

Title	Dynamic CTによる肝血流の評価-実験的並びに臨床的研究
Author(s)	渡辺, 英明; 佐古, 正雄; 広田, 省三
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(8), p. 972-981
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20296
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

Dynamic CT による肝血流の評価

—実験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：河野通雄教授）

渡辺 英明 佐古 正雄 広田 省三

（昭和63年3月30日受付特別掲載）

（昭和63年5月31日最終原稿受付）

Experimental and Clinical Studies of Hepatic Blood Flow Evaluation by Dynamic CT

Hideaki Watanabe, Masao Sako and Shozo Hirota

Department of Radiology, Kobe University School of Medicine

(Director: Prof. Michio Kono)

Research Code No. : 514.1

Key Words : Dynamic CT, Hepatic blood flow, Liver cirrhosis

Dynamic CT of the liver were applied to a method of hepatic blood flow evaluation. The time-density curve of the liver and the aorta after intravenous bolus injection of contrast medium were evaluated, devising a new potential index for a relative liver blood flow from the aorta (Aorto-Hepatic (A-H) ratio); hepatic peak density was expressed as percentage to aortic peak density and was divided by the peak time difference between the aorta and the liver. In experimental studies, two animal models for decreased hepatic blood flow were prepared, one with hepatic arterial embolization and the other with superior mesenteric vein ligation. The A-H ratios in both groups were well correlated to the decrease of blood flow of the liver, indicating that the A-H ratio could express not only the arterial but also the portal blood flow. In clinical studies, dynamic CT scans were performed in 69 patients, including 50 cases of the liver cirrhosis with hepatoma, 10 cases of liver cirrhosis and 9 cases of normal liver. The A-H ratio of normal liver was 0.63 ± 0.11 , while in cirrhosis the ratio was 0.21 ± 0.06 and cirrhosis with hepatoma the ratio was 0.27 ± 0.09 . The ratio was well correlated to the degrees of the diseases, and also the ratio was correlated to the hepatic function reserve in some degrees. From this results, it was strongly suggested that the A-H ratio would become an useful index of blood perfusion to the liver parenchyma, providing adjunctive parameter to determine resectability of the liver, indication for hepatic arterial embolization, or evaluation of the course of chronic liver diseases.

I. 緒 言

造影剤を急速に静注し、目的部位を連続的にスキャンする Dynamic CT は、諸家の報告にも見られる如く単純 CT や造影剤を単に点滴静注する contrast enhancement CT（以下 CE-CT）に比し病巣の血管増生度等の程度をより明確に描出でき

ることから、病変の内部構造や進展範囲の評価に、より有用であるとされている^{1)~3)}。しかし、これらの評価は形態診断の観点から行なわれたものであり、Dynamic CT がもつ機能面に対する有用性に関する報告は少ない^{4)~7)}。

そこで我々は Dynamic CT の機能面における

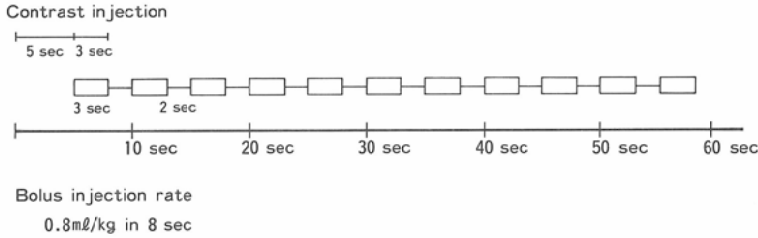


Fig. 1 Dynamic scan program and injection rate of contrast medium

診断的意義を更に展開させるため、肝に対する Dynamic CT で得られた time density curve を分析し、大動脈血流を基準とした相対的肝血流比、Aorto-Hepatic ratio (以下 A-H ratio) を考案した。

本論文では A-H ratio の診断的意義並びに有用性を検討することを目的とし、実験的並びに臨床的に肝血流動態と A-H ratio の関連性を追求した。特に臨床的には A-H ratio と肝機能及び肝予備能との関連性についても検討した結果、A-H ratio がこれらに対する有用な一指標となることが明らかになったのでその成績につき報告する。

II. Dynamic CT の手技並びに

A-H ratio の算定法

Dynamic CT に先立って、まず単純 CT の画像から目的とする肝実質を含む最も適したスライス面を設定した。造影剤の注入は経静脈性に行ない、体重1kg 当り0.8ml の割合で自動注入器を用いて8秒間で注入した。Dynamic CT は通常注入開始5秒後から連続的に行なうが使用装置(TCT60A-60)のスキャンプログラムに従い5秒毎(scan time; 3秒, interscan delay; 2秒)に11scanを行なうこととした(Fig. 1)。

次に、得られた Dynamic CT 画像上の大動脈内および肝実質部に関心領域(以下 ROI)を設定し、両部位の time density curve を作成した(Fig. 2)。ROI の設定に際しては血管を含まない出来るだけ広い範囲に設定するよう留意した。グラフの縦軸は density (CT 値) を、横軸は時間(秒)を示す。density の値は同部位における造影後の CT 値から単純 CT での CT 値を差引いた値で、enhancement unit (以下 E.U.) とした。

A-H ratio の算定は、まず Aorta での peak

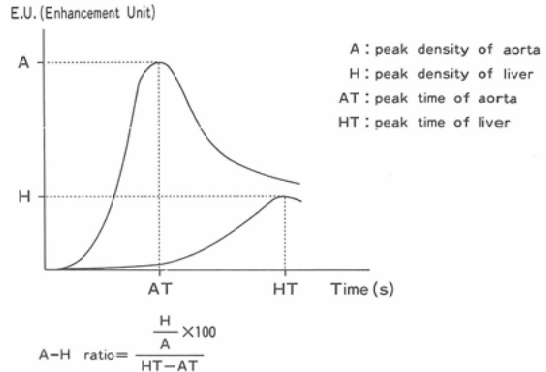


Fig. 2 Calculation method of A-H ratio

density (A) を求め、これに対する肝の peak density (H) の割合を百分率で算出した ($H/A \times 100$)。次にこの値を Aorta と肝の peak to peak time ($HT-AT$) で除した値 ($H/A \times 100 / HT-AT$) を A-H ratio とする。即ち、A-H ratio は造影剤が単位時間に大動脈から肝実質レベルへ移行する割合を表わしたものである。

III. 実験的研究

1. 対象および方法

肝への血流は肝動脈および門脈を介して流入するが A-H ratio がこれら両者の血流をどの様に反映するのかを検討するために成犬を用いて以下の実験を行なった。

肝動脈血流を減少させる方法として肝動脈塞栓術(以下 TAE)を、また門脈血流を減少させる方法として上腸間膜静脈(以下 SMV)を結紮し、塞栓または結紮する前後の A-H ratio を対比検討した。しかし、TAE 後の肝血流動態に関しては現在必ずしも明らかでなく、特に TAE 後に門脈血流が増加するとの報告があることから、まず TAE 前後の門脈血流に対する実験を行なった。

実験1 TAE前後の門脈血流変動

肝機能が正常である体重10~14kgの成犬5頭を対象としてケタラール16mg/kgを筋注後、sodium pentobarbital 20mg/kgを腹腔内投与して全身麻酔を施した後、開腹下に門脈血流を電磁血流計(日本光電工業社製電磁血流計MF27,動物用プローブFB型)にて測定した。次に肝動脈のTAEを行ない、その後の門脈血流の変化を経時的に測定した。TAEは大動脈よりSeldinger法にてPart4.1 KIFA greenカテーテルを選択的に固有肝動脈に挿入した後、セラチンスポンジを1mm³細片に裁断したもの70~80個を、1~2mlの生理食塩水と混和し膨化させた後、カテーテルより注入し固有肝動脈が完全に閉塞するまで注入した。

実験2 TAEによるA-H ratioの変動

動脈血を減少させることを目的とし、正常肝機能の成犬5頭(体重10~14kg)を対象としてTAE前後のA-H ratioを測定した。まず、全身麻酔下にカテーテルを固有肝動脈へ挿入した後、塞栓前のdynamic CTを行なった。dynamic CTは前肢の静脈より0.8ml/kgの造影剤を8秒間で注入し、(II)の項で述べたと同様のdynamic mode programに従い注入開始5秒後より計11回のスキャンを行なった。scanに要する時間が約60秒と長い、肝実質内ではdensityが一様で、またartifactも少なくA-H ratioの算定に支障がなかった。次に実験1と同様の方法でTAE後に、再度dynamic CTを行ない、術前後での値を比較検討した。

実験3, SMV結紮によるA-H ratioの変化

門脈血流を減少させる実験は、同様に5頭に行なった。開腹下にSMV及び門脈本幹を露頭させた状態で結紮前のdynamic CTを行ない、次にSMV本幹を結紮し直後に再度dynamic CTを行なった。

2. 結果

実験1 (Fig. 3)

正常犬におけるTAE前後の門脈血流の変化はFig. 3のごとく、TAE施行前、門脈血流量は111±22.7ml/minを示したが、TAE施行直後より増

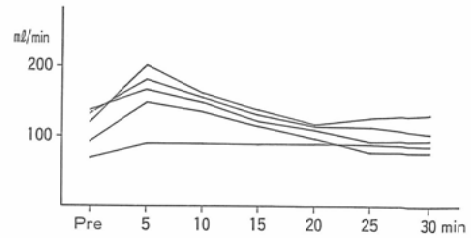


Fig. 3 Portal venous blood flow of pre and postembolization in dogs

Table 1 The change of A-H ratio before and after hepatic arterial embolization and superior mesenteric vein ligation in dogs

	前	後
E M B O L I 群	$\frac{14.1}{15} = 0.9$	$\frac{16.2}{45} = 0.36$
	$\frac{15.0}{20} = 0.75$	$\frac{13.1}{30} = 0.43$
	$\frac{16.6}{15} = 1.11$	$\frac{14.3}{35} = 0.41$
	$\frac{14.5}{15} = 0.97$	$\frac{13.5}{35} = 0.39$
	$\frac{15.7}{20} = 0.79$	$\frac{13.8}{40} = 0.35$
	$\frac{17.2}{25} = 0.68$	$\frac{16.3}{30} = 0.54$
S M V 結 紮 群	$\frac{14.0}{15} = 0.93$	$\frac{12.7}{30} = 0.64$
	$\frac{13.6}{20} = 0.68$	$\frac{12.4}{25} = 0.50$
	$\frac{15.2}{15} = 1.03$	$\frac{13.8}{35} = 0.39$
	$\frac{14.8}{15} = 0.99$	$\frac{13.5}{30} = 0.45$

加し、5分後には161±38.3ml/minを示しpeakに達した。その後次第に減少し、約20分後には109±9.8ml/minとほぼ術前の流量に復した。

実験2 (Table 1)

術前のTAE施行群におけるA-H ratioの算定において、大動脈と肝とのpeak to peak time (HT-AT)は17.0±2.4秒で、大動脈と肝のpeak densityの比(H/A×100)は15.2±0.9でA-H ratioは0.90±0.13を示した。TAE後、peak to peak timeは37±5.1秒と延長したが、peak densityの比は14.1±1.2と変化なく、A-H ratioは

Table 2 The change of A-H ratio pre and postembolization

	Embolization 前	Embolization 後
1	$\frac{7.5}{38} = 0.20$	$\frac{8.1}{48} = 0.17$
2	$\frac{10}{33} = 0.30$	$\frac{10}{48} = 0.21$
3	$\frac{10}{43} = 0.23$	$\frac{7.0}{43} = 0.16$
4	$\frac{10}{28} = 0.36$	$\frac{7.0}{35} = 0.20$
5	$\frac{6.8}{48} = 0.14$	$\frac{5.1}{38} = 0.13$
6	$\frac{7.4}{43} = 0.17$	$\frac{6.4}{38} = 0.17$

0.39±0.03を示し、術前に比べ低下した。このことは、peak densityの比にほとんど変化がないことより peak to peak timeの延長によるものと考えられた。

実験3 (Table 2)

SMV 結紮群においては、術前の peak to peak time は18±4秒、peak densityの比は14.9±1.3、A-H ratioは0.86±0.15を示したが結紮後の peak to peak time は29.0±3.7秒と延長し、peak densityの比は13.7±1.4と変化なく、A-H ratioは0.50±0.08と術前に比べ低下した。実験2と同様にA-H ratioの低下は、peak to peak timeの延長によるものであった。

以上の実験結果よりA-H ratioは、動脈血および門脈血の肝末梢レベルでの血流を反映しているものと考えられ、この結果を基に臨床的研究を行なった。

IV. 臨床的研究

基礎的研究で得られたA-H ratioの臨床的意義を検討するため、正常、肝硬変、肝癌合併肝硬変例でのA-H ratioを求め、これらの疾患における肝血流動態の指標としての意義並びに肝予備能との関連性を検討した。

1. 対象

肝あるいは脾の病変が疑われ、dynamic CTを行なった74例を対象とした。内訳は肝細胞癌を合併した肝硬変54例、肝硬変10例、正常例10例であ

る。正常例は脾病変を疑ったものが6例、肝血管腫が4例でいずれもCT上、スライス面に肝が充分含まれ、CTおよび血清学的にも肝に異常のないことが確認され、これらを正常対照群とした。

2. 方法

Dynamic CTのscan programおよび注入方法は(II)の項に記した方法に準じて行なった。患者の呼吸停止を容易にさせるため、予め4lの酸素吸入を行なった。

正常、肝硬変及び肝癌を合併した肝硬変の各群でのA-H ratioを算定し、その値を比較検討した。

次にA-H ratioと肝予備能との関連をみるために、予備能を評価するfactorであるICG Rmax(30例)、Hepaplastin test(以下HPT)(37例)、ChE(32例)を行ない比較した。また、TAEを行なった肝細胞癌16例に対して、術後の一般肝機能検査値が術前の値に回復する期間とA-H ratioとの関連をみた。

3. 結果

a. A-H ratioと肝血流との関連について

大動脈のtime density curveは各群共に造影剤注入開始10±1.3秒より速やかに上昇し、19±2.1秒後には296±38E.U.のpeakを示した。その後急速に下降し、40.0±2.9秒には再循環によると思われる小さなpeakを示したが、以後次第に減衰した。一方、肝のtime density curveは注入開始16±4.2秒後よりゆるやかな勾配を描いて上昇し、35±5.8秒後にpeakに達し、以後極めてゆるやかに下降した。

各群の症例につき算定した肝と大動脈のpeak densityの比(H/A×100)は正常群では、11.8±1.7、肝硬変群では8.4±1.5と明らかな差がみられた。一方、肝癌を合併した肝硬変群では9.26±2.8と必ずしも一定の傾向は示さず正常群との明らかな差はみられなかった。

また、大動脈と肝のpeak to peak time(HT-AT)は各群によって異なった値を示し、正常群では20±2.9秒であったが肝硬変および肝癌合併例ではそれぞれ33.7±5.6秒36.0±6.7秒で、明らかに延長していた。

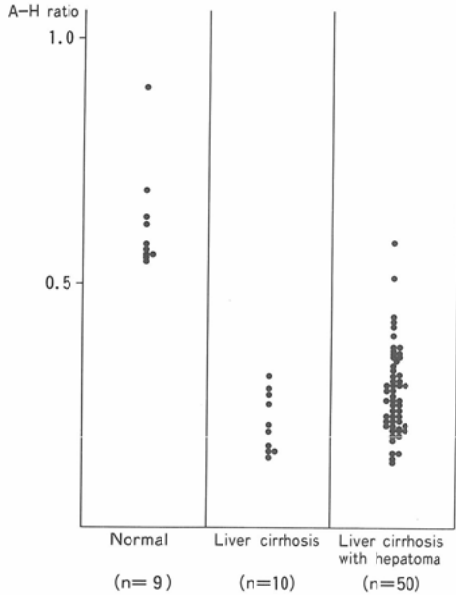


Fig. 4 Difference of A-H ratio in liver diseases

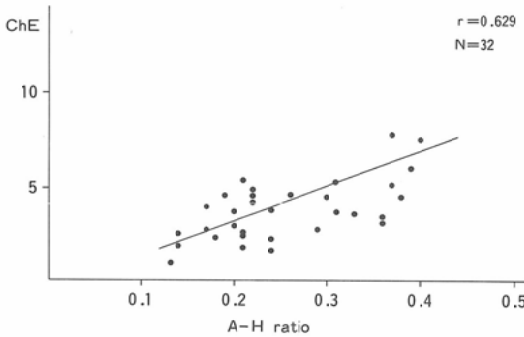


Fig. 5 Relationship between A-H ratio and ChE

各群における A-H ratio の分布 (Fig. 4) は、正常群では A-H ratio は 0.63 ± 0.11 を示したが、肝硬変群では 0.21 ± 0.06 で正常肝と比べ明らかな差を示した。また、肝癌を合併した肝硬変群では 0.27 ± 0.09 と肝硬変群よりやや高い値を示した。

b. A-H ratio と肝予備能との関連について

A-H ratio と肝予備能との関連をみるため ChE (Fig. 5), HPT (Fig. 6) と A-H ratio を比較した。ChE, HPT との相関係数はそれぞれ $\gamma = 0.629$, $\gamma = 0.617$ の相関を示した。また、肝細胞障害の程度を示すといわれる ICGRmax との比較では両者間の相関係数は $\gamma = 0.357$ と必ずしも良好な相関を示さなかった (Fig. 7)。

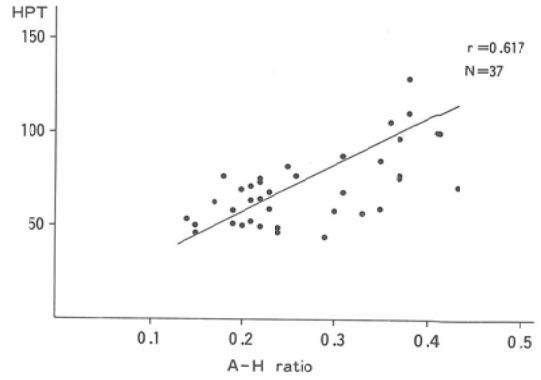


Fig. 6 Relationship between A-H ratio and HPT

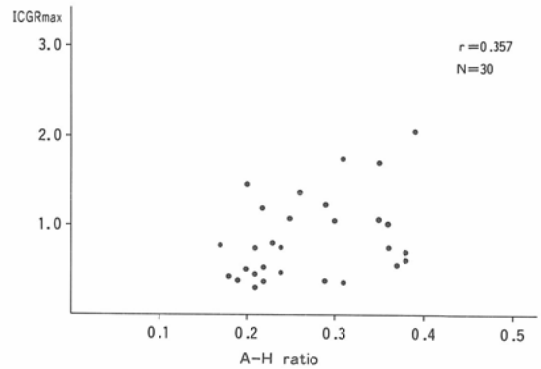


Fig. 7 Relationship between A-H ratio and ICG Rmax

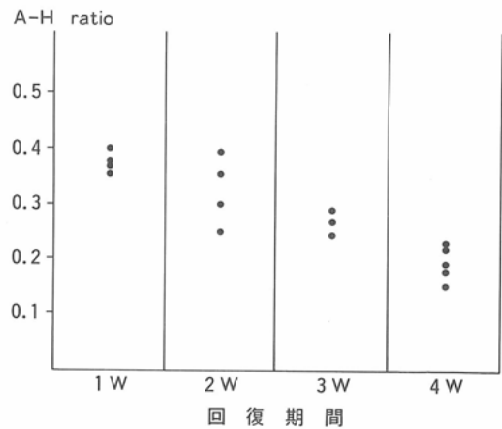


Fig. 8 Recovery period after TAE

次に TAE による肝機能回復期間と A-H ratio との関連では、A-H ratio が低値の場合には回復が比較的遅い傾向にあり、A-H ratio は塞栓術後の肝機能の回復期間と比較的良好に相関した (Fig.

8).

V. 症 例

症例 1 (Fig. 9)

56歳, 男性. 左葉の肝細胞癌を伴う肝硬変
右葉の H/A は15.6と明らかに正常範囲を越える
高値を示した. その原因は, 本例では血管造影
像で右葉に多数の顆粒大の肝内転移が認められ,
dynamic CT 上の ROI はこれらの肝内転移巣を
評価したためと推察される.

症例 2 (Fig. 10)

49歳, 男性. 肝硬変

HT-AT が43秒と著明に延長し, 血管造影で
遠肝性の paraumbilical vein が造影された.

症例 3 (Fig. 11)

58歳, 男性. 左胃動脈, 門脈間の動静脈瘻 HT-
AT が5秒と極めて短縮し, 血管造影で左胃動脈
と門脈の間に著明な短絡像がみられた.

VI. 考 案

1. A-H ratio と肝血行動態

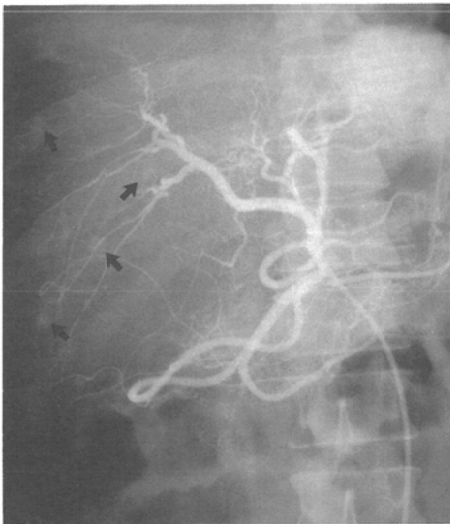
我々は造影剤を経静脈性に急速注入し, Aorta

から肝実質への造影剤の移行を dynamic CT の
time density curve から解析評価する方法を考案
した.

解析方法として Aorta での Peak density を基
準とし, これに対する肝実質の peak density を百
分率で表わした. これは経静脈性に注入された造
影剤が Aorta に達する時間やその濃度が心肺機
能等により影響を受ける可能性があるため, 客観
的評価法として採用した.

a) H/A の意義

Aorta での peak density (A) を基準とした肝
の peak density (H) との比 (H/A) は ROI を設
定した肝実質レベルでの造影剤量に比例すること
から, 血管床の容量を相対的に評価する値と考え
られる. 成犬での正常肝における実験では, H/A
は10頭いずれもほぼ一定した値を示し, TAE や
SMV 結紮直後に測定した H/A でも術前に比較
してほとんど変化がみられなかった. 一方, 臨床
例においては, 肝硬変の如く肝内の線維化が著明
となり sinusoid 内腔が狭窄し, 肝血管床が減少す



a



b

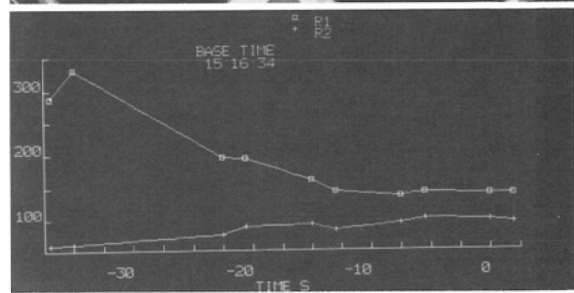


Fig. 9 a) Celiac arteriogram revealed hepatoma in the left lobe of liver, and shows multiple intrahepatic metastases in the right lobe. b) Intrahepatic metastases are not clear at dynamic CT. The ratio of peak density between aorta and liver was 15.6. The peak time difference between aorta and liver was 29 seconds. A-H ratio was 0.58.

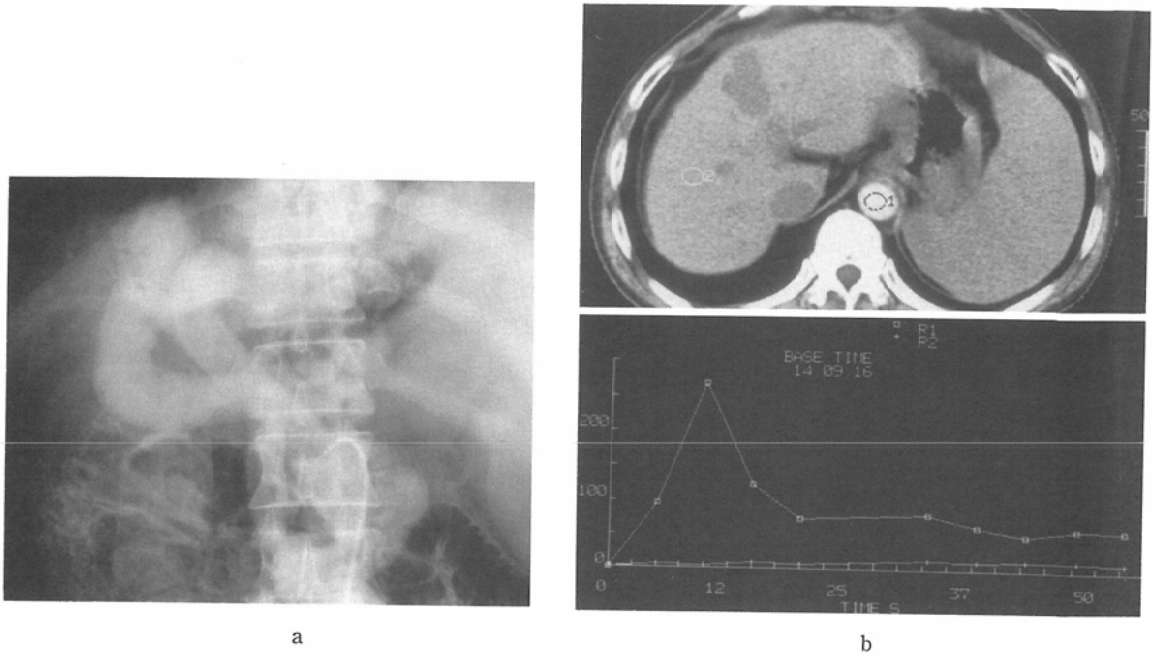


Fig. 10 a) Portal phase of superior mesenteric arteriogram revealed dilated paraumbilical vein. b) The ratio of peak density between aorta and liver was 6.5. The peak time difference between aorta and liver was 43 seconds. A-H ratio was 0.14.

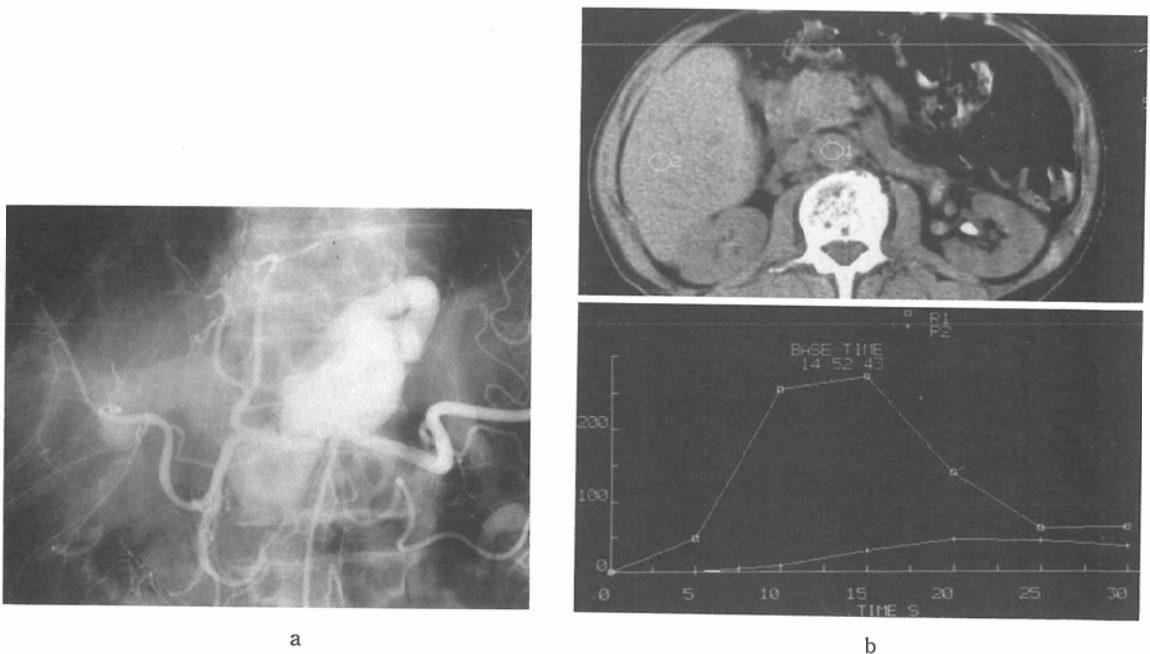


Fig. 11 a) Celiac arteriogram shows the shunt from left gastric artery to portal vein. b) The ratio of peak density between aorta and liver was 18.0. The peak time difference between aorta and liver was 5 seconds. A-H ratio was 3.6.

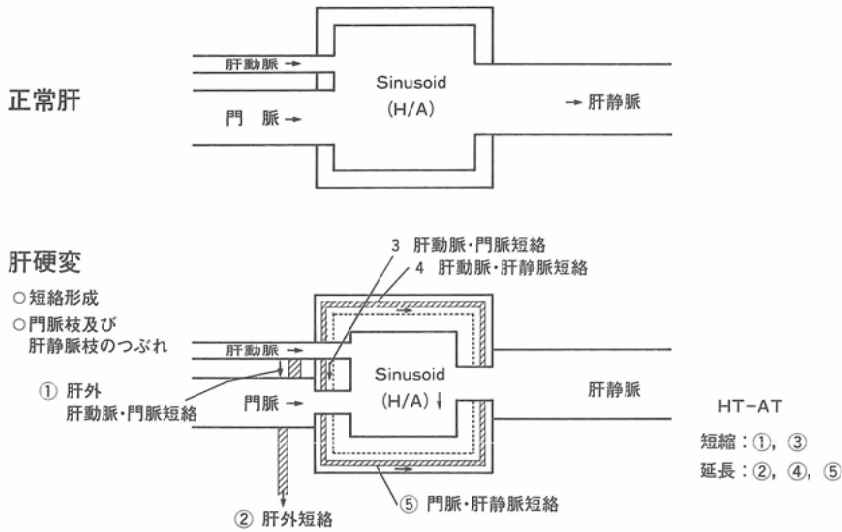


Fig. 12 Liver blood flow in normal liver and liver cirrhosis

る場合は、H/Aは正常肝に比べ明らかに低下していた。これらの結果からH/Aは肝血管床の多少を評価する値と考えられる。肝硬変群に比べ肝癌合併肝硬変群でH/Aがやや高値を示したが、これは一部の症例でCT画像上は検出が困難な多発性微細娘結節部にROIを設定したために動脈血流の増加がH/Aに反映されたためと考えられる。更に肝癌の増殖に伴うA-P shuntの発達などが非癌部の血行動態に影響を及ぼすものと推定される。

b) HT-ATの意義

次に大動脈と肝のpeak to peak time (HT-AT)は造影剤の大動脈から肝動脈あるいは門脈を介して肝実質へ移行する時間を示している。その裏づけは、実験結果の如くTAEやSMV結紮によりHT-ATが延長した事実や、臨床的にも肝硬変群では正常群に比し明らかに延長する傾向がみられたことから推察される。即ち、肝血管床(H/A)は変化しないか、血流が減少するためにHT-ATが延長したと考えられる。肝硬変の場合は、肝末梢抵抗の上昇によるportal hypertensionのため門脈血の循環時間が著明に延長したことによると理解される。

c) A-H ratioと肝血流

TAE及びSMV結紮の実験によって示された

如く、門脈血、動脈血いずれの血流が減少してもA-H ratioの低下がみられたことより、この値は門脈、動脈血両者を介して肝実質への血流量を評価した値と考えられる。Table 2はgel foamによるTAE施行前とTAE施行10日後に塞栓された領域の非癌部で測定したA-H ratioの変化をみたものであり、7例中5例で低下がみられた。一般に、gel foamによるTEAでは少くとも約2週後までは塞栓状態が続くといわれており、TAE10日後のA-H ratioの低下は主として動脈血流の低下を反映したことによると考えられた。

この様にA-H ratioは肝血管床容量と肝への血流量や末梢抵抗の因子との比、すなわち相対的肝血流比としたものである。従って、A-H ratioの低下は血管床に変化がない時は、血流量の減少ないし末梢抵抗の増大が生じた場合にみられると考えられる。この観点からA-H ratioの評価に際しては、H/A及びHT-ATの値についても考慮する必要があると思われる。すなわち、肝硬変群のH/A値が正常値に近い値を示す場合は、ROIを設定した部位がvascularityの比較的高い再生結節であることが推定され、H/Aが正常範囲を越えて高値を示す場合には、ROIを設定した部位に、CT画像では検出不可能なvascularityの高い病変、すなわち肝細胞癌における微細な肝内転移な

どの存在を考慮する必要がある (Fig. 9).

一方、HT-AT の値は、肝硬変群で正常に比べ著明に延長する傾向にあるが、HT-AT 時間が正常範囲を越え著明に延長する場合には、Fig. 12 に示す如く肝内の血管抵抗が高まり遠肝性肝外門脈シャント、肝動脈・肝静脈シャント及び門脈・肝静脈シャントが発達し、その結果として肝内血流が著しく減少した状態が惹起されたものと推察される (Fig. 10).

また、HT-AT が短縮する場合は肝内もしくは肝外に肝動脈・門脈シャントが存在することを考慮する必要がある (Fig. 11).

2. 肝予備能に対する A-H ratio の意義

肝予備能に関しては従来より色素代謝⁹⁾、凝固能¹⁰⁾等の肝細胞¹¹⁾¹²⁾もしくは網内系¹³⁾¹⁴⁾の機能を評価し、予備能と関連づける方法が行なわれている。しかし、臨床的に肝切除後の予備能が術前の評価で良好と判定されても術後肝不全がみられる場合がある。このことから我々は dynamic CT による前述の方法が肝切除後の残存肝予備能の細かい評価が有用であろうと考え検討した。

前述の如く A-H ratio と肝予備能とに関連のある ChE, HPT とは比較的良好な相関を示したことは興味ある事実と思われたが、ICG Rmax との比較では、必ずしも良好な相関を示さなかった。このことは、ICG Rmax は肝細胞の機能を評価する値であるのに対し、A-H ratio は血流量を評価し得るが、必ずしも有効肝血流量は評価しえないと思われる。即ち、土屋ら¹⁷⁾の報告によると正常肝の類洞レベルでは類洞血液が直接肝細胞に接することにより容易に血液-肝細胞間の物質交換が可能となるいわゆる“open circulation”に適った構造をとっているのに対し、肝硬変では物質交換が行なわれる類洞内皮小孔の数の減少や、類洞内皮細胞直下に基底膜が形成されるといったいわゆる“closed circulation”を呈し、血流はあるものの肝細胞に供給される有効な肝血流が少ない状態に陥ると述べている。従って、A-H ratio は正常肝の場合には有効肝血流を反映していると考えられるが、肝硬変の場合には必ずしも有効肝血流の評価しえず肝予備能と相関しないことが推察される。

しかし、ICG Rmax の測定に際し ICG を正確に一定時間内に注入し、正確な採血には十分な配慮が必要で、それらの操作を誤ると正確な値は得られないと言われている¹⁸⁾。実際、ICG Rmax が 1.27 と比較的高値で、A-H ratio が 0.2 と低値を示した症例では他の予備能を評価する検査法 (HPT45, ChE1.8, ICG15 分値 36%, Child C) ではいずれも低値を示していたことから ICG Rmax のみでは必ずしも正確な肝予備能を反映しえないと考えられる。

一般に肝癌に対し肝切除術あるいは TAE を行なう患者では、本法は肝予備能を評価する上できわめて有用な parameter と考えられる。即ち、①びまん性肝疾患時の肝実質レベルでの血流評価及び経過観察、② TAE 後の血流動態の把握及び再 TAE の適応決定などである。

VII. 結 論

1) Dynamic CT による大動脈および肝での time density curve を分析し、A-H ratio を求めた。この値によって肝血流評価を行なうと共に肝予備能との関連について検討した。

2) 肝動脈の TAE もしくは SMV を結紮した 10 頭の成犬の dynamic CT より算出した A-H ratio は全例で低下をみた。A-H ratio は肝動脈および門脈の血流の両者を評価しているものと考えられた。

3) A-H ratio は HPT, ChE や TAE 後の肝機能回復の時期とある程度の相関がみられ、肝予備能を評価しているものと考えられた。

4) A-H ratio は肝末梢での血流を反映し、びまん性肝疾患の経過観察や TAE, 肝切除術の適応決定に有用な parameter になり得ると考えられた。

本論文の主旨は第 27 回脈管学会、第 44, 46 回日本医学放射線学会の総会において発表した。

稿を終るにあたり御指導と御校閲を賜った河野教授に深甚の謝意を表します。また終始暖かい御援助をいただきました神戸大学放射線医学教室の諸兄に深く感謝いたします。

文 献

- 1) Araki T, Itai Y, Tasaka A: Dynamic CT densitometry of hepatic tumors. AJR 135: 1037

- 1043, 1980
- 2) 横川修作：肝腫瘤性病変に於ける Computed Tomographic Angiography (CT-Angio) に関する基礎的並びに臨床的研究, 日本医放会誌, 41: 300—319, 1980
 - 3) Berland LL, Lawson LT, Foley WD, et al: Comparison of pre- and postcontrast CT in hepatic masses. AJR 138: 853—858, 1982
 - 4) Norman D, Axel L, Berringer HW, et al: Dynamic computed tomography of the brain techniques, data analysis and applications. AJR 136: 759—770, 1981
 - 5) Berringer HW, PhD, Axel L, MD, PhD, Norman D, MD, et al: Functional imaging of the brain using computed tomography. Radiology 138: 711—716, 1981
 - 6) Axel L, PhD, MD, Dean BP, MD, Moss AA, MD, et al: Functional imaging of the liver, new information from dynamic CT. Invest Radiol 19: 23—29, 1984
 - 7) Young WS, Noon AM, Marincet B: Dynamic computed tomography time-density study of normal human tissue after intravenous contrast administration. Invest Radiol 16: 36—39, 1981
 - 8) 小林 進, 平沢博之, 小林弘忠, 他: 肝細胞機能予備力判定法としての ICG Rmax の検討, 肝臓, 27: 452—456, 1986
 - 9) 水本龍二, 野口 孝: 原発性肝癌, 肝胆膵, 6: 13—20, 1983
 - 10) 竹谷 弘, 東島哲也, 杉野盛規, 他: 肝切除術とヘパプラスチンテスト, 外科診療, 12: 1715—1718, 1979
 - 11) 小沢和恵: 代償性機能からみた肝臓外科の限界とその将来への展望, 日消外会誌, 13: 910—919, 1980
 - 12) 玉置 明, 柿田 章, 池田雄雄裕, 他: 原発性肝癌の病態と肝切除術の適応, 日消外会誌, 13: 78—83, 1980
 - 13) 小沢和恵, 浮草 実, 戸部隆吉: 代謝動態からみた肝切除の適応決定, 日消外会誌, 13: 84—89, 1980
 - 14) 水本龍二, 野口 孝: 著しい凝固線溶系機能の障害を伴った肝硬変合併肝癌に対する肝切除, 外科診療, 25: 1543—1548, 1983
 - 15) 平田和文, 遠藤 浩, 仁科恭一郎, 他: ^{99m}Tc phytate を用いた各種肝疾患における肝血流動態の分析, 肝臓, 26: 74—78, 1985
 - 16) 柏木 徹, 東 正祥, 松田裕之, 他: ^{99m}Tc -N-pyridoxyl-5-methyltryptophan 動態曲線の computer 解析による肝の機能診断, 肝臓, 25: 1273—1280, 1984
 - 17) 土屋雅春, 岡崎 勲, 織田正也, 他: 肝硬変における微小循環, 肝胆膵, 12: 733—743, 1986
 - 18) 野口 孝, 水本龍二, 西出ふさ子: ICG Rmax の測定法—実験的並びに臨床的検討, ICG 研究会報告書, 1—14, 1980