

## 超音波パルスドップラ法による腎機能評価に関する検討

— Dynamic CT 及び Ccr との比較を中心として —

岡山大学医学部放射線医学教室 (主任: 平木祥夫教授)

佐藤 修平, 北川 尚広, 佐藤 伸夫, 戸上 泉  
木本 真, 平木 祥夫

岡山大学医学部泌尿器科学教室

宇埜 智, 公文 裕巳, 大森 弘之

(平成3年8月15日受稿)

**Key words**: 超音波パルスドップラ法, D/S 比, DCT, CA ratio

### 緒 言

腎疾患に関する画像診断においては, 単に形態的な評価のみならず, 機能検査法としても, 特に dynamic study による試みがなされており, Dynamic CT (以下 DCT) や MRI による腎機能評価に関するさまざまな報告がなされている<sup>1)~11)</sup>. また, より簡便で非侵襲的な検査法である超音波パルスドップラ法による腎の血行動態の観察や腎機能評価の試みもなされている<sup>12)~18)</sup>. しかし, DCT と超音波パルスドップラ法を同一症例に施行した報告はなされていない. 今回我々は, 定量的な腎機能評価に関する超音波パルスドップラ法の有用性について若干の基礎的検討を行い, 更に超音波パルスドップラ法と DCT の腎機能評価についての比較検討を行ったので報告する.

### 対象と方法

対象は DCT 65例, 超音波パルスドップラ法 10例である. 超音波パルスドップラ法を行った 10例のうちわけは, 健常者 7例, 腎機能障害患者 3例である.

超音波パルスドップラ法は, 東芝製 SSA-270 A を使用し, 被検者を側臥位とし, 3.75MHz のセクタ型プローブにて側腹部よりスキャンを行った. 腎の主幹動脈を描出したのち, 腎門部の

近傍に sampling volume を設定して腎動脈の流速を測定した. さらに, こうして得られた Doppler spectrum から拡張期最大流速と収縮期最大流速の比 (以下 D/S 比) も同時に求めた.

また, これに先立ち超音波パルスドップラ法で求めた流速を補正する目的で次のような実験を行った. 内径 9 mm のビニルチューブに 9% の生食をポンプで流し, 日本光電製電磁流量計 MFV-3100 を用いて超音波パルスドップラ法と同時に流速を測定した. バルブを操作して流速を変え, 合わせてチューブに対するビームの入射角も変えて測定を行いそれぞれの入射角における補正係数を算出した.

DCT は, 東芝製 TCT-900S を用いて行った. イオパミドール (300mgI/ml) 40ml を 5 ml/sec. の速度で前腕部より静注し, 静注開始時より 2 秒間隔で 11 slice, 9 秒間隔で 9 slice の 1 秒スキャンを行った. 大動脈及び腎の皮質と髓質に ROI を設定して時間濃度曲線を作成し, これを用いて以下のようなパラメータを算出した. スキャン開始時より 100 秒までの大動脈, 皮質, 髓質の曲線下面積のうち造影効果により変化した部分をそれぞれ求め, 髓質の面積を皮質の面積で除したものを MC ratio とし, 髓質及び皮質の面積を大動脈のそれで除したものを, それぞれ MA ratio, CA ratio とした<sup>11)</sup>. また, 皮質曲線と髓質曲線が交差する時間を皮質・髓質交差時間

(CMT) とした。

なお、糸球体濾過量については24時間クレアチニンクリアランス値 (Ccr) を用いた。

## 結 果

超音波パルスドップラ法に関する実験で流速に対する補正のための係数を求めた。図1にチューブに対するビームの入射角が60度ときのグラフを示す。横軸はエコーで求めた流速、縦軸は実際の流速であり、回帰直線の傾きは0.76であった。同様のグラフを角度を変えて作成した。図2に入射角と係数の関係を示す。横軸はチューブに対するビームの入射角、縦軸は回帰直線の傾き、すなわち補正のための係数である。3次の回帰分析を行った結果、測定点は3次曲線の上に乗っており、角度が50度から60度の間

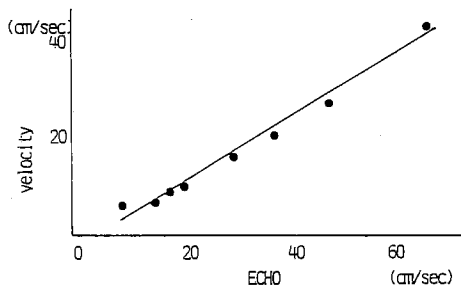


図1 横軸はパルスドップラ法により求めた流速、縦軸は電磁流量計により求めた実際の流速、回帰直線の傾きは0.76。

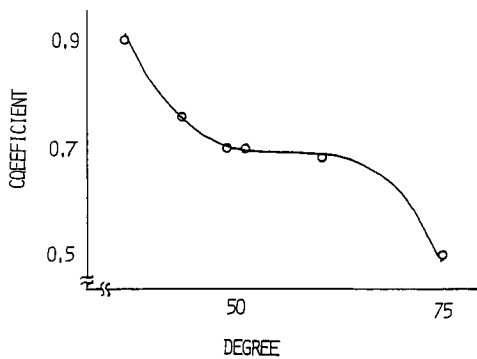


図2 横軸はチューブに対するビームの入射角度、縦軸は回帰直線の傾き、すなわち補正のための係数。

では補正のための係数は約0.75で、ほぼ一定であることがわかった。

補正前の超音波パルスドップラ法で求めた腎動脈の流速とCcrとの関係であるが、相関係数は0.12と相関は認められなかった。また、実験より求めた補正曲線を用いて、補正を行った流速とCcrとの関係においても、やはり相関は認められなかった。図3にD/S比とCcrとの関係を示す。相関係数は0.88と良い相関が認められた。

次に、DCTから求めた各種パラメータと腎機能の比較を行った。CcrとCA ratioとの関係では、図4に示すように相関係数が0.68と良い相関を示した。しかし、その他のパラメータとCcrとの間には良好な相関は認められなかった。

更に、超音波パルスドップラ法とDCTとの比較においては、D/S比とCA ratioとの間には、図5に示すように相関係数が0.73と良好な相関を示した。しかし、その他のパラメータとの間には良好な相関は認められなかった。

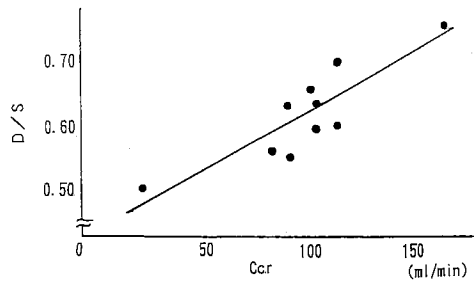


図3 横軸は24時間クレアチニンクリアランス値 (Ccr)、縦軸はD/S比、相関係数は0.88。

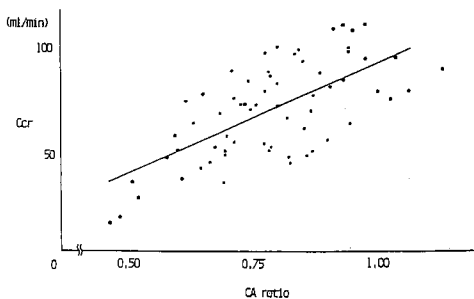


図4 横軸はCA ratio、縦軸は24時間クレアチニンクリアランス値 (Ccr)、相関係数は0.68。

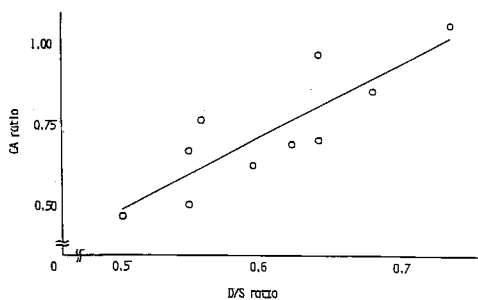


図5 横軸はD/S比, 縦軸はCA ratio, 相関係数は0.73。

## 考 察

各種臓器の血流動態を観察するために従来から様々な検査法が行われてきた。腎臓についてはCTやMRIの他にも超音波パルスドップラ法による、特に移植腎を対象とした報告がある<sup>12)-15)</sup>。腎主幹動脈に関してはD/S比についての報告がみられ、移植腎ではArimaら<sup>13)</sup>、木下ら<sup>15)</sup>が、正常腎では由良ら<sup>16)17)</sup>が、Ccr値はD/S比との間には相関が認められたが、血流速度そのものとは相関が認められなかったと報告している。今回の検討において我々は、血流速度に基礎実験に基づく補正を行った上で検討を行ったが、補正を加えても動脈の血流速度のみからは腎機能の評価は困難であった。しかし、D/S比とCcr値との間には、従来の報告どおり良い相関が認められた。その理由として、D/S比の減少は腎実質内の末梢血管抵抗の増加によるものとされているのに対して、腎動脈の血流速度は単に血液の流入速度を測定しているのみであり、今回比較した糸球体濾過量のような実質の状態を把握する指標としては不適切であるためと考えられた。

一方、CT及びMRIを用いたdynamic studyによる腎機能評価についても多くの報告がなされているが<sup>11)-13)</sup>、今回算出したCA ratioがCcr値と最も良好な相関関係を示しており、腎機能

評価に際して有用な指標となり得ると思われた<sup>11)</sup>。また、DCTと超音波パルスドップラ法を同一症例に施行した報告はこれまでなされていないが、今回の我々の検討では、両者の測定結果(パラメータ)には相関関係が認められており、どちらも腎機能評価、特に分腎機能評価に関して有用な検査法であると思われた。しかし、超音波パルスドップラ法は、簡便かつ有用な検査法ではあるが、検者の熟練がある程度求められることや、肥満した被検者では困難であること等の欠点もあり、客観性の面ではDCTに及ばないと思われた。また、DCTは腎実質そのものにROIを設定しており、主幹動脈の流速から実質の状態を推定する超音波パルスドップラ法よりも確実に実質障害を検出し得る検査法であると思われた。なお、超音波パルスドップラ法による、腎のより末梢の血管の血流の定量的評価に関する報告もなされているが<sup>18)</sup>、測定方法としての課題が残されているほか、血流量の評価が困難であること等の問題点があり、やはり客観性の面ではDCTに及ばないと思われた。

## 結 論

1. 超音波パルスドップラ法については、今までにも報告されているごとく、D/S比とCcrとの間には相関関係が認められたが、補正を加えた最大流速との間には、有意な相関は認められなかった。

2. DCTについてはこれまで我々が報告してきたごとく、CA ratioがCcrと最も良い相関を示しており、またCA ratioと超音波パルスドップラ法のD/S比の間にも良好な相関が認められ、どちらも腎機能評価に関して有用な検査法であると思われた。

3. 超音波パルスドップラ法は簡便な検査法であり、そのD/S比は有用な指標であるが、検者の熟練がある程度求められることや、肥満した被検者では困難であることもあり、客観性の面ではDCTに及ばないと思われた。

## 文 献

- 1) Segel SS, Stanley RJ, Levitt RG and Geisse G: Computed tomography of the kidney. Radiology

- (1977) **124**, 359—370.
- 2) Love L, Reynes CJ, Churchill R and Moncada R : Third generation CT scanning in renal disease. *Radiol Clin North Am* (1979) **17**, 77—90.
  - 3) 大山行雄, 今西好正, 石川 徹, 藤井正道, 宇治輝幸 : 腎実質のダイナミック CT. *画像医学誌* (1985) **4**, 821—831.
  - 4) 石川 徹, 大山行雄, 芦田 浩, 宇治輝幸 : Gated CT 及び Dynamic CT の臨床的応用. *映像情報* (1980) **12**, 257—263.
  - 5) Ishikawa I, Onouchi Z, Saito T, Kitada H, Shinoda A, Ushitani K, Tabuchi N and Suzuki M : Renal cortex visualization and analysis of dynamic CT curves of the kidney. *J Comput Assisted Tomogr* (1981) **5**, 596—701.
  - 6) 大山行雄 : 腎機能障害と腎ダイナミック CT. *臨放* (1986) **31**, 589—594.
  - 7) 石川 勲 : 腎の画像診断と腎機能. *臨病理* (1987) **9**, 992—1001.
  - 8) Ishikawa I, Masuzaki S, Saito T, Tateishi K, Kitada H, Yuri T, Shinoda A, Onouchi Z, Saito Y and Futyu Y : Dynamic CT scan in Acute Renal Failure. Analysis of Time-Density Curve. *J Comput Assisted Tomogr* (1985) **9**, 1097—1102.
  - 9) Yokoyama M, Watanabe S, Inatsuki S, Ochi K and Takeuchi M : Computerized tomography of the kidney ; Tissue-plasma ratio of contrast enhancement with bolus injection and renal function. *J Urol* (1982) **127**, 721—723.
  - 10) Semelka RC, Hricak H, Tomei E, Floth A and Stoller M : Obstructive nephropathy ; Evaluation with dynamic Gd-DTPA enhanced MR imaging. *Radiology* (1990) **175**, 797—803.
  - 11) Satoh N, Kimoto S and Hiraki Y : Studies of an Aspect of Renal Function with the Aid of Dynamic CT and Renogram. *Acta Med Okayama* (1991) **45**, 187—193.
  - 12) Taylor KJW, Morse SS, Rigsby CM, Bia M and Schiff M : Vascular complications in renal allografts ; Detection with duplex doppler US. *Radiology* (1987) **162**, 31—38.
  - 13) Arima M, Sagawa S, Takahara S, Nagano S, Ihara H, Takaha M, Ichikawa Y, Sonoda T and Ishibashi M : Predicability of renal allograft prognosis during rejection crisis by ultrasonic Doppler flow technique. *Urology* (1982) **19**, 389—394.
  - 14) Arima M, Ishibashi M, Usami M, Sagawa S, Mizutani S, Sonoda T, Ichikawa S, Ihara H and Nagano S : Analysis of the arterial blood flow pattern of normal and allografted kidneys by the ultrasonic Doppler technique. *J Urol* (1979) **122**, 587—591.
  - 15) 木下直和, 有馬正明, 雨宮 浩, 宮武邦夫, 松山生経, 宮島哲也, 鈴木盛一, 中島伸之, 仁村泰治 : 超音波パルスドプラ法による移植腎主動脈血流の非侵襲的, 経時的計測ならびにその意義について. *移植* (1981) **16**, 470—475.
  - 16) 由良高文, 高光義弘, 湯浅繁一, 三木茂裕, 長束一行, 高橋則壽, 千田彰一, 松尾裕英, 福永 恵 : 超音波ドプラ法による腎機能評価の有用性について. *日腎誌* (1988) **30**, 1253—1258.
  - 17) 由良高文, 高光義弘, 湯浅繁一, 三木茂裕, 長束一行, 吉田寛二, 隅蔵 透, 高橋則壽, 松尾裕英, 玉井豊里 : 超音波ドプラ法による分腎機能評価の有用性について. *日腎誌* (1988) **30**, 1259—1263.
  - 18) 戸塚大輔, 朴 正佑, 杉崎徹三, 久保田和義, 川内章裕, 神谷憲太郎 : 超音波ドプラ断層法による各種腎疾患と腎区域動脈, 葉間動脈血流速度に関する研究. *超音波医学* (1990) **17**, 672—679.

**Evaluation of renal function**

**by the ultrasonic Doppler technique**

**Shuhei SATOH<sup>1)</sup>, Takahiro KITAGAWA, Nobuo SATOH,  
Izumi TOGAMI, Shin KIMOTO, Yoshio HIRAKI,  
Satoru UNO<sup>2)</sup>, Hiromi KUMON, Hiroyuki OHMORI**

**1)Department of Radiology,**

**Okayama University Medical School,**

**Okayama 700, Japan**

**(Director : Prof. Y. Hiraki)**

**2)Department of Urology,**

**Okayama University Medical School,**

**Okayama 700, Japan**

To evaluate the clinical application of the ultrasonic Doppler technique, renal arterial blood flow was measured in 7 normal subjects and 3 patients with renal dysfunction. For the purpose of correction of blood flow measured by the Doppler technique, some basic studies were performed. The ratio of peak diastolic to peak systolic velocity (D/S ratio) correlated well with both the creatinine clearance and the CA ratio calculated from the results of Dynamic CT. There was no correlation between the corrected velocity of the arterial blood flow and the creatinine clearance. The D/S ratio obtained by the ultrasonic Doppler technique is thought to be a useful parameter in the evaluation of the renal function. However, the Dynamic CT is thought to be superior in objectiveness to the ultrasonic Doppler technique.