# Blood Volume Indexを用いた透析終了時Blood Volume値の予測について

田中太一朗[1)]，矢谷慎吾[1)]，神宮裕樹[1)]，田邊義希[1)]，今里航貴[1)]，
松永りか[1)]，磯本一喜[1)]，石田信悟[1)]，太田祐樹[2)]

1）地方独立行政法人佐世保市総合医療センター　医療技術部　臨床工学室
2）地方独立行政法人佐世保市総合医療センター　腎臓内科

## Ⅰ. 緒言

血液透析関連低血圧の要因としては，①起立性低血圧，常時低血圧，②自律神経機能障害，③栄養不良などによる低アルブミン血症，④心機能の低下，循環血漿量の減少，⑤時間当たりの過度な除水量，⑥その他（透析液の温度，貧血，透析中の食事摂取，薬剤によるアナフィラキシーショック，透析膜による first use 症候群）などが，ステートメントで報告されている[1)]．当院の血液浄化センターは周術期関連の患者が多数を占める施設であり，血液透析中の上記のような血圧低下やBlood Volume（以下 BV）の急激な低下などといったイベントが多い．それらに対する事前の対策を講じる上で，BV 計を用いた新たな指標である Blood Volume Index（以下 BVI）が有用であることが報告されている．そこで，当院で施行した血液透析患者において，BVI による予測 BV の有用性について検討を行った．

## Ⅱ. BVI について

BVI とは，岡垣腎クリニックの村山らによって考案された，透析終了時のΔ BV（循環血液量変化率）値を予測する係数であり，BVI を用いた予測 BV 値が実測 BV 値の間に強い相関関係があることが報告されている[2)-4)]．村山らが提唱する BVI の考え方とは，例えば前回透析日の情報として透析前体重が 60 kg，DW が 58.5 kg，総除水量が 1.5 kg とすると体重変化率 = 総除水量（1.5 kg）÷透析前体重（60 kg）× 100 で 2.5 % と求めるこができる．また透析終了時の BV 値が −10 % だった場合，BVI= 透析終了時の BV 値 ÷ 体重変化率と定義すると，BVI= 透析終了時の BV 値（−10 %）÷ 体重変化率（2.5 %）= −4 と求められることができる．この BVI= −4 を次回透析時の予測に使用する．一例として挙げるが，透析前体重が 62 kg，DW が 58.5 kg，総除水量が 3.5 kg とすると，体重変化率は 5.65 % となる．前回透析時のデータから算出した BVI と今回透析時の体重変化率から予測 BV 値 =BVI（−4）× 体重変化率（5.65 %）= −22.6 と求められることができる．この結果より，今回の透析では BV 値がおおよそ −22.6 % 程度まで低下するのではないかという予測が可能となる．その値の低下率を参考にすることにより，透析中に起こりうる血圧低下を予測し対策を講じることで，血圧低下を未然に防ぐことができる可能性がある．

## Ⅲ. 対象と方法

BV の測定機器に関しては，日機装社の DCG-27，DCS-100NX，DCS-200Si，DCG-03，DBB-100NX，DBB-200Si を用い測定を行った．また，BV 計の測定原理は血液回路に近赤外光を照射し，その反射光の強度を非侵襲に連続的に測定する[5)]．対象患者は，当院で 2023 年 12 月から 2024 年 6 月までに血液透析を実施した 83 名とした．（表 1） 患者データは，血液透析 1 クールを 1 件とし，同一患者の血液透析実績を含めた全 193 件のデータを解

表 1．患者背景

| | n=83 |
|---|---|
| 年齢（歳） | 71.39 ± 11.37 |
| 体重（DW）（kg） | 52.86 ± 13.97 |
| 性別（%） | 男性：57.83　女性：42.17 |
| 透析歴（か月） | 83.22 ± 105.6 |
| 原疾患（%） | 糖尿病性腎症：31.33<br>非糖尿病性腎症：68.67 |
| バスキュラーアクセス（%） | 内シャント：84.34<br>カテーテル：15.66 |

表 2．平均予測 BV と平均実測 BV に関する統計学的検討と相関関係について

| | n | 予測 BV 値 | 実測 BV 値 | $r^2$ | P 値 |
|---|---|---|---|---|---|
| 全体 | 193 | −7.231 ± 6.687 | −6.575 ± 5.075 | 0.533 | 0.280 |

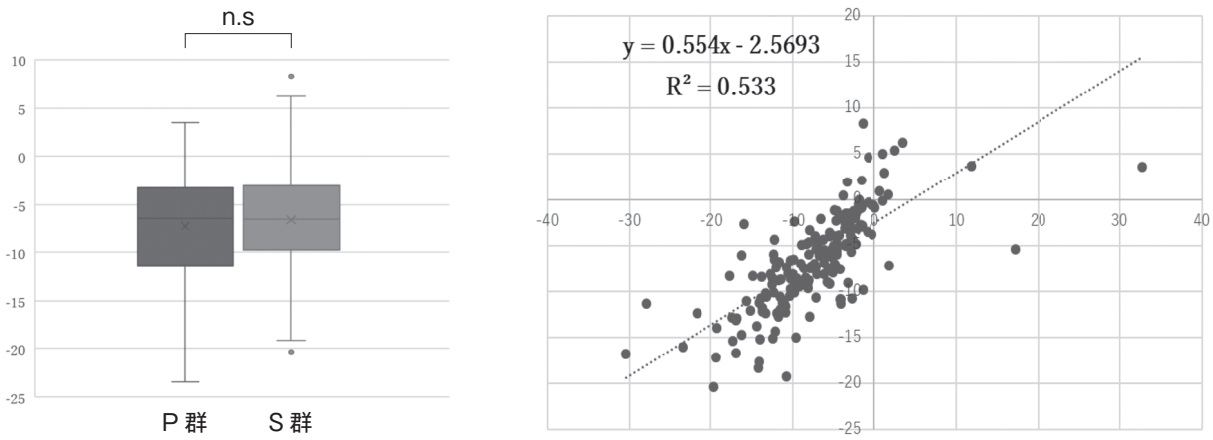


図 1．平均予測 BV と平均実測 BV に関する統計学的検討と相関関係について

析対象とした．検討方法は前回透析終了時データより算出した BVI を用いた予測 BV を P 群，BVI を算出した次透析日の実測 BV を S 群とし，相関関係を検証した．統計解析はスチューデント t 検定を用い，$P<0.05$ を有意差ありとした．また，原疾患別，透析歴別，バスキュラーアクセス別，再循環の有無でサブグループ解析を行い，同様の検証を行った．再循環については，BV 計で計測される再循環率（%）が 1 以上を再循環ありと定義した．

## Ⅳ．結果

全対象症例 193 件のデータにおける平均予測 BV（P 群）と平均実測 BV（S 群）に関する比較では，P 値が 0.280 と統計学的有意差を認めなかった．また，相関関係に関する検討では，$r^2$=0.533 と正の相関がみられた．（図 1，表 2）

サブグループ解析では，原疾患別でみると糖尿病性腎症群と非糖尿病性腎症群の両者において，BVI を用いた予測 BV と実測 BV 間で正の相関関係がみられた．（糖尿病群 $r^2$=0.551，非糖尿病群 $r^2$=0.547）．（表 3）

透析歴別では，透析歴 10 年以上と 10 年未満の両群においても BVI を用いた予測 BV と実測 BV 間で有意な正の相関関係がみられた．（透析歴 10 年以上 $r^2$=0.680，透析歴 10 年未満 $r^2$=0.513）．（表 3）

バスキュラーアクセス別では，内シャント群とカテーテル群の両群においても BVI を用いた予測 BV と実測 BV 間で有意な正の相関関係がみられた．（内シャント $r^2$=0.529，カテーテル $r^2$=0.666）．（表 3）

再循環の有無では BVI を用いた予測 BV と実測 BV 間の相関関係は，再循環なしでは正の相関がみられたが，再循環ありでは関連に乏しかった．（再循環なし：$r^2$=0.574，再循環あり：$r^2$=0.186）．（表 4）

再循環に関わるバスキュラーアクセス別で検討を行ったが，内シャント及びカテーテルの両者ともに再循環がある場合には BVI を用いた予測 BV と実測 BV の間の相関関係が減弱する結果だった（内シャント　再循環な

表 3. 平均予測 BV と平均実測 BV に関する統計学的検討と相関関係について

| | n | 予測 BV 値 | 実測 BV 値 | $r^2$ | P 値 |
|---|---|---|---|---|---|
| 原疾患（DM） | 60 | −7.653 ± 5.094 | −6.515 ± 5.094 | 0.551 | 0.226 |
| 原疾患（その他の腎症） | 133 | −7.062 ± 7.294 | −6.659 ± 5.095 | 0.547 | 0.602 |
| 透析歴 10 年以上 | 59 | −7.625 ± 5.101 | −5.956 ± 4.613 | 0.680 | 0.067 |
| 透析歴 10 年未満 | 134 | −7.079 ± 7.267 | −6.904 ± 5.233 | 0.513 | 0.822 |
| 内シャント | 176 | −7.399 ± 6.778 | −6.732 ± 4.910 | 0.529 | 0.293 |
| カテーテル | 17 | −5.658 ± 5.373 | −5.388 ± 6.378 | 0.666 | 0.898 |

表 4. 再循環なしと再循環ありに関する統計学的検討と相関関係について

| | n | 予測 BV 値 | 実測 BV 値 | $r^2$ | P 値 |
|---|---|---|---|---|---|
| 再循環なし | 169 | −6.872 ± 6.621 | −6.215 ± 4.726 | 0.574 | 0.330 |
| 再循環あり | 24 | −9.574 ± 6.604 | −9.107 ± 3.853 | 0.186 | 0.688 |

表 5. 内シャント患者での再循環なし・あり

| | n | 予測 BV 値 | 実測 BV 値 | $r^2$ | P 値 |
|---|---|---|---|---|---|
| 再循環なし | 158 | −7.015 ± 6.682 | −6.489 ± 4.957 | 0.561 | 0.428 |
| 再循環あり | 18 | −10.75 ± 6.686 | −8.866 ± 3.863 | 0.178 | 0.321 |

表 6. カテーテル患者での再循環なし・あり

| | n | 予測 BV 値 | 実測 BV 値 | $r^2$ | P 値 |
|---|---|---|---|---|---|
| 再循環なし | 11 | −5.072 ± 5.314 | −2.963 ± 6.213 | 0.908 | 0.424 |
| 再循環あり | 6 | −6.733 ± 5.314 | −9.833 ± 3.737 | 0.507 | 0.314 |

し：$r^2$=0.561，再循環あり：$r^2$=0.178，カテーテル　再循環なし：$r^2$=0.424，再循環あり：$r^2$=0.314）
（表 5，6）

## V. 考察

本研究では BVI を用いた予測 BV と実測 BV との関連性を検証した．予測 BV 群と実測 BV 群には統計学的な相関関係が認められ，前もって BVI を用いて次回の透析時の BV 値を予測できる可能性が示唆された．原疾患，透析歴，バスキュラーアクセス別で行ったサブグループ解析においても同様の結果が得られた．しかし，特に再循環を認める内シャント症例では，統計学的な相関関係が認められず，BVI を用いた予測の精度が他の結果と比較して劣ることが明らかになった．再循環は回路内の異常な濃縮が行われることから正確な BV の測定ができないことが要因と考えられた．Δ BV 値は血圧低下の予測や DW，除水量などを決定する指標として活用されている．除水によって起こる血管内容量の変化を経時的に評価し，Ht の差をみて，どれだけ濃縮しているかを表しており，一般的には −15 % 以内が基準値とされており，−15 % 以上は血圧が下がる可能性がある指標となり，過除水や DW の不適正などが考えられる．逆に + や −5 % 未満であれば除水が緩かったり，DW が緩く体液過剰になっている可能性がある [6]．岡垣腎クリニックの村山らは，BVI を用いた Δ BV 値の予測を行うことで，透析用監視装置の警報値の適切な設定や過濃縮の回避が可能となるのではないかと報告した [2]．また，BVI を用いた予測 BV 値が −20 % などかなり低い場合には，未然に除水速度を落とすことや，透析時間を延長し緩やかに除水を行う，また DW の見直しや HDF の導入を検討することも視野にいれる必要がある場合もある．

再循環がある場合には BVI が有用ではない可能性があるため，主な原因（①脱血側・返血側留置針の相対的位置不良，血液回路の逆接続，②動静脈が近い間隔での穿刺，③血管走行や狭窄に対する穿刺部位の判断ミス，

④返血側静脈血管中枢部の狭窄・閉塞，⑤バスキュラーアクセス部の血流不足など[7),8)]）を確認し，透析効率を改善するとともに，BVI の有用性を高めるために適切な対応が必要である．本研究の限界としては，対象患者が 83 名と少なく，単施設の研究であること，合併症や薬剤などの全ての患者背景を調整しておらず統計学的に交路が補正できていないことがあげられるが，BVI を用いた研究は少なく，症例の集積により今後の研究が期待され，臨床的に非常に重要なことと考えられる．

## Ⅵ. 結語

BVI を用いた予測 BV と実測 BV には相関関係が認められた．再循環がある患者の場合は予測 BV と実測 BV の相関が減弱するため注意が必要である．今後のさらなる研究が望まれる．

利益相反
本研究における利益相反はありません．

**【参考文献】**

1）社団法人日本透析医学会. 血液透析患者における心血管合併症の評価と治療に関するガイドライン. 日本透析医学会雑誌, 44 巻 5 号, 2011, 363-365
2）村山憲一. 日機装コンソールを用いた透析モニタリング ~ 自動血圧計と BV 計の新しい活用方法. 第 31 回日本臨床工学会 / 共催セミナー, 2021 年 5 月 22 日
3）村山憲一, 宮本智士, 鈴木昇二 他. BV 計の活用法について考える～ Blood Volume Index（BVI）の考案～. 第 14 回日本透析クリアランスギャップ研究会, 2019 年 8 月 24 日
4）村山憲一, 宮本智士, 鈴木昇二 他. 終了時 Δ BV を推測することは可能か？～ Blood Volume Index（BVI）の活用～. 第 14 回日本透析クリアランスギャップ研究会, 2019 年 8 月 25 日
5）日機装株式会社. ブラッドボリューム計と活用方法
6）透析モニタリング（東レ :BML の使用経験）
7）池田潔. シャント管理の基本, 再循環　第 67 回日本透析医学会学術集会・総会　よくわかるシリーズ 23:一般・シャント 1. 2022 年 7 月 3 日
8）岡村直哉, 市川博章, 福田幸大 他. 日機装社製 BV 計の自動再循環率測定を用いた評価. 日血浄化技術会誌 25(1):103-105, 2017