

III

機能評価と形態評価

1. シヤント機能評価

透析中の機能評価

近年、透析中に行うバスキュラーアクセス超音波検査 (VA エコー) の有用性が示され始めた。従来と比べて小型エコー装置の性能があがり、手技や基準値が具体化¹⁾したことに加え、リアルタイムに VA 動態を観察でき、効率的に管理運用できるという優れた一面を有することが要因といえる。本項では、透析中に行う VA エコーのうち、血流量 (flow volume : FV) と血管抵抗指数 (resistance index : RI) を表す血流機能評価に焦点を当てて解説する。

1 透析中のシャント機能評価の信頼性

まず、透析中（脱血中）に血流機能評価を行った際の測定値の信頼性について図 1 に示す。FV は脱血時でも非脱血時でもきわめて有意な正相関を示し、RI においてもおおよそ同様の結果となる。このことから、血流機能は透析中でも非透析時と遜色ない結果が得られることがわかる²⁾。ま

た、透析中に血流機能評価を行うタイミングは、透析開始時や終了時ではなく透析中盤が推奨される。FV は、透析前・後ではそれぞれに体重増加と血圧低下の影響を受けて測定値の再現性が下がるからである^{3, 4)}。特に、高度の血管荒廃を有する症例では、透析後に顕著な FV 低下をきたすおそれがあり注意が必要である⁴⁾。

2 透析中に行う血流機能評価の利点・欠点と注意点

表 1 に、透析中に行う血流機能評価の利点と欠点を示し、それについての解説を記す。また、血流機能評価を行ううえでの注意点と透析中に行う VA 管理の運用例について解説する。

1) 利点

①時間の節約

通常であれば、患者は透析前か透析後、もしく

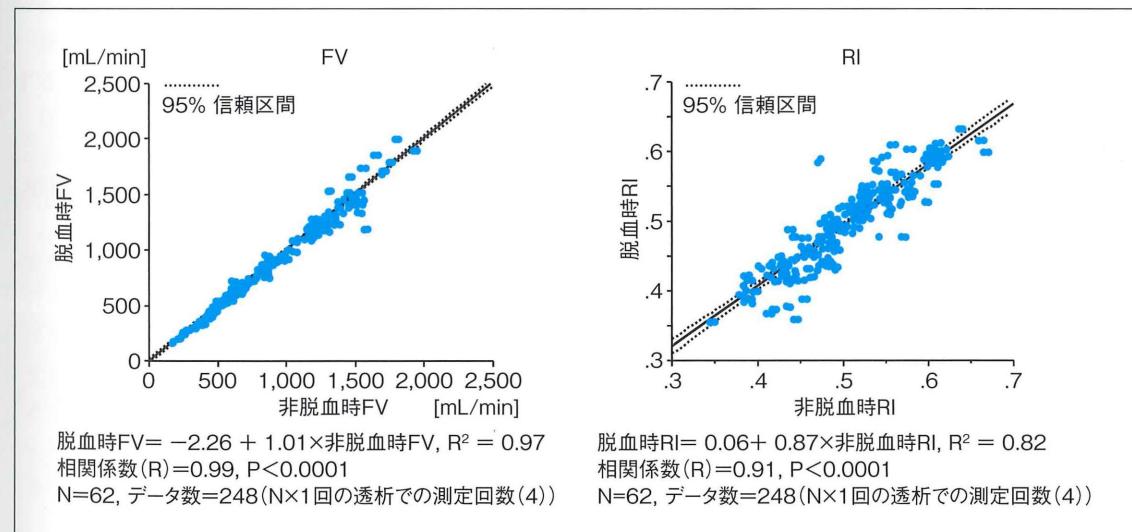


図 1 脱血時と非脱血時における血流機能評価値の相関関係

表1 透析中に行う血流機能評価の利点・欠点

<利点>

- ①時間の有効活用ができる（検査室へ行き来する必要がない）
- ②実際の脱血状態や身体所見、透析条件とあわせて評価することができる
- ③穿刺針の位置を把握したうえで検査することができる
- ④透析室内での迅速な情報共有ができる

<欠点>

- ①刺入部が近い場合、感染と抜針への配慮が必要
- ②透析装置とエコー装置の両方を理解していないと安全な状態で検査することができない
- ③コンパクト型のエコー装置が必要
- ④脱血部位が責任病変（狭窄部）よりも吻合部側に位置する場合、血流機能を過大評価する可能性がある

は非透析日に検査を受けに来院するか検査室まで移動する必要があるが、透析中に検査ができればその必要はない。

②透析の条件と関連づけが可能

実際の脱血状態や身体所見、透析条件や穿刺針の位置などの活きた情報をあわせて評価できる。どの程度の血圧でどれだけの血流量を脱血できるのか、またその際に使用している穿刺針の太さや針先の状態、静脈圧などの様々な要素を加味できるため、正確かつ合理的な結果の解釈が得られる。

③情報共有

VAを日々管理している医療スタッフ間での情報共有が迅速化する。血流機能評価は、VAの血流動態を客観的に反映できる指標である。したがって、迅速な情報伝達がトラブルの早期発見や早期治療につながると考えられる。

2) 欠点と注意点

①感染と抜針への配慮

感染については、プローブを当てる上腕動脈部に近い肘や上腕の内シャントで特に配慮が必要である。誤って穿刺針刺入部に不潔なエコーヤギーが触れないようにしなければならない。抜針については、針先のテープ固定と血液回路の取り扱いに注意を払うのはもちろんのこと、自施設の検査マニュアルにもそれぞれの取り扱い方法を明記すべきである。

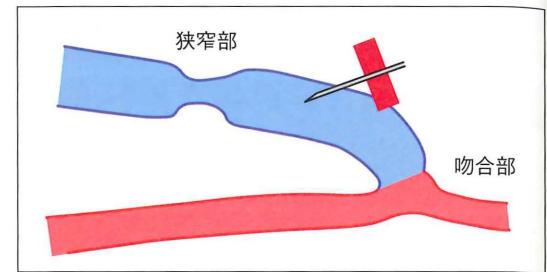


図2 透析中に行う血流機能評価の測定結果に影響を及ぼす穿刺位置

脱血部位が狭窄部よりも吻合部側の場合、血流機能測定値に誤差が生じる。

②透析装置への理解の必要性

透析中の検査では、検査者がエコー装置だけでなく透析装置の操作法についても理解する必要がある。透析装置に対する知識のない検査者が、透析中に患者のVAに触れるべきではない。小さなトラブルが大事故につながる可能性があり危険である。

③装置の移動

据置型のエコー装置では、透析ベッド間のスムーズな移動が難しく検査しにくい。

3 透析中の血流機能評価の手順

透析中に行う血流機能評価の手順を以下に記す。

①前回エコー所見および依頼内容の確認

ワンポイントアドバイス

血液ポンプを回したままでは測定値に誤差が生じる場合

脱血穿刺部位が責任病変（狭窄部）よりも吻合部寄りに位置し（図2）、血流が狭窄部に至る手前で血液ポンプにより引き抜かれる場合は、結果の解釈に注意を要する。この場合、血流機能の測定値は通常よりも過大評価されてしまう。そのような事例では、血流波形の描出にあわせて血液ポンプを一時停止して測定するなどの工夫が必要である。

②身体所見の取得

血圧、脈拍、体温などのバイタル情報を確認。

③透析装置からの情報の取得

血流量、静脈圧、脱血状態、除水積算値などを確認。

④穿刺位置と理学所見の取得

身体所見と透析装置からの情報とをあわせて、総合的にVA状態の良し悪しを観察し、この時点で診断結果を推測しておくことが望ましい。

⑤エコー装置のベッドサイドへの搬入

⑥患者血液回路とテープ固定位置の移動

上腕動脈近辺にプローブが入るスペースを設ける。テープ固定位置を変更する際には、血液回路を患者の掌に回して握らせておくことで安全性が増す。

⑦上腕動脈高位分岐の有無を確認

⑧Bモードでの上腕動脈正中断面（長軸像）の描出

測定位置は、肘よりプローブ1個分ほど中枢側で統一するといい。

⑨パルスドプラスイッチを入れる

⑩超音波入射角度の調節

入射角度は必ず 60° 以内とする。

⑪サンプルボリュームの調節

サンプルボリュームは血管径 $2/3$ 以上の幅をもたせる。

⑫流速レンジの調節

表示される枠内に波形全体を入れるように調整する。

⑬フリーズして血流波形をトレース

時間平均血流速度（time average velocity: TAV）を採用する。

⑭上腕動脈血管径計測

拡張期の血管内膜間距離を正確に計る。

⑮FV, RIの数値確認

前回値、基準値と照らし合わせて評価する。また、④で予測した結果に即しているかを確認する。

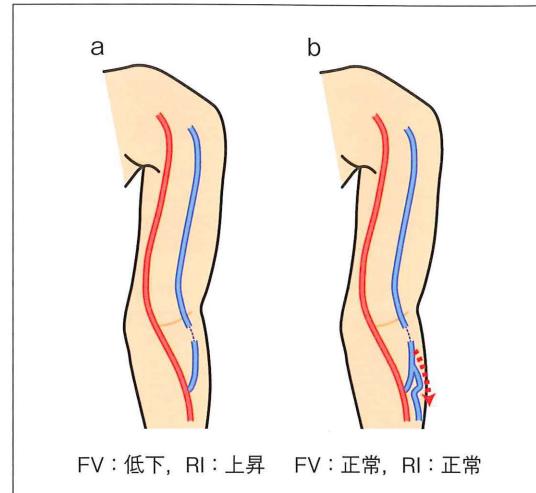


図3 血流機能評価の問題点

同じ責任病変があったとしても、bのように血流の逃げ道がある場合、FV, RIの値は悪くならない。血管分枝の違いによって値も変化することを理解しておく必要がある。

4 血流機能評価を行ううえでの注意点

①上腕動脈中央断面の描出

不整脈が出現している場合や、上腕動脈の蛇行が強くBモードで長軸中央断面の描出が難しい場合は、安定した血流波形を3回程度計測して平均値を採用する（上腕動脈血管径は長軸像描出前に短軸像にて最大径を確認しておくといい）。

②血圧

血圧が不安定な場合は測定値に影響を及ぼすため、安定するまでは測定を見合わせる。

③穿刺位置

上腕付近に造設されたVAで、穿刺位置との兼ね合いで上腕動脈上にプローブを当てることが困難な場合は、無理に測定を行わず非透析時に行う。

④予測結果との不一致

理学所見で予測した結果と合致しない場合は、血流機能を再度計測し直し、形態評価とあわせて判別する。

⑤測定値の解釈

図3に示したように、同じような責任病変があったとしても、静脈血管の分布の違いによって血流機能評価の値は正常に出る場合があることを

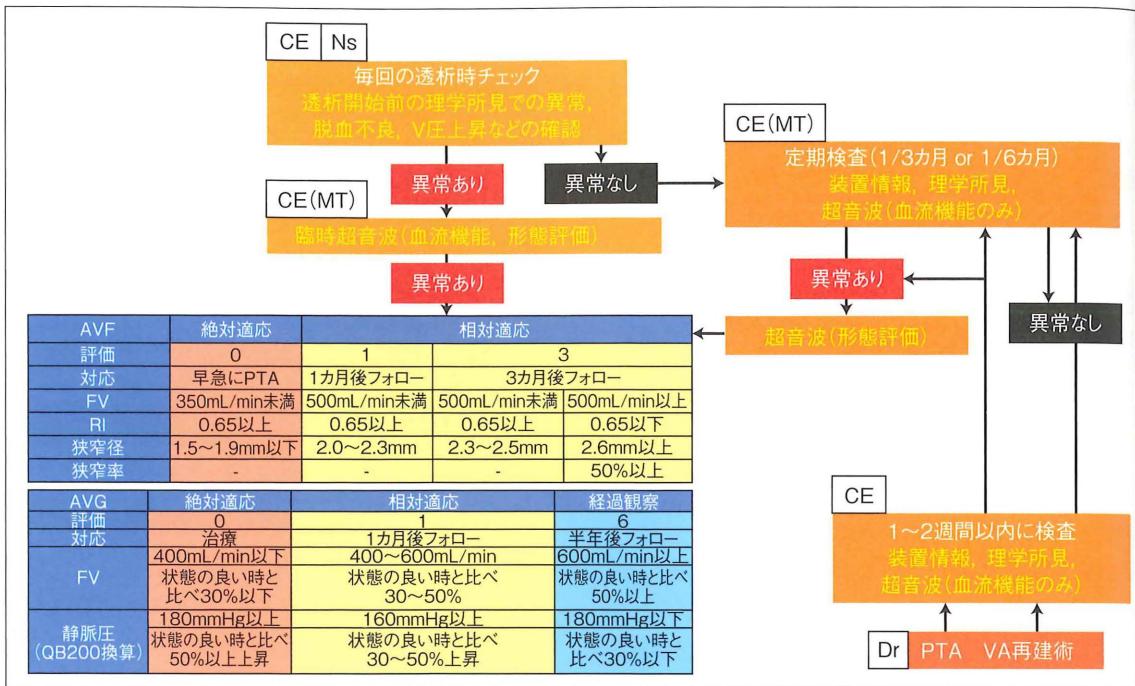


図4 VA管理の運用フロー（例）

CE：臨床工学技士，Ns：看護師，MT：臨床検査技師，Dr：主治医。

理解しておく。

⑥石灰化

上腕動脈に強い石灰化があり十分な血流波形が得られない場合は、カラードプラをオンにして、パルスインジケータをカラーののる位置に合わせて測定すると評価しやすい。

⑦アーチファクト

アーチファクトによる虚像を理解し、ゲイン（明るさ）、STC（感度）、ダイナミックレンジ（コントラスト）の調整を行う。

⑧エコー装置の設定

画面上の動作は、Bモードとパルスドプラモードが同期して動く方が操作しやすいが、その分感度が低下することを知っておく（施設の技術レベルに応じた設定を選択する）。

5 透析中に行うVA管理の運用（例）

1) VA管理運用フロー

図4に、VAエコーを中心とした当院のVA管

理運用フローを示す。当院でのVA管理の柱は、理学所見と装置および身体情報、そしてVAエコーである。毎回の透析時に理学所見と装置および身体情報をチェックし、緊急的な異常があればVAエコーを実施する。また、必要であれば治療を行う。それ以外は、定期検査ごとに定めた時期にVAエコーを実施し、変化の程度を観察して治療介入の有無を決定する。また、治療後は必ず1~2週間以内にVAエコーを行い、治療の成否とその後の定期フォローサイクルを決定する。

2) 治療介入

治療介入時期に関しては、最終的には主治医の判断となるが、おおよその目安は図4左下に示したとおりである。AVGに関しては、静脈圧の変動を観察することが日本透析医学会のガイドライン⁵⁾で推奨されているため、それに準拠するかたちで血流機能所見とあわせて基準を策定している。

6 VA管理における血流機能評価の位置づけ

血流機能評価は、VAの血流动態を数値化できる有用な指標であるものの、決してそれ単独で病態を評価すべきではない。前述のとおり、責任病変の部位と血管の分布状況によっては測定値が信頼できない場合もある。また、機械側、検査者側および患者側の各々に対して多くの誤差要因をもつ指標でもある。それらを十分に理解したうえで、必ず理学所見やエコーでの形態評価、およびその他複数の管理指標とあわせて評価すべきである。

血流機能評価は、VAの状態を確定診断できるものではなく、あくまでも予測するための一手段というのが正しい位置づけである。その点を十分に理解したうえで、VA管理の一助として積極的に活用していただきたい。

参考文献

- 1) 春口洋昭：日常管理における超音波検査 総論、バスキュラーアクセス超音波テキスト、97～126、医歯薬出版、2011。
- 2) 人見泰正、林 道代、衣川由美、中川隼斗、笠原知里、廣田英二、鳥山清二郎、高村俊哉、佐藤 暉、藤堂 敦、水野（松本）由子：超音波検査による内シャント血流機能評価は「透析中」でも実施可能か、透析会誌、46(4)：427～434、2013。
- 3) 人見泰正、藤堂 敦、染矢法行、西村昌美、片畠満美子、玉井良尚、有山洋二、今田聰雄、尾上篤志：超音波パルスドプラ法による内シャント血流量測定の適正時間帯、大阪透析研究会会誌、24 (1) : 33～37, 2006。
- 4) 人見泰正、林 道代、衣川由美、中川隼斗、笠原知里、廣田英二、鳥山清二郎、高村俊哉、佐藤 暉、藤堂 敦、西垣孝行、水野（松本）由子：「透析中」における内シャント血流量と実血流量の変動要因に関する研究、透析会誌、45 (9) : 863～871, 2012。
- 5) 2011年版 社団法人 日本透析医学会：慢性血液透析用バ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 (9) : 855～937, 2011。

(人見泰正)