



GE HealthCare

Vascular Access管理における 超音波検査の有用性とVenue Fitの使用経験



社会医療法人 警和会 大阪警察病院
臨床検査科 小林大樹 先生





1 バスキュラーアクセス管理の必要性

バスキュラーアクセス(以下VA : Vascular Access)は一度作製すると、一生涯維持できるものではない。狭窄が発現、進行し、放置すると閉塞する。当然であるが、閉塞すると透析が施行できなくなる。したがって、良質な透析を行うためには、VAを良好な状態に維持しておく必要があり、その管理のひとつに超音波を用いた評価法がある^{1) 2)}。超音波を用いた管理を行うことによって、閉塞する前の適切な時期に治療介入の必要性を判断することができる^{3) 4)}。その結果、VAを長期的に維持することにつながる。超音波検査の他にも、血管造影検査やHD-02など狭窄や血流を評価する方法はあるが、超音波検査は非侵襲的に血流の程度を数値で表わすことができる。また、狭窄や閉塞病変の詳細についても観察することができる。つまり、機能と形態の両方を同時に評価することができる有用な検査法といえる。

2 上腕動脈血流量

a アクセス血流量

VA管理において、当初は人工血管内シャント(以下AVG: Arteriovenous Graft)の症例に対して、超音波検査による人工血管内の血流量(アクセス血流量)を測定していた。人工血管は1本の管であるため、その中を流れる実血流量を測定し、アクセス血流量が650mL/min未満または静脈高血圧症の症状がある場合、血管造影検査を行い、狭窄があれば経皮的血管形成術(以下PTA:Percutaneous Transluminal Angioplasty)を施行する方針とした。その結果、PTA前後で血流量は有意に上昇し、閉塞の頻度を低下させることができた。定期的にアクセス血流量を測定しモニタリングを行うことは、AVG管理に役立つことが分かった⁵⁾。

b 自己血管内シャントに対する機能評価

自己血管内シャント(以下AVF : Arteriovenous Fistula)の管理においても、超音波検査を用いるようになったが、どこで血流量を測定するか、が問題となつた。シャント静脈で血流量を測定する場合、アクセス血流量と異なり静脈の分枝が多いことや症例によって脱血部位が異なる、また検査の標準化を考えた場合、プローブによる血管の圧迫で測定誤差が出やすいなど、さまざまな問題点があった。一方、上腕動脈における血流量測定は、プローブの圧迫による測定誤差の影響を受けにくく、血管抵抗の低いシャント血管への血液の流れの程度を反映している。また、当時の海外の論文においても、AVFに対しては、上腕動脈で血流量を測定しているのが多かった^{6) 7)}。このような理由から、上腕動脈で血流量を測定することになった。ただし上腕動脈血流量は、シャント血流量と同等ではなく、シャントの血流を反映するひとつの指標として代用している、という解釈が正しい。

c AVGに対する機能評価

最近では、AVGの症例においても上腕動脈血流量を機能評価の指標としている施設が増えている。理由として、標準化を考えた場合、AVFもAVGも共通した測定法が望ましいことや最近ではAVG作製後10年以上経過している症例も少なからず存在し、穿刺による人工血管壁の不整や石灰化の沈着により人工血管内の血流量を正確に測定することが困難になってきたためである。現在はAVFもAVGも、上腕動脈血流量がシャント血流を反映する重要な指標として用いられているのが現状である。

3 ルーチン検査

当院でのルーチン検査の流れを示す(図1)⁸⁾。まず、超音波検査を行う前に、臨床症状を確認する(図2)。ここでは、症状を透析中に生じる異常と患者に生じる異常とに分けて述べる。次に身体所見をとり、責任病変部位を推測する。超音波検査前に両者を確認し、どこを重点的に観察、評価すべきかを考えることが

重要である。その後、超音波検査にて、血流の程度を把握するための機能評価、狭窄や閉塞病変を観察するための形態評価を行う。血行動態を理解し、全体像を把握する。これら的情報から総合的にシャントの良否を判断する。最後に、これまでに得た情報を正確に、また簡潔にレポートに記載する。



図1 超音波によるルーチン検査の流れ
超音波検査を始める前に、必ず臨床症状と理学所見をチェックする。
これらを行うことで検査精度の向上、検査時間の短縮が期待できる。

症状	重点的に観察すべき部位
脱血不良	動脈系または吻合部から脱血穿刺部位近傍
静脈圧の上昇、止血困難	返血穿刺部位または、それより中枢側
静脈高血圧症	手掌のみ腫脹…手関節部近傍の病変 手掌と前腕部の腫脹…肘部の病変 シャント肢全体の腫脹…中心静脈の病変
スチール症候群	吻合部より末梢側の動脈の性状と血流の状態
感染	発赤部位
過剰血流	血流量および動静脉の拡張、吻合口
瘤	瘤(大きさと壁の厚さ)とその前後の狭窄病変の有無、程度
穿刺困難	穿刺部位近傍の狭窄・閉塞・血栓・弁などの有無 または、血管の蛇行の有無

図2 症状別による重点的に観察すべきポイント
それぞれの症状によって、重点的に観察すべきポイントが異なる。
その中で、症状の原因となっている責任病変はどれか、を予測して検査を進める。

(1) 臨床症状

a 透析中に生じる異常

● 脱血不良

血液透析をおこなう上で、所定の血流量がVAから脱血できない状態をいう。透析治療で最も多く遭遇する異常所見のひとつである。上腕動脈血流量は低下し、吻合部から脱血穿刺部位までの

間に責任病変が存在することが多い。ただし、側副血行路を形成している場合は、血流量が低下しないこともある。

● 静脈圧の上昇

静脈圧(または返血圧)とは、透析治療において浄化された血液を体内に戻す際の返血部位の圧力のことであり、静脈圧の上昇とは、返血部位の血管内圧が上昇していることを示す。超音波検査では返血穿刺部もしくは、それより中枢側の病変の存在を疑う。

● 再循環

透析により浄化された血液が体内に返血された際、血流の一部もしくは大半が、脱血部位から再度、透析用血液回路側に引き込まれる現象をいう。超音波検査では正確な評価は不可能であるが、血行動態や穿刺部位の位置関係から、それが発生している可能性を推測することができる。

● 止血困難

抜針後の止血に要する時間が長くなること。止血しにくいこと。超音波検査では、穿刺部位よりも中枢側の狭窄や閉塞によって、止血部位の血管内圧が上昇していることを証明する。

● 穿刺困難

血管内の適切な位置に穿刺針を留置することが困難である。超音波検査では、穿刺部位近傍の狭窄や閉塞、壁在血栓、静脈弁、不良な血管の状態(血管壁の石灰化、血管径が小さい、または深い、蛇行)、血流量の低下などを評価する。穿刺技術が原因になる場合もある。

b 患者に生じる異常

● 狹窄・閉塞

主な発生部位は吻合部付近やその直上、静脈の分岐部、静脈弁などがある。また、人工血管では流出路静脈に狭窄が発現することが多く、この狭窄病変の進行によって血栓性閉塞が生じる頻度が高い。狭窄や閉塞によって、後述する様々な異常所見の原因になる。



● 静脈高血圧症

狭窄や閉塞によって、VAの静脈還流が障害され、静脈のうつ滞が生じる。また、発達した側副血行路の形成によって、シャント肢の腫脹を伴うことが多い。シャント肢全体の腫脹がある場合は、鎖骨下静脈などの病変が、その原因になっていることがある。超音波検査では腫脹の原因となっている病変を指摘する。

● スチール症候群

吻合部より末梢側の動脈は本来、指先側に流れる。しかしながら、多くの血流がシャントに盗血され末梢循環障害が生じる。その結果、手指の冷感や疼痛、しづれが出現し、さらに進行すると手指の潰瘍を伴う。超音波検査では、上腕動脈血流量の評価や吻合部より末梢側の動脈の状態を評価する。

● 瘤

シャントに形成する“こぶ”をいう。吻合部近傍や穿刺部に生じることが多い。超音波検査では、瘤のサイズや瘤の壁の性状(石灰化の沈着や壁在血栓など)、また瘤前後の狭窄病変を評価する。

● 感染

最も重篤なVA合併症のひとつである。AVGの症例で多くみられる。症状は、感染部の発赤と腫脹、疼痛、熱感、穿刺孔からの膿排出などがある。超音波検査では、限局した低エコー域を認める。

● 過剰血流

VAを還流する血液量が増加し、循環動態の許容範囲を超える場合をいう。高拍出性心不全や静脈高血圧症、スチール症候群の原因になる場合がある。超音波検査では、上腕動脈血流量や動脈、静脈の拡張を評価する。

(2) 身体所見

a 視診

はじめに、AVFやAVG、動脈表在化など、VAの種類を確認する。次に全体的な血管走行や吻合部、脱血穿刺部位、返血穿刺部位の位置を確認する。その他、腫脹や浮腫、発赤、手指の潰瘍形成、膨隆などの有無を確認し、それらの情報から様々な合併症の

存在を推測する。

b 触診

触診で得られる情報が多い。まず、シャント静脈において、スリルや拍動の有無、血管の虚脱を確認する。例えば、血流が良好である場合、シャント静脈においては全体的に良好なスリルを触知するが、局所のみのスリルの場合はその付近に狭窄病変の存在が疑われる。また、シャント静脈に拍動を触れる場合は、それよりも中枢側に狭窄や閉塞病変の存在が疑われる。

c 聴診

聴診器を使用してシャント音を聴取する。音の高低や大きさ、連続性により高調音や断続音などに分類される。

d 上肢拳上法

仰臥位にて腕をベッドに載せている状態と腕を拳上させた状態とを比較することによって狭窄部位が推定できる。狭窄部位より中枢側の静脈が虚脱する。

(3) 超音波検査

正確な診断に導くVA超音波検査として、血流の程度を把握する機能評価と狭窄や閉塞を観察する形態評価がある。そして両者を総合的に判断して、そのVAの状態を把握する⁹⁾。

a 機能評価

超音波パルスドプラ法を用いて、上腕動脈における血流量と抵抗指数(resistance index : RI)を計測する。この際に、血流と超音波ビームのなす角度は60°以内に、サンプルボリュームの幅は血管内径からはみ出さない最大径に設定する。血流速波形はベースラインと流速レンジを調節し、波形が表示範囲内に入るように調整する。次に血流速波形の1拍をトレースした後、B-mode画像上で血管内径を測定する。血流量は平均流速の時間積分値(時間平均血流速度: time averaged flow velocity : TAV) (注1)と血管を正円と仮定した断面積(cross sectional area : CSA)の積として求める。またRIは、収縮期最高血流速度(peak systolic velocity : PSV)と拡張末期血流速度(end-diastolic velocity : EDV)の比で求める(図3)。上腕動脈

血流量は500～1000mL/min、RIは0.6未満で良好とされている¹⁰⁾。

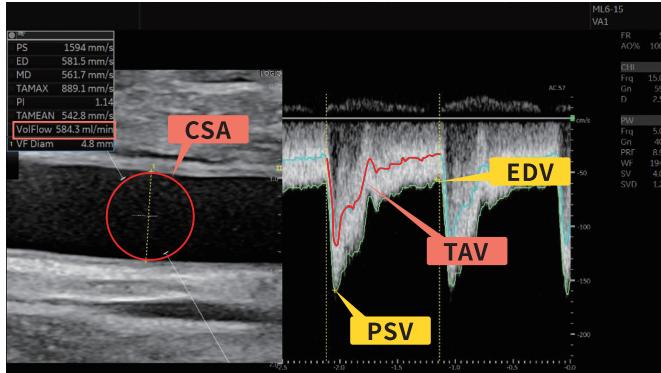


図3 機能評価(血流量とRIの測定)
血流量は平均流速の時間積分値(TAV) (注1)と血管を正円と仮定した断面積(CSA)の積として求める。RIは収縮期最高血流速度(PSV)と拡張末期血流速度(EDV)の比で求める。

b 形態評価

血流が低下している場合、その原因となっている病変が、どこかに存在する。どこに、どの程度の、どれくらいの範囲に狭窄や閉塞病変が存在しているかを検索し、血行動態を読み取る。シャント静脈において、血管前後に比べて細い部位を狭窄病変と定義すると、複数箇所に存在している症例は多々ある。その中でも、臨床症状を引き起こしている原因となっている病変、すなわち責任病変を指摘することが、治療につながる重要なポイントになる(図4)。また、走査における注意点として、プローブによる圧迫に注意する。特に狭窄径を計測する場合、過大評価となる。マッピングにおいては、血管解剖と触診が大事になる。基本となる血管走行を熟知した上で、まずはシャントを見て、触る。シャント静脈は浅い部位を走行しているため、これで概ねマッピングは理解できる。触診で得ることができない情報を超音波検査で得るという考え方で進めていくと、検査効率が良い。

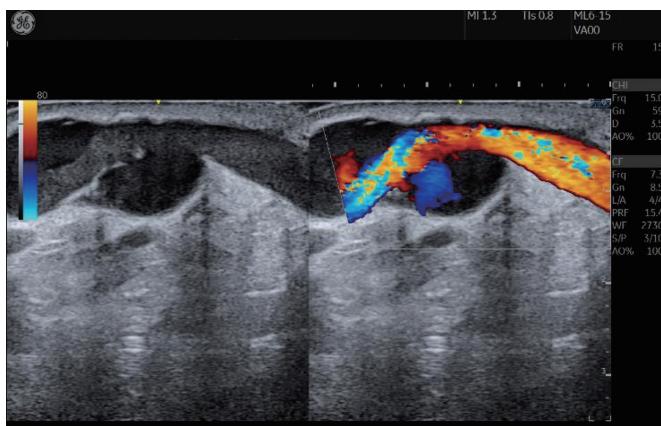


図4 狹窄病変
形態評価においては、どこに、どの程度の、どのような形をした狭窄病変が存在しているかを検索し、血行動態を読み取ることが重要である。

c 総合評価

前述した通り、血流が低下していれば、どこかに高度の狭窄病変が存在する。一方、逆は言えない。言い換えれば、血流が良好であれば、狭窄や閉塞が無い、とは言えない。本幹閉塞があっても、それより末梢で側副血行路を形成している場合は、重度の病変があっても血流は保たれる。したがって、血流の程度を考慮しながらどこに流れているか、すなわち血行動態(マッピング)などの全体像を把握することが重要になる。症状を説明できる所見を拾い上げよう心がける。

d AVFにおけるルーチン検査(図5)

<機能評価>

上腕動脈の血流量とRIを評価する。

<形態評価>

上腕動脈で機能評価を行ったのち、上腕中央部付近から吻合部に向けて短軸と長軸の2方向から観察する。吻合部の走査においては、様々な角度から観察する。静脈では、吻合部から中枢側に向けて観察する。ルーチン検査では、吻合部から上腕中央部付近まで走査するが、それより中枢側の病変が疑われる場合は、この限りではない。

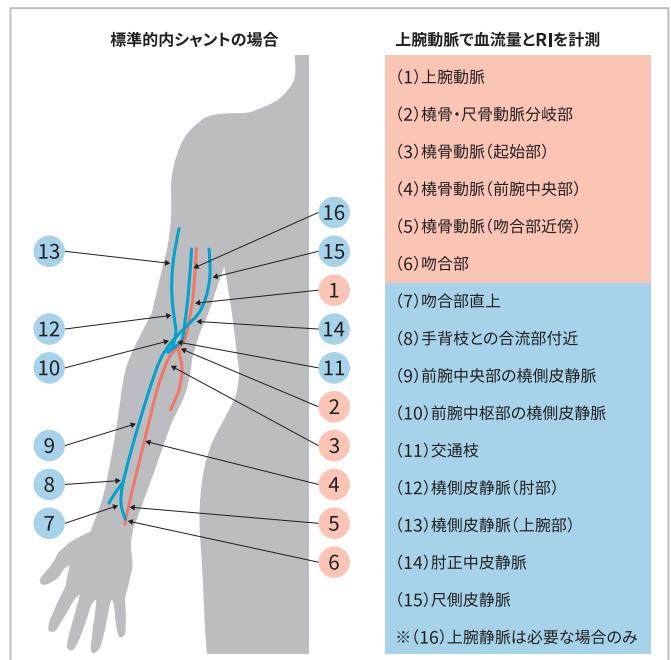


図5 AVFに対する検査手順
動脈から吻合部、最後に静脈というように系統的に検査を進めていくと、見落としが減少する。



e AVGにおけるルーチン検査(図6)

<機能評価>

上腕動脈の血流量とRIを指標として用いる(人工血管内で血流量を計測することもできる)。

<形態評価>

機能評価を行ったのち、上腕中央部の上腕動脈から人工血管が吻合されている動脈側吻合部を観察する。次に、人工血管を走査する。人工血管内に発現する狭窄は、内膜が肥厚したものであり、低エコーであるため、ゲインを少し高く設定して検査を行う。カラードプラを併用すると病変を発見しやすい。AVGでは、静脈側吻合部から流出路静脈が狭窄の好発部位となる。

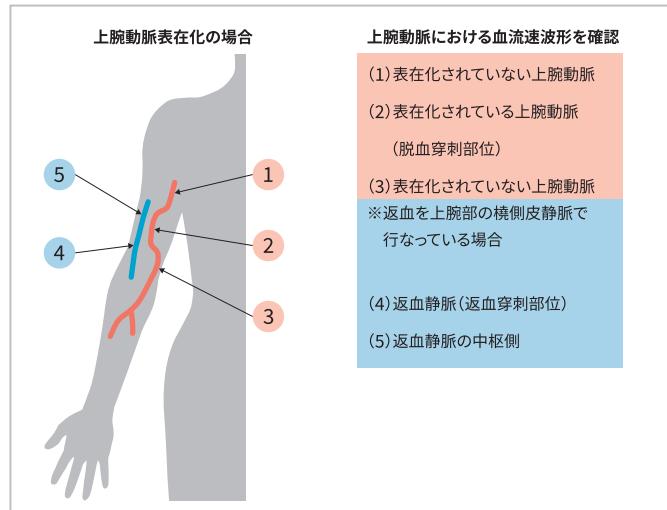
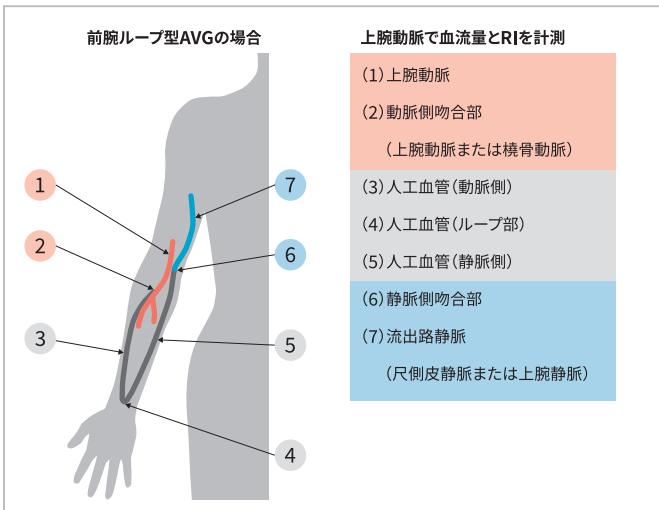


図7 動脈表在化に対する検査手順
表在化されている動脈を中心に観察する。特に脱血穿刺部位を重点的に評価する。また、返血静脈も必ず観察する。

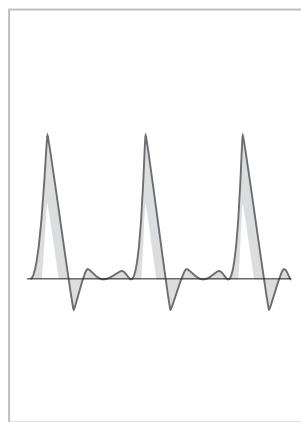


図8 立ち上がりが急峻な2~3相性の波形であれば、血流は良好である

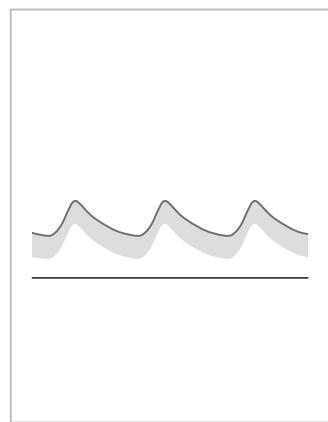


図9 得られた波形が狭窄後波形であれば、中枢側の動脈に病変が存在する可能性がある

f 動脈表在化におけるルーチン検査(図7)

<機能評価>

動脈表在化においては、血流量は機能評価の指標とはならない。上腕動脈で血流速波形をとり、立ち上がりが急峻な2~3相性の波形であれば、血流は良好である(図8)。しかし、得られた波形が狭窄後波形であれば、中枢側の動脈に病変が存在する可能性がある(図9)。

<形態評価>

動脈における狭窄の内膜肥厚は低エコーであるため、ゲインを高めに設定し、カラードプラを併用すると病変を発見しやすい。また、返血穿刺部位も必ず観察する。

g 報告書の記載

超音波検査における報告書(レポート)の役割は、実際に検査をして得られた情報を正確に伝達することであり、常にこのことを意識しながら作成する必要がある。そして、報告書に記載する事柄は、簡潔で理解しやすい表現を用いるべきである。報告書の形式については、臨床側から求められる内容が各施設によって異なるため、その施設に合ったものを使用する。

当院での報告書の一例を呈示する(図10)。機能評価は上腕動脈の血流量とRIを記載している。形態評価では、ペンタブレットを使用してフリーハンドでシェーマを記載している。これは同時に、走査した範囲を示しており、観察した範囲と、観察していない範囲

を明確にしている。動脈は赤線、静脈は青線で表現し、狭窄部位は細いラインで、非狭窄部は太いラインで表現している。これは、直感的に病変がどこに存在するかをイメージしやすくしている。ちなみに閉塞病変においては、非血栓性閉塞は細い点線ラインで、血栓性閉塞は太い点線ラインで記載するよう申し合わせを行ったうえで記載している。特に病変部を詳細に表現したい場合は、拡大シェーマをフリーハンドで記載している。血管の太さの違いなど直感的にイメージできるようなシェーマの記載を心がけている。また、超音波検査で得られた情報を他部署のスタッフと共有することもVAを管理する上で重要である。

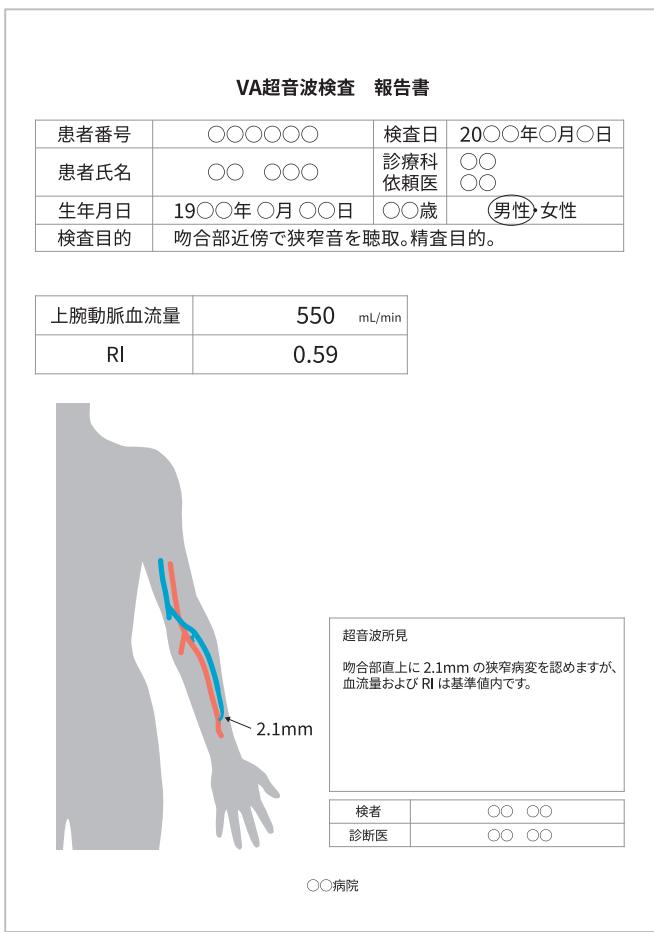


図10 報告書例
当院の報告書例を示す。報告書の形式については、臨床側から求められる内容が、各施設によって異なるため、その施設に合ったものを使用することが望ましい。

4

Venue FamilyでのVA管理

GEヘルスケア・ジャパン社製のVenue Fitは、小型でありながら、高画質の画像が得られる。特に、透析室のベッドサイドで検査を行う場合は、限られたスペースで装置を搬入し、検査を施行しなければならない。Venue Fitは、小型で機動性に優れベッドサイドにおいてスペースを気にすることなく使用できるため、エコーガイド下穿刺においても幅広く使用できると考える。また、AVFやAVGの機能評価においては、上腕動脈での血流量やRIを評価項目として用いる。これらの指標は、VAを正しく評価するうえで有用であるが、サンプルボリュームや角度補正など適切に調整しなければならない設定や操作が多い。Venue Fitにおいては、上腕動脈での血流量やRIの測定が自動で行える『Auto Volume Flow』機能が搭載されている(図11)。Bモードではフルフォーカスで高画質な画像を実現しており、また、いわゆる“血管の抜けが良い”エコー像が得られるため、血流量を計測する際の血管径測定の誤差がほとんどなく、正確な血管内径を計測してくれる。波形調整のためのベースラインや流速レンジの調節も自動調整で行い、かつ精度が高いため、検査手技としては血管を明瞭に描出することのみに集中できる。加えて、この自動計測は、最小限の手技で行えることに加えて、ボタンを押してから素早く反応するため、スピーディーに結果が表示される。このことは、プローブ固定が短時間で済むため検査者にとっても、メリットがある。一方、検査を受ける患者にとっても、より短時間で検査が終了することにつながる。

以上のように『Auto Volume Flow』機能は非常に有用であり、両者ともに大きな恩恵を受けると思われる。

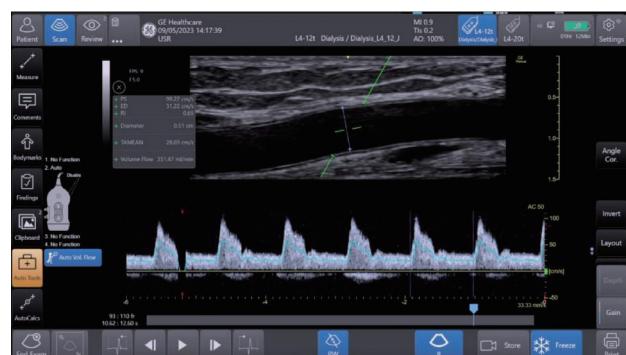


図11 Venue Fitに搭載されている『Auto Volume Flow』機能
パルスエコードの設定や血流速度波形の調整、血管径の計測など、高い精度で自動測定してくれる。測定手技を熟知したうえで、多用したい機能である。

(注1)GEヘルスケア社製の超音波診断装置ではTAMEAN(Time averaged mean velocity)という項目を使用しております。

<参考文献>

- 1)山本裕也、中村順一、中山祐治、日野紘子、角城靖子：自己血管内シャントにおける脱血不良発生と超音波検査における機能評価および形態評価との関連性.透析会誌 2012; 45: 1021-6.
- 2)人見泰正、鈴木尚紀、辻義弘、他：狭窄病変手前の分枝血管が上腕動脈血流量(FV)と抵抗係数値(RI)の病変検出能力に及ぼす影響:透析会誌 2020; 53: 393-9.
- 3)Ogawa T, Matsumura O, Matsuda A, Hasegawa H, Mitarai T: Brachial artery blood flow measurement: A simple and noninvasive method to evaluate the need for arteriovenous fistula repair. Dialysis & Transplantation 2011; 40: 206-10.
- 4)Sato T, Tsuboi M, Onogi T, et al.: Standard procedures of endovascular treatment for vascular access stenosis in our facility – clinical usefulness of ultrasonography. J Vasc Access 2015; 16: S34-7.
- 5)小林大樹、元上七奈、浜田美生、吉本勝美、坪庭直樹、中村順一、平中俊行：アクセス血流量によるグラフト内シャントのsurveillance:腎と透析 57(別冊アクセス 2004):118-120,2004
- 6)CP Oates, ED Williams, MI McHugh: The use of a Diasonics DRF400 duplex ultrasound scanner to measure volume flow in arterio-venous fistulae in patients undergoing haemodialysis: an analysis of measurement uncertainties. Ultrasound in Med & Biol 16: 571-579, 1990
- 7)Forsberg L, Tylén U, Olin T, Lindstedt E: Quantitative Flow Estimations of Arteriovenous Fistulas with Doppler and Dye-Dilution Techniques. Acta Radiologica Diagnosis 21: 465-468, 1980
- 8)小林大樹著、寺島茂編、末光浩太郎監修：エコーでできる評価と管理 パスキュラーアクセス超音波50症例：中山書店, 2019
- 9)小林大樹：エコーを用いたVAの機能・形態評価:腎と透析76(2) : p.171-175
- 10)社団法人日本透析医学会：慢性血液透析用パスキュラーアクセスの作製および修復に関するガイドライン:透析会誌44 : 855-937, 2011

販売名称：汎用超音波画像診断装置 Venue Fit
医療機器認証番号：303ACBZX00010000
<医療機器認証/承認番号>
L4-20t-RSプローブ：302ABBZX00080000
C1-5-Dプローブ：220ABBZX00205000
※C1-5-RSプローブは販売名C1-5-Dプローブの類型です。

製造販売 GEヘルスケア・ジャパン株式会社

使用者の経験に基づく内容を含みます。
GEヘルスケア・ジャパンが仕様値として保証するものではありません。

記載内容は、お断りなく変更する場合がありますのでご了承ください。
カタログの写真や色は印刷により若干異なる場合が有ります。
©2024 GE HealthCare. GE is a trademark of General Electric Company used under trademark license.