
超音波 3D表示と「Fly Thru」(仮想内視鏡) によるバスキュラー・アクセスの観察

能登宏光、嵯峨まゆ子、佐々木由美、佐藤啓子、佐々木佳奈、羽賀繁子、
金野裕介、岡崎 亨、白井良幸、若松公太郎、佐々木望弥、三浦冴子
医療法人秋田泌尿器科クリニック

Observation of Vascular Access of the Hemodialysis Patients with 3D Ultrasonography and “Fly Thru” (Ultrasound Virtual Endoscopy)

Hiromitsu Noto, Mayuko Saga, Yumi Sasaki, Keiko Sato, Kana Sasaki,
Shigeko Haga, Yusuke Konno, Toru Okazaki, Yoshiyuki Shirai,
Koutarou Wakamatsu, Nozomi Sasaki and Saeko Miura
Akita Urologic Clinic

<緒言>

バスキュラー・アクセス (Vascular Access : VA) を適確に作製し、それを良い状態で長期間維持することは、透析医療従事者にとって重要な課題となっている。そのためには、VAの形状や機能を正確に評価することが重要であり、超音波検査は簡便かつ非侵襲的である点からも、有用なVA検査法の一つである。私たち¹⁾²⁾はVAの超音波検査として、Bモード断層法やドプラ法などに加え、血流情報をパワードプラで捉え3D表示するパワーアンギオや、それをBモード断層像や3D画像と融合させて表示するFusion 3Dを用いて、血流情報の面からVAの評価を行い報告してきた。

この度、透視投影法を用いて3D画像を構成し、それを動的画像とすることで、管腔内を飛ばすように移動して表示出来るアプリケーション、「Fly Thru」³⁾⁴⁾を搭載した超音波診断装置を導入し、維持透析患者のVAの観察を行ったので報告する。

<対象と方法>

対象は当クリニックにおける慢性維持透析患者。

超音波診断装置はAplio 500 (Toshiba社製) で、探触子はメカニカル・リニア4Dプローブ (PLT-1204MV) を使用した。

方法は、BモードでVAを観察し、目的部位が探触子の中央に位置するように皮膚表面に探触子を置き、「single sweep」キーを押してvolume dataを取り込み3D画像を構成した (キーを押してから5秒)。続いて「Fly Thru」キーを押すと、内視鏡のような透視投影画像が表示され (キー

を押してから約45秒) (図1)、観察方向を決めて「start」キーを押し、VA内腔を自動的に移動しながらVAの観察を行った。また、目的部位をより詳細に観察したい時には、手動操作で内腔を移動させた。

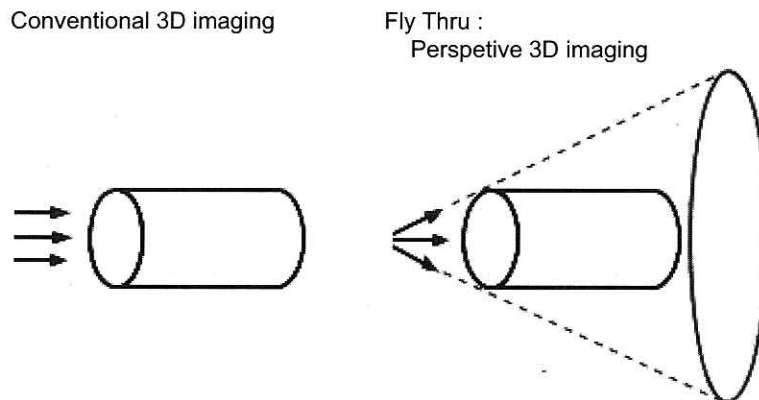


図1 Fly Thruの原理

Conventional 3Dイメージは、平行投影画像であるが、Fly Thruは透視投影画像であるため、内視鏡的な画像が表示される。

<結果>

(1) 正常症例

真っ直ぐなVAは、Bモード縦断層像でも全体が一画面に描出でき、穿刺を繰り返している部位のエコー輝度は低かった。3D画像では周囲との関係が明瞭で、穿刺を繰り返している部位ではエコー輝度が不均一であった(図2 a左)。Fly Thru画像では、内腔面は部分的に軽度の凹凸があっても比較的平滑であった(図2 a右)。

蛇行しているVAは、Bモード縦断層像では一画面に全体を捉えることが出来ないことが多く、横断層像を描出しつつVAの長軸に沿って超音波走査を行う必要があった。3D画像では、蛇行しているVAでも一画面に描出出来た(図2 b左)。Fly Thru画像では、VAの走行が屈曲している状態が明瞭であった(図2 b右)。

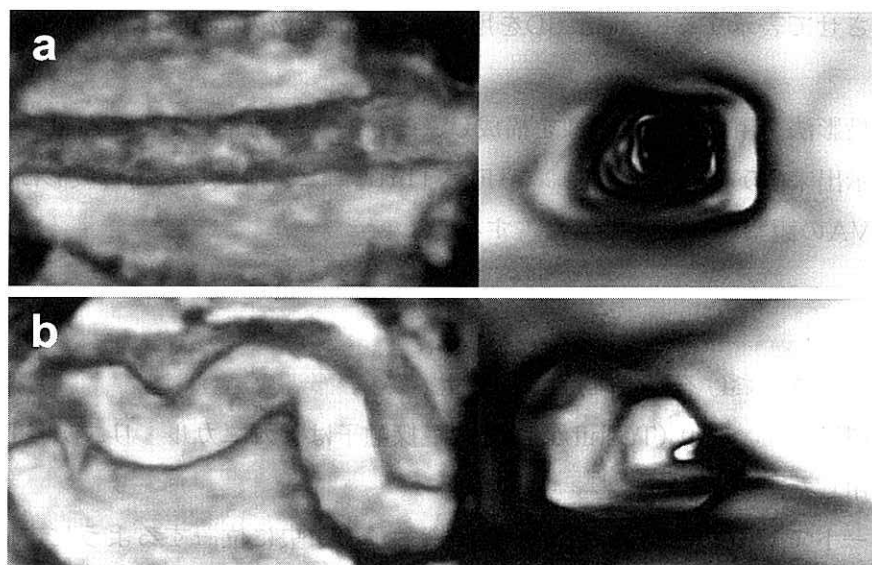


図2 直進及び蛇行しているVA

a: 真っ直ぐで穿刺しやすいVAの3D(左)とFly Thru(右)画像 b: 蛇行して穿刺しにくいVAの3D(左)とFly thru(右)画像

VA分岐部では二つの内腔が描出され（図3）、左側の内腔を観察するため視点を左側に置いたが、自動操作では、コンピュータが移動距離の長い右側内腔を選んでfly throughした。

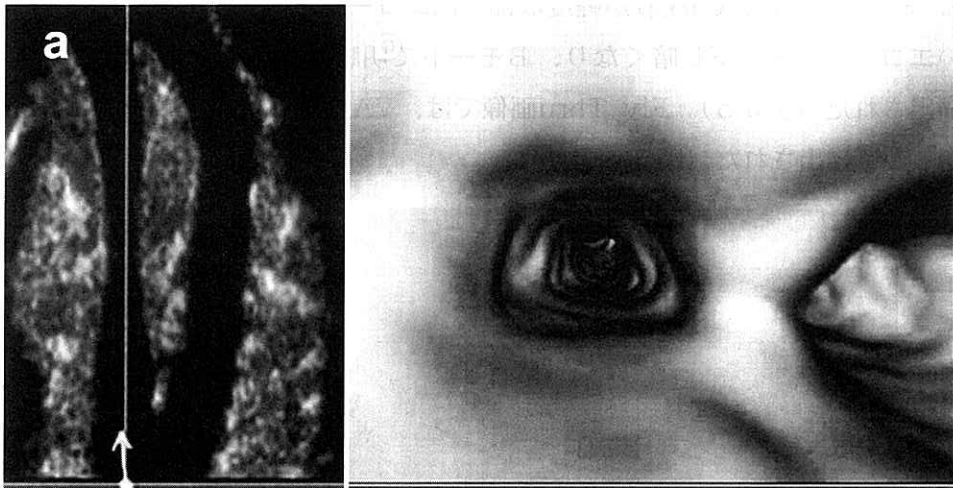


図3 VA分岐部

a : 分岐しているVAのC- plane (水平断面) 画像 b : 分岐部からみたVAのFly Thru画像

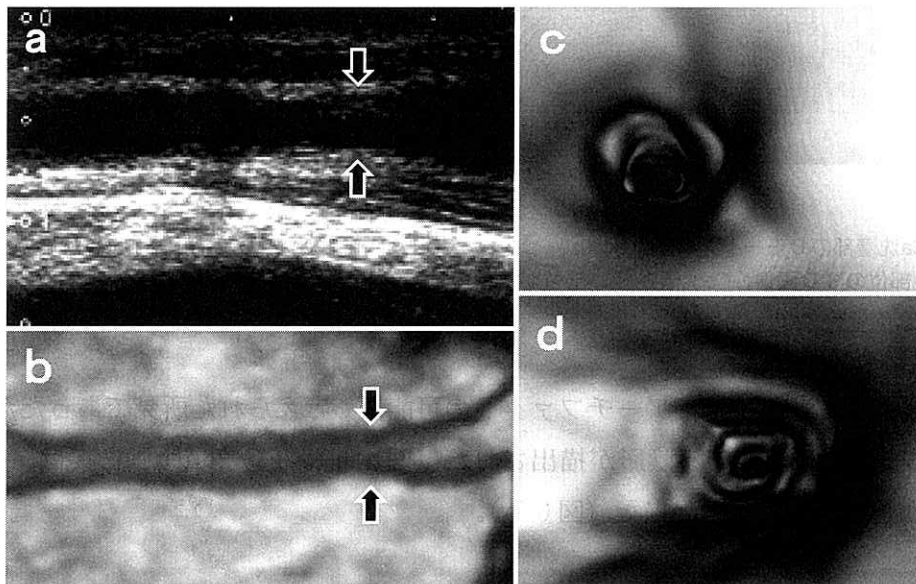


図4 VA狭窄症例

a : BモードによるVA狭窄部（↓）の縦断層像（左側が肘関節側、右側が手関節部前腕シャント側）
 b : 3D画像によるVA狭窄部（↓） c : 肘関節側から狭窄部をみたFly Thru画像
 d : 前腕シャント側から狭窄部をみたFly Thru画像

(2) VA狭窄症例

VA内腔の狭窄状態は、Bモードによる描出が最も明瞭で、血管壁の肥厚の評価や内腔径の計測が正確に出来た（図4 a）。3D画像は、VA全体の形状（くびれや拡がり）が立体的に描出出来たが、内腔の狭窄程度の細かい情報は捉えることが出来なかった（図4 b）。Fly Thru画像では、近位側から（図4 c）も遠位側から（図4 d）も狭窄部に向かって内腔が狭まっていく状態が描出でき、狭窄部付近の内腔が不整になっている状態も捉えることが出来た。

(3) VA内カルシウム (Ca) 沈着症例

Bモード断層像では、VA壁へのCa沈着はacoustic shadowを伴うstrong echoとして描出された (図5 a)。3D画像では、Ca沈着が軽度な部位はエコー輝度が比較的高く明るく、沈着が高度になるに従いエコー輝度が低下し暗くなり、Bモードで明瞭なacoustic shadowを伴う高度Ca沈着部は黒く描出された (図5 b)。Fly Thru画像では、VA内腔のCa沈着状態は、不整で奇妙な形で突出する像として描出された (図5 cとd)。

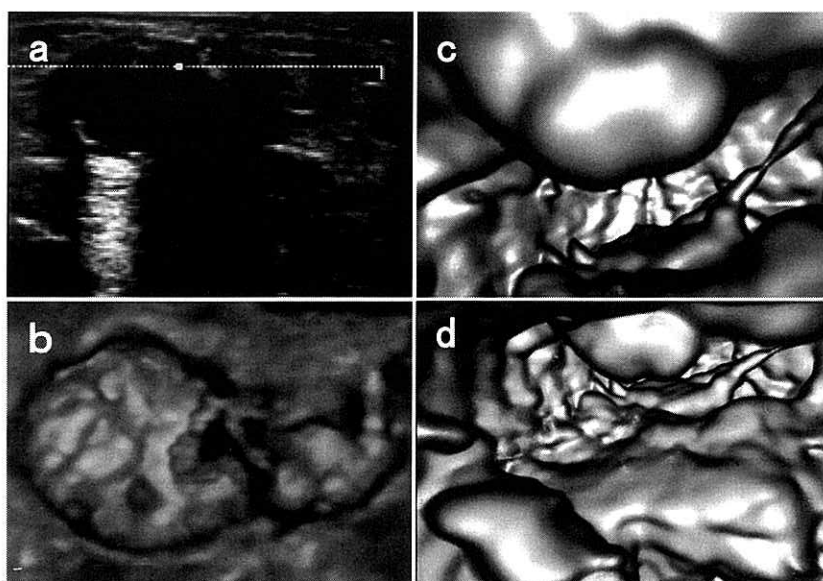


図5 VA内Ca沈着症例

a : VA内Ca沈着部のBモード縦断層。acoustic shadowを伴うstrong echoとして描出されている
b : aと同じ部位の3D画像。Ca沈着が強い部位が抜けて見える c and d : VA内Ca沈着部のFly Thru画像

(4) VA内血栓症例

Bモード断層像では、不明瞭でアーチファクトの可能性も考えられた所見であったが、3D画像では、VA壁から内腔に突出する陰影が描出された (図6 a)。Fly Thru画像では、VA壁から内腔に突出する血栓を明瞭に描出出来た (図6 b)。

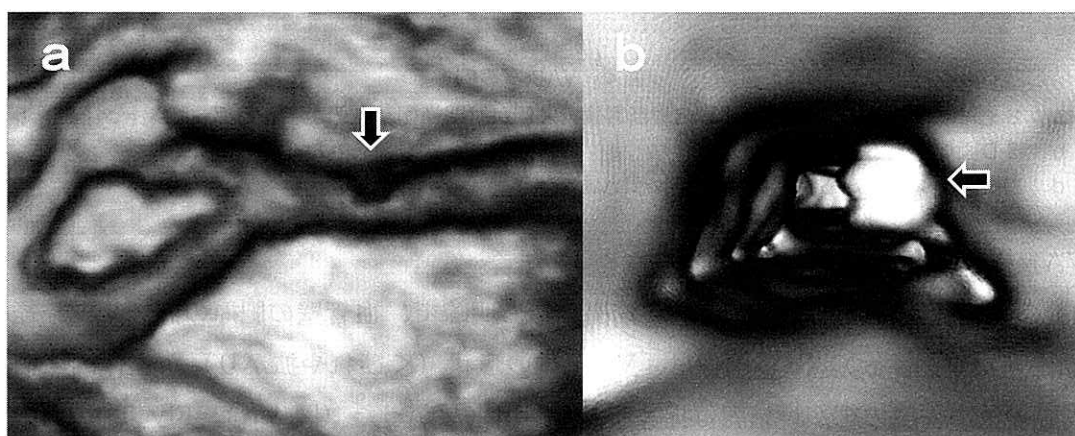


図6 VA内血栓症例

a : VA内血栓の3D画像 b : VA内血栓付着部位のFly Thru画像

<考察>

今回の検討で用いたVAの超音波3D表示は、Fusion 3Dのような血流情報から得られた画像では無く、VA自体の水平断面像の立体表示であるが、Fusion 3Dと同様に、VAの直進、蛇行、拡張、狭窄、分岐、合流などの情報だけではなく、石灰沈着や血栓形成等も立体的に捉え描出することが出来た。

また「Fly Thru」とは、超音波探触子で取得したvolume dataから、透視投影像を構成することにより奥行き感のある画像を作り出し、管腔内や血管内を立体的に移動する動画とすることで、検者が管腔内を“飛行 (fly through)”しているかのような感覚を与えるものである³⁾⁴⁾。これまで、臓器別では、肝胆道系³⁾⁴⁾⁶⁾、子宮⁵⁾、尿管³⁾⁴⁾などの報告があり、私たち⁷⁾も上・下部尿路の観察(水腎水尿管、腎嚢胞、尿管結石、膀胱腫瘍、膀胱憩室、膀胱結石、膀胱頸部の形状など)への応用を報告した。血管系に関しては、総頸動脈⁸⁾、大動脈や深部静脈³⁾⁴⁾、門脈や肝静脈⁴⁾などの報告があるが、透析のVAに関しては今回の報告が初めてであり、VA走行状態、狭窄、カルシウム沈着状態、血栓等を明瞭に描出する事が出来た。

Aplio500のナビゲーションシステムは、構築された画像内で管腔の始点と方向を決定すれば、ソフトが自動的に管腔の中心軸を検出し、Fly Thru画像を作製して指示方向に向かって移動表示する³⁾⁴⁾。また、分岐する管腔であれば移動距離の長い方を選択して進むように設計されており、今回の検討でも、VAの分岐部で直進する管腔を見るため直進管腔手前で中心にポインターを置いても、湾曲して距離の長い管腔に向きを変えて進んでいった。

Fly Thruの利点は、管腔の状態を客観的に描出出来る点であり、超音波に慣れていない医療従事者や患者・家族にも分かり易い表示であるということである。超音波検査のトレーニングを受けていれば、通常の2D断層像の縦断面と横断面像から、頭の中で立体的な3D画像を構築することは比較的容易であるが、それでも複雑な走行をしている脈管では困難である。また、診察中に超音波検査に割ける時間には限りがあり、Fly Thru画像を構築するに要する45秒であっても待てないことが多いが、目的部位をBモードで明瞭に描出出来れば、volume dataを幾つか記録しておき、後でFly Thru表示を行い画像診断することも出来る。

一方、Fly Thruの欠点は、構築した画像の良し悪しが、volume dataを取り込む時の元になるBモード断層像の鮮明さによって決まることである。CTやMRIとは異なり、超音波は様々なアーチファクトや信号の減衰があり、走査範囲も探触子の大きさに依存するため限られており、明瞭なFly Thruを表示するためには、目的とする部位のBモード断層像を、適確かつ鮮明に描出出来るように走査することが必要である。

<結語>

3D画像の利点は客観性であり、2D画像よりも分かり易く詳しい情報を得ることができた。超音波「Fly Thru」はCTの仮想内視鏡と同様の画像で、管腔を短時間で表示し、内腔を自動的にfly throughすることが出来るアプリケーションであり、VAへの応用も可能であった。VAの超音波3D表示とFly Thru法は、VAの画像診断として有用であることは勿論、透析医療従事者に対してだけではなく、患者や家族への情報提供手段としても役立つと考えられる。

引用文献

- 1) 能登宏光、能登 彩：透析患者のバスキュラーアクセス管理における超音波の有用性、Jpn J Med Ultrasound Vol 35(6)：641－661、2008
- 2) 能登宏光、能登 彩、嵯峨まゆ子、他：超音波Fusion 3Dによる人工血管動静脈吻合部の観察、秋田腎不全研究会誌 13：140－144、2010
- 3) 畠 二郎、嶺 喜隆：“管腔内を飛ぶ”超音波最新技術—AplioTM500アプリケーション「Fly Thru」、Medical Thechnology 40：100－102、2013
- 4) Grant, EG：Advanced Techniques in 4D Ultrasound：Fly Thru. Visions 21 36－40, 2013
- 5) Smith, B.：Advanced Transvagimnal 3D/4D Imaging of thr Uterine Cavity Paves the Way for Ultrasound Hysteroscopy. Visions 18：17－26, 2011
- 6) 関本 匡、丸山紀史、近藤孝行、他：Virtual laparoscopy：三次元超音波画像“Fly Thru”からみた肝表面性状による肝硬変の診断、肝臓 53(5)：302－303、2012
- 7) 能登宏光：超音波3D／4DとFly Thru法（Virtual endoscopy）による上・下部尿路の観察、日本排尿機能学会誌 23(1)：166、2012
- 8) Kunte, H, Rückert, R-I, Schmidt, C, et al.：Inverse fly-through technique in ultrasound imaging of carotid stenosis. Neurology 80：122, 2013