
超音波パルスドプラ法によるバスキュラーアクセス評価

能登宏光、能登 彩、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤啓子、
鎌田道子、香野由香、羽賀繁子、佐々木佳奈、
大谷 匠、金野裕介、佐藤永淑、高橋育也
医療法人 秋田泌尿器科クリニック

Doppler ultrasound assessment of vascular access in hemodialysis patients

Hiromitsu Noto , Aya Noto , Mayuko Saga , Yumi Sasaki , Keiko Satoh ,
Michiko Kamada , Yuka Kouno , Shigeko Haga , Kana Sasaki ,
Takumi Otani , Yusuke Konno , Hisatoshi Satoh , Ikuya Takahashi
Akita Urologic Clinic

<はじめに>

血液透析患者の高齢化、糖尿病性腎症患者の増加、長期透析患者の増加などが進んできており、バスキュラーアクセス（VA）を適確に作製して良い状態で維持することは、透析患者のQOLを高める上でも重要な課題である。血栓形成や狭窄といったVAトラブルも、早い時期ならインターベンション治療で容易に治療出来ることから、アクセストラブルの早期発見が求められている。

私たちは、これまで超音波断層法やカラーあるいはパワードプラ法を用いて、VA評価を行いその有用性を報告してきたが¹⁻⁴⁾、この度、超音波パルスドプラ法によりVAの血行動態評価を行ったので報告する。

<対象と方法>

当クリニックの橈骨動脈・橈側皮静脈内シャントを有する維持血液透析患者で、超音波パルスドプラ法により、シャント側上腕動脈とシャント穿刺部の血流測定を行った28名を対象とした。男性13名、女性15名、平均年齢64.9歳（46～88歳）で、基礎疾患は、慢性腎炎13名、糖尿病性腎症12名、腎硬化症2名、多発性嚢胞腎1名であった。検査時点までの平均透析期間は52.2ヶ月（1～135.3ヶ月）、シャント作製後の期間は平均50.0ヶ月（1～196.7ヶ月）であった。

超音波診断装置は、東芝社製 Aplio 50、探触子はリニア型 PLT-704AT を使用し、上腕動脈、橈骨動脈およびシャント血管の血行動態を測定した。超音波検査は、ドプラ入射波と血管とのなす角度が60度以下になるように調節して行った。測定部位は、上腕動脈は肘関節近側、橈骨動脈はシャント静脈吻合部近側、シャント静脈は脱血及び返血用穿刺部とした。測定項目は、血流

量 (l/min)、収縮期最高血流速度 (cm/sec)、血管抵抗指数 (resistance index: RI) および血管径 (mm) である。RI は (収縮期最高血流速度 - 拡張期最低血流速度) / 収縮期最高血流速度 で計算した指数である。

有意差検定は、Spearman's correlation と Mann-Whitney U-test で行った。

<結果>

両側上腕動脈と脱血用シャント穿刺部の血行動態は 28 例全例で測定し、両側橈骨動脈の測定も 17 例で行った。各測定部位のパルスドプラ波形を図 1 に、血流パラメーターの計測値を表 1 に示した。

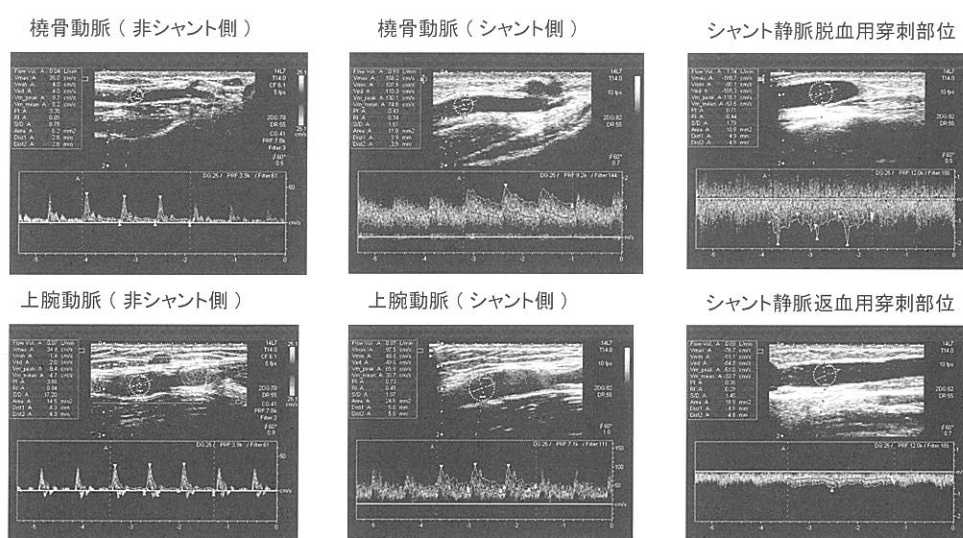


図 1. バスキュラーアクセス各測定部で記録したパルスドプラ波形

上腕及び橈骨動脈のドプラ波形は、非シャント側では他の部位の動脈と同様 3 あるいは 2 相性波形であったが、シャント側では最高血流速度の後、基線に戻らず最低血流速度が記録されている。シャント血管では、脱血部は乱流波形が、返血部では層流波形が記録されている。

非シャント側の上腕動脈と橈骨動脈のドプラ波形は、収縮期に急峻な立ち上がりを示し、拡張期に逆流成分を伴う 2 あるいは 3 相性であった。シャント側の上腕動脈と橈骨動脈のドプラ波形は、収縮期に続いて拡張期にも基線に戻らず、順行性に連続した 1 相性の血流波形を示した。シャント静脈のドプラ波形は、乱流のため血流方向とは反対向きの血流シグナルも検出された。

超音波ドプラによる VA 計測では、シャント側上腕動脈は血管径 5.93 ± 1.07 mm、血流量 1.18 ± 0.63 l/min、最高血流速度 110.96 ± 47.40 cm/sec、RI 0.52 ± 0.09 で、脱血部シャント静脈は血管径 6.30 ± 1.66 mm、血流量 1.25 ± 0.70 l/min、最高血流速度 100.74 ± 51.89 cm/sec、RI 0.44 ± 0.10 であった (表 1)。

	血流量 (l/min)	最高血流速度 (cm/sec)	血管抵抗指数 (RI)	血管径 (mm)
非シャント側 上腕動脈(n=28)	0.093±0.036	47.19±17.70	0.96±0.09	4.46±0.63
非シャント側 橈骨動脈(n=17)	0.025±0.013	35.92±7.37	0.91±0.08	2.34±0.56
シャント側 上腕動脈(n=28)	1.177±0.631	110.96±47.40	0.52±0.09	5.93±1.07
シャント側 橈骨動脈(n=19)	0.640±0.270	106.61±35.22	0.412±0.08	4.15±0.73
シャント静脈 脱血部(n=28)	1.251±0.695	100.74±51.89	0.44±0.10	6.30±1.66

表 1. バスキュラーアクセス血流動態の計測値

シャント側上腕動脈の RI と、シャント側上腕動脈及びシャント静脈脱血用穿刺部位の血流量との関係は、どちらも負の相関関係があったが、シャント静脈との相関係数が $r=0.7610$ と上腕動脈の $r=0.3800$ に対して高かった (図 2)。

シャント側上腕動脈の RI を、0.60 未満の低値群 (23 例) と 0.60 以上 (5 例; 0.61、0.61、0.63、0.70、0.71) の高値群とに分け、上腕動脈の血流量をみると、0.60 未満は 1.206 ± 0.646 l/min、0.60 以上は 0.770 ± 0.373 l/min で RI 高値群の血流量が少なかったが、推計学的有意差はなかった。上腕動脈血流量 0.60 l/min 以下の例は、RI 0.6 以上の群に 2 例あったが、RI 0.6 未満の群には 1 例しかなかった。これに対して、シャント静脈脱血用穿刺部位の血流量をみると、0.60 未満は 1.389 ± 0.660 l/min、0.60 以上は 0.542 ± 0.333 l/min で、RI 高値群のシャント静脈血流量が有意に ($p<0.01$) 少なかった (図 3)。RI 0.6 以上の 5 例のシャント血流量は、1.07 l/min の 1 例以外は、0.16 ~ 0.54 l/min と 0.55 l/min 未満であった。RI 0.7 以上の例が 2 例あったがシャント血流量は、0.16 l/min と 0.54 l/min であった。1.07 l/min と血流が良かった例は、側副血行路がシャント静脈の狭窄部位を迂回して、脱血用穿刺部手前に流入していた。また、RI 0.60 未満の 23 例のシャント静脈血流量は、0.60 ~ 2.59 l/min で 0.60 l/min 未満の例はなかった。

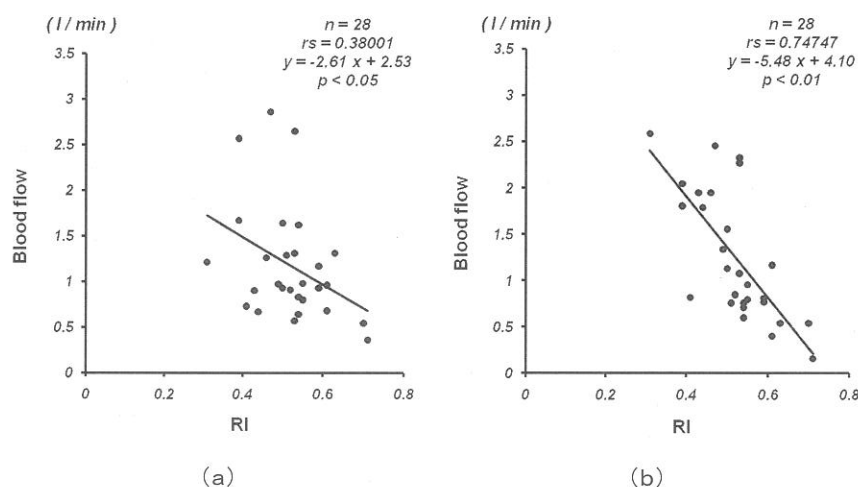


図 2. 上腕動脈 R.I. と上腕動脈血流量 (a) 及びシャント静脈血流量 (b)

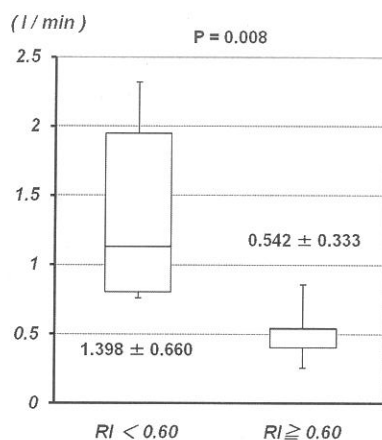


図3. 上腕動脈 R.I. 0.60 未満と 0.60 以上症例のシャント静脈血流量

VA 狭窄の有無と上腕動脈 RI、上腕動脈血流量及びシャント静脈血流量との関係を見ると、上腕動脈 RI は非狭窄例 0.496 ± 0.070 に対し、狭窄例 0.623 ± 0.064 と狭窄例の RI が有意 ($p < 0.01$) に高値であった。一方、上腕動脈血流量は非狭窄例 1.301 ± 0.665 l/min に対し、狭窄例 0.804 ± 0.315 l/min と狭窄例の血流量が少なかったが有意ではなかった。これに対し、シャント静脈血流量は非狭窄例 1.447 ± 0.670 l/min に対し、狭窄例 0.639 ± 0.322 l/min と狭窄例の血流量が有意 ($p < 0.01$) に少なかった。

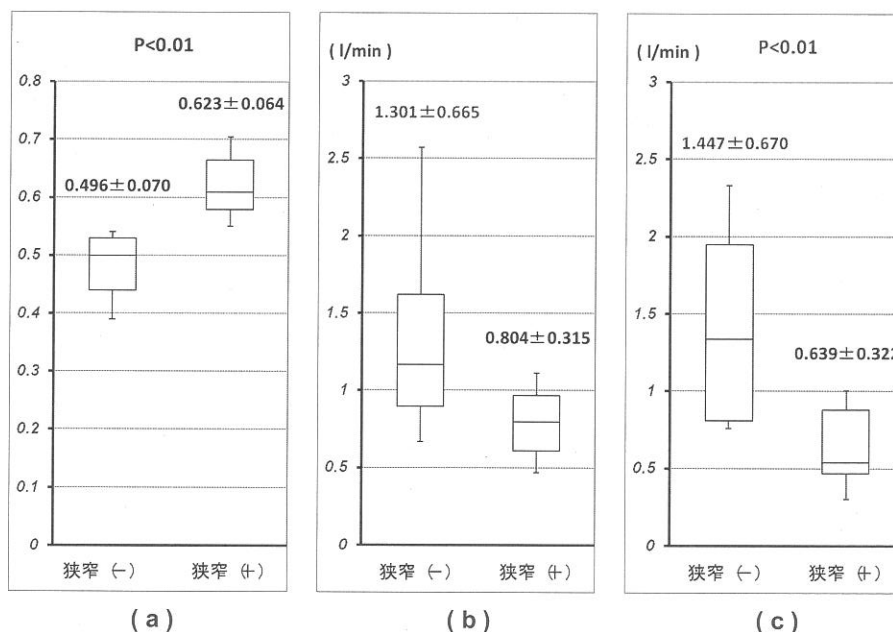


図4. VA 狭窄の有無と上腕動脈 RI (a)、上腕動脈 (b) 及びシャント静脈 (c) 血流量

<考察>

血液透析を円滑に行うためには、16～18Gの穿刺カニューラから200ml/min以上の血液を脱血できるだけの、十分なシャント血流量を確保しなければならず、そのためには良好なバスキュラーアクセスを維持する必要がある。血液透析に支障がないバスキュラーアクセスの血流に関して、阿部⁵⁾は、シャント側上腕動脈の血流量を 0.9 ± 0.35 l/min、シャント静脈血流量を 1.16 ± 0.17 l/minと報告しており、Pieturaら⁶⁾も、無症候性で機能良好な内シャント例では、シャント側上腕動脈の動脈径は 6.1 ± 3.7 mmで、上腕動脈血流量は 1204.1 ± 554 ml/minであったと述べている。今回の検討でも、シャント側上腕動脈内径は 5.93 ± 1.07 mm、上腕動脈血流量は 1177 ± 631 ml/min、シャント静脈血流量は 1251 ± 695 ml/minとほぼ同様の結果であった。

一方、尾上ら⁷⁾は、内シャント97例中59例(39.2%)に狭窄があり、狭窄例のシャント血流量 520 ± 250 ml/minは非狭窄例の 750 ± 340 ml/minより有意に低下しており、狭窄例でシャント閉塞が発生した例は、血流 > 600 ml/minの18例中0例(0%)、 $300 \sim 600$ ml/minの28例中7例(25%)、 ≤ 300 ml/minの13例中8例(61.5%)と、血流量低下に伴いシャント閉塞率は有意に高くなってたと述べている。また、柳沢ら⁸⁾は内シャント53例の検討から、 ≥ 150 ml/minの脱血速度が得られない例をシャント不全とすると、シャント側上腕動脈血流量が ≤ 600 ml/minと少ない例は、非シャント不全群では45例中1例だったのに対し、シャント不全群では8例中7例と多かったと報告している。また、松田ら⁹⁾は、シャント側上腕動脈血流量は、狭窄群で 770.4 ± 306.5 ml/min、非狭窄群で 1008.6 ± 350.7 ml/min、シャント静脈の脱血用穿刺部の血流量は、狭窄群で 522.4 ± 235.2 ml/min、非狭窄群で 748.3 ± 301.5 ml/minと報告しており、狭窄群の血流量は上腕動脈もシャント静脈も有意に低下していた。今回の検討でも、上腕動脈血流量は、狭窄例 804 ± 315 ml/min、非狭窄例 1301 ± 665 ml/min、シャント静脈脱血用穿刺部の血流量は、狭窄例 639 ± 322 ml/min、非狭窄例 1447 ± 670 ml/minで、狭窄例のシャント静脈血流量が有意に低下していた。

RIに関しては、吉川ら¹⁰⁾が内シャント144例でシャント側上腕動脈の血流量とRIを測定し、透析時に脱血速度が ≤ 200 ml/minしか得られなかった血流不良例は、血流量 ≤ 0.5 l/min、 $RI \geq 0.7$ に多く、脱血速度 ≥ 200 ml/minが確保できる血流良好例は、血流量 ≥ 0.5 l/min、 $RI \leq 0.7$ に多かったと報告している。今回の検討で $RI \geq 0.7$ の例は2例あったが、シャント血流量は 0.54 l/minと 0.16 l/minと低値であった。

一方、村上ら¹¹⁾は内シャント228例でシャント側上腕動脈のRIを測定し、RIの平均値は全体で 0.56 ± 0.11 、シャント良好群は 0.550 ± 0.097 、不良群は 0.784 ± 0.089 であり、シャント不良群の下限は 0.605 であったと報告している。今回の検討でも、VA非狭窄例のRIは 0.496 ± 0.070 、狭窄例のRIは 0.623 ± 0.064 と、狭窄例のRIが高値で両者間には有意差があった。

また村上ら¹²⁾は230例の検討で、RI測定後に何らかの手術(PTA、血栓除去術、再建術)を要した時点をエンドポイントとすると、6ヶ月後の開存率は $RI < 0.600$ 群が91.1%、 $RI \geq 0.600$

が64.4%、12ヶ月後の開存率はそれぞれ88.5%、64.9%で、ともに有意差があったと述べている。小野ら¹³⁾は内シャント233例の検討で、PTA治療群(40例)のRIが 0.68 ± 0.19 であったのに対し、非治療群(193例)のRIは 0.52 ± 0.10 と治療群のRIが有意に高値で、シャント側上腕動脈血流量は、治療群で 319.2 ± 226.8 ml/min、非治療群で 582.8 ± 257.8 ml/minと治療群の血流量が有意に低値であったと報告している。

今回の検討では、シャント静脈脱血用穿刺部位の血流量は、RI 0.60未満は 1.389 ± 0.660 l/min、0.06以上は 0.542 ± 0.333 l/minで、RI高値群のシャント静脈血流量が有意に少なかった。また、RI 0.60未満のシャント静脈血流量は、 $0.60 \sim 2.59$ l/minで0.60l/min未満の例はなかった。村上ら¹²⁾はRI 0.600をバスキュラーアクセス不全のカットオフ値としているが、小野ら¹³⁾は、RI 0.6でも44.4%の例はPTAを行わなくても十分な血流が保たれていたことから、RI 0.60でかつ上腕動脈血流量300ml/minをカットオフ値とすれば、バスキュラーアクセス不全の検出度が100%になると述べている。

定期的にシャント側上腕動脈のRIと上腕動脈及びシャント静脈の血流量を測定することは、バスキュラーアクセスの状態を把握し、アクセストラブルを未然に防いで、アクセスの長期開存を図るために有用であると考えられる。

<結論>

超音波パルスドプラ法は、VAの血行動態を評価する上で有用である。VAの血流速度、血流量、RI等を定期的に測定することにより、VAの機能評価ができ、血栓性閉塞を来す前にPTAで狭窄解除を行うなど、VAの開存期間の延長を図ることが可能となる

参 考 文 献

- 1) 守澤隆仁、大谷 匠、小野一美、斉藤雅子、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤真紀、佐々木佳奈、松尾恵美、能登宏光：透析時の穿刺困難に対する超音波走査の経験、秋田県腎不全研究会誌 2：27-29、1999
- 2) 能登宏光、大谷 匠、守澤隆仁、斉藤雅子、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤真紀、佐々木佳奈、松尾恵美、成田裕子：超音波断層法モニター下経皮的シャント静脈内血栓融解療法の経験、秋田県腎不全研究会誌 3：48-50、2001
- 3) 能登宏光、大谷 匠、酒樹 勤、信田雅子、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤真紀、小野一美、佐藤啓子、鎌田道子、野村和代：Fusion 3D超音波画像によるブラッドアクセスの評価、秋田県腎不全研究会誌 8：67-72、2005
- 4) 大谷 匠、能登宏光、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤啓子、鎌田道子、工藤亜紀子、佐々木佳奈、金野裕介、高橋育也、佐藤永淑：携帯型超音波診断装置を用いた血液透析中のブラッド

-
- アクセスの観察、秋田腎不全研究会誌 10：58-62、2007
- 5) 阿部良悦：透析用ブラッドアクセスを目的とした動静脈瘻の機能的評価、腎と透析 25：755-760、1988.
 - 6) Pietura R, Janczarek M, Zaluska W, Szymanska A, Janicka L, Skublewska-Bednarek A, Szczerbo-Trojanowska M: Color Doppler ultrasound assessment of well-functioning mature arteriovenous fistulas for haemodialysis access. *EJR* 55:113-119, 2005.
 - 7) 尾上篤志、大野卓志、高橋計行、吉本 忍、今田聰雄. 超音波検査における前腕内シャント狭窄の検出とシャント機能不全の予測、大阪透析研究会会誌 20：65-68、2002
 - 8) 柳沢良三、峰 正英、雨宮 裕、矢崎恒忠、菊池 史：超音波Bモード・パルスドップラー複合法によるシャント不全の早期診、透析会誌 36：1255-1258、2003
 - 9) 松田政二、川西秀樹、小野裕明、宮本照彦、谷川智彦、上田博久、寺戸八重子、森石みさき、土谷晋一郎：ブラッドアクセス管理とその経験について、腎と透析 59 別冊アクセス：162-165、2005
 - 10) 吉川和暁、北川柁彦、菱元康之、米山高広、澤田善晃、鈴木唯司：超音波パルスドップラー法によるシャント血流測定、臨泌 52：993-998、1999;
 - 11) 村上康一、猪又扶美、奈良起代子、武田稔男、内野順司、坂井健彦、河野孝史、重松 隆、吉田豊彦. シャント管理における超音波パルスドップラー法の有用性について、腎と透析 55 別冊アクセス：39-43、2003
 - 12) 村上康一、猪又扶美、武田稔男、内野順司、坂井健彦、河野孝史、重松 隆、吉田豊彦：血管抵抗係数 Resistive Index (R.I) を指標としたシャント開存率について、腎と透析 57 別冊アクセス：67-70、2004
 - 13) 小野裕明、川西秀樹、宮本照彦、松田政二、中尾 司、谷川智彦、森石みさき、土谷晋一郎：当院における vascular access の評価、腎と透析 63 別冊アクセス：218-222、2007