

1 回拍出量変化 (SVV) の連続的評価を行った透析低血圧の一例

濱本達矩¹⁾*, 古子永遠¹⁾, 佐藤佑太郎¹⁾, 田中将光¹⁾, 高橋一久¹⁾,
中園和利²⁾, 上野啓通²⁾, 長谷川恵美³⁾, 古野郁太郎³⁾, 宮本 哲³⁾

1) 産業医科大学病院臨床工学部

2) 産業医科大学第2内科学

3) 産業医科大学病院腎センター

A case of intradialytic hypotension with continuous monitoring of stroke volume variations (SVV)

Tatsunori Hamamoto¹⁾, Towa Furuko¹⁾, Yutaro Sato¹⁾, Masamitsu Tanaka¹⁾, Kazuhisa Takahashi¹⁾,
Kazutoshi Nakazono²⁾, Hiromichi Ueno²⁾, Emi Hasegawa³⁾, Ikutaro Furuno³⁾, Tetsu Miyamoto³⁾

1) Department of Clinical Engineering

2) Second Department of Internal Medicine, University of Occupational and Environmental Health School of Medicine

3) Kidney Center

【要旨】

68歳男性。X-1年糖尿病性腎臓病による末期腎不全のため血液透析（HD）導入。X年8月無症候性心筋虚血の精査加療のため当院循環器内科へ入院となった。入院中のHDで頻回に透析低血圧（IDH）を認めたため、非シャント側の手指にクリアサイトシステム[®]を装着しHD中一回拍出量変化（SVV）および収縮期血圧（SBP）の連続測定を行った。HD開始時SVV5～10%、SBP140-190 mmHgで経過していた。57分後にSVV16%まで上昇、この時点でSBPは121 mmHgと血圧は保たれていたが、その3分後SBP 96 mmHg、さらに3分後SBP 87 mmHgまで血圧が低下した。補液でSB 124 mmHgまで改善し、SVVは7%まで低下した。その後SVVは5～20%で変動し、SVVが15%以上に上昇するとその直後にSBP低下が認められ両者の連動が観察された。クリアサイトシステム[®]は血管内容量変化の可視化を可能としSVVの経時的変化はIDHの早期発見に有用である可能性が示唆された。

【keyword】

透析低血圧, クリアサイトシステム, 一回拍出量変化 (SVV)

I. 緒言

透析低血圧 (Intradialytic Hypotension : IDH) は血液透析患者の10～12%に見られ¹⁾, 透析困難の一因となるだけでなく入院期間の延長や死亡リスクの増加に関連する²⁾⁻⁴⁾。IDHと死亡率との関連を調査した研究

において収縮期血圧の最低値が死亡率とより強い関連性があったとの報告もある^{1), 2)}。HD中血管内水分量は除水に伴い経時的に減少するが、心拍出量維持や末梢血管抵抗上昇等代償機構が働き血圧は維持される。一方、IDHは心拍出量維持および末梢血管抵抗上昇に繋がる代償機構が不十分な状況下で発症し、透析中に

受付日: 2024.8.9 / 受理日: 2024.9.24

* 連絡先: 〒807-8555 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1-1 産業医科大学病院 臨床工学部
tel: 093-603-1611 t:hamamoto@clnc.uoeh-u.ac.jp

主因を特定し病態に即した対応が求められる^{3),5)}。

透析中の血圧維持に必要な心拍出量を維持できない主要因に plasma refilling が追い付かないことによる循環血漿流量減少が挙げられる^{1),6)}。循環血漿量をモニタリングし、適正ドライウェイト (DW) や除水速度を決定する事で IDH を防ぐ方法にはヘマトクリットから循環血漿量をモニタリングする相対血液量 (RBV: relative blood volume) モニタリング装置が臨床応用されている。しかし、ヘマトクリットが様々な臓器循環で変化するために、RBV の変化がリアルタイムの循環血漿量変化よりも遅れる可能性もあり¹⁾、IDH の病態をリアルタイムに把握することは難しい。

クリアサイトシステム[®] (エドワーズライフサイエンス株式会社: 米国) (図 1) は指に専用のカフを装着し、ボリュームクランプ法^{7),8)} を利用して指動脈圧を測定する。また、生理学的自動アルゴリズムにより指動脈の負荷のない血管径を求めキャリブレーションする。得られた指動脈圧を指動脈圧と上腕動脈圧を同時に測定した臨床データに基づき、上腕動脈圧 (収縮期圧 (SBP), 拡張期圧 (DBP), 平均圧 (MAP)) に再構築する⁸⁾。また、パルスカウンター法⁹⁾ により測定された収縮期血圧の時間積分と Windkessel モデルから決定された心臓後負荷にて 1 回拍出量 (SV) を計算し、1 回拍出量変化 (SVV), 脈拍数 (PR), 心拍出量 (CO) が算出される¹⁰⁾。本システムは指と心臓との静水压差を補正するために、指と右心房の高さにそれぞれセンサーを装備している⁸⁾。SVV は、鎮静挿管下のある一定の陽圧換気設定において 10~15% を上回った場合を循環血液量減少の指標と定義されている¹¹⁾。陽圧換気下においては胸腔内圧の周期的な変化が心室の前負荷に影響を与えており、自発呼吸下においても陽圧換気下とは心肺相互作用は逆となるが吸気時には心室前負荷が変化し流体反応性予測のための動的指標となる。また、自発呼吸下での SVV の精度向上のため深呼吸を取り入れた報告もある¹²⁾。

II. 症例

68 歳、男性。X-1 年糖尿病性腎症を原疾患とする末期腎不全のため維持血液透析導入となった。X 年無症候性心筋虚血の精査加療のため当院循環器内科へ入院となった。入院中の HD で頻回に IDH を認めたため、非シャント側の手指にクリアサイトシステム[®] を装着し HD 中一回拍出量変化 (SVV) および収縮期血圧 (SBP) の連続測定を行った。HD 開始時 SVV 5~10%、



エドワーズライフサイエンス (同) 提供

図 1 クリアサイトシステム

SBP 140-190 mmHg で経過していた。57 分後に SVV 16% まで上昇、この時点で SBP は 121 mmHg と血圧は保たれていたが、その 3 分後 SBP 96 mmHg、さらに 3 分後 SBP 87 mmHg まで血圧が低下した。補液で SBP 124 mmHg まで改善し、SVV は 7% まで低下した。その後 SVV は 5~20% で変動し、SVV が 15% 以上に上昇するとその直後に SBP 低下が認められ両者の連動が観察された (図 2)。

III. 考察

IDH は透析困難だけでなく、入院期間の延長や死亡リスクの増加等さまざまな有害な臨床転帰と関連する事が報告されている^{2),5)}。IDH の原因には血管内容量低下による心拍出量低下あるいは自律神経障害等による代償機構が不十分な状況下で発症すると考えられている。

本症例において SVV の上昇と共に SBP が低下し、補液と共に SVV の低下と SBP の上昇が観察された。その後、エチレフリン塩酸塩 10 mg/ml を 2 ml/hr にて開始したが SBP は低下、SVV が再上昇した事から SVV は透析中の血管内容量を反映している事が示唆

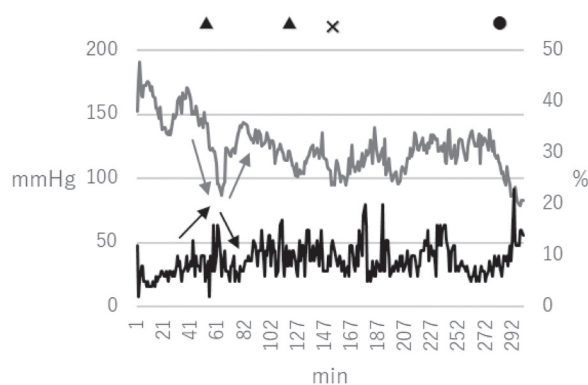


図2 SVV, SBP の経時的变化

SVV: stroke volume variation,
SBP: systolic blood pressure,

▲ Intravascular fluid administration,

● HD → ECUM × : Ethilephrine hydrochloride

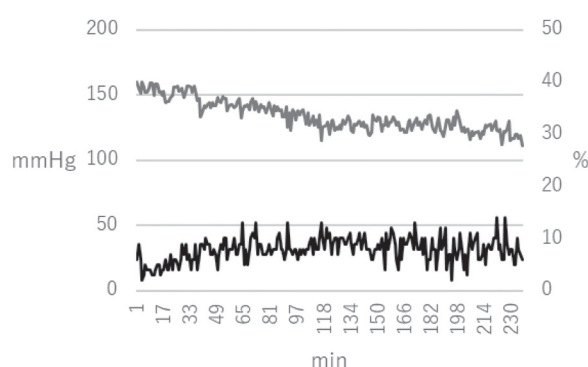


図3 非 IDH 症例における SVV, SBP の経時的变化

SVV: stroke volume variation,

SBP: systolic blood pressure

された。また、IDH のため計画的除水が困難となり治療モードを HD から ECUM に変更するも SVV は上昇傾向となり目標除水量に届かず治療終了となった。SVV はドライウェイト再評価にも有用である可能性が示唆された。一方、非 IDH 症例における SVV の経時的变化を図3に示す。非 IDH 症例では SVV に大きな変化はなく、心拍出量維持や末梢血管抵抗上昇等代償機構が働き血管内容量は維持されたとと思われる^{1), 5)}。

クリアサイトシステムによる SVV と SBP の経時的モニタリングは、IDH の主な病態が血管内容量低下或いは末梢血管抵抗による代償不良であるかの判別に有用であり、病態に即した処置の選択につながる可能性がある。

本研究の限界として、クリアサイトシステムから取得されるパラメータはあくまで推定値⁹⁾であり絶対値ではない事が挙げられるが、経時の変化をモニタリングする事により血管内容量の変化を把握できる。また、陽圧換気下において不安定な呼吸状態、心房細動では測定精度は低くなる可能性があり¹¹⁾ 自発呼吸下においても同様と思われる。しかし、補液による血管内容量負荷に自発呼吸下の SVV が瞬時に反応した事は、自発呼吸下においても SVV の経時的变化は透析患者

の血管内容量の可視化に利用可能と思われた。

最後にクリアサイトシステムの販売は現在終了となっているが、皮膚電極を用いた電気心拍測定法 (EC: electrical cardiometry) による非侵襲的心拍出量モニタ¹³⁾ 等も臨床応用可能であり、体表から得られる様々な情報を介して患者により良い治療が提供できる可能性が考えられた。

IV. 結語

クリアサイトシステム[®]は血管内容量変化の可視化を可能とし SVV の経時的变化は IDH の早期発見に有用である可能性が示唆された。

利益相反：本研究に関して著者に開示すべき利益相反 (COI) はありません。

本稿の一部は、第 67 回日本透析医学会学術集会 (2022 年 7 月、横浜) において発表した。

本症例におけるクリアサイトシステム[®]の使用は当院の倫理審査委員会承認され (承認番号: UOEHCRCB21-024)、参加者からはインフォームドコンセントを书面で得た。

症例報告

【参考文献】

- 1) Davenport A: Why is intradialytic hypotension the commonest complication of outpatient dialysis treatments? *Kidney Int Rep.*2023;8:405-418
- 2) Flythe JE, Xue H, Lynch KE, Curhan GC, Brunelli SM: Association of mortality risk with various definitions of intradialytic hypotension. *J Am Soc Nephrol.*2015;26:724-734
- 3) Gul A, Miskulin D, Harford A, Zager P: Intradialytic hypotension. *Curr Opin Nephrol Hypertens.*2016;25:545-550
- 4) Assimon MM, Flythe JE: Definitions of intradialytic hypotension. *Semin Dial.*2017;30:464-472
- 5) Reeves PB, Mc Causland FR: Mechanisms, clinical implications, and treatment of intradialytic hypotension. *Clin J Am Soc Nephrol.*2018;13:1297-1303
- 6) Ismail AH, Gross T, Schlieper G, Walter M, Eitner F, Floege J, Leonhardt S: Monitoring transcellular fluid shifts during episodes of intradialytic hypotension using bioimpedance spectroscopy. *Clin Kidney J.*2019;14:149-155
- 7) Molhoek GP, Wesseling KH, Settels JJ, van Vollenhoven E, Weeda HW, de Wit B, Arntzenius AC: Evaluation of the Penáz servo-plethysmo-manometer for the continuous, non-invasive measurement of finger blood pressure. *Basic Res Cardiol.*1984;79:598-609
- 8) Alfano G, Fontana F, Cappelli G: Noninvasive blood pressure measurement in maintenance hemodialysis patients: comparison of agreement between oscillometric and finger-cuff methods. *Nephron.*2017;136:309-317
- 9) Ameloot K, Palmers PJ, Malbrain ML: The accuracy of noninvasive cardiac output and pressure measurements with finger cuff: a concise review. *Curr Opin Crit Care.*2015;21:232-239
- 10) Wesseling KH, Jansen JR, Settels JJ, Schreuder JJ: Computation of aortic flow from pressure in humans using a nonlinear, three-element model. *J Appl Physiol.*1993;74:2566-2573
- 11) Michard F: Changes in arterial pressure during mechanical ventilation. *Anesthesiology.*2005;103:419-428
- 12) Mukai A, Suehiro K, Kimura A, et al: Impact of deep breathing on predictability of stroke volume variation in spontaneous breathing patients. *Acta Anaesthesiol Scand.*2020;64:648-655
- 13) Sanders M, Servaas S, Slagt C: Accuracy and precision of non-invasive cardiac output monitoring by electrical cardiometry: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Monit Comput.* 2020;34(3):433-460