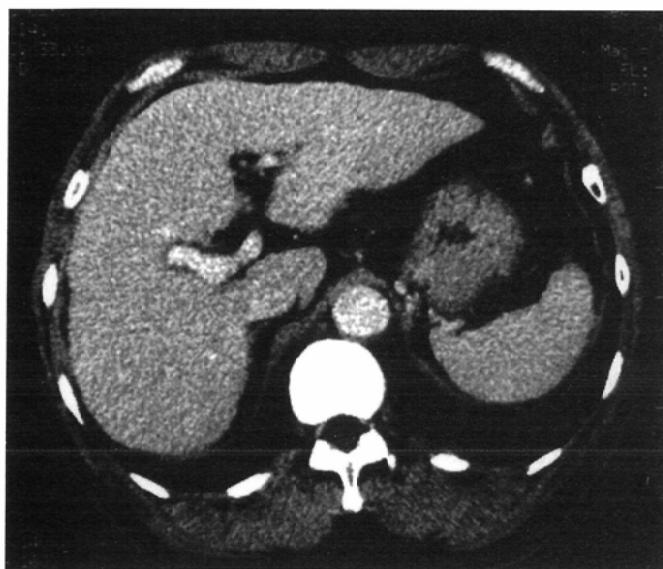
造影剂量別の評価を Table 1 に示している。90ml群で肝静脈において good 以上が得られたのは 50% (8/16) であり、門脈では 94% (15/16), 120ml群では good 以上は肝静脈で 94% (15/16), 門脈では 100% (16/16) であり、150ml群ではいずれも 100% (16/16) であった。Kruskal-Wallis testにて各群の分布は有意に差 (p < 0.001) があり、Mann-Whitney U testでは 120ml群は 90ml群と比較して肝静脈、門脈ともに有意に評価は高かった (p < 0.001)。120ml群と 150ml群では肝静脈では 150ml群が評価は高かった (p < 0.05) が、門脈では有意差は認められなかった。Table 2 には体重当たりの評価を示しているが、2.0 < a ≤ 2.5ml/kg群で good 以上の評価は肝静脈 95% (18/19), 門脈 100% (19/19) が得られていた。Kruskal-Wallis testにて各群の分布は有意に差 (p < 0.001) があり、

Mann-Whitney U testでは 1.5 < a ≤ 2.0ml/kg群との比較では、門脈は 2.0 < a ≤ 2.5ml/kg群が評価は高かった (p < 0.05) が、肝静脈では有意差は認められなかった。1.0 < a ≤ 1.5ml/kg群とは肝静脈、門脈とも有意に評価は高かった (p < 0.01)。しかし 2.5 < a ≤ 3.0ml/kg とは有意差はなく、評価は同等であった。Fig. 1～3 に造影剤 90, 120, 150ml 使用時の代表的 MIP 画像を呈示している。

考 察

肝静脈、肝内門脈の三次元画像は 1991 年に Soyer らが最初に報告しており¹⁾、それ以後多くの報告がみられ、臨床的な有用性が述べられている^{2)～5)}。しかし肝静脈、門脈の三次元画像表示の多くは、門脈造影下 CT (CT arterial portography : 以下、CTAP) などの経動脈性造影剤投与によって得られたデータから作成されおり、CT と血管撮影装置が一体化していない場合には、患者を移動させねばならず、衛生面や侵襲性が問題となる。

今回われわれは、経静脈性造影剤投与による門脈と肝静脈の血管造影能を MIP 画像で評価した。これは MIP 画像は様々な三次元画像表示法のなかでは、ほとんどの helical CT 機に付属するソフトで作成可能な画像であるためである。作成も容易であり、閾値による影響を受けずに明瞭な画像が得られる。しかし静止画像では深さを表現することができず²⁾、また脈管の重なった部位の評価が困難となることがあり、正確な診断にはモニター上で多方向からの回転表示が必要であった。今回の MIP 画像評価において、有意差検定で 120ml 群と 150ml 群において肝静脈で 150ml 群が評価は高かったが、これは excellent の評価が 150ml 群が多かったため



(A)

Fig. 1 Patient received 90 ml(1.48 ml/kg) of contrast medium.

A: Two-dimensional(2D) CT.

B: Three-dimensional image obtained using MIP technique(frontal view).

Helical CT image of the liver shows poorly enhanced vessels. MIP image of the hepatic vein and intrahepatic portal vein were fair.



(B)



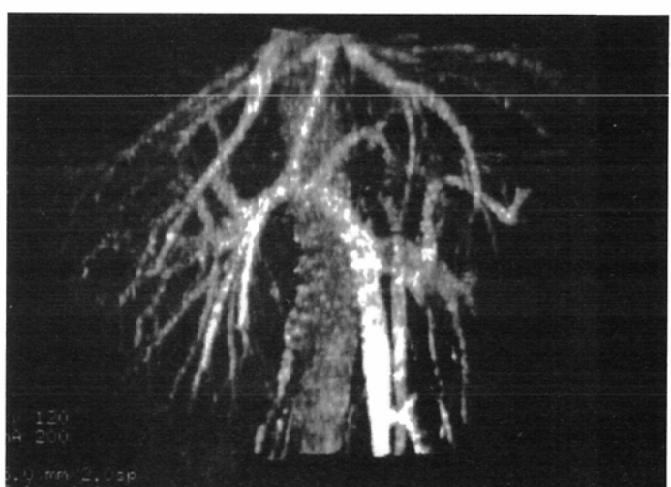
(A)

Fig. 2 Patient received 120 ml(2.14 ml/kg) of contrast medium.

A: Two-dimensional(2D) CT.

B: Three-dimensional image obtained using the MIP technique(frontal view).

Helical CT image of the liver shows well-enhanced vessels. MIP image of the hepatic vein and intrahepatic portal vein were excellent.



(B)

と考えられ、二次分岐以上描出可能なもの、すなわちgood-excellentの評価は120ml群で94% (15/16)、150ml群で100% (16/16)であり、ほぼ同等と考えられた。また体重当たりの量では $2.0 < a \leq 2.5\text{ml/kg}$ 群は $1.5 < a \leq 2.0\text{ml/kg}$ 群との比較で、肝静脈で有意差は認められなかった。しかしgood-excellentの評価は $1.5 < a \leq 2.0\text{ml/kg}$ 群で77% (10/13)に対し、 $2.0 < a \leq 2.5\text{ml/kg}$ では95% (18/19)であり、またfairと判定された症例が $2.0 < a \leq 2.5\text{ml/kg}$ 群が1例のみであるのに対し、 $1.5 < a \leq 2.0\text{ml/kg}$ 群では3例認められていた。以上の

結果より、経静脈性造影剤投与による肝内血管造影能において、MIPで二次分岐以上描出可能なもの、すなわちgood-excellentの評価を得るのには、造影剤量を120ml以上、または体重当たりでは $2.0 < a \leq 2.5\text{ml/kg}$ 以上使用することによって大部分の症例で可能であると考えた。実際に使用する場合は体重が今回の平均値に近い場合には120mlで使用し、平均体重より軽い、または重い症例では体重当たりでの使用法が適しているのではないかと思われた。

MIP画像にて肝内血管を三次元表示することにより、血管

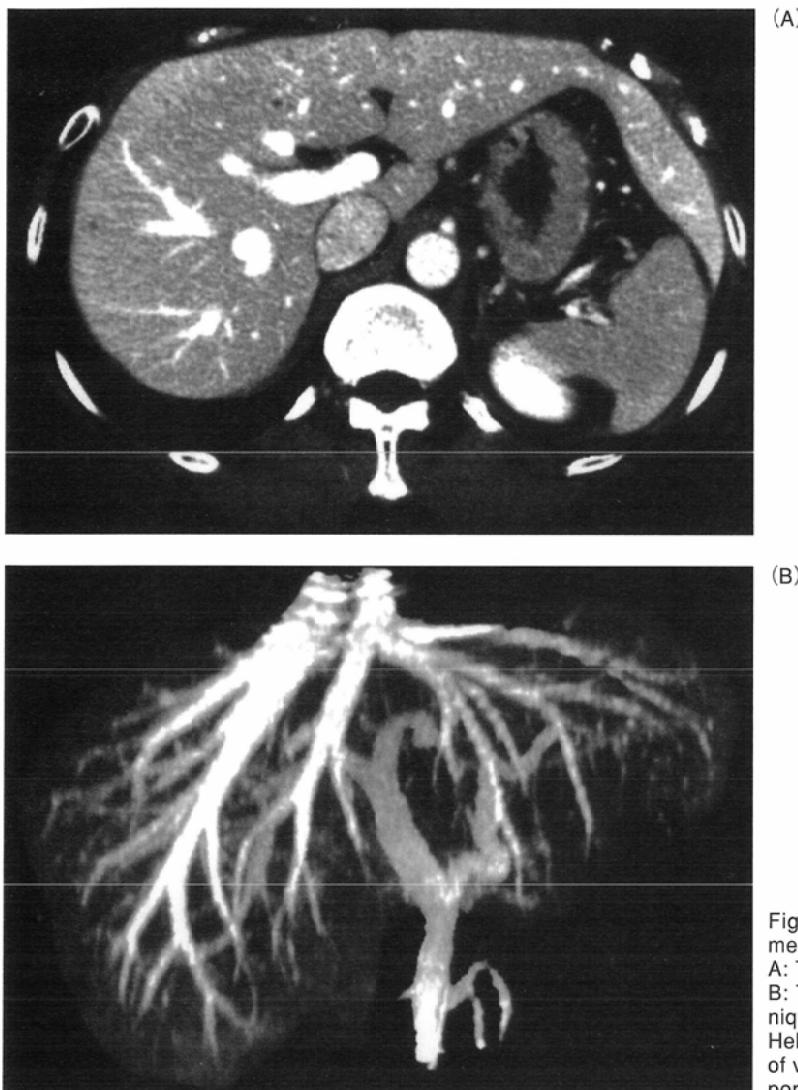


Fig. 3 Patient received 150 ml (2.59 ml/kg) of contrast medium.
 A: Two-dimensional (2D) CT.
 B: Three-dimensional image obtained using the MIP technique (frontal view).
 Helical CT image of the liver shows excellent enhancement of vessels. MIP image of the hepatic vein and intrahepatic portal vein were excellent.

の走向、分岐形態の把握や腫瘍が存在する場合には存在部位と周囲血管との関係の理解は治療前の情報として有用である⁶⁾。ただ今回は肝内の血管造影能に差がある場合には、最も造影能の高い部位の評価を優先しているため、腫瘍が存在する場合など血管造影能が劣る区域が存在する場合には、造影剤量を増やすなどのさらなる工夫が必要と思われた。また、今回の対象では慢性肝疾患患者は除外している。これは特に肝硬変患者で側副血行路の発達などにより、肝内血流動態の変化を伴うことが予想されるためであり、慢性肝疾患患者例に関しては再度検討しなければならないと思われた。

今回の撮影は造影投与70秒後に肝下縁～上縁方向に行つたが、これは一般に造影剤を2～4ml/秒で投与する場合の門脈優位相であり^{7),8)}、最も門脈が強い造影効果を有する相である。さらに肝静脈の下大静脈への走向を考えて、肝下縁から上縁方向に撮影することによって、肝実質から肝静脈への還流によって十分な肝静脈の造影効果が期待できるも

のと考えられた^{9),10)}。

最近はMR angiography(以下、MRA)もtime-of-flight法やphase contrast法および造影剤を用いた3D-MRAが用いられるようになり、従来の方法に比べアーチファクトが少なく、短時間で血管造影に類似した画像が得られるようになってきている^{11),12)}。最近、門脈系の3D-MRAに関しても有用性が述べられている¹³⁾。放射線被曝がなく造影剤も少量で可能な3D-MRAは将来的にも有望な方法と思われるが、現時点では、CT-angiographyはアーチファクトの影響を受けにくく、特に石灰化や壁在血栓などの描出に優れており、またMIPだけでなくSSD(shaded surface display)法やVR(volume rendering)法での詳細な画像の作成に有用と思われる^{14),15)}。

近年、ワークステーションの機能の向上により、MIPだけでなくSSDやVRなどの三次元画像も容易に作成できるようになり、さまざまな部位で作成され応用されている。肝内血管の評価においてSSDやVR法では深さ、重なりに関する

情報を得やすく立体構造の把握は容易である。また実質臓器も明瞭に描出できるなどの利点がある。これに対してMIP画像は回転表示することによって、立体構造の把握は可能であり、また閾値の影響を受けずに容易に画像を作成できる利点がある²⁾。いずれの三次元画像においても肝臓領域の血管を三次元表示することにより、二次元表示された中の一部分を本来の連続した構造として描出することが可能である。すなわち肝静脈や門脈などの血管の本来の連続した走向が把握できる⁶⁾。今回の検討にて、適切な造影剤量を使用することにより経静脈性造影剤投与でも肝静脈、門脈二次～三次分枝までの描出は大部分の症例で可能であると考えられ、特に肝切除術において術前に必要な脈管の解剖を理解するに有用ではないかと考えられた^{5),16)}。

最近では1秒以下のスキャンに加えて、複数検出器を備えたマルチスライススキャンが可能な機種(マルチディテクタCT)も登場しており、実際の臨床に応用され始めて

いる。より高速に広い範囲の撮影が可能であり、肝臓領域においてもさらに短時間での撮影が可能で、造影剤使用量や撮影時間などが変更されてくる可能性もあり、また詳細な血管系の三次元画像も容易に得られるようになると考えられ、今後さらに検討していきたい。

ま と め

肝内血管(肝静脈、門脈)のMIP法による三次元画像作成には造影剤は120ml、または2～2.5ml/kg以上使用することにより二次分枝以上の良好な画像が得られ、肝臓内の血管走向の理解に有用な画像となると考えられた。

本研究の一部は第58回日本医学放射線学会総会(1999、東京)において発表した。

文 献

- 1) Soyer P, Roche A, Gad M, et al: Preoperative segmental localization of hepatic metastases: Utility of three-dimensional CT during arterial portography. Radiology 180: 653-658, 1991
- 2) Heath DG, Soyer PA, Kuszyk BS, et al: Three-dimensional spiral CT during arterial portography: Comparison of three rendering techniques. Radiographics 15: 1001-1011, 1995
- 3) Van Leeuwen MS, Noordzij J, Hennipman A, et al: Planning of liver surgery using three dimensional imaging techniques. Eur J Cancer 31: 1212-1215, 1995
- 4) Waggenspack GA, Tabb DR, Tiruchelvam V, et al: Three-dimensional localization of hepatic neoplasms with computer-generated scissurae recreated from axial CT and MR images. AJR 160: 307-309, 1993
- 5) Woodhouse CE, Ney DR, Sitzmann JV, et al: Helical computed tomographic arterial portography (SCTAP) with three-dimensional rendering for oncologic surgery planning. Invest Radiol 29: 1031-1037, 1994
- 6) 内田政史、西村 浩、早瀬尚文：3. 肝臓におけるCTアンギオの実際—肝三次元画像への応用—. INNERVISION 12 : 32-36, 1997
- 7) Mitsuaki K, Yamashita Y, Ogata I, et al: Multiple-phase helical CT of the liver for detecting small hepatomas in patients with liver cirrhosis: Contrast-injection protocol and optimal timing. AJR 167: 753-757, 1996
- 8) Heiken JP, Brink JA, McClellan BL, et al: Dynamic contrast-enhanced CT medium injection rates and uniphase and biphasic injection protocols. Radiology 187: 327-331, 1993
- 9) Uchida M, Abe T, Kojima K, et al: Three-dimensional imaging of the liver with helical scanning CT by intravenous injection of contrast material(abstr). Radiology 205: 721, 1997
- 10) Uchida M, Ishibashi M, Abe T, et al: Three-dimensional imaging of liver tumors using helical CT during intravenous injection of contrast medium. J Comput Assist Tomogr 23: 435-440, 1999
- 11) Lossef SV, Rajan SS, Patt RH, et al: Gadolinium-enhanced magnetic contrast MR angiography of popliteal and tibial arteries. Radiology 184: 349-355, 1992
- 12) Shetty AN, Shikhoda A, Bis KG, et al: Contrast-enhanced three-dimensional MR angiography in a signal breath-hold: A novel technique. AJR 165: 1290-1292, 1995
- 13) Yamashita Y, Mitsuzaki K, Miyazaki T, et al: Gadolinium-enhanced breath-hold 3D MR angiography of the portal vein: The value of MP-RAGE sequence. Radiology 201: 283-288, 1996
- 14) Soyer P, Heath D, Bluemke DA, et al: Three-dimensional helical CT of intrahepatic venous structures: Comparison of three rendering techniques. J Comput Assist Tomogr 20: 122-127, 1996
- 15) Johnson PT, Heath DG, Kuszyk BS, et al: CT angiography with volume rendering: Advantages and applications in splanchnic vascular imaging. Radiology 200: 564-568, 1996
- 16) Ou QJ and Hermann RE: Hepatic vein ligation and preservation of liver segments in major resections. Arch Surg 122: 1198-1200, 1987