



Title	肝腫瘍性病変に於けるComputed Tomographic Angiography (CT Angio.)に関する基礎的並びに臨床的研究
Author(s)	横川, 修作
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(4), p. 300-319
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18253">https://hdl.handle.net/11094/18253</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# 肝腫瘍性病変に於ける Computed Tomographic Angiography (CT Angio.) に関する基礎的並びに臨床的研究

神戸大学医学部放射線医学教室（主任：木村修治教授）

横川修作

（昭和55年9月25日受付）

（昭和55年12月15日最終原稿受付）

## Computed Tomographic Angiography (CT Angio) of Hepatic Tumor; Experimental and Clinical Studies

Shusaku Yokogawa

Department of Radiology, School of Medicine, Kobe University

---

Research Code No.: 514.1

---

Key Words: *Computed tomography, Computed tomographic angiography,  
Hepatic tumors, Hepatoma*

---

CT Angio. means the method that visualizes the vascular bed of the liver by CT after transvenous injection of a bolus of contrast material.

To establish the plan of CT Angio. scan, the hepatic circulation time was studied by using  $^{99m}\text{Tc}$ -pertechnetate. Based on the result, one hundred or fifty milliliters of 60% Urografin was injected intravenously at a rate of 5 ml/sec. and the CT scan was started 20 sec. after the beginning of the injection.

Possible artifact and alteration of the CT value due to flow of contrast media during CT scan were studied on the phantom. Consequently, artifacts were not seen and the CT value was proportionate to the flow volume of the contrast medium.

The diagnostic ability of CT Angio. was clinically evaluated on 33 hepatic tumors (15 hepatomas, 3 cholangiomas, 13 liver metastases, 1 cyst and 1 hemangioma) with EMI 5005 or GE CT/T 8800.

The CT value of the periphery of tumor was increased in all cases of hypervascular tumor (15 hepatomas, 7 metastases and 1 hemangioma) and the CT value of hypovascular tumor (3 cholangiomas, 6 metastases and 1 cyst) was nearly equal to that in plain CT and contrast enhancement CT (CE-CT). Therefor, the tumor vascularity was easily diagnosed by CT Angio.

The detectability index (DI) which means a difference between CT value of a tumor and that of a normal liver was increased in 19 of 23 hypervascular tumors by CT Angio., so that the margin of tumors was high dense. In 10 cases of hypovascular involvement, tumors were more easily detected by CT Angio. than plain CT.

The contrast accumulation patterns on CT Angio. were analized to ascertain the possible correla-

tion between CT Angio. and histology. The accumulation patterns were classified five types (homogeneous, mottled, patchy, ring-like and negative types).

In the homogeneous type, a tumor was homogeneously opacified. In the mottled type, a tumor was inhomogeneously opacified to be recognized as a linear or dotted accumulation. In the patchy type, a focus was partially or almost totally opacified. The ring-like type that was observed as a circular accumulation was divided into a thick wall and thin wall subtype.

In above four types, the lesions appeared to be hypervascular on conventional angiograms, and hepatomas were frequent in the patchy type (7 cases/15) and metastases in the thin wall ring-like type (5 cases/7).

No accumulation was obtained in CT Angio. of hypovascular tumors (negative type), hence the differential diagnosis of them was difficult on the accumulation pattern.

## I. 緒 言

近年急速な進歩を遂げた Computed Tomography (CT) は、従来のX線写真では探知困難であった微少なX線吸収値の差により病変部を描出できることから、今や肝腫瘍性病変の診断に於いても有力な検査法といえる。

しかし、症例の集積に伴い肝腫瘍性病変の一部には、病変部と周囲正常肝組織のX線吸収値に差がなく (iso density) CT で病変の存在診断すら行なえない症例や、病変の一部しか描出されず真の腫瘍進展範囲を診断できない症例が存在することが明らかとなってきた<sup>1)-7)</sup>。この様な iso density を示す病変の描出方法として従来より造影剤を点滴静注して CT scan を行なう Contrast Enhancement (以下 CE-CT) が用いられてきた。しかし、この方法でも必ずしも明瞭に病変部を描出し得ない場合や、逆に病変部が iso density となりかえって検出不能となる場合があり、CE-CT による肝腫瘍性病変の診断能にも限界が指摘されるに至っている<sup>5)-8)</sup>。

一方 CT による肝腫瘍性病変の質的診断は、腫瘍 CT 値、腫瘍の形態、CE-CT による CT 値の変化等によって行なわれてきたが、囊胞を除いては特異的所見に乏しく、充実性腫瘍の質的診断は極めて困難とされている<sup>2) 5) 9) 10) 11)</sup>。

最近、こうした CT の診断能の限界を打破する方法として、造影剤を経静脈性に大量急速注入し、臓器あるいは腫瘍の血管成分を CT によっ

て描出せしめる所謂 Computed Tomographic Angiography (以下 CT Angio.) が提唱される様になってきたが、その方法や診断学的意義は必ずしも確立されていないのが現状である<sup>12)-20)</sup>。

著者は、肝腫瘍性病変に於ける CT Angio. の方法及び診断学的意義を確立することを意図し、肝腫瘍性病変33例の CT Angio. の検討を行なった。その結果、従来の plain CT, CE-CT では描出困難であった腫瘍病変の内部構造の描出に優れた成績が得られ、また質的診断の可能性も示唆されたので報告する。

## II. CT Angio. に於ける造影剤注入法並びに Scan 法に関する基礎的研究

肝及び病変部の動脈系成分を CT によって描出することを意図し、経静脈性造影剤急速注入と CT scan 開始のタイミング設定のため、RI を用いて肘静脈より肝動脈末梢までの平均循環時間の測定を行なった。

また、scan 中の造影剤流動による CT 画像及び CT 値への影響をみるため phantom を作製し実験を行なった。

### A. 肘静脈より肝動脈末梢までの循環時間の測定

#### 1) 方法

CT Angio. 施行前の被験者18名に、肘静脈より <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> 20mCi 1ml を bolus injection し、注入開始と同時に、東芝製シンチカムラ GCA 401 型にて撮像を行ない、on line にてコンピューター

NOVA 3 に data 採取を行なった。

得られた data より、肝臓の右外側部に閑心領域 (ROI) を設定し、同部の放射活性の時間変化曲線 (time activity curve) を描き、肘静脈より肝臓までの循環時間を測定した。

## 2) 結果

肝臓の time activity curve は二相性で、第1相は肝動脈への RI 流入、第2相は脾静脈、上腸間膜静脈等を介しての肝内門脈への RI 流入によっておこる (Fig. 1)。

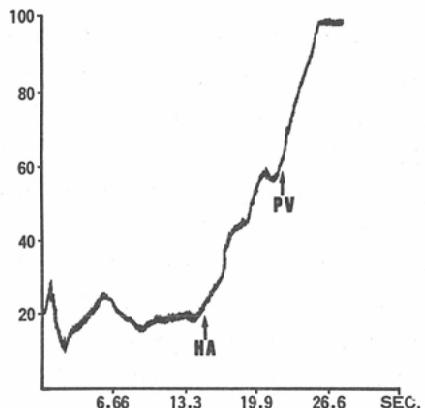


Fig. 1 Hepatic circulation time from basilar vein (Time Activity Curve)

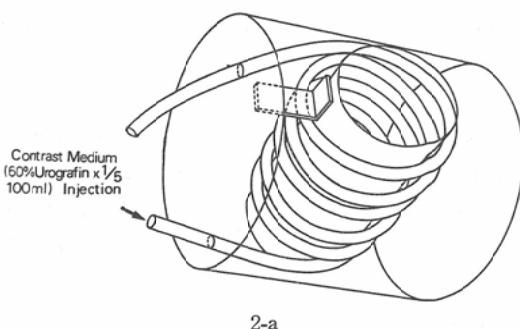
HA: Beginning of hepatic arterial circulation.  
PV: Beginning of portal venous circulation.

第1相は、RI 注入平均15.6秒後に始まり、平均21.1秒後まで放射活性は急激に上昇した。この後ほぼ平坦化し、RI 注入後平均23.5秒で第2相が出現した<sup>21)</sup>。

## B. 造影剤流動による CT 画像及び CT 値への影響 (phantom による実験的研究)

### 1) 方法

実験用 phantom は、厚さ 2mm の塩化ビニール板及び直径 9mm のビニールチューブを用い、次の様に作製した。即ち、塩化ビニール板を直径 25cm、長さ 40cm の円筒にし、その内部にビニールチューブを螺旋状にして封入した (Fig. 2a)。螺旋の直径は 10cm で巻数は 6 とし、Fig. 2a の



2-a

同様の操作による scan を4回繰り返して行ない、CT 画像の artifact, 及び phantom 内のチューブ断面の CT 値を測定した。

実験 b: 造影剤60% Urograffin を5倍に希釈したものと原液とし、これを生食にて80%, 60%, 40%, 20% の各濃度に希釈したものと、各々あらかじめビニールチューブ内に封入し、上記 phantom 内に固定し、CT scan を行なった。この実験から得られたチューブ断面の CT 値を control として実験 a の結果と比較した。

## 2) 結果

造影剤を注入しながら CT scan を行なって得られた CT 画像には、明らかな artifact は認められなかった。

次に、実験 a に於けるチューブ断面の CT 値の平均値とその断面の造影剤注入口よりの距離との関係を Fig. 2b に示した。Fig. 2b から明らかにチューブ断面の CT 値は、注入口から遠ざかるにつれて漸次低下し、CT scan の時間内に於いて早期からチューブ内に造影剤が満たされていた部分は CT 値が高く、scan の後期に造影剤が流入していく部分程 CT 値が低くなつた。即ち、チューブ内 CT 値は、そのチューブ断面での造影剤の scan 中に於ける充満時間に比例することになり、実験 b の control と比較すると、結果的に造影剤を希釈したものと同等になつた。

## C. 小括

以上の基礎的研究により、肘静脈より肝動脈末梢までの平均循環時間は、約16秒であった。従つて、CT Angio. によって目的とする肝の動脈相を描出するには、造影剤の粘稠性等も考慮して造影剤注入開始20秒後に CT scan を開始するのが至適と考えられる。

一方、CT Angio. 時に於ける造影剤流動による画像への明らかな artifact は、実験上認められずまた CT 値は、scan 時間に於けるその部位の造影剤充満時間に比例することから、目的とする肝動脈内に造影剤が最も長く充満する様に scan を行なえば、scan 時間の長い機種に於いてもある程度動脈相に近い像が得られると考えられる。

## III. 肝腫瘍性病変に於ける CT Angio. の臨床的研究

### A. CT Angio. Scan 方法

使用した CT 装置は、EMI 5005 (20秒 scan, slice 幅 13mm, 320 × 320matrix) もしくは、GE CT/T 8800 (9.8秒 scan, slice 幅 10mm, 320 × 320matrix) である。

被験者の肘静脈内に18ゲージのエラスタ針を挿入し、100ml の注射器を用いて造影剤60% Urograffin を手圧にて注入した。注入量は、EMI 5005 を使用する場合は 100ml, GE CT/T を使用する場合は 50ml を1回注入量とし、注入速度はいずれの場合も毎秒 5ml とした。造影剤注入開始20秒後に CT scan を開始した。

なお、CT Angio. 前に plain CT scan を行ない、CT Angio. 後再び造影剤 50ml を点滴静注しながら約5分後に scan を行ない、これを CE-CT とした。

また、CT Angio., plain CT, CE-CT は同一横断面にて scan を行なつた。

### B. 対象

1978年12月より1980年2月までに肝腫瘍性病変を疑い CT Angio. を行なつた67症例のうち、手術、生検あるいは剖検にて組織学的診断が確定し、更に肝血管造影をも施行した33症例を研究対象とした。

その内訳は、Hepatoma 15例、Cholangioma 3 例、転移性肝腫瘍13例（胃癌7例、結腸癌2例、肺癌1例、胃平滑筋肉腫1例、胆囊癌1例、食道癌1例）、肝海綿状血管腫1例及び肝嚢胞1例である。

### C. 検討方法

#### 1) 検討項目

CT Angio. による腫瘍形態及び腫瘍 vascularity の描出能を検討するため、a) 腫瘍部 CT 値と血管造影に於ける腫瘍 vascularity との対比、b) 腫瘍部 CT 値と周囲肝組織の CT 値との差 (Detectability Index) の算出とその意義、c) CT Angio. による腫瘍濃染パターンと質的診断との関連、の以上3点につき、肝血管造影像をもと

に plain CT, CT Angio., CE-CT を各々対比検討した。

## 2) CT 値算出法

上記項目を検討するため、plain CT, CT Angio., CE-CT の各々の CT 値を、EMI 5005 では Line printer を用いて print out し、各像に於ける腫瘍部、周囲肝組織の CT 値を求めた。腫瘍部 CT 値は、hypervascular な腫瘍では腫瘍辺縁部の平均値、hypovascular な腫瘍では腫瘍全域の平均値とした。

対象部位は、plain CT, CT Angio., CE-CT ともに同一 slice の同一部位を選び、少くとも 100 個以上の matrix の平均値を算出した。

また GE CT/T 8800 を使用した症例では、ROI (Region of interest) 機構を利用して、腫瘍部、周囲肝組織の平均 CT 値を求めた。

なお、CT 値は EMI 値の 2 倍の Hounsfield scale を用いた。

## D. 成績

### 1) 腫瘍部 CT 値と血管造影に於ける腫瘍 vascularity との対比

対象を、腫瘍の血管造影所見から hypervascularity を示した 23 症例と hypovascularity を示した 10 症例の 2 群に分類し、各々の plain CT, CT Angio., CE-CT に於ける各症例の腫瘍部 CT 値の変化を Fig. 3, 4 に、またそれらの平均値を Table 1 に示した。

hypervascularity を示した群は、Hepatoma 15 例、転移性肝腫瘍 7 例（胃癌 3 例、結腸癌 2 例、胃平滑筋肉腫 1 例、胆囊癌 1 例）及び海綿状血管腫 1 例の計 23 例である。

この群の腫瘍部 CT 値は、Fig. 3 の如く CT Angio. によって全例 60 以上に上昇し、海綿状血管腫を除く 22 例では CE-CT により腫瘍部 CT 値は CT Angio. よりも低値を示した。

CT Angio. による腫瘍部 CT 値の上昇率は、EMI 5005 を使用した Hepatoma で平均 47.18、転移性肝腫瘍で平均 49.89 並びに GE CT/T を使用した Hepatoma で平均 53.88 であった。これに対して CE-CT による腫瘍部 CT 値の上昇率は

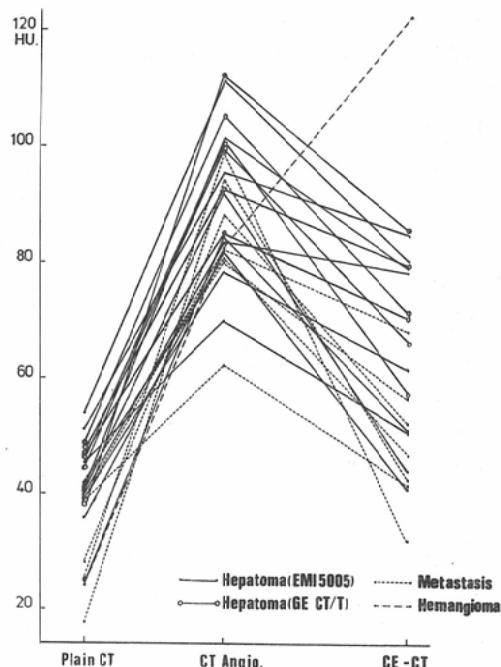


Fig. 3 Alteration of CT value (Hypervascular tumor)

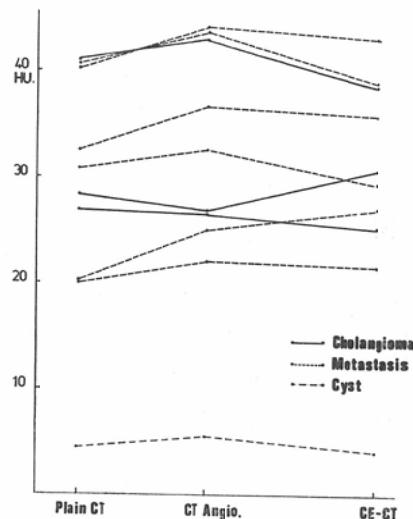


Fig. 4 Alteration of CT value (Hypovascular tumor)

EMI 5005 による Hepatoma で平均 21.92、転移性肝腫瘍で平均 16.83、GE CT/T による Hepatoma で平均 26.08 であった。海綿状血管腫 1 例に於い

Table 1 Mean Tumor CT Value

Angiographic finding	CT scanner	Diagnosis	plain CT	CT Angio.	CE-CT
Hypervascularity	EMI 5005	Hepatoma 9 cases	41.22 (8.79)	88.40 (12.84)	63.14 (17.03)
		Metastasis 7 case	35.04 (9.64)	84.93 (10.17)	51.87 (12.75)
	GE CT/T 8800	Hepatoma 6 cases	45.34 (3.67)	99.22 (10.30)	71.42 (9.62)
		Hemangioma 1 case	23.79	82.61	123.2
Hypovascularity	EMI 5005	Cholangioma 3 cases	31.79 (7.48)	31.33 (9.40)	30.78 (7.30)
		Metastasis 6 cases	30.83 (8.94)	34.03 (9.42)	32.51 (7.96)
	GE CT/T 8800	Liver Cyst 1 cases	4.33	5.32	4.02
Normal Liver	EMI 5005	25 cases	53.28 (9.66)	77.36 (10.93)	66.09 (8.88)
	GE CT/T 8800	8 cases	52.37 (5.62)	69.30 (6.98)	72.26 (5.61)

( ) .....Standard Deviation

てのみ、CT Angio. よりも CE-CT の方が腫瘍部 CT 値が高くなつた (Table 1)。また、血管造影上 hypovascularity を示した群は、Cholangioma 3 例、転移性肝腫瘍 6 例 (胃癌 4 例、肺癌 1 例、食道癌 1 例) 及び肝囊胞 1 例の計 10 例である。

これら症例の腫瘍部 CT 値は、Fig. 4 の如く全例に於いて plain CT, CT Angio., CE-CT の三者ともほぼ同一で CT 値の変動は殆どみられなかつた。

一方、正常肝組織の CT 値は、Table 1 の如く、EMI 5005 によって scan を行なつた 25 例では、CT Angio. が CE-CT を上回つたのに対し、GE CT/T による 8 例では、CE-CT の方が CT Angio. よりも高値を呈した。

## 2) Detectability Index (DI) の算出とその意義

腫瘍部 CT 値と周囲肝組織の CT 値の差を、Detectability Index (以下 DI) とし、plain CT, CT Angio., CE-CT に於ける各々の値をグラフにて Fig. 5, 6 に示した。

Fig. 5 は血管造影上 hypervascularity を示し

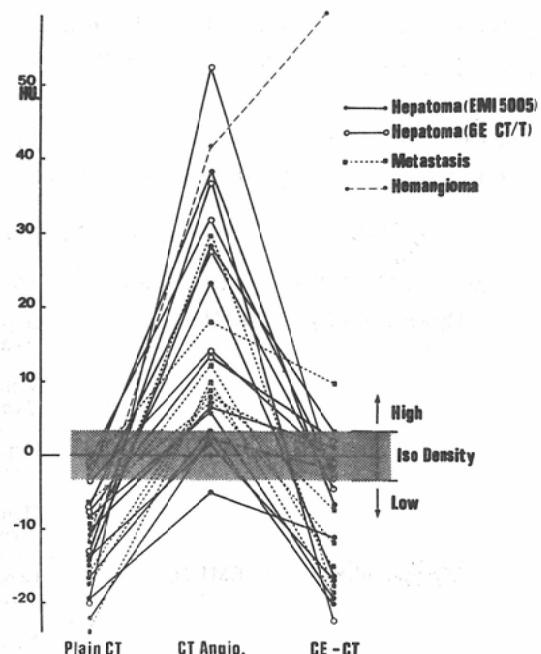


Fig. 5 Alteration of Detectability Index (Hyper-vascular tumor)

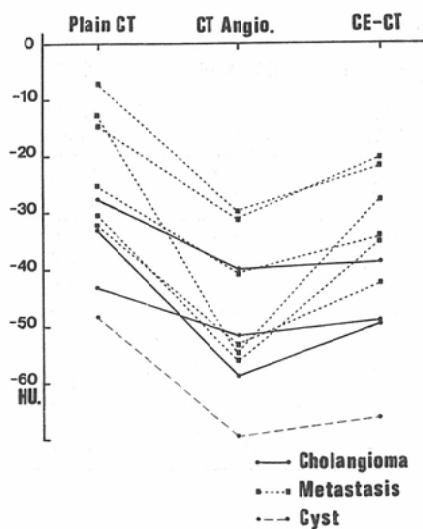


Fig. 6 Alteration of Detectability Index (Hypovascular tumor)

た23症例、Fig. 6はhypovascularityを示した10症例の結果である。

CT画像では、DIが±4以内であれば腫瘍部はiso densityとなり、-4以下ではlow density、+4以上であればhigh densityとして描出される。

hypervascularityを示した群では、Fig. 5の如くCT Angio.に於けるDIは、plain CT, CE-

CTよりも上昇し、腫瘍辺縁部がCT Angio.によってhigh densityとして描出された症例は、Hepatoma 11例、転移性肝腫瘍7例及び海綿状血管腫の計19例(83%)であった。

これらのうちCE-CTでhigh densityとして描出された症例は胃癌肝転移1例、海綿状血管腫1例の計2例(9%)のみであり、Hepatoma 7例、結腸癌肝転移1例の計8例(35%)はiso densityとなり、他の13例はlow densityとなつた。CT Angio.では、iso densityとなった症例は、Hepatoma 3例のみで、low densityとして描出された症例はHepatoma 1例だけであった。

hypovascularityを示した症例では、Plain CT, CE-CT, CT Angio.三者ともに全例low densityとして描出され、DIは、plain CT, CE-CT, CT Angio.の順に著明に低下した(Fig. 6)。

各症例のDIの絶対値の平均値は、Table 2の如くである。

hypervascularityを示した群に於いては、EMI 5005によってscanを行なった16例では、plain CT, CT Angio., CE-CTとともにDIの絶対値に大きな差ではなく、CT Angio.によってDIの絶対値がplain CTよりも増大した症例は、Hepatoma 2例、転移性肝腫瘍4例の計6例(38%)であつ

Table 2 Mean Detectability Index (DI.)

Angiographic finding	CT scanner	Diagnosis	plain CT	CT Angio.	CE-CT
Hypervascularity	EMI 5005	Hepatoma 9 case	13.26 (6.17)	12.32 (13.80)	7.80 (8.77)
		Metastasis 7 cases	12.66 (8.16)	13.52 (5.80)	8.26 (7.92)
	GE CT/T 8800	Hepatoma 6 cases	8.71 (6.93)	29.20 (15.37)	5.67 (8.09)
		Hemangioma 1 case	15.7	42.17	61.01
Hypovascularity	EMI 5005	Cholangioma 3 cases	34.57 (7.17)	56.77 (16.35)	45.88 (6.45)
		Metastasis 6 cases	20.62 (10.07)	44.16 (16.77)	28.38 (10.05)
	GE CT/T 8800	Liver Cyst 1 case	48.01	69.67	66.10

( ).....Standard Deviation

た。一方、GE CT/T によって scan を行なった Hepatoma 6 例では、全例に於いて CT Angio. による DI の絶対値は、plain CT, CE-CT よりも著明に増大した。

hypovascularity を示した群では、DI の絶対値は、全例 plain CT, CE-CT, CT Angio. の順に増大し、CT 画像上では CT Angio. により腫瘍部が最も明瞭となつた。

3) CT Angio. による腫瘍濃染パターンと質的診断の関連

CT Angio. による腫瘍性病変の質的診断を目的として、CT Angio. 像に於ける腫瘍濃染パターンを検討した。その結果、次の 5型に分類できた。即ち、a) Homogeneous type, b) Mottled type, c) Patchy type, d) Ring-like type, e) Negative type

Fig. 7 Accumulation Patterns of Hepatic Tumor on CT Angio.

#### 1. Homogeneous Type



#### 2. Mottled Type



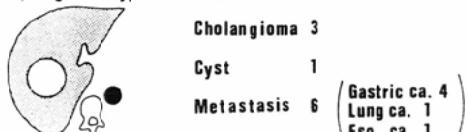
#### 3. Patchy Type



#### 4. Ring-like Type



#### 5. Negative Type



である。これら CT Angio. による腫瘍濃染パターンと質的診断との関連を Fig. 7 に示した。

#### a) Homogeneous type

腫瘍部が CT Angio. によって均一に濃染した type で、Hepatoma 3 例にみられた。これら 3 例は、血管造影上 diffuse type の進展形態を示し、CT Angio. では 3 例ともに腫瘍部は iso density となり、CT Angio. では腫瘍部の同定が困難であった。

#### b) Mottled type

腫瘍内に多数の点状～線状濃染部と非濃染部が混在してみられた type である。Hepatoma 2 例、胃平滑筋肉腫 1 例がこの type に属し、CE-CT では 3 例ともに low density で点状～線状の濃染は消失した (Fig. 8, 9)。

#### c) Patchy type

腫瘍の一部もしくは大半が斑状に濃染した type で、Hepatoma 7 例、胃癌肝転移 1 例にみられた。CE-CT では CT Angio. でみられた濃染部が、Hepatoma 7 例中 5 例に於いて iso density となり、他は low density となった (Fig. 10, 11)。

#### d) "Ring-like type"

腫瘍中心部は濃染せず、この非濃染部をとり囲む様に腫瘍周辺部が濃染したもの を本論文では "ring-like type" と称し、Hepatoma 3 例、転移性肝腫瘍 5 例 (胃癌 2 例、結腸癌 2 例、胆囊癌 1 例)、肝海線状血管腫 1 例の計 9 例にみられた。

この type は、Fig. 12 の Hepatoma の様に濃染部の厚い症例と、Fig. 13 の結腸癌肝転移の様に濃染部が薄く、腫瘍内に広い low density area がみられる症例の 2 つの亜型に分類できた。前者には Hepatoma 3 例が属し、後者は転移性肝腫瘍 5 例、海綿状血管腫 1 例にみられた。

CE-CT では、Hepatoma 2 例は、腫瘍全体が low density となり Hepatoma 1 例と、転移性肝腫瘍 1 例では、Fig. 13 の症例の様に CT Angio. で high density として描出された部分が iso density となつた。

海綿状血管腫は、CT Angio. で腫瘍周辺のみが、high density であったが、CE-CT では腫瘍全体が high density となつた。

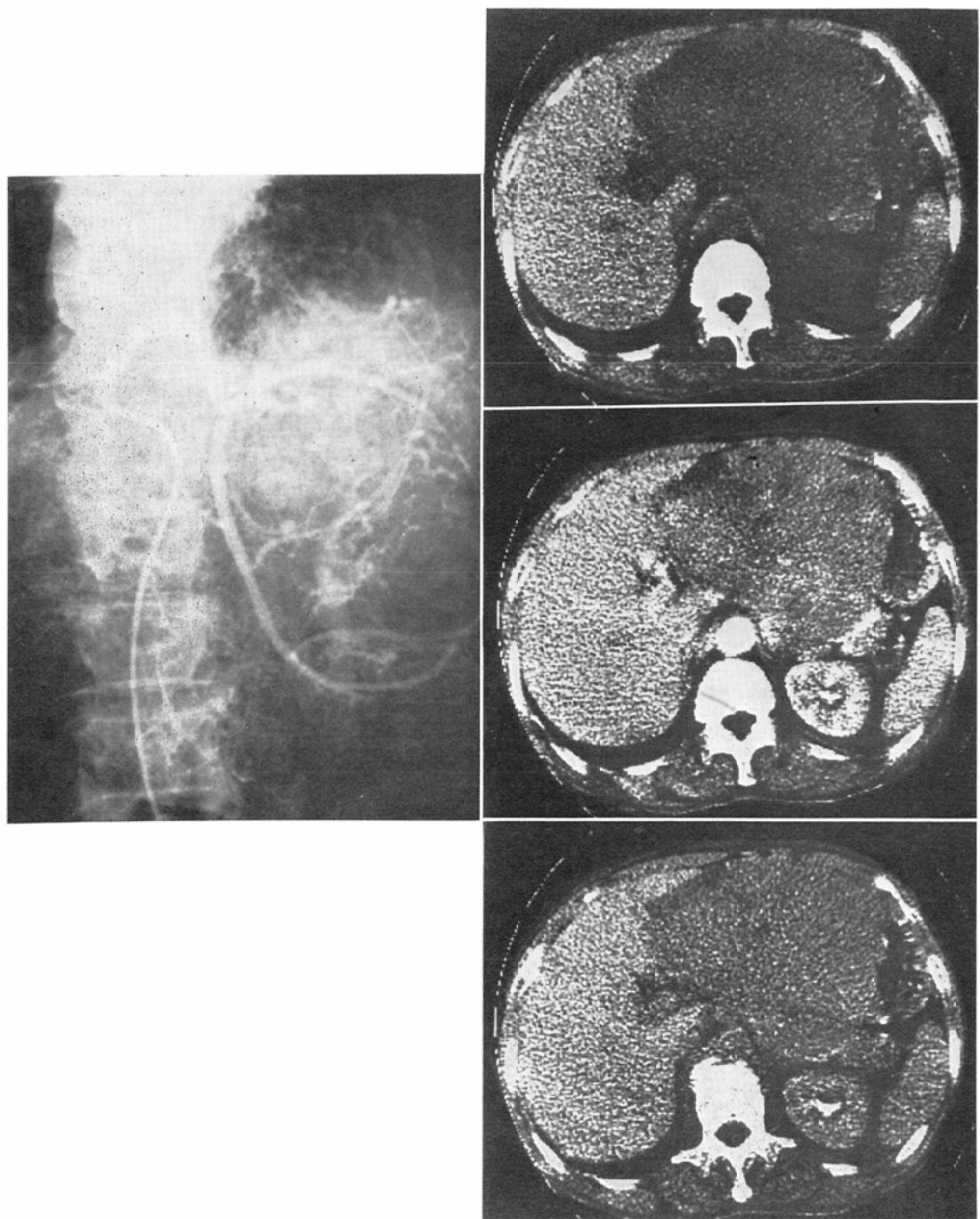


Fig. 8 Liver Metastasis of Gastric Leiomyosarcoma (Mottled type). a. Left gastric angiogram shows hypervascular and large tumor vessels. b. Plain CT: Large low attenuation area fills right upper abdomen. c. CT Angio.: Mottled opacification is seen in the lesion. d. CE-CT: The tumor is slightly enhanced

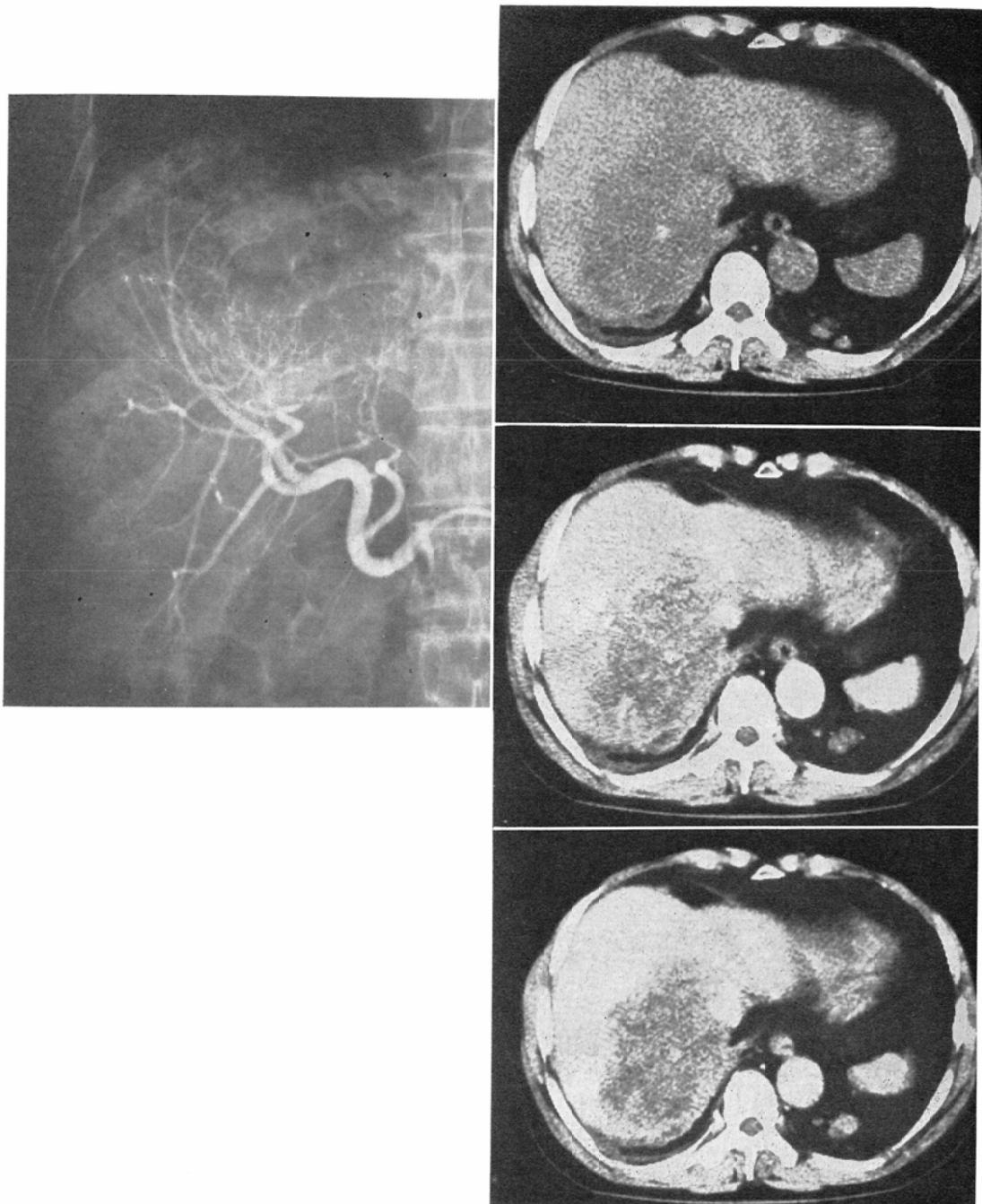


Fig. 9 Hepatoma (Mottled type). a. Right proper hepatic angiogram shows hypervascularity and tortuous tumor vessels in the right lobe. b. Plain CT: The margin of the right lobe is ill defined. c. CT Angio.: Mottled opacification is seen in the lesion. d. CE-CT: The lesion is a little more enhanced than plain CT.

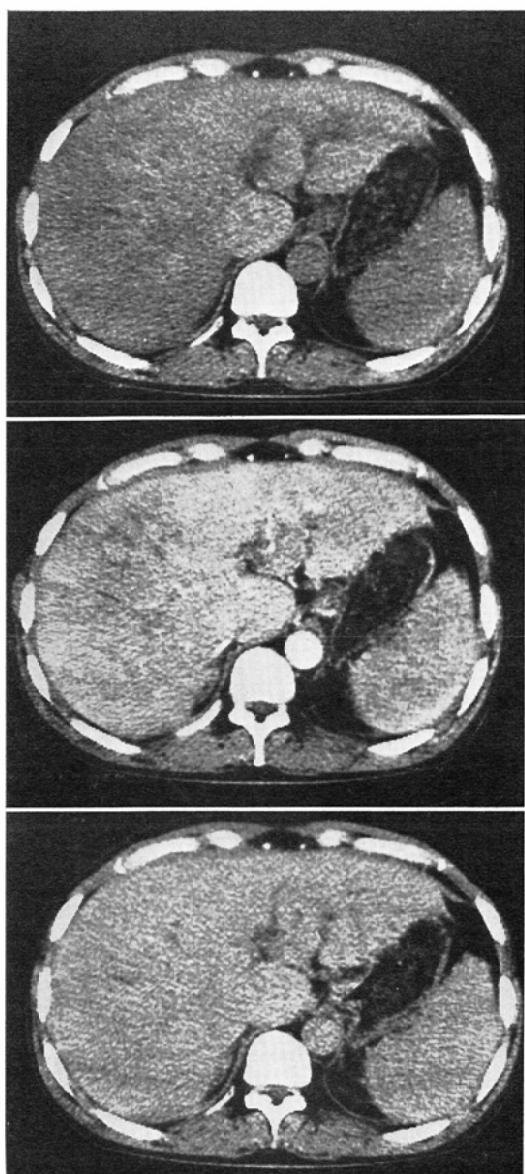


Fig. 10 Hepatoma(Patchy type). a. Plain CT: The density of the right lobe is slightly low, but a tumor is not recognized. b. CT Angio.: Lateral and anterior part of the right lobe is opacified. Diffuse involvement of the right lobe can be detected by CT Angio.. c. CE-CT: The liver is revealed as iso density.

#### e) Negative type

腫瘍が全く濃染しなかった type で、Cholangioma 3例、転移性肝腫瘍 6例、(胃癌 4例、

肺癌 1例、食道癌 1例) 及び肝囊胞 1例の計10例にみられた。これらは、CE-CT に於いても腫瘍は濃染せず、low density として描出された (Fig. 14)。

以上の 5型のうち、homogeneous, mottled, patchy, ring-like の4型は、血管造影上いずれも hypervascularity を示し、negative type は、hypovascularity を示した。

#### IV. 考 案

Computed Tomographic Angiography (CT Angio.) は、造影剤が目的とする臓器を還流している時期に、CT scan を行なうことによって臓器あるいは腫瘍の vascular bed を描出せしめる方法である。この意味から、CT Angio. には、造影剤注入方法によって 2つの方法がある。即ち、一つは経静脈性に造影剤を急速大量注入し CT scan を行なう方法<sup>12)-20)</sup>であり、他は血管造影と同様に catheter を目的臓器の支配血管内へ挿入し、catheter を介して造影剤を注入しながら CT scan を行なう方法<sup>22)-23)</sup>である。著者は、手技が容易で、患者への苦痛が少ない経静脈性造影剤急速大量注入による CT Angio. を採用した。

経静脈性 CT Angio. は、1976年に Hacker ら<sup>13)</sup>によって提唱されたのが始めとされるが、臨床への応用は、scan 時間の短い CT 装置が登場してきた最近のことであり、方法や診断的意義は十分検討されていないのが現状である<sup>14)-20)</sup>。臨床への応用としては、Korobkin<sup>15)</sup>、Carter<sup>14)</sup> らの門脈、大動脈等の大血管の描出に本法を用いた報告や、Marchal ら<sup>16)</sup>の本法によって脾実質を描出し、脾炎、脾癌の診断に有用であるとの報告等がある。

一方、肝臓への本法の応用としては、Hagga<sup>17)</sup>、Kunstlinger<sup>18)</sup>、荒木<sup>19)</sup>らの報告があるが Hagga、Kunstlinger らは、主として腫瘍の vascularity や進展範囲の診断に本法を用いたものである。荒木は肝腫瘍の質的診断に本法を用いているが、CT Angio. 後の CT 値の変動を指標として質的診断を試みた報告である。

また諸家の報告では、CT Angio. に際しての造影剤注入と CT scan のタイミング等に関して

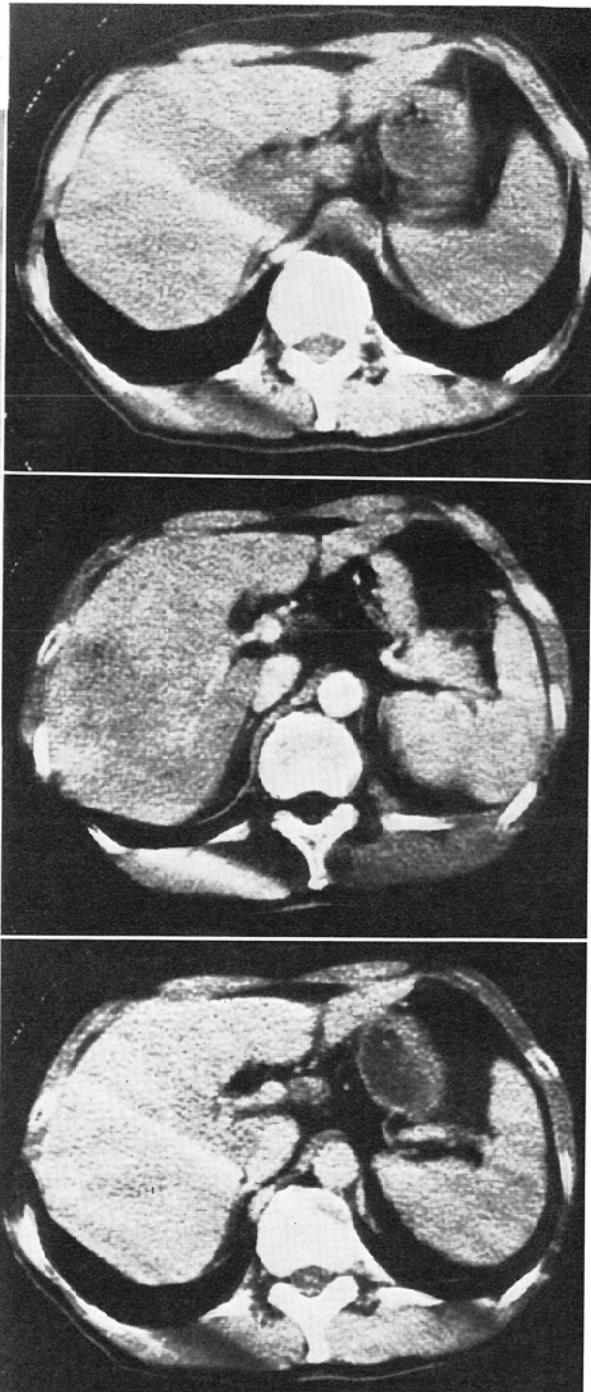
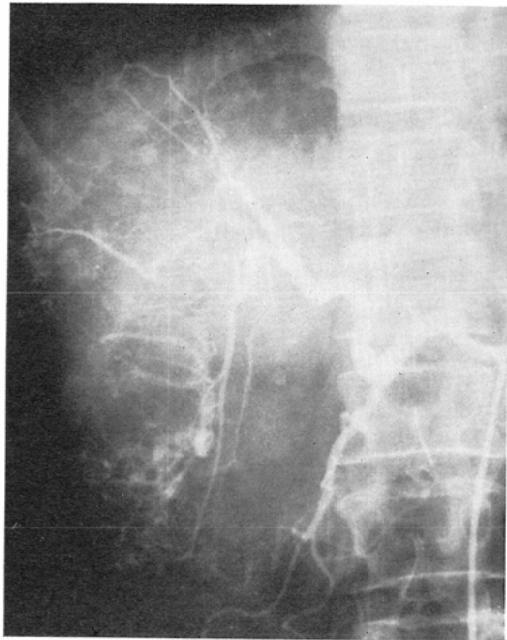


Fig. 11 Hepatoma (Patchy type). a. Celiac angiogram: Irregular hypervascularity is seen in the right lobe of the liver. b. Plain CT: Density of the right lobe is slightly low. c. CT Angio.: CT Angio. reveals low density area in the right lobe and high density area in lateral and medial part of the lesion. d. CE-CT: The tumor can not be detected.

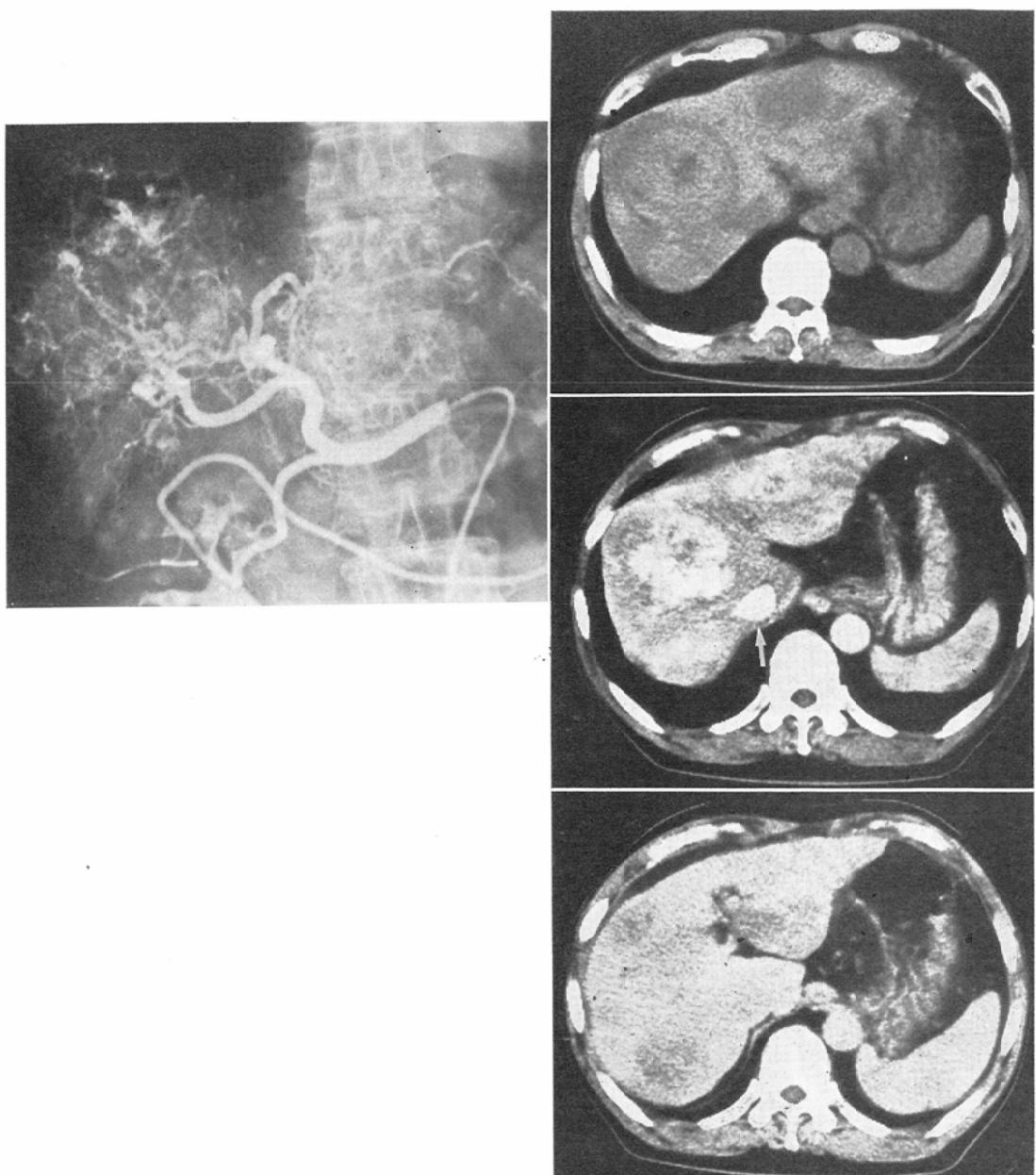


Fig. 12 Hepatoma (Ring-like type with thick wall). a. Common hepatic angiogram: Hypervascularity and large sinusoid-like vessels are shown in the right and left lobe of the liver. b. Plain CT: Low density area in the right and left lobe. c. CT Angio: The tumor with necrosis is opacified as a ring-like. Inferior vena cava (arrow) is opacified implying arteriovenous shunt. d. CE-CT: The tumor is low density.

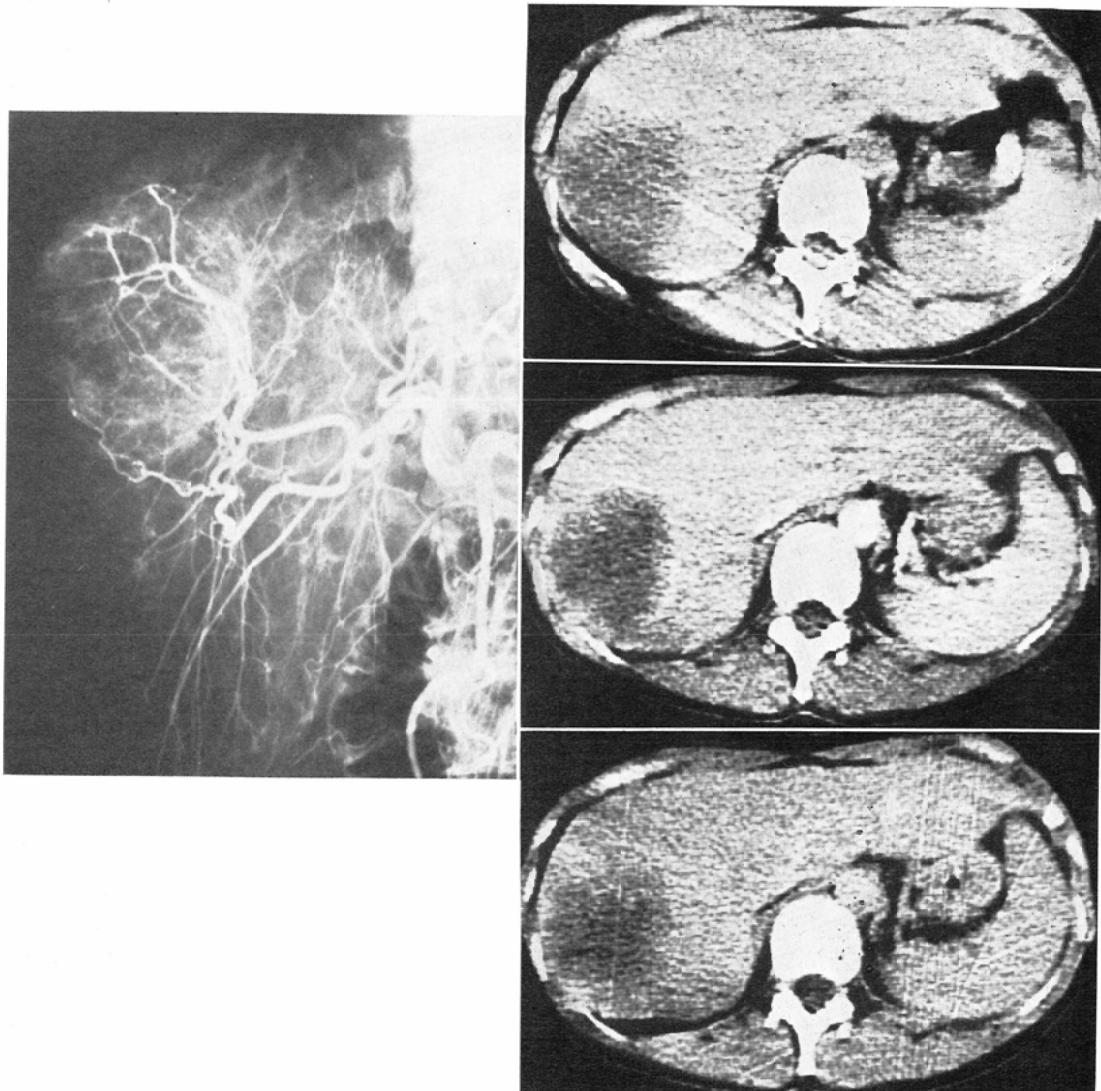


Fig. 13 Liver metastasis of the colonic cancer. (Ring-like type with thin wall). a. Common hepatic angiogram reveals hypervascularity, fine tumor vessels and encircled arteries of a tumor in the right lobe. b. Plain CT: Low density area of the right lobe is poorly defined. c. CT Angio.: Thin high dense zone surrounding the tumor is clearly visualized. d. CE-CT: The surrounding high dense zone is diminished.

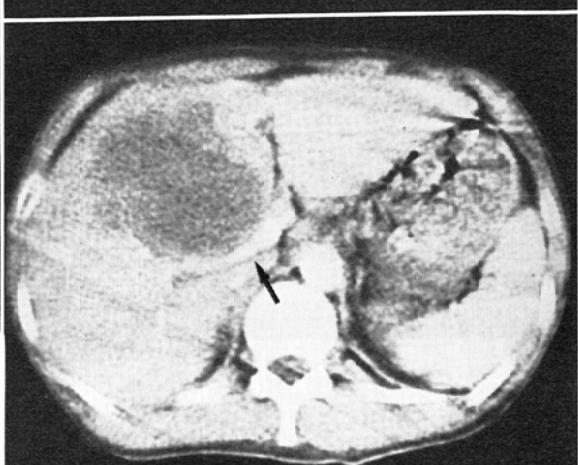
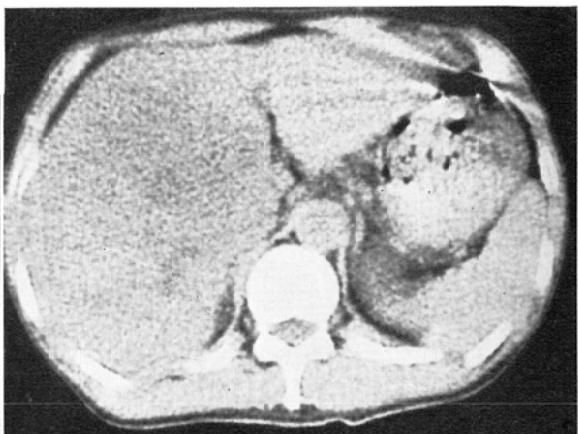
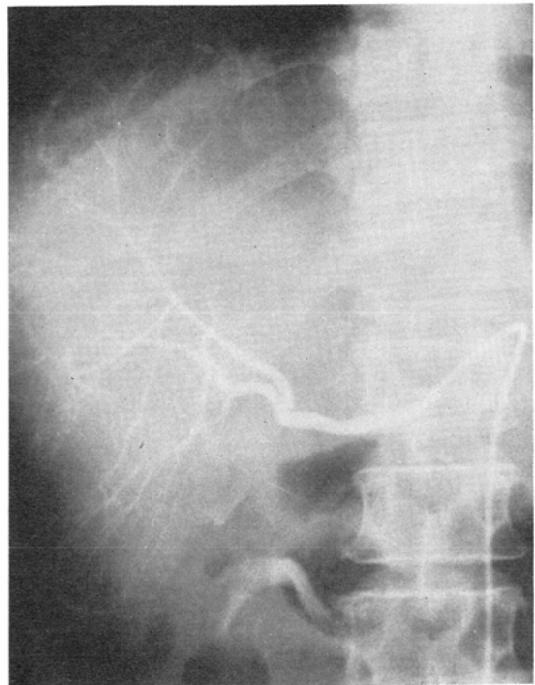


Fig. 14 Cholangioma (Negative type). a. Common hepatic angiogram: Right hepatic arteries are distended by a mass lesion. b. Plain CT: Anterior part of the right lobe is slightly low density. c. CT Angio.: The tumor is well defined and compressed portal vein (arrow). d. CE-CT

の検討はみられず、こうしたことから著者は、肝腫瘍性病変に於ける CT Angio. の方法並びにその診断的意義の確立を意図して検討を行なった。

#### A. CT Angio. の Scan 方法について

CT Angio. は、scan 時期の設定によって血管造影の動脈相、毛細管相、静脈相の各時期に相当する CT 像を得ることができる。

しかし、CT 装置の制約があり、scan 時間が少くとも 2 秒以下で、連続 scan が可能で、かつ同時に多層断層が得られる CT 装置が理想と考えられるが、現在こうした装置は開発されていない。

著者の使用した装置は、EMI 5005 及び GE CT/T 8800 で、ともに連続 scan は行えず、また EMI 5005 では scan 時間が 20 秒と長く、血管造影に於ける動脈相に相当する CT 像を得ることは困難である。従って、本論文では、EMI 5005 では主として動脈～毛細管相に相当する時期の CT 像を得ることを目的とし、scan 中造影剤が肝動脈内に十分充満している時期に scan を行なう様にした。このため、造影剤注入と CT scan のタイミングをうまく設定する必要があり、<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> を tracer として、肘静脈より肝動脈末梢までの循環時間を測定した<sup>23)</sup>。その結果、CT Angio. の scan 開始は、造影剤の粘稠性等を考慮して、造影剤注入開始 20 秒後に始めるのが最も至適と考えられた。また、造影剤注入量は 1 回注入量の限度が 100ml と考えられ、EMI 5005 では、60% Urograffin 100ml を毎秒 5ml の注入速度で注入する様にした。GE CT/T 8800 では、EMI 5005 より scan 時間が短いため、注入量も 50ml を 1 回注入量とした。

次に、CT Angio. では scan 時の血管内造影剤の移動による CT 像への影響が考えられ、Hacker ら<sup>12)</sup>は、造影剤が動・静脈に充満している時期に CT scan を行なう様に、造影剤注入と CT scan のタイミングを設定すべきだと報告している。しかし造影剤の移動がもたらす影響については述べておらず、また他にもこの問題に言及した報告はみられない。

この観点から、著者は phantom を作製し、造

影剤移動による CT 画像への artifact 及び CT 値への影響を実験的に検討した。

その結果、CT 画像への影響は、全く認められなかった。また、血管に見立てた phantom 内チューブ断面の CT 値は、その断面に於ける造影剤還流時間に、ほぼ比例することが明らかとなった。これは CT 装置の大部分が画像再構成のアルゴリズムに back projection 法を基本的に採用しているためと考えられる。

即ち、本法ではある部分の CT 値は、得られた各方向からの data を逆投影して重ね合わせた合計の平均値として算出されるため、scan 時間に data の変動があっても、結果として CT 値はそれらの平均値として得られるためと考えられる<sup>24)</sup>。

この実験結果から、臨床的には肝動脈に造影剤が充満している時期に scan を開始し、scan 後半に肝内門脈に造影剤が充満し始める様に scan 時期を設定すれば、門脈系よりの肝臓への造影剤流入による CT 像への影響は、肝動脈系の造影効果と比べて、低くなると考えられる。従って、得られた CT 像は、血管造影に於ける主として動脈～毛細管相を反映したものと考えられる。

#### B. CT Angio. による診断能について

Kormano<sup>25)</sup>によれば、血管内造影剤は速やかに間質液へと移行するため、CE-CT による濃度差増強効果は、組織内及び腫瘍内の全細胞外液量の多寡、即ち血液量と間質液量に左右される<sup>26)27)</sup>。

また、Hepatoma や hypervascularity を示す腫瘍の一部には、CE-CT によって周囲肝組織と iso density になる症例がある<sup>5)6)7)</sup>。また iso density とならないまでもこれら腫瘍の多くは、それ程濃度差増強効果の得られないことが多い。

これらの原因を、草野<sup>6)</sup>、小林<sup>7)</sup>らは血流量から解析し、肝が肝動脈、門脈より二重の血流を受ける血流量の大きい臓器であるため、Hepatoma の様に比較的血流量は大きいが肝動脈のみから血流支配を受ける腫瘍では、正常肝の血流量と相対的に差がなくなり、十分な濃度差が得られないためとしている。一方、荒木<sup>19)</sup>は、濃度差増強効果

は組織の細胞外液量、特に間質液の量に比例するとして、比較的細胞外液の多い肝に於いては、細胞成分の多い腫瘍は、原則として低吸収領域となるためとしている。

この様に、CE-CT は、必ずしも濃度差増強効果が得られないことがあるばかりか、血管腔だけでなく間質も同様に造影されるため、腫瘍の vascularity の診断には不適当と言える。これに対して、CT Angio. は、高濃度の造影剤が肝動脈系に充満している時期をとらえることから、CE-CT に比べ、濃度差増強効果は高く、血管造影にある程度対応した像が得られ、診断上極めて有用と考えられる。

### 1) 腫瘍 vascularity の診断について

腫瘍 vascularity の診断は、CT Angio. による腫瘍部 CT 値の変化によって十分可能であったが、CT Angio. は scan 時間が20秒あるいは9.8秒と長いことから、血管造影に於ける vascularity とは厳密には対応せず、また 1mm 以下とされる微細な腫瘍血管の同定も CT の分解能からは不可能であり、血管造影の hypervascularity と staining とを区別することはできなかった。hypervascularity を示さずに staining のみがみられる腫瘍は、比較的稀で診断上大きな問題とはならないが、この点に関しては、今後 scan 時間の短い装置によって解決する必要があると考えられる。

また、正常肝組織の CT Angio. に於ける CT 値の平均値は使用装置によって異なり、EMI 5005 では scan 時間が長く、scan 中に造影剤が肝内門脈へと流入し正常肝が門脈系により濃染され CT 値は CT Angio. の方が CE-CT よりも高くなるが、GE CT/T では scan 時間が短く、門脈を介しての濃染が軽度で CT Angio. の方が CE-CT よりも低値を示した。

### 2) CT Angio. による腫瘍存在診断、進展範囲診断、特に Detectability Index (DI) との関連について

DI は、その絶対値が大きい程、周囲肝組織と腫瘍部の濃度差が大きいことを示し、存在診断並

びに進展範囲診断能の指標となる。また DI が (-) の時は、腫瘍は周囲肝組織より low density、(+) の時は high density となる。

今回検討した症例では、hypervascularity な腫瘍では、腫瘍部 CT 値を腫瘍全体の平均値としてではなく腫瘍辺縁部の CT 値とした。これは hypervascularity な腫瘍では、腫瘍内に CE-CT, CT Angio. によつても CT 値が殆ど変化しない壞死巣と考えられる部分が存在することが多く、腫瘍内の CT 値のバラつきが大きくなるため腫瘍全域の CT 値を求めるることは妥当ではないと考えられたからである。従つて hypervascularity を示す腫瘍では、DI は腫瘍の存在診断能ではなく、進展範囲診断能を表わす。これに対して、hypovascularity を示す腫瘍では腫瘍内 CT 値がほぼ均等であり、腫瘍全域の CT 値の平均値を求めた。従つてこの場合の DI は、腫瘍存在診断能を表わす。

hypervascularity を示した腫瘍23例では、hypervascularity な部分を high density として描出できた症例は19例であったが、DI の絶対値が CT Angio. により plain CT よりも上昇した症例は、EMI 5005 で scan を行なった16例では6例にすぎなかった。これは CT 装置に負うところが大きく、GE CT/T では、CT Angio. による進展範囲診断能は全例 plain CT, CE-CT よりも向上した。

一方、hypovascularity を示した腫瘍では、いずれの装置でも DI の絶対値は、CT Angio. により plain CT よりも増大し、存在診断は極めて容易となった。これは、hypovascular な腫瘍では、腫瘍が肝動脈よりの造影剤によって全く濃染しないのに対して、正常肝組織が濃染したためと考えられる。

### 3) CT Angio. による腫瘍濃染パターンと質的診断について

CT による質的診断は、腫瘍の形態、CT 値等からなされてきたが、肝囊胞を除いては特異的所見に乏しく、その診断は困難とされてきた<sup>1)~5) 8)</sup><sup>9) 10)</sup>。

一方、CT Angio. は、従来の方法では困難で

あった腫瘍 vascularity, 腫瘍濃染形態, 内部構造の描出が可能であるが, 血管造影の様に腫瘍血管, encasement といった微細な血管の変化による質的診断は不可能である。

このため, 著者は CT Angio. によって得られる腫瘍濃染パターンに着目し, それと質的診断との関連を検討した。その結果, 腫瘍濃染パターンは5型に分類でき, hypervascularity を示す腫瘍では, homogeneous, mottled, patchy, ring-likeの4型に分類された。

homogeneous type は, CT Angio. による造影効果が必ずしも良くなく, 腫瘍内部構造が明瞭とならなかつたと考えられる。mottled type に於いて描出された線状～点状の濃染部は, 血管造影に於ける太い新生血管が CT Angio. によって描出されたものと考えられ, CE-CT ではこの濃染部は消失した。

patchy type は, 濃染部と非濃染部が斑状に混在するもので, 主として Hepatoma の特徴的所見と考えられた。岡部<sup>28)</sup>によれば, Hepatoma では, 一つの癌結節に於いても, hypervascularity, avascular, hypovascular など vascularity を異にする部分が混在するとされ, patchy type は, こうした Hepatoma の血管構築をある程度具現したものと考えられる。即ち, CT Angio. によって, hypervascularity な部分は high density となり, avascular, hypovascular な部分は, 濃染がみられないか軽度であったため high density とならず, こうした Hepatoma 内部に於ける濃染の差, 言い換えれば vascularity の差が, CT Angio. によって patchy type として描出されたものである。

また ring-like type は, 腫瘍中心部に壞死と考えられる非濃染部が存在し, 壊死に陥っていない周辺部が濃染するもので, 濃染部の厚い症例と薄い症例の2つの亜型に分けられ, 前者は Hepatoma, 後者は転移性肝腫瘍に多い傾向がみられた。被包型の Hepatoma では, CE-CT でも腫瘍周囲に被包の濃染がみられるという報告<sup>29)</sup>もあるが, CT Angio. は CE-CT と異り, 高濃度の造影剤が肝動脈系に充満している時期の CT 像であ

り, 被包よりも hypervascularity な腫瘍部が濃染し, high density となる。また, 転移性肝腫瘍は, 出血, 壊死などを起こし易いとされる<sup>7,30)</sup>ことから, 転移性肝腫瘍は, CT Angio. では Hepatoma よりも濃染部の薄い亜型として描出されたと考えられる。海綿状血管腫は, CT Angio. では濃染部の薄い亜型に属したが, CE-CT では濃染部が広がりほぼ全体が high density となる特異的变化がみられた。本例は, DIC を併発しており, 腫瘍血管内膜の変化により造影剤が滞留したためと考えられるが, 荒木<sup>19)</sup>, Barnett<sup>31)</sup>らの報告でも, 海綿状血管腫は同様の変化がみられ, 本症の特徴的所見としていることから, 本例も合致するものと考えられる。

この様に, CT Angio. は hypervascularity な腫瘍に於いては, 腫瘍の血管構築をある程度具現し, Hepatoma, 転移性肝腫瘍, 海綿状血管腫などの鑑別はある程度可能となったが, 夫々に特徴的所見は乏しく, 必ずしも明確には鑑別し得ない症例もあった。

一方, hypovascularity を示す腫瘍では, 全て濃染パターンは negative type に属し, 肝囊胞以外の Cholangioma, 転移性肝腫瘍の鑑別は不可能であった。

以上の様に, CT Angio. による腫瘍性病変の質的診断は, 腫瘍 vascularity の同定, 腫瘍濃染パターンからある程度鑑別可能とは考えられるが, 現在の CT 装置の分解能, scan 時間からは限界があり, 質的診断の向上には, 短時間, 連続 scan の可能な CT 装置の開発が望まれる。

## V. 結論

1. RI による肝循環時間の測定結果より, CT Angio. は肘静脈より造影剤注入開始20秒後に CT scan を始めるのが至適と考えられた。また, CT scan 時に於ける造影剤流動による CT 像への影響は実験的にはみられず, CT 値は, 造影剤の占居時間に比例することが判明した。

2. CT Angio. による腫瘍 vascularity の診断は, 血管造影上 hypervascularity を示す腫瘍では CT 値が plain CT より上昇し, hypovascularity

を示す腫瘍では変化しないことから可能であった。

3. CT Angio. による腫瘍進展範囲及び存在診断能を表わす Detectability Index (DI) の設定を行なった。CT Angio. により DI は、hypervasculat な腫瘍では23例中13例で plain CT よりも向上し、19例に於いて腫瘍部は high density として描出された。また、hypovascularity を示す腫瘍では、DI は全例向上した。

4. CT Angio. による腫瘍濃染パターンは hypervascula な腫瘍では、homogeneous, mottled, patchy, ring-like の4型、hypovascular な腫瘍は negative type の計5型に分類できた。Hepatoma は patchy type, 転移性肝腫瘍は濃染部の薄い ring-like type に多い傾向がみられた。

稿を終わるに臨み、御指導、御校閲を賜った恩師木村修治教授、並びに河野通雄助教授に感謝申し上げます。また終始温かい御助力をいただいた佐古正雄講師、呉共済病院放射線科桂武生医長、神戸大学放射線医学教室の諸兄に感謝申し上げます。

尚、本論文の要旨は第20回日本脈管学会総会、第39回日本医学放射線学会総会で発表した。

### 文 献

- 1) Stephens, D.H., Sheedy, P.F., Hattery, R.R., and MacCarty, R.L.: Computed tomography of the liver. AJR., 128: 579—590, 1977
- 2) Bryan, P.J. and Dinn, W.M.: Isodense masses on CT: Differentiation by gray scale ultrasonography. AJR., 129: 989—992, 1977
- 3) Scherer, U., Rothe, R., Eisenburg, J., Shidberg, F.W., Meister, P. and Lissner, J.: Diagnostic accuracy of CT in circumscribed liver disease. AJR., 130: 711—714, 1978
- 4) Biello, D.R., Levitt, R.G., Siegel, B.A., Sagel, S.S. and Stanley, R.J.: Computed tomography and radionuclide imaging of the liver. Radiology, 127: 159—163, 1978.
- 5) 河野通雄、横川修作、佐古正雄、坂本一夫、足立秀治、広田省三、木村修治、桂武生：肝腫瘍性病変における CT と血管造影像の比較・検討。臨放、24: 1311—1318, 1979
- 6) 草野正一、小林剛、松林隆、石井公道、柴田久雄、木戸義行、大宮東生、中英男、佐々木憲一、奥平雅彦：Computed Tomography による肝横断正常解剖と肝癌診断への有用性。肝臓、19: 299—311, 1978
- 7) 小林剛、草野正一、石井勝巳、菅信一、堀池重治、伊東啓、咲間純夫、富永紳一、沢田宣久、松林隆、中英男：Computed Tomography による原発性肝癌の診断について。日本医学会誌、38: 744—753, 1978
- 8) Moss, A.A., Schrumpf, J., Schnyder, P., Korobkin, M. and Shimshak, R.R.: Computed tomography of focal hepatic lesions: A blind clinical evaluation of the effect of contrast enhancement. Radiology, 131: 427—430, 1979
- 9) Stanley, R.J., Sagel, S.S. and Levitt, R.G.: Computed tomography of the liver. Radiologic Clinics of North America, 15: 331—348, 1977
- 10) Wooten, W.B., Bernardino, M.E. and Goldstein, H.M.: Computed tomography of necrotic hepatic metastases. AJR., 131: 839—841, 1978
- 11) Alfid, R.J., Hagga, J.R., Havrilla, T.R., Pepe, R.G. and Cook, S.A.: Computed tomography of the liver. AJR., 127: 69—74, 1976
- 12) Hacker, H. and Becker, H.: Time controlled computed tomographic angiography. J. of Computer Assisted Tomography, 1: 406—409, 1977
- 13) Hacker, H.: Cerebral angiographic technics. Lecture at the Pfizer Symposium on Stroke June 1976
- 14) Carter, B.L. and Ingatow, S.B.: Neck and mediastinal angiography by computed tomography scan. Radiology, 122: 515—516, 1977
- 15) Korobkin, M., Kressel, H.Y., Moss, A.A. and Kochler, R.E.: Computed tomographic angiography of the body. Radiology, 126: 807—811, 1978
- 16) Marchal, G., Baert, A.L. and Wilms, G.: Intravenous pancreaticography in computed tomography. J. of Computer Assisted Tomography, 3: 727—732, 1979
- 17) Hagga, J.R.: New techniques for CT-guided biopsies. AJR., 133: 633—641, 1979
- 18) Kunstlinger, F., Federle, M.P., Moss, A.A. and Marks, W.: Computed tomography of hepatocellular carcinoma. AJR., 134: 431—437, 1980
- 19) 荒木力：高分解能 CT の臨床的評価（その1）肝腫瘍 CT 診断の評価と限界。映像情報、12: 221—226, 1980
- 20) 福田国彦、多田信平：連続 CT スキャンの臨床的評価。映像情報、12: 250—255, 1980
- 21) 上田英雄：肝疾患の循環異常。最新医学、16:

- 2316—2322, 1961
- 22) Coin, C.G. and Chan, Y.: Computed tomographic arteriography. *J. of Computer Assisted Tomography*, 2: 165—168, 1977
- 23) Parndo, A., Wallace, S. Bernardino, M.E.: and Lindell, M.M. Jr. Computed tomographic arteriography of the liver. *Radiology*, 130: 697—701, 1976
- 24) 高橋信次: 図解コンピュータ断層法. pp. 5—18, 1978, 秀潤社, 東京
- 25) Kormano, M. and Dean, P.B.: Extravascular contrast material: The major component of contrast enhancement. *Radiology*, 121: 379—382, 1976
- 26) Gado, M.H., Phelps, M.E. and Coleman, R.E.: An extravascular component of contrast enhancement in cranial computed tomography. *Radiology*, 117: 589—593, 1975
- 27) Newhouse, J.H.: Fluid compartment distribution of intravenous iothalamate in the dog. *Investigative Radiology*, 12: 364—367, 1977
- 28) 岡部正之: 原発性肝癌の病理形態学的研究, 肝細胞癌における癌結節の被膜並びに隔壁の形成機転について. *肝臓*, 20: 144—155, 1979
- 29) 久保保彦, 平井賢治, 長崎嘉和, 阿部正秀, 谷川久一, 酒見泰介, 下川泰, 本川正和: 肝細胞癌のCT診断—被包型肝細胞癌のCT所見の特徴. *肝臓*, 21: 784
- 30) Edmondson, H.A. and Peters, R.L.: Liver, metastatic tumor. Anderson, W.A.D., Kissane, J.M., ed: *Pathology*. Seventh Edition, pp. 1416—1417, Mosby, Saint Louis.
- 31) Barnett, P.H., Zerhouni, E.A., White, R.I. Jr. and Siegelman, S.S.: Computed tomography in the diagnosis of cavernous hemangioma of the liver. *AJR.*, 134: 439—447, 1980