

I

バスキュラーアクセスの基礎

2.VA のモニタリングとサーベイランス

サーベイランス（エコー以外）

① VA機能のモニタリング・サーベイランスとは

VAの狭窄が進行するとアクセス流量は低下し、透析効率の低下やVA閉塞をきたすリスクが高くなる。このため、VA狭窄を早期に発見し、適切な時期にVAIVTなどの外科的処置にて修復することが重要となる。

日本透析医学会(JSDT)による2011年度版「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」では、VA機能のモニタリングをVA機能不全を検出するために理学所見の評価を行うことと定義し、具体的なモニタリング方法として、シャントスリル、シャント雑音、シャント静脈全体の触診、ピロー状態評価、止血時間の延長、シャント肢の腫脹などの理学所見をあげている¹⁾。

これに対してVA機能のサーベイランスとは、定期的に特定の検査法でVA機能を評価することで、検査結果が異常であればVAの機能不全が疑われるような検査と定義されており、その検査として、透析治療中に測定される実血流量や再循環、非透析日にも評価することができる超音波検査などがあげられる。このうち超音波検査は、VA血管内腔や血管壁などの形態学的検査とアクセス流量やresistance index（抵抗係数）などの血行動態の評価を同時に行うことができるため、その意義は高い。しかし、超音波検査は、専用装置や熟練した検査者の確保が必要となるため、多くの患者を対象としたスクリーニング検査として実施するには限界がある。そこで、VAの日常管理として、聴診や視診、触診などのモニタリングと、種々の測定装置を用いたサーベイランスを、各施設の実情にあわせて組み合わせて実施することが推奨されている¹⁾。

理学所見ならびに超音波検査については別項で解説されているため、本項ではそれ以外のVA機能のサーベイランス指標として、実血流量、再循環、透析量の質的管理法であるクリアランスギャップについて解説したうえで、当院におけるVAIVT施行前後におけるモニタリング・サーベイランス指標の推移と考え方を紹介する。

② VA機能に関するサーベイランス指標

1) 実血流量

実血流量とは、実際にダイアライザーに流れ込む血流量を意味する。血液ポンプの吐出量を正しく調整すれば、理論上、設定血流量と実血流量は一致する。しかし、穿刺部からスムーズに脱血ができなければ、ローラーポンプの直前に陰圧が生じ、ポンプチューブが虚脱することで実血流量の低下が生じる。実血流量の低下は、透析効率の低下を引き起こすため重要な問題である。

実血流量の低下を監視する簡便な方法として、透析血液回路の血液ポンプより上流に設置されているピローの評価があげられる。血液ポンプの入り口側に発生した陰圧により、ピローの虚脱による実血流量の低下を監視する。しかし、実血流量が大きく低下しなければ明らかなピローの虚脱を確認できないため、早期に実血流量の低下を判断できないことを念頭において利用すべきである。これに対して、最近ではダイアライザー入口圧振幅法や超音波トランジットタイム法を用いた実血流量の評価が行われ、実血流量の低下を早期に検出することが可能となっている。

2) 再循環

再循環とは、ダイアライザーにより浄化された血液の一部が患者に戻ることなく再び脱血側回路

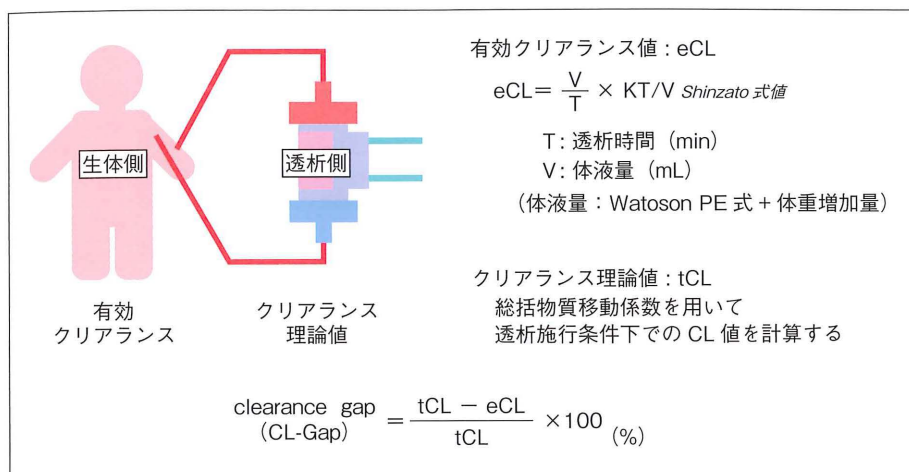


図1 透析量の質的管理法：CL-Gap

に引き込まれ、透析効率の低下をきたす現象である。さらに、再循環をきたした状態で透析終了後の採血を行うと血中の尿素濃度は低値を示し、再循環に伴う透析効率の低下を見落とす危険性がある。再循環の発生頻度とアクセス血管の走行、穿刺部位との関係を検討した報告では、同一血管上に穿刺する際に最も再循環が生じやすいとしている³⁾。

我々は、穿刺間隔を 17cm 離れたにもかかわらず再循環をきたした症例を経験しており、穿刺位置や穿刺間距離を考慮すれば再循環を完全に予防できるといった考えは成り立たず、VA 機能不全が生じると穿刺部位に注意しても再循環が発生しうること念頭におくべきである。

VA 再循環の評価として、以前は BUN 3 点法が行われていたが、手技の煩雑性や透析治療中に VA 再循環の有無を確認することができなかったため、現在は CLIT-LINE モニタ、透析量モニタ HD02、Blood Volume 計による再循環測定が行われており、再循環の結果を治療中に確認することができるようになっている。

3) 透析量の質的管理法：クリアランスギャップ

日本透析医学会の血液透析処方ガイドラインでは、小分子領域の尿素素である尿素の除去指標として、標準透析量 Kt/V を用いるべきと報告している⁵⁾。しかし、患者の体格と治療条件から推定

される処方 Kt/V に対して、透析前後の BUN 濃度から計算される実測 Kt/V が低くなることがある。このような処方 Kt/V と実測 Kt/V の乖離の原因として、実血流量の低下や再循環があげられる。これら透析効率低下要因を検出する手法として、我々は透析前後の定期採血から算出することができる透析量の質的管理法：クリアランスギャップ (CL-Gap) を開発し、その有用性を報告している^{6, 7)}。

CL-Gap は、透析前後の BUN 濃度から計算された実測 Kt/V に体液量と透析時間を代入することで得られる有効クリアランス値 (effective CL: eCL) と、BUN の総括物質移動係数を用いたダイアライザー側のクリアランス理論値 (theoretical CL: tCL) を比較することで算出できる(図1)。安定した透析治療が行われていれば、tCL と eCL はほぼ一致し、CL-Gap 値はほぼゼロになるが、脱血不良や再循環が発生すると eCL が低下し、CL-Gap 値は上昇することが予想される。CL-Gap は透析前後の BUN 濃度より算出可能であるため、定期採血時にスクリーニングとして多くの患者に同時かつ経時的に評価することが可能である。しかし、eCL 算出の際に用いられる体液量は、身長、体重、年齢、性別から推定しているため、推定による誤差が問題となる。このため、CL-Gap は絶対値だけで評価するには限界があり、個人内の相対的变化に注目することが望

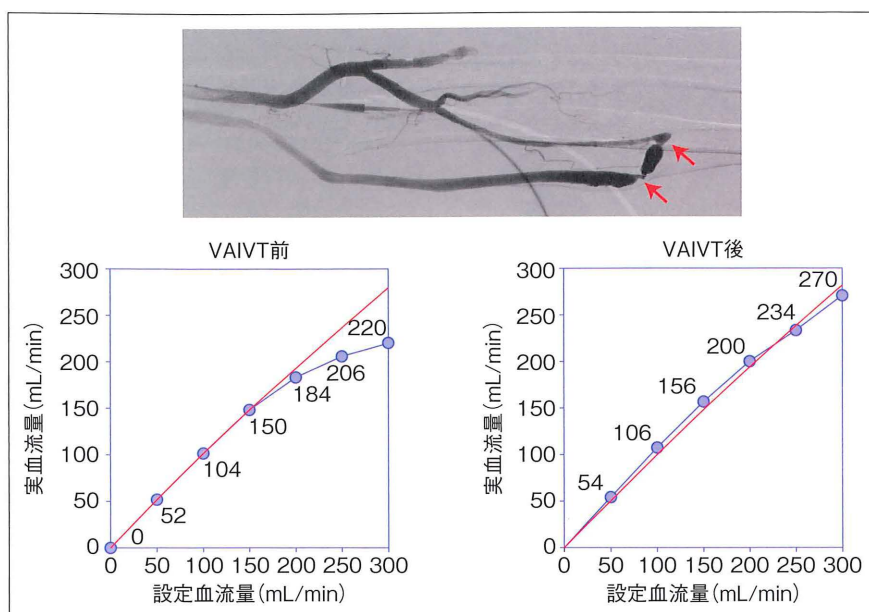


図2 VAIIT 前後の脱血特性の変化 (AVF)

AVF 症例では、VAIT 前の脱血特性（設定血流量に対する実血流量）は設定血流量が 200mL/min 以上で穿刺針の脱血特性推定値より小さくなっている。これに対して VAIIT 後には脱血特性は改善し、穿刺針の脱血特性推定値とほぼ等しいことがわかる。

ましい。我々は、月 2 回の定期採血結果より CL-Gap を算出・モニタリングし、CL-Gap が絶対値 10% 以上、もしくは相対的变化として +5% 以上上昇した際に VA 機能低下を疑い、実血流量や再循環の評価を行っている。

③ VAIIT 施行前後におけるモニタリング・サーベイランス指標の実際

VA 血管内の乱流や頻回の穿刺により、VA 血管の狭窄や血管壁の肥厚など、形態学的異常が発生する。このような形態学的異常が進行すると、VA 血流量の低下や血管内圧の上昇など、VA 血管内の血行動態的異常が生じる。さらに、血行動態的異常が進行すると、再循環や実血流量の低下などをきたし、実測 Kt/V の低下や CL-Gap の上昇をきたす。このため、CL-Gap はアクセス流量の低下に伴い発生する実血流量の低下や再循環などの透析効率低下因子を、透析治療中に監視できることを意味している。また、CL-Gap は特殊な装置を必要とせず、かつ定量的な指標として経時

的に評価できるため、多くの患者を対象としたスクリーニングとしてその役割は大きい。

しかし、その一方、VAIT 前後で CL-Gap が反応する症例と反応しない症例に分かれることが指摘されている。この原因として、穿刺部位と狭窄部位の位置関係の問題と、処方血流量が少ない場合にはアクセス流量の低下による影響が少ない問題が考えられる。そこで我々は、アクセス流量の低下が実血流量にどのような影響を及ぼすか検討することを目的に、設定血流量を 0～300mL/min の範囲で得られた脱血特性と透析穿刺針の脱血特性推定値の比較を行った。なお、穿刺針の脱血特性推定式は、事前にウシ血液実験にてあらかじめ求めておいた。

まず、AVF の吻合部狭窄に対して VAIIT を施行した症例について提示する。VAIT 前では穿刺針の脱血特性推定値より大きく実際の脱血特性は低下していたのに対し、VAIT 施行後に脱血特性は改善し、穿刺針の脱血特性推定値とほぼ一致した（図 2）。この結果は、吻合部狭窄により、その下流のアクセス流量が低下したことにより、

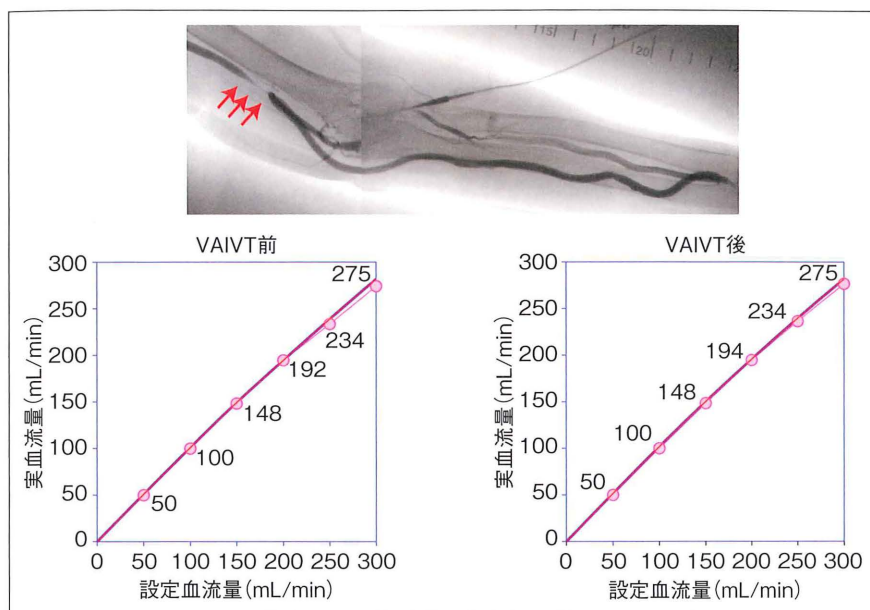


図3 VAIIT 前後の脱血特性の変化 (AVG)

AVG 症例では VAIIT 前後ともに脱血特性が穿刺針の脱血特性推定値とほぼ一致している。

設定血流量に対して実血流量は低下すること、また、その乖離点はアクセス流量の低下により、さらに低い設定血流量で生じることが予想された。

これに対して、AVG の下流側狭窄に対して VAIIT を施行した症例では、VAIIT 施行前後とも、脱血特性は穿刺針の脱血特性推定値とほぼ一致していた (図3)。この結果は、狭窄部位が脱血穿刺針よりも下流に存在する場合、アクセス流量の低下が生じていても脱血不良は生じず、再循環が生じない場合には CL-Gap の上昇も認めない。

以上のように、VA 狭窄部位により VA 血管内における血行動態的異常の発生機序に違いが生じるため、実血流量、再循環、CL-Gap などの指標により検出が可能かどうか、VA 狭窄が透析効率に悪影響を及ぼす機序を十分に理解したうえで活用する必要がある。また、処方血流量が低い場合には、実血流量、再循環、CL-Gap などの指標からアクセス流量の低下を検出することが難しく、逆に、処方血流量が高い場合には、アクセス流量の低下を鋭敏に検出できると考えられた。超音波検査がアクセス流量の低下による閉塞を予防する

ことに主眼を置いているのに対し、CL-Gap はアクセス流量の低下により生じる透析効率の影響を評価している。今後、両者の指標を用いることにより、VAIIT の適応を考えていく必要がある。

参考文献

- 1) 日本透析医学会：2011 年版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.
- 2) 阿部貴弥, 玉井定子, 戎 直志, 阿部富彌, 酒井啓伸, 森 高裕, 彦根秀樹, 打田和宏, 谷口 杲 : 内シャント形態および穿刺部位による再循環率の検討。透析会誌, **33** : 1081 ~ 1086, 2000.
- 3) 日本透析医学会：維持血液透析ガイドライン：血液透析処方。透析会誌, **46** (7) : 587 ~ 632, 2013.
- 4) 小野淳一：透析量の質的管理法「クリアランスギャップ」の基礎。クリアランスギャップの活用術 (天野泉編著)。1 ~ 17, 中外医学社, 2013.
- 5) Ono, J., Shiraga, Y., Yoshikawa, F., Haruna, Y., Sasaki, T., Mochizuki, S. : Gap: Does It Really Matter for the Evaluation of Vascular Access Function?. *Contrib. Nephrol.*, **189** : 246 ~ 251, 2017.

(小野淳一)