<原 著>

カラードプリアンギオグラフィーの各種肝疾患における検討

二村 貢 山中 恒夫 新井 葉子
平川 隆一 吉田 行雄*

要 旨：連続したカラードプリアンギオグラフィーの重ね書きにより1枚の透視的画像を再構築する手法（カラードプリアンギオグラフィー）を、各種肝疾患に臨床応用した。対象は肝細胞癌（HCC）3例、原発性混合型肝癌1例、肝限局性結節性過形成（FNH）1例、門脈血栓症1例の6例である。FNHでは、腫瘍内の車軸様血流走行と腫瘍外の血流が連続的に描写された。HCCの2例では、腫瘍内血流と腫瘍外門脈血流の連続性が描写された。そのうちの1例では、腫瘍から既存の門脈枝を逆流し門脈後区域枝に流出する血流が、腫瘍への流入血流と伴走する様子が鮮明に描写された。原発性混合型肝癌では、門脈本幹の腫瘍塞栓の前後での血流の連続性が描写された。同手法は、血流の連続的な描写や、肝動脈、門脈、肝静脈などの同時表現に優れていた。リアルタイム化されルチン検査に組み込まれることが実現すれば、更に臨床的有用性が明らかになることが期待された。

索引用語： 超音波カラードプリアンギオグラフィー カラードプリアンギオグラフィー
肝限局性結節性過形成 肝細胞癌 門脈塞栓

はじめに

我々は、連続的に走査した複数のカラードプリアンギオグラフィーの重ね書きすることにより、血管造影のような1枚の透視的画像に再構築する、カラードプリアンギオグラフィー（color doppler angiography；以下CDAGと略す）と呼ばれる手法を肝腫瘍に応用し、すでに報告した¹⁾。今回さらに、肝脈管異常を加えた各種肝疾患にCDAGを応用し、その有用性と問題点について検討したので報告する。

対象・方法

対象とした症例は、当センター超音波検査室にてCDAGを施行した肝疾患患者6例であり、その年齢、性別、疾患は、Tableに示した。

CDAG画像の作成にあたっては、まず、超音波カラードプリアンギオグラフィー（2-dimensional color doppler；以下2DDと略す）にて対象とする血流信号を描写し、手動にて探触子の煽り走査や平行移動を行い、カラードプリアンギオグラフィー信号を本体（東芝製SSA270A）のイメージメモリに取り込ませた（最高63スライス）。そのうち、必要と思われるスライスのみをカラーアンギオユニットに転送

し、重ね書きすることにより、CDAGの血流信号を構成した。これをさらに適当な超音波断層像に投影して、CDAG画像を構成した^{1,2)}。この画像には、血流信号に濃淡をつけることにより、ある程度の遠近感を表現し、疑似的3次元表示としての性格も持たせてある^{2,3)}。こうして得られた画像を血管造影所見と対比し、CDAGの有用性と問題点を検討した。

結 果

各症例を呈示しながら、検討結果を示す。

Table Subjects for color doppler angiography.

Case No.	Age*	Sex	Disease
1	23	F	Focal nodular hyperplasia
2	66	F	Hepatocellular carcinoma
3	70	M	Hepatocellular carcinoma
4	64	M	Hepatocellular carcinoma
5	56	M	Primary mixed type liver cancer with tumor embolism of portal vein
6	50	F	Idiopathic portal hypertension with post operative portal thrombosis

*: year-old M: male F: female

Mitsugi FUTAMURA, Takeo YAMANAKA, Youko ARAI, Ryuichi HIRAKAWA and Yukio YOSHIDA

* 自治医科大学附属大宮医療センター消化器内科

<受付日1993年10月18日>

【症例1】23歳女性。画像診断にて限局性結節性過形成 (focal nodular hyperplasia: 以下 FNH と略す) と診断された症例である。Fig. 1 上段左に示すごとく、肝 S5 に径3cm の高エコーの結節を認めた。下段左の2DD にて、腫瘍内に中心部より車軸状にひろがる血流を認め、高速フーリエ変換 (fast Fourier transformation; 以下 FFT と略す) 分析にてこれらの血流は動脈性拍動流であることが確認されたが、肝動脈と腫瘍内血流との連続性は明瞭に描写できなかった。上段右には肝動脈造影の所見を示すが、腫瘍内の車軸状の血管走行が明瞭であった。CDAG を施行すると、下段右のように、腫瘍周辺から腫瘍内に血流が流入し、腫瘍内で分岐する様子が連続的に描写可能であり、血管造影所見と良く対応していた。

【症例2】66歳女性。Fig. 2 上段左に示すごとく、超音波検査にて S7 を中心として径約6×4cm のモザイクボタンを示す腫瘍を認め、上段右の肝動脈造影にて hypervascular な肝細胞癌 (hepatocellular carcinoma: 以下 HCC と略す) と診断された。門脈造影では特記すべき所見を認めなかったが、下段左の2DD で

は腫瘍内から腫瘍辺縁に向かう血流が観察され、FFT 分析では定常流を示した。下段右の CDAG では、この血流が腫瘍外の門脈まで連続している様に描写された。腫瘍の流出血流を描写している可能性が考えられた。

【症例3】70歳男性。Fig. 3 上段左の超音波検査では S5 を中心として、最大径約10cm のモザイクボタンを示す腫瘍を認め、上段右の右肝動脈造影にて hypervascular な HCC と診断された。下段左の2DD では、腫瘍内に血流信号を認めたが、静止画像では血流信号はスポット様に描写されたのみであった。下段右の CDAG では、腫瘍内の血流信号が部分的に連続性を示しながら描写されたが、動脈造影のように腫瘍血流の全体を表現するまでには至らなかった。

【症例4】64歳男性。HCC に TAE を繰り返し施行されていた。超音波検査では多発する HCC で、Fig. 4 上段左には肝 S6 に塊状に発育する腫瘍の超音波画像を示す。下段の2DD にて腫瘍から門脈後区域枝に向かう血流と、それに伴走して腫瘍に向かう血流を検出した。上段右の FFT 分析にて、腫瘍から門脈に向う血流

Fig. 1 Case 1. Focal nodular hyperplasia. 23 year-old female. A hyperechoic tumor in diameter of 3cm was shown in S5 by ultrasonography (left top). 2DD study visualized the spoke wheel like vascular pattern (left bottom) and conventional angiography showed the same pattern (right top). CDAG could image the continuity of blood flow from outside of tumor to intratumorous region.

Fig. 2 Case 2. Hepatocellular carcinoma. 66 year-old female. A tumor with mosaic echo pattern in size of 6×4cm was shown in S7 by ultrasonography (left top) and angiography (right top) demonstrated a hypervascular tumor. The blood flow from intratumorous region to tumor margin was visualized by 2DD study (left bottom), which was constant flow pattern with fast Fourier transformation (FFT) analysis. CDAG could image the continuity of this flow and a portal vein of extratumorous region (right bottom).

Fig. 3 Case 3. Hepatocellular carcinoma. 70 year-old male. A large tumor in size of 10cm with mosaic echo pattern was depicted in S5 by ultrasonography (left top) and it was visualized as hypervascular lesion by angiography (right top). Although intratumorous blood flow was detected only fragmentarily with 2DD study (left bottom), it was fairly continuously visualized by CDAG (right bottom).

Fig. 4 Case 4. Hepatocellular carcinoma. 64 year-old male. Ultrasonography (left top) demonstrated massive type hepatocellular carcinoma in S6. Constant flows from tumor to posterior branch of right portal vein was indicated by 2DD study (bottom) and FFT analysis (right top), around which pulsative opposite flows was running.

Fig. 5 CDAG of case 4. This picture is showing continuously and simultaneously the inflow (red) and outflow (blue) of the tumor, which were indicated fragmentarily by 2DD (Figure 4; bottom).

は定常流であり、伴走して腫瘍に向う血流は拍動流であった。これらの血流の描写は、Fig. 4 下段の2DDでは断片的であったが、Fig. 5 に示すごとく、CDAGを

施行することによって、腫瘍に向かう血流（拍動流：肝動脈）と遠ざかる血流（定常流：門脈）の血流を同一画面に連続性をもって、かつ血流方向の情報をも付加した形で描写し得た。Fig. 6 左側の肝動脈造影ではS6に腫瘍濃染像を認めたが、APシャントの所見はなかった。一方、Fig. 6 右側の門脈造影で、S6の門脈枝は造影されなかった。以上より、腫瘍から遠ざかる定常流は、既存の門脈への腫瘍の流出血流であると考えられた。

【症例5】56歳男性、原発性混合型肝癌と考えられた症例である。閉塞性黄疸を合併し、Fig. 7 左上段の超音波検査及び左下段のX線CTにて、肝左葉に境界不明瞭な不整形の領域を認め、肝内胆管の拡張を伴っていた。胆管細胞癌の形態を示したが、AFPは16,000 ng/ml、PIVKA-IIは4.2AUと著明な高値であった。Fig. 7 右側の門脈造影では門脈本幹に腫瘍塞栓を認めたが、末梢門脈枝はよく造影されており、門脈は完全閉塞には至っていなかった。Fig. 8 上段の如く2DDを施行すると、門脈本幹の腫瘍塞栓の両側に血流信号が得られたが、その連続性は明らかにできなかった。下段のCDAGでは、腫瘍塞栓の背側を流れる血流を連続的に描写しえた。

Fig. 6 Angiography of case 4. Hepatic arteriography (left) indicated tumor stain in S6 and no arterio-portal shunt, and the portal branch of S6 was not visualized by arterio-portography (right).

Fig. 7 Case 5. Primary mixed type liver cancer. 56 year-old male. Diffuse and irregular tumorous lesion with intrahepatic bile duct dilatation was recognized in left lobe by ultrasonography (left top) and X-ray CT (left bottom). The serum level of AFP was 16,000ng/ml, and PIVKA-II was 4.2AU. Arterio-portography (right) showed a tumor embolism in portal vein, and visualized peripheral portal branches.

【症例 6】50歳女性。特発性門脈圧亢進症で脾摘術を受けたが、術後に門脈血栓を合併した。Fig. 9 下段に右葉の門脈血流と、それを取り巻くように流れる豊富

な肝動脈血流の2DD画像を示す。これらの血流信号は2DDでは断片的な描写であったが、上段右のCDAGでは、連続的な描写が可能であった。

Fig. 8 2DD (top) and CDAG (bottom) of case 5. 2DD study depicted portal flows on both distal and proximal sides of tumor embolus, which were not visualized to be connected. CDAG could recognized continuously whole portal flow on both side of the embolism because of showing the flow signal on dorsal side of the embolus.

考 案

腹部領域の画像診断，ことに血流診断においては，従来より，血管造影は重要な地位を占めている。一方，近年急速に臨床応用が盛んになった超音波カラードブラ法（2DD）は，血管造影にない非侵襲性・リアルタイム性といった利点を持ち，血流方向という血管造影からは得られない情報を得ることができる^{4,5)}。また，FFT分析を併用することにより，層流・乱流，拍動流・定常流，あるいは血流速度など，詳細な血流波形の解析も可能である^{4,5)}。2DDによって肝腫瘍における血行動態の詳細な把握⁴⁻⁷⁾や，肝脈管系の異常の診断^{4,5,8,9)}などに関して，きわめて有用な情報が得られることが明らかとなり，同法は，肝疾患の診断上，現在では不

可欠な存在といつてよいと考えられる⁴⁻⁹⁾。

一方，肝腫瘍の血流や肝内の脈管は，通常複雑な3次元構造を示すのに対し，2DDにて得られる画像は2次元断面であるため，血流の3次元構造の全体の把握には，超音波プローブの走査を行いながら，リアルタイムに連続して表示されてゆく断面像を検者が頭の中で再構成する過程が必要である³⁾。ポラロイドフィルムのような静止画像には，立体的な血流構造の一断面が表示されるに過ぎず，血流全体の把握には，限界が生じるのは明らかである。

我々は，この2DDの問題点を解決する試みとして，複数の連続したカラードブラ断層像を画像処理にて重ね書きすることにより，血管造影のような1枚の透視的画像に再構築する手法（カラードブラアンギオグラフィ¹⁻²⁾：CDAG）を各種肝疾患に臨床応用し，従来の血管造影の所見と対比しながら，CDAGの有用性と問題点について検討した。

今回の我々の検討結果より，明らかとなったCDAGの特徴のひとつは，血流の連続性の表現に優れるという点である。症例1におけるFNHの流入血流とそれと連続して示された腫瘍内の車軸状血流走行，症例2におけるHCCの流出血流の腫瘍外門脈への連続，症例4におけるHCCの流出・流入血流，症例5における門脈腫瘍塞栓の部分とその前後での血流のつながり，症例6における門脈血栓形成に伴い増加した肝動脈血流など，いずれも通常の2DDでは，走査中に血流の連続性を認識することは可能であったが，一枚の静止画像上にそれを描写することは不可能であった。これに対し，CDAGの手法を用いることにより，検者の認識した血流の連続性を一枚の画像上により明瞭に表現することが可能となったといえる。

また，もう一つの特徴として，肝内の肝動脈，門脈，肝静脈という異なる3種類の血流を，同一画像上に，血流方向の情報をも付加した形で表現できるという点が挙げられる。この特徴は，2DDにおいてすでに実現されているものではあるが，CDAGにおいては先に挙げた血流の連続性の表現という利点と相乗して，更に有用なものとなっている。

確かに，血流を全体的に，詳細に把握するという点では血管造影は優れていると考えられるが，肝動脈と門脈を同時に映像化したり，門脈逆流を映像化することはできない。一方，症例4においては，腫瘍の外へ門脈を逆行しながら流出する血流と，それを取り巻くように腫瘍に流入する肝動脈血流がCDAGによって

Fig. 9 Case 6. Postoperative portal thrombosis of idiopathic portal hypertension. 50 year-old female. Portal thrombus of right branch was recognized by ultrasonography (left top) and portal flow and increased periportal arterial flow were visualized 2DD study (bottom). CDAG (right top) indicated these flows to be continuous.

明瞭に描写されている。このような肝動脈・門脈の血流の同時かつ連続的表現は、他の画像診断法では成し得ず、CDAGによって初めて可能となったものであるといえる。

一方、CDAGの問題点として、実際には連続していない血流を、重ね書きすることにより、連続した血流のように誤認する可能性が生じることがあげられ、臨床応用上最も注意すべき点であると考えられる。実際のCDAG画像には、色の濃淡をつけることにより、血流に遠近感をもたせてあるので、その点を注意深く読影することが肝要と思われる。また、血流が実際に連続したものであるかどうかは、リアルタイムに2DDで血流を観察している時に認識可能と考えられ、むしろ、CDAGは、検者が2DD法にて認識はできたが映像化できなかった血流の連続性を、より明確に表現する手段であると位置づけられる。

また、CDAGのもう一つの問題点は、画像を構成するのに10数分程度の時間を要することであったが、この点に関しては、最近になってリアルタイムに映像を得ることができるように解決された。今後、リア

ルタイムのCDAGが超音波診断装置内に組み込まれ、ルチン検査の中での臨床応用が可能となれば、さらに多くの症例での検討がなされ、新たな臨床的有用性が明らかにされると考えられる。

当初、血流の疑似3次元表示^{1,3)}を目的として開発されたCDAGであったが、肝疾患における有用性については、3次元表示としての有用性よりもむしろ、2DDにて観察される血流の連続性の映像化や、異なる脈管系の同時表現にその特徴が見いだされた。血流の3次元表示に関しては、現在3次元カラードブラ法¹⁰⁻¹⁴⁾を開発中であり、先にあげたCDAGの問題点も3次元カラードブラ法にて解決が可能と考えている。

まとめ

カラードブラアンギオグラフィーは、カラードブラ法では描写しえない血流の連続性を表現しうる優れた手法であり、同一画像上に、異なる脈管系の血流を、血流方向の情報も併せて、同時に表現できる点は、血管造影にはない利点であった。装置の改良により、ルチン検査にてリアルタイムに画像がえられるようになれば、十分な臨床的有用性を持つと考えられ、今後の

発展が期待される新手法である。

文 献

- 1) 秋池 功, 山中恒夫, 井上裕美子, 他: カラー Doppler アンジオグラフィの臨床的検討. 映像情報 24: 533—536, 1992
- 2) 原 喜芳, 古川憲明, 土子正良: カラー Doppler 法によるカラーアンジオグラフィの試み. 日超医講論集 58: 543—544, 1991
- 3) 森安史典, 染田 仁, 濱戸教幸, 他: 三次元カラー Doppler 法—肝血管への応用. 日超医講論集 58: 493—494, 1991
- 4) 福田守道, 望月 環, 平田健一郎, 他: 消化器疾患におけるカラー Doppler 検査の臨床応用—消化器疾患におけるカラー Doppler 法の現状と展望. 腹部画像診断 10: 391—395, 1990
- 5) 森安史典: 消化器疾患におけるカラー Doppler 検査の臨床応用—血行動態の解析. 腹部画像診断 10: 401—406, 1990
- 6) Tanaka S, Kitamura T, Fujita M, et al: Color doppler flow imaging of liver tumors. AJR 154: 509—514, 1990
- 7) 板尾人司, 富田周介, 工藤正俊, 他: 肝細胞癌に伴

う肝内 A-P shunt のカラー Doppler 診断, 門脈逆流所見による検討. 肝臓 15: 597—605, 1993

- 8) Grant EG, Tessler FN, Gomes AS, et al: Color doppler imaging of portosystemic shunts. AJR 154: 393—397, 1990
- 9) Tessler FN, Gehring BJ, Gomes AS, et al: Diagnosis of portal vein thrombosis: Value of color doppler imaging. AJR 157: 293—296, 1991
- 10) 佐藤武史, 佐々木博, 住野洋一, 他: カラー Doppler による血管の 3 次元立体視表示. 日超医講論集 59: 929—930, 1991
- 11) 佐藤武史, 佐々木博, 住野洋一, 他: 3 次元カラー Doppler. 日超医講論集 60: 137—138, 1992
- 12) 佐藤武史, 平間 信, 佐々木博, 他: 3 次元カラー Doppler 像と B モード像の合成表示. 日超医講論集 61: 541—542, 1992
- 13) 秋池 功, 山中恒夫, 二村 貢, 他: 3 次元カラー Doppler の使用経験. 日超医講論集 62: 525—526, 1993
- 14) 二村 貢, 山中恒夫, 秋池 功, 他: 3 次元カラー Doppler 法の臨床応用. 日超医講論集 63: 665—666, 1993

Newly developed ultrasonic diagnostic modality of color doppler angiography —Its clinical investigation on liver diseases—

Mitsugi FUTAMURA, Takeo YAMANAKA, Youko ARAI, Ryuichi HIRAKAWA and Yukio YOSHIDA*

Color doppler angiography (CDAG) is a newly developed modality for blood flow imaging. Its picture is drawn by summation of sequential several 2-dimensional color doppler (2DD) images and an appropriate B-mode ultrasonotomography with the ultrasonic diagnostic equipment of SSA-270A (Toshiba Inc.) and a personal computer. CDAG was performed for a case of focal nodular hyperplasia, 3 cases of hepatocellular carcinoma, a case of primary mixed type liver cancer with portal tumor embolism, and a case of idiopathic portal hypertension with portal thrombosis. In result, CDAG could excellently express continuous blood flow, and simultaneously image both arterial and venous flows.

* Department of Gastroenterology, Omiya Medical Center, Jichi Medical School (Omiya)