



Title	高濃度造影剤通常量(100ml)投与と通常濃度造影剤多量(150ml)急速投与のtime-density-curveによる比較-MDCTにおける肝ダイナミックスタディーとCT Angiographyを想定して-
Author(s)	的場, 宗孝; 横田, 啓; 薮野, 喜剰 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2003, 63(3), p. 98-102
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/14735">https://hdl.handle.net/11094/14735</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

# 高濃度造影剤通常量(100ml)投与と通常濃度造影剤多量(150ml)急速投与のtime-density-curveによる比較

-MDCTにおける肝ダイナミックスタディーとCT Angiographyを想定して-

的場 宗孝 横田 啓 薮野 喜利 久我 元兆 利波 久雄 山本 達

金沢医科大学放射線医学教室

## Evaluation of Two Injection Protocols by Time-density Curves for Possible Application to Hepatic Dynamic and Upper Abdominal CT Angiography in MDCT: High concentration (350 mgI/ml) with conventional volume (100 ml) vs. conventional concentration (300 mgI/ml) with larger volume (150 ml) and higher injection rate

Munetaka Matoba, Hajime Yokota,  
Kiyoshige Yabuno, Genchiyo Kuga,  
Hisao Tinami, and Itaru Yamamoto

The purpose of this study was to compare two different injection protocols for possible application to hepatic dynamic CT and CT angiography of the upper abdomen. Single-level dynamic CT scans through the level of the porta hepatis were performed with an MDCT unit every 3 sec in 32 patients using protocol A (350 mgI/ml iodine contrast medium, total volume 100 ml, injection rate 3.0 ml/sec), and in 39 patients using protocol B (300 mgI/ml, 150 ml, 4.5 ml/sec). Injection duration was kept the same in the two protocols. Time-density curves of the abdominal aorta (Ao), liver (L), and portal vein (PV) were created and compared. Peak enhancements were significantly higher in protocol B than in protocol A, in all of Ao, L, and PV. Time to peak enhancement was shorter in protocol B than in protocol A, reaching statistical significance in Ao and PV, but not in L. The duration of the arterial phase was shorter in protocol B than in protocol A, but the difference was not statistically significant. Our data suggest the superiority of protocol B over protocol A, for possible application to hepatic dynamic CT and CT angiography of the upper abdomen in MDCT.

Research Code No.: 725.3

Key words: CT, Contrast media, Dynamic Imaging, Angiography

Received Sep. 3, 2002; revision accepted Jan. 10, 2003

Department of Radiology, Kanazawa Medical University

別刷請求先

〒920-0293 石川県河北郡内灘町大学1-1

金沢医科大学放射線医学教室

的場 宗孝

## はじめに

Multi detector row helical CT(MDCT)は、検出器の多列化により従来のsingle detector helical CT(SDCT)に比べて時間分解能が格段に向上したばかりでなく、体軸方向の空間分解能向上により精密な冠状断や矢状断などの多断面再構成および3D画像の作成も容易に可能となった。特に、肝細胞癌の検出に関しては、造影ダイナミックCTで一回の呼吸停止下にて早期および後期動脈相の撮像が可能となり肝細胞癌検出能の向上<sup>1)</sup>や、早期動脈相のデータをもとにIVRや手術前のmappingとしてのCT angiography作成の有用性も報告されている<sup>2)</sup>。一方、造影剤の投与方法においては、ヘリカルCTの登場以来、その利点を生かすべく造影剤の注入速度、造影剤量、造影剤濃度などの比較検討が多数報告され<sup>3)-10)</sup>、有効な造影剤の注入条件や撮像タイミングが検討されてきたが、SDCTからMDCTへと時間分解能の急速な改善を主としたヘリカルCTの進化について造影剤の投与方法も変更、見直しが必要と思われる。そこで、今回、われわれは造影剤の注入条件が異なった2種類の造影プロトコール、すなわち高濃度造影剤通常量投与群と通常濃度造影剤高容量投与群での大動脈、肝実質、門脈におけるtime-density-curve(TDC)を比較し、MDCTでの肝ダイナミックCTにおける肝腫瘍、および上腹部CT angiographyにおける肝血管系の良好な描出に寄与し得る有効な造影剤の注入条件について検討した。

## 対象・方法

対象は、転移性肝癌の検索目的にて造影CTが施行され、全身状態が不良な症例や肝硬変症、門脈腫瘍栓、腫瘍による肝動脈や門脈の圧排狭窄、心疾患や腎機能障害を有する症例を除外した体重50kg以上の症例71例である。

男性52例、女性19例、年齢は21~70歳(平均年齢: 55.9歳)、体重は50.0~86.0kg(平均体重: 62.7kg)である。なお、全症例において検査方法と合併症に関して説明を行い、同意書にサインをいただきインフォームド・コンセントを得た。

Table 1 Details of the patient population in protocols A and B.

		A (n=32)	B (n=32)	p value
sex	male	23	29	p=0.97
	female	9	10	
age		55.0±9.2 (21–65)	55.9±8.8 (25–70)	p=0.44
weight (kg)		64.2±8.3 (51.0–82.0)	64.0±9.1 (50.0–86.0)	p=0.99

Note: Data are the mean ± SD. Number in parentheses are ranges.

症例は造影剤の投与方法が異なる下記の 2 群のグループにランダムに分類された。A群：ヨード濃度350mgI/mlの非イオン性造影剤100ml(イオメロン，エーザイ)を3ml/sec(造影剤注入時間33秒)で注入した群(32例)。B群：ヨード濃度300mgI/mlの非イオン性造影剤150ml(オムニパーク，第一製薬)を4.5ml/sec(造影剤注入時間33秒)にて注入した群(39例)の 2 群である。A群の造影プロトコールは肝のダイナミックCTの際に当院にてルーチンで行われている高濃度造影剤を通常の注入速度で注入した方法であり、B群のプロトコールは通常濃度で高容量の造影剤をA群と同じ注入時間で注入されるよう高速注入したものである。なお、造影剤の注入時間はA、B両群とも33秒で同一である。各群での性別、年齢、体重に有意差は認められなかった(Table 1)。造影剤の注入は全例で、肘静脈に20Gの静脈留置針を留置し加温された造影剤を自動注入機(デュアルショット、根本杏林堂)にて注入した。使用したCT機種はSomatom Volume Zoom(Siemens)で、単純CTをもとに門脈本幹から門脈右枝が分岐するスライスを決定し、造影剤注入開始後10秒後より3秒間隔にて90秒後まで同スライスにてsingle level serial CT scanを施行した。そして、引き続き速やかに肝上縁から腎下縁までの撮像を行い、本来の検査目的である転移性肝癌の検索を行った。撮像条件は、X線管電流90mAs、X線管電圧120kV、0.5sec/rotation、検出器幅5mm×4列、スライス厚5mmとした。

データ収集後、各群での造影効果を比較するために、各時相で大動脈、肝実質、門脈にregion-of-interest(ROI)を設定しCT値を測定した。なお、肝実質のROIは右葉の前区域にて血管構造を含まぬよう設定し、門脈のROIは右枝本幹に設定した。検討項目として、各群において大動脈、肝実質および門脈の最大CT値(peak enhancement: PE)と最大CT値に達するまでの時間(time to peak enhancement: TPE)を比較した。また、各群での大動脈、肝実質および門脈のTDCの比較にはAUC(area under the curve)を用いた。さらに、Kimらの報告<sup>3)</sup>を参考とし大動脈のCT値が100HU上昇した時間と肝実質のCT値が20HU上昇した時間を求め、両者間を動脈相持続時間とし各群で比較した。各群の有意差検定にはStudent's t検定を用い有意水準はp<0.05とした。

## 結 果

A、B両群とも造影剤の急速注入に伴う血管外漏出や特に強い熱感を訴えた症例は認めなかった。Fig. 1～3 に大動脈、肝実質および門脈の各群における各時相での平均CT値によるTDCを示す。また、Table 2 に各群における大動脈、肝実質および門脈のPE、TPE、AUCおよび動脈相持続時間の平均±標準偏差の値とそれぞれの有意差検定の結果を示す。大動脈において、PE、TPEおよびAUCはA群、B群でそれぞれ319.7±38.6HU / 31.2±3.0sec / 24332.3±2440.3, 368.4±55.4HU / 29.6±4.7sec / 27764.2±3562.7であり、A群とB群の間ですべてに有意差が認められた。肝実質において、PE、TPEおよびAUCは、A群、B群でそれぞれ123.0±17.3HU / 57.2±9.7sec / 14992.6±1304.7, 136.3±19.1HU / 54.9±10.1sec / 16273.5±1614.6であり、TPE以外はA群とB群の間ですべてに有意差が認められた。B群のTPEはA群に比べて有意差はないが速い傾向がみられた。門脈においては、PE、TPEおよびAUCは、A群、B群でそれぞれ204.2±35.3HU / 45.4±6.8sec / 19900.3±2147.3, 233.9±31.9HU / 41.6±6.8sec / 22520.4±2755.4であり、A群とB群の間ですべてに有意差が認められた。動脈相持続時間に関しては、A群、B群でそれぞれ23.7±5.4sec, 20.8±6.0secであり有意差は認められなかつたが、B群はA群に比べて短い傾向がみられた。

## 考 察

肝腫瘍の検出にはダイナミックCTが有用である。ダイナミックCTにて良好な造影効果を得るために造影剤の濃度や注入量、注入速度、撮像タイミングなどの造影効果に影響する因子の最適化に関する検討が多数行われてきた<sup>3)–12)</sup>。特に、造影剤に関しては体重に応じた造影剤量の最適化が報告されているが<sup>3)11), 12)</sup>、実際の臨床の場では、保険請求の兼ね合いで使用できるCTの造影剤量は一回の検査につき100mlまでとされており柔軟性に欠けていた。しかし、最近、150mlの高容量造影剤シリンジが保険適応され造影剤量に関しては必要十分量の投与も可能となった。そこで、今回、われわれは、MDCTにおける肝ダイナミックCTとCT angiographyを想定して、高濃度造影剤通常量投与群(A群)

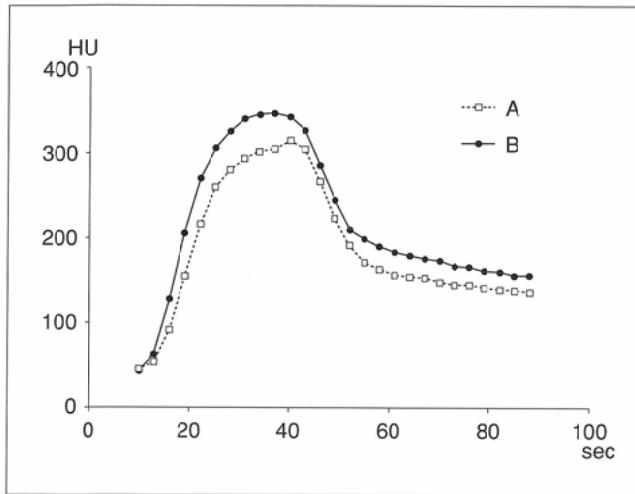


Fig. 1 Time-density-curves of the abdominal aorta in protocols A and B.  
Dots indicate means at each time point.

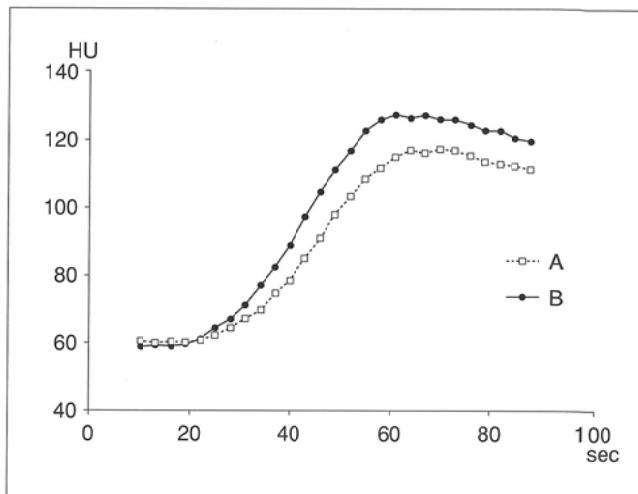


Fig. 2 Time-density-curves of the liver in protocols A and B.  
Dots indicate means at each time point.

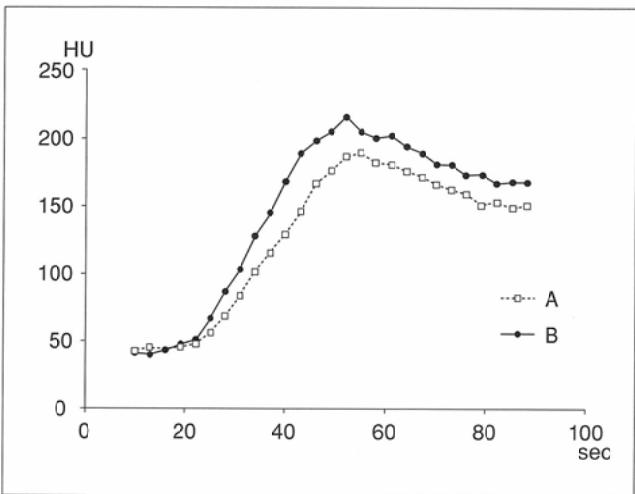


Fig. 3 Time-density-curves of the portal vein in protocols A and B.  
Dots indicate means at each time point.

と通常濃度造影剤高容量投与群(B群)の注入時間を一定とした条件下での大動脈、肝実質、門脈におけるTDCを解析し比較した。

その結果、A群に比べて、B群では、大動脈、肝実質および門脈においてPEおよびAUCの値は有意に高値を示した。すでに報告されている大動脈および肝の造影効果と注入速度に関する検討では、造影剤濃度、量が同一ならば注入速度を速くする方が大動脈の造影効果が増強し、かつ造影ピークに達する時間も短縮されdual-phase spiral CTでの動脈相と平衡相の時間的分離がよくなり、さらに肝実質の造影が始まる前に肝動脈に多量の造影剤が流れ込む結果、肝細胞癌のようなhypervasculat tumorの最大造影効果を上昇させ腫瘍の検出によいとされている<sup>3)-5)</sup>。今回のわれわれの結果では、注入速度の速いB群はA群よりも大動脈のPE、AUCおよびTPEが有意に高値を示し、諸家の報告と同様にhypervasculat tumorの検出および肝動脈系のCT angiographyにはB群のプロトコールが有利と考えられた。これは、単位

時間当たりに注入されたヨード量がA群よりもB群の方が多く納得できる結果であった。また、MDCTにてスキャン時間が短縮されたとはいえ、早期、後期動脈相の撮像やS/N比の高い高画質のCT angiographyを作成するための高分解能撮像にはある程度、高濃度の動脈相の持続が必要とされる。この点においては、A群とB群の動脈相持続時間には有意差は認められなかった。しかし、B群の動脈相持続時間はA群よりも短縮する傾向がみられた。これは、大動脈のTDCをみるとA群、B群ともPEに達するまでのTDCの立ち上がりは急で、動脈相の開始である大動脈のCT値が100HU上昇に達するまでの時間に両群間にあまり差がないのに対して、肝実質の造影効果は肝実質のTDCにみられるようにB群ではA群に比べてTDCの立ち上がりが急で動脈相の終了である肝実質のCT値が20HU上昇するまでの時間がA群に比べて短縮する傾向にあったためと考えられた。

肝実質の造影効果に関しては、注入速度に相関し注入速度が速いほうが肝実質の造影効果が高くなると報告したも

Table 2 Comparison of parameters in protocols A and B

	A	B	p value
<b>aorta</b>			
peak enhancement (HU)	319.7±38.6	368.4±55.4	p=0.0001
time to peak enhancement (sec)	31.2±3.0	29.6±4.7	p=0.023
AUC	24332.3±2440.3	27764.2±3562.7	p<0.0001
<b>liver parenchyma</b>			
peak enhancement (HU)	123.0±17.3	136.3±19.1	p=0.0059
time to peak enhancement (sec)	57.2±9.7	54.9±10.1	p=0.598
AUC	14992.6±1304.7	16273.5±1614.6	p=0.0014
<b>portal vein</b>			
peak enhancement (HU)	204.2±35.3	233.9±31.9	p=0.0011
time to peak enhancement (sec)	45.4±6.8	41.6±6.8	p=0.0479
AUC	19900.3±2147.3	22520.4±2755.4	p<0.0001
duration of arterial phase (sec)	23.7±5.4	20.8±6.0	p=0.0802

Note: Data are the mean ± SD

のや<sup>5), 6)</sup>、注入速度を2ml/sec以上に上げても肝実質の造影効果に有意差は認められないなどと報告したものがみられ<sup>4, 7)</sup>、肝実質の造影効果と注入速度の関係には一定の見解が得られていない。今回の検討では、肝実質の造影効果は、B群はA群よりもPEおよびAUCが有意に高く肝実質の造影効果は良好であった。この結果は肝実質の造影効果は主に門脈血流の影響を受けるため、注入速度の違いよりも投与された総ヨード量の差に起因したものと推測された<sup>8), 9)</sup>。一定のヨード量を投与した場合、肝実質の造影効果と体重は逆相関することが知られており<sup>10)</sup>、良好な肝実質の造影効果を得るのに必要とされる体重当たりのヨード量を検討した幾つかの報告がみられ<sup>11), 12)</sup>、山下ら<sup>12)</sup>はヨード濃度300mgI/mlの造影剤で2.0～2.5ml/kgの造影剤量が必要と述べている。今回の検討では体重50kg以上を対象としており最低でも100～125ml(総ヨード量：30g～37.5g)以上の造影剤量が必要になることになり、また平均体重よりA群で128.4～160.5ml(総ヨード量：38.5g～48.2g)、B群で128～160ml(総ヨード量：38.4～48g)が必要となる。したがって、150ml(総ヨード量：45g)の造影剤を投与されたB群のヨード量は良好な肝実質の造影効果を得るのに必要十分なヨード量と考えられ、350mgI/mlの造影剤を100ml(総ヨード量：35g)投与されたA群よりも良好な肝実質の造影効果が得られたと考えられた。良好な肝実質の造影は、転移性肝腫瘍のようなhypovascular tumorの検出能を向上させることよりB群の造影プロトコールはhypovascular tumorの検出にも有利と考えられた。

門脈の造影効果に関してもB群の造影プロトコールはA群に比べてPEおよびAUCは有意に高値を示した。MDCTの空間分解能と時間分解能の向上は、同時に良好な3D-CT portographyを可能とし、門脈系への腫瘍浸潤の程度や側副血行路の三次元的評価など手術の術前評価にも有用である<sup>13)</sup>。

門脈の造影効果に優れるB群の造影プロトコールは3D-CT portography作成にも有効と考えられたが、明瞭な3D-CT portographyを得るために背景である肝実質と門脈とのコントラストに差が付かなければならない。しかし、A群、B群とも門脈の造影効果の上昇と同じくして肝実質の造影効果もピークを迎えるため肝実質と門脈とのコントラストの差は両群間で大きな差はないと推測され、TDCの解析のみからは容易にB群のほうが3D-CT portography作成に有効とは言いがたい。したがって、今後、3D-CT portographyの定性的評価が必要と思われる。

次に、TPEに関して、大動脈のTPEはB群がA群に比べて有意に短縮されていた。これは、注入速度の違いが影響したものと考えられ、Hanら<sup>14)</sup>も動物実験での検討にて大動脈のTPEは造影剤の注入速度に大きく影響されると述べている。さらに、彼らは、門脈および肝実質のTPEも造影剤の注入速度に影響を受けると述べているが、今回の検討では、門脈のTPEはB群がA群に比べて有意に短縮されていたが、肝実質のTPEに関しては、B群とA群の間に有意差は認められなかった。肝実質の造影効果は主に門脈枝からの肝組織への造影剤の拡散が関与する。したがって、肝実質のTPEには造影剤の注入速度の影響は少なく、むしろ造影剤量や濃度が関与すると推測されるが詳細は不明である。しかし、A群、B群にて肝実質のTPEに有意差がなかったという結果は転移性肝腫瘍のようなhypovascular tumorの検出の際に撮像タイミングを決定するうえで役立つ知見と考えられた。

今回のTDCの検討結果から、体重50kg以上の症例を対象とした場合、肝実質や血管系に十分な造影効果を得るだけのヨード総量を含有した300mgI/mlの造影剤150mlを高速注入し、秒間ヨード注入量を高めたB群のプロトコールとMDCTの組み合わせは肝ダイナミックCTにおけるhypervas-

cularおよびhypovascularな肝腫瘍の検出能と肝動脈系のCT angiographyの描出能を向上させると推測された。しかし、直接、肝ダイナミック撮像やCT angiographyの質に関してA群、B群のプロトコールを比較したわけではなく今後のさらなる検討が必要である。また、今回の結果より、動脈相については秒間ヨード注入量が、肝実質、門脈についてはヨード総量が重要な因子であろうと推測された。したがって、今後の展開として、B群のプロトコールと同等なヨード総量、秒間ヨード注入量が得られるような350mgI/mlや370mgI/mlなどの高濃度造影剤との比較が必要となろう。

## 結論

TDCの検討よりMDCTでの肝ダイナミックCTやCT angiographyにおいて、肝腫瘍の検出能向上や高画質のCT angiographyを得るためにには、通常濃度造影剤高容量(300mgI/ml: 150ml)を高速注入するほうが、高濃度造影剤通常量(350mg/ml: 100ml)を通常の注入速度で注入するよりも有効であると推測された。

## 文 献

- 1) Murakami T, Kim T, Takamura M, et al: Hypervasculat hepato-cellular carcinoma; detection with double arterial phase multi-detector row helical CT. Radiology 218: 763-767, 2001
- 2) Takahashi S, Murakami T, Takamura M, et al: Multi-detector row helical CT angiography of hepatic vessels; depiction with dual-arterial phase acquisition during single breath hold. Radiology 222: 81-88, 2002
- 3) Kim T, Murakami T, Takahashi S, et al: Effects of injection rates of contrast material on arterial phase hepatic CT. AJR 171: 429-432, 1998
- 4) Bae KT, Heiken JP, Brink JA: Aortic and hepatic peak enhancement at CT; effect of contrast medium injection rate-pharmacokinetic analysis and experimental porcine model. Radiology 1998: 455-464, 1998
- 5) Luboldt W, Straub MJ, Seemann M, et al: Effective contrast use in CT angiography and dual-phase hepatic CT performed with a subsecond scanner. Invest Radiol 34: 751-760, 1999
- 6) Tublin ME, Tessler FN, Cheng TL, et al: Effect of injection rate of contrast medium on pancreatic and hepatic helical CT. Radiology 210: 97-101, 1999
- 7) Garcia PA, Bonaldi VM, Bret PM, et al: Effect of rate of contrast medium injection on hepatic enhancement at CT. Radiology 199: 185-189, 1996
- 8) Chamgers TP, Baron RL, Lush RM: Hepatic CT enhancement. Part I. Alterations in the volume of contrast material within the same patients. Radiology 193: 513-517, 1994
- 9) Chamgers TP, Baron RL, Lush RM: Hepatic CT enhancement. Part II. Alterations in contrast material volume and rate of injection within the same patients. Radiology 193: 518-522, 1994
- 10) Kormano M, Partanen K, Soimakallio S, et al: Dynamic contrast enhancement of the upper abdomen; effect of contrast medium and body weight. Invest Radiol 18: 364-367, 1983
- 11) Heiken JP, Brink JA, McClellan BL, et al: Dynamic incremental CT; effect of volume and concentration of contrast material and patient weight on hepatic enhancement. Radiology 195: 353-357, 1995
- 12) Yamashita Y, Komohara Y, Takahashi M, et al: Abdominal helical CT; evaluation on optimal doses of intravenous contrast material-a prospective randomized study. Radiology 216: 718-723, 2000
- 13) Fishman EK: CT angiography; clinical applications in the abdomen. Radiographics 21: S3-S16, 2001
- 14) Han JK, Kim AY, Lee KY, et al: Factors influencing vascular and hepatic enhancement at CT; experimental study on injection protocol using a canine model. JCAT 24: 400-406, 2000