

## II

## VA エコーの基礎

1. 透析室で使用するために必要な  
超音波検査機器の機能

超音波機器は、大型のハイエンド機器からきわめて小さなハンディータイプまで様々な種類がある。透析室では、フレキシブルに稼働できる超音波機器が求められるが、単にコンパクトな機器がどんな時でも最適とはいえない。また、超音波機器の画像設定や計測手技のプリセットを組むことで、“パッとプローブを当ててすぐに判断できる”ように調整しておくことが大切である。超音波機器やプローブの種類における最適な選定方法や画像設定などについて述べる。

## 1 超音波機器の種類と用途 (図1)

透析室では、大型のハイエンド機器よりも、小さいが高性能な汎用機器や、持ち運び可能な機器が望まれる。透析室での使用に適する機器の特徴は以下のとおりである。

## 1) 汎用機器

最も用途が広い機器である。最新の機器は筐体が小さくなったので、移動して使用するのにも適

する。

- ・詳細な観察が可能で、高度な計測のほとんどのに対応できる。

- ・電源を切らずに移動可能な機種も存在する。

## 2) ノートブック型の小型機器

- ・移動して使用するのに向いている。

- ・ほとんどの機種でバッテリー駆動が可能である。

- ・汎用機器に近い水準の検査が可能である。操作性は汎用機器に比べやや劣る。

- ・アクセスルートのエコーガイド下穿刺にも用いられ、透析室での用途は広い。

## 3) ハンディータイプの小型機器

- ・バッテリー駆動が基本であり、手持ちで移動して使用する。

- ・パルスドプラが搭載されていない機器が多く、その場合、流量計測などは行えない。

- ・アクセスルート確保のエコーガイド下穿刺に用いられる。



図1 透析室で使用する代表的な超音波機器



リニア型プローブ  
中心周波数9MHz前後



高周波リニア型プローブ  
中心周波数12~15MHz前後



マイクロコンベックス型プローブ  
中心周波数7MHz前後



セクタ型プローブ  
中心周波数5MHz前後

図2 透析室で使用するプローブの種類

黒枠内のリニア型プローブが特に透析室で使用される。マイクロコンベックス型やセクタ型プローブは必須ではなく、用途は限られるが深部の描出などに優れるので、使用すると観察範囲は広がる。

## 2 透析室で使用するプローブの種類と用途 (図2)

透析室の超音波機器では、中心周波数 9 MHz 前後のリニア型プローブが最低限必要であり、その他にも、高周波のリニア型プローブなどがあれば詳細な観察にも対応可能である。以下に主なプローブの特徴を述べる。

### 1) 中心周波数 9 MHz 前後の高周波リニア型プローブ

- ・至適観察深度は 0.5 ~ 4 cm 程度である。
- ・上腕動脈などの流量計測から橈側皮静脈など表在静脈まで、幅広く使用できる。

### 2) 中心周波数 12 ~ 15 MHz 前後の高周波リニア型プローブ

- ・至適観察深度は 0.3 ~ 2 cm 程度である。
- ・特に深度 1 cm 未満の浅い位置に存在する病態を観察するのに最適であり、橈側皮静脈など、特に静脈側の VA を観察するのに優れる。

### 3) その他のプローブ

中心周波数 5 MHz 前後のセクタ型プローブやコンベックス型プローブは周波数が低いため、解像度は高周波プローブに比べ劣る。透析室での用

途は少ないが、深部減衰が少ないため、鎖骨下〜腕頭静脈など深部の観察に適する。また、中心周波数 7 MHz 前後の高周波マイクロコンベックス型プローブは、解像度が高く接地面が小さいので、VA における様々な部位の観察が可能である。

## 3 透析室に必要な超音波の主な機能

透析室で用いる機器では、迅速に適切な調整が行えて、瞬時に VA の状態を判別する機能が要求される。加えて、複数の患者に対して超音波観察を行う必要があり、プラスアルファの利便性も必要となる。

### ワンポイントアドバイス

#### 近接部位でのウォーターバグの使用 (図3)

高周波リニア型プローブは、皮静脈などの浅い部位を観察するのに適しているが、瘤形成など、皮膚から突出した病変の観察や、浅い観察目的部位にフォーカス（焦点）を合わせることが難しい場合がある。この場合、プローブに取りつけるウォーターバグがあれば、接地面を柔らかくでき、かつプローブ面から観察部位までの距離を離すことができるので、フォーカスを観察目的部位に合わせられる。ウォーターバグが使用可能なプローブであれば、場合によって使用するとよい。

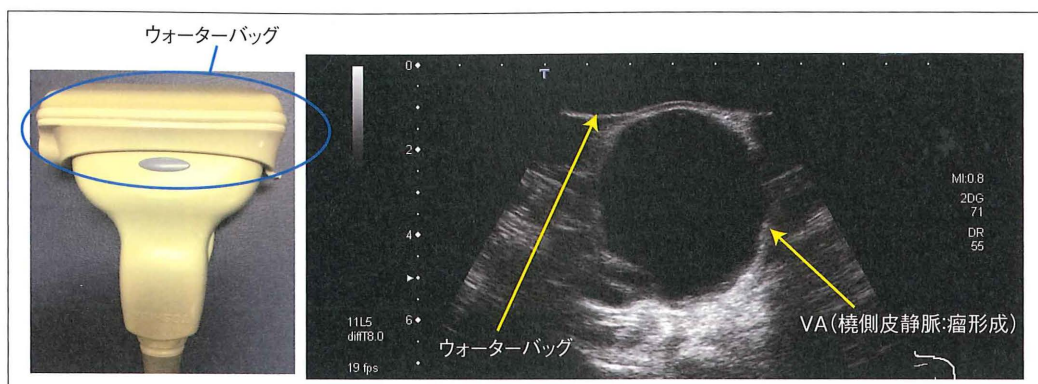


図3 ウォーターバッグと使用例（橈骨動脈- 橈側皮静脈の内シャントにおける瘤形成症例）

描出部までの距離を離すことで、観察部にフォーカスを合わせられる。また、圧迫を防げるので、皮膚から突出するようなVAの観察などに使用するとよい。

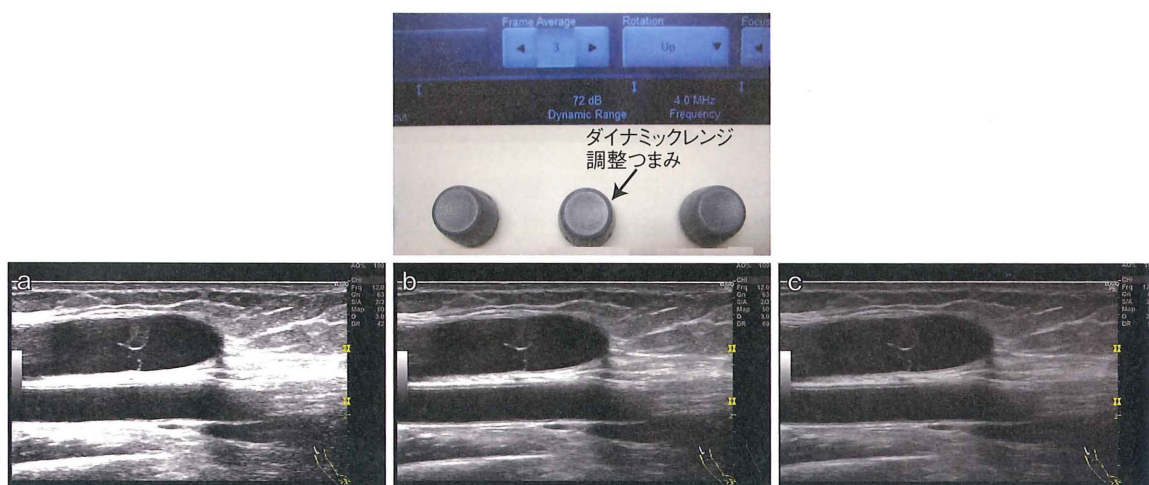


図4 ダイナミックレンジの調整例

- a: ダイナミックレンジ小、血管壁の層構造が白くつぶれている。微細な濃淡が不明。
- b: ダイナミックレンジ最適、血管壁層構造が明瞭、微細な濃淡も識別可能。
- c: ダイナミックレンジ大、血管壁層構造が不明瞭、静脈弁構造不明瞭。

## 1) Bモード断層像の調整に必要な設定項目

初期設定から最適なゲイン調整を行っておくと、プローブを観察部位に当ててすぐに最適な画像が得られる。ダイナミックレンジは初期設定の段階である程度最適になるようにしておくが、症例ごとに得られる画像の性質が変わるので、1段階程度の調整はその都度行う（図4）。フォーカスは、観察部位に必ず合わせるように調整する習慣をつけておく。

## ワンポイントアドバイス

### 穿刺針画像の明瞭化や構造物の連続性を向上する機能

最近では、超音波ビームの入射角を調整することで、血管に刺入した針を明瞭に連続性を保ちながら描出する機能を有する機器もある。また、コンパウンドスキャンや、組織信号を強調しコントラスト分解能を高める機能を使用すると、血管壁の連続性や血管内の構造物が認識しやすくなる（図5）。

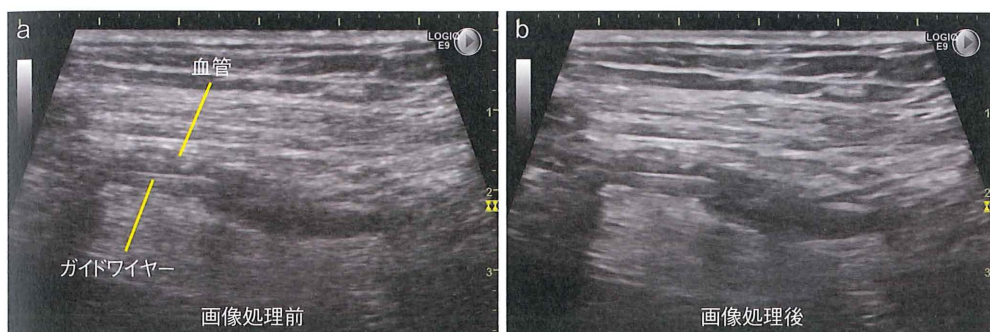


図5 コンパウンドスキャンなどの画像処理を使用した例

エコーガイド下における血管内治療時のガイドワイヤー描出時のもので、bがコンパウンドスキャンと組織信号を強調する画像処理を使用した像、aは画像処理前の像である。bの方がガイドワイヤーや血管壁の連続性が明瞭であることがわかる。

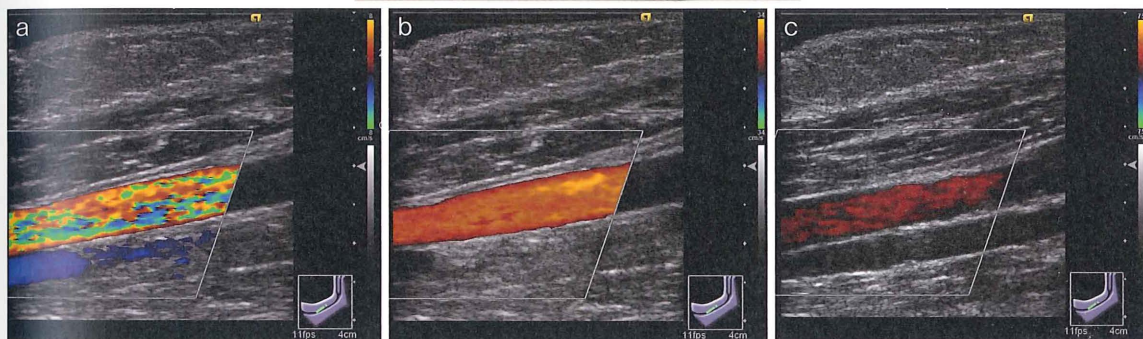
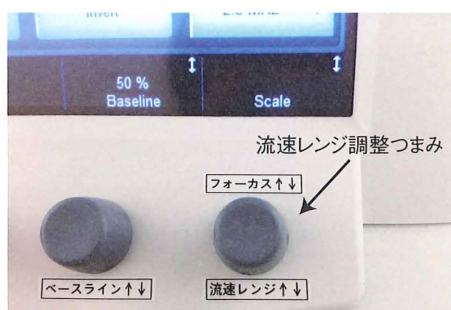


図6 流速レンジの調整例

- a: 流速レンジ小、折り返し現象により、血流方向がわかりづらい。
- b: 流速レンジ最適、すべて同一方向の色表示になっており、層流の性質である中心部付近の流速がより速い血流表示（明るい色）になっている。
- c: 流速レンジ大、すべて同一方向の血流表示だが、血管内の血流シグナル表示がところどころ欠損している。

## 2) カラー Doppler の調整に必要な設定項目

VA は、特に動静脈吻合部や狭窄部で血流速が速いためノイズが生じやすく、観察部位によってカラーゲインを調整する。また、カラー Doppler の流速レンジも同様に観察部位の血流速に合わせ、血管内腔の全体が同方向の色表示になり、かつ中

心部がやや速い速度表示（明るい色）になるように調整する（図6）。

## 3) パルス Doppler の調整に必要な設定項目

流量測定などで主に使用されるパルス Doppler では、流速レンジの調整や角度補正（Doppler 角度

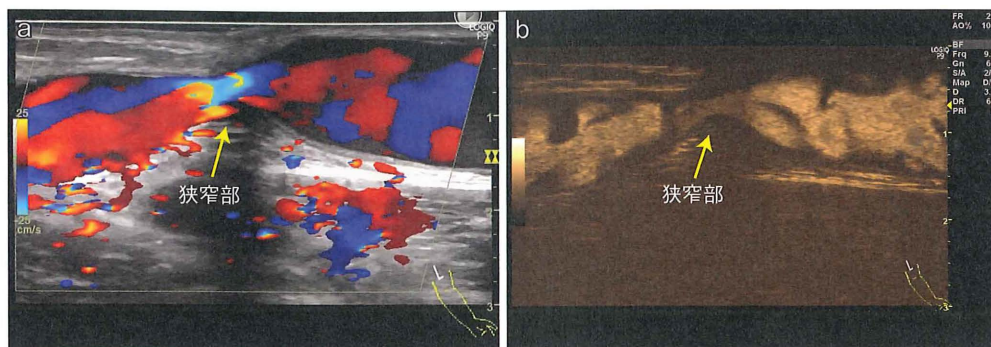


図7 血流表示法の違いによる狭窄部位の像

a: 通常のカラードプラ表示. 狭窄部はブルーミングによりカラー表示が血管外にはみ出しており, ノイズも多い.

b: ブルーミングの少ない血流表示例 (GE healthcare B-flow). 血管外に血流表示のはみ出しがなく, 狭い内腔の状態が明瞭になっている.

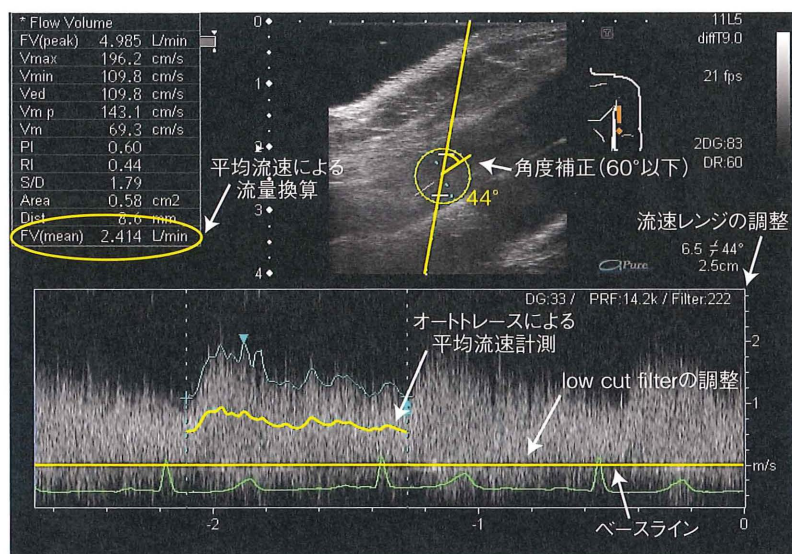


図8 パルスドプラの調整例

サンプルボリュームや角度補正を調整しドプラ波形を得る. その後, ドプラ波形側の流速レンジ, ベースラインなどを調整し, 折り返しのない順行性の波形を描出させる. オートトレースでは平均流速が算出されるが, その後, 血管内腔径を計測すると血管断面積が算出され 1 分間の平均流量が算出される. ローカットフィルタが適切でない (ベースライン近くのドプラ信号欠損や増強) と平均流速値が不正確となる.

### ワンポイントアドバイス

#### 最近の血流表示設定 (図7)

各メーカーで名称は異なるが, 最近, ブルーミング (血流シグナルの血管外へみ出し) が少ない表示方法を有する機器が存在する. 設定次第では狭窄所見などがより明瞭になる表示法であるので, ぜひ活用いただきたい.

と血管のなす角度を  $60^\circ$  以下とする) を行う必要があり, これらを調整する必要がある (図8). 詳しい調整法は別項を参照いただきたい. オートトレース機能は, 流量計測に必要な平均流速を算出するために必須の機能なので, オートトレース機能の有無と平均流速算出による流量計測の設定は必ず確認しておく.

自動画像調整キー

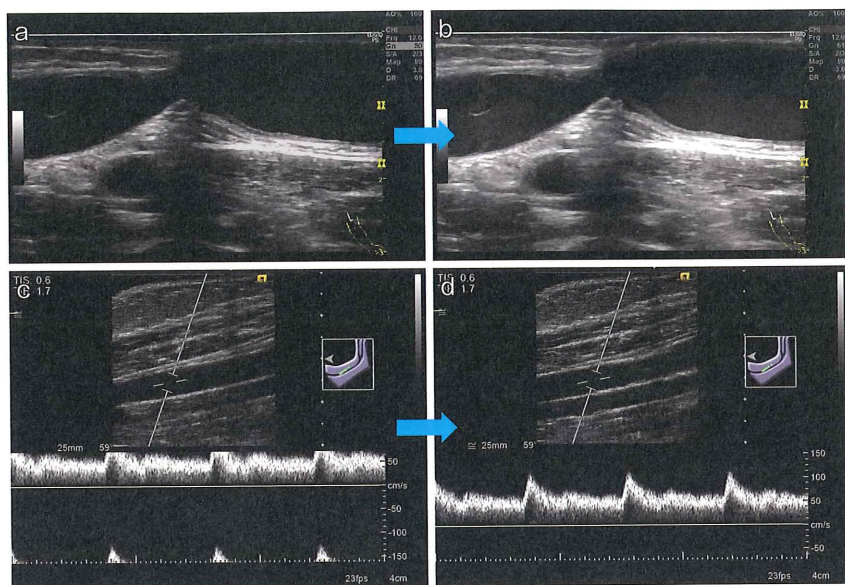


図9 自動画像調整機能

自動画像調整キーを押すことで、断層像やドプラ波形が最適になるように調整が可能となっている。

a, b: Bモード断層像における自動画像調整例 (a: 調整前, b: 調整後)。調整後、暗い画像がやや明るくなり、画像全体が明瞭化し改善された。

c, d: パルスドプラにおける自動画像調整例 (c: 調整前, d: 調整後)。調整後、パルスドプラの波形において、流速レンジとベースライン位置が調整され、折り返しがなくバランスのよい波形表示に改善された。

### ワンポイントアドバイス

#### 自動画像調整機能 (図9)

最近の超音波機器は、自動画像調整機能がついているものが多い。以前はこの自動画像調整機能はBモード断層像の調整に限られていたが、最近ではパルスドプラ波形など、多岐にわたる機能の調整が可能である。特にパルスドプラでは調整が煩雑な場合が多いため、自動画像調整機能を積極的に用いることで、より簡便にVAの評価を行うことが可能となっている。

### まとめ

透析室に必要な超音波機器の機能について述べた。小型かつ高解像度で調整が簡便な機器が最良であることには違いないが、綿密な初期設定の調整や利便性をさらに高める機能の活用、リアルタイムの画質調整によって、超音波によるVA評価はより精度の高いものになる。

(八鍬恒芳)