原 著

血液透析患者の下大静脈径変化に対する心嚢液貯留の影響

大野 修一 安藤 康宏 手塚 俊文 増永 義則

浅野 泰

自治医科大学腎臓内科

key words : inferior vena cava, hemodialysis, pericardial effusion, ultrasonography, dry weight

〈要旨〉

下大静脈 (IVC) 径は循環血液量や中心静脈圧, 血中心房性ナトリウム利尿ペプチド濃度と相関し, 透析患者の体液量の指標として有用である。しかし, 心嚢液 (PE) 貯留のある患者では, 静脈還流が阻害され血液透析 (HD) 中の IVC 径の動態が通常の HD 患者と異なることが予想される。そこで, 今回, PE 貯留が除水による IVC 径変化にどのように影響するかを検討した。適正な dry weight が維持された PE を認めない安定維持期症例では, HD 終了時に安静呼吸時最大径 (IVCe, mean $\pm$ SE) は 7.2 ± 0.2 mm, 安静呼吸時最小径 (IVCi) は 0.1 ± 0.1 mm となり, 吸気時の IVC の虚脱度 (collapsibility index, CI : $1-IVCi/IVCe$) は 0.99 ± 0.01 となるのに対し, PE 貯留の程度が強くなるほど, HD 終了時の IVCe, IVCi は高値になり, CI は小さくなる傾向がみられた。特に心タンポナーデ前段階の大量 PE 貯留症例では, 除水で体液量が減少し血圧低下をきたしても, IVCe は 20 mm 以上に拡張したまま減少せず, 吸気時の IVC の虚脱もほとんど認めなかった。以上より PE 貯留時は, 静脈還流が阻害され, 除水しても IVC 径が減少せず, IVC 径と体液量の相関が失われると考えられた。よって, IVC 径を HD 患者の体液量の指標とする際, PE 貯留の有無をあらかじめ検討する必要があると思われた。

Inferior vena caval diameter in hemodialysis patients with pericardial effusion

Shuichi Ono, Yasuhiro Ando, Toshifumi Tetsuka, Yoshinori Masunaga, Yasushi Asano

Department of Internal Medicine, Division of Nephrology, Jichi Medical School

The ultrasonographically determined diameter of the inferior vena cava (IVC) correlates with circulating blood volume, central venous pressure and plasma atrial natriuretic peptide level. Therefore, IVC is a good parameter of body fluid volume in hemodialysis (HD) patients. Since right-side cardiac overload could alter this correlation, we studied IVC diameter during HD in a uremic patient with pericardial effusion (PE). In stable chronic HD patients without PE, the mean maximal IVC diameter during quiet expiration (IVCe) and the minimal diameter during quiet inspiration (IVCi) decreased in parallel with the removal of body fluid during HD and became 7.2 ± 0.2 mm and 0.1 ± 0.1 mm, respectively, at the end of HD (mean $\pm$ SE). On the other hand, as the amount of PE increased, IVCe and IVCi were greater at the end of HD. In three patients with massive PE, IVCe was more than 20 mm and did not change even with the induction of hypovolemic hypotension by water removal. These results suggest that IVCe does not correlate with the amount of body fluid in the presence of massive PE. We conclude that the degree of PE should be examined in measuring IVC diameter as a marker of body fluid volume in HD patients.

緒言

下大静脈 (IVC) 径とその呼吸性変動 Collapsibility Index (CI) は循環血液量 (CBV) や中心静脈圧 (CVP) を反映する^{1~4)}。既に我々は, 右心負荷を来す心肺疾患

のない血液透析 (HD) 患者で, 除水とともに安静呼吸時最大径 (IVCe) および安静呼吸時最小径 (IVCi) が減少し, CI が増加することを報告した^{4,5)}。また, 右心負荷を有する心房中隔欠損症 (ASD) 症例でも除水による IVC

大野 修一 自治医科大学腎臓内科 〒329-04 河内郡南河内町薬師寺 3311-1 (0285-44-2111)

〔受付: 平成5年2月22日, 受理: 平成5年4月5日〕

径変化の基本的パターン、即ち、IVCe、IVCiの減少、CIの増加は保たれたが、圧負荷も除水によるIVC径減少を修飾する因子であることを報告した⁶⁾。

透析患者には心嚢液 (PE) 貯留がしばしば見られるが、PEを有する患者においては、心嚢内圧の上昇のため静脈還流が阻害されHD中のIVC径の動態が通常のHD患者と異なることが予想される。そこで、今回、PE貯留が除水によるIVC径変化にどのように影響するかを検討した。

対象と方法

1. 対象

心肺疾患のないHD患者5名 (男1名、女4名、年齢 46 ± 3 歳、HD期間 40 ± 19 か月)、PEを有するHD患者12名 (男5名、女7名、年齢 59 ± 4 歳、HD期間 10 ± 6 か月)。

2. 方法

1) IVC内径の測定

超音波断層装置 (SSA650CL, Aloka) を用い図1のごとく仰臥位にて、剣状突起下でIVC矢状断を描出し、IVCe、IVCiを計測した^{4~7)}。両内径の計測点は肝静脈合流部より遠位で、安静吸気時に径が最小となる部位とした。また、CVPと逆相関する指標¹⁾として、呼吸時最大径に対する吸気時の径の減少率すなわち collapsibility index (CI) を次の式から算出した。CIはCVPと逆相関することが知られている^{1,2)}。

$$CI = (IVCe - IVCi) / IVCe$$

計測はHD開始前～終了直後まで15～30分間隔で、ベッド上仰臥位の状態にて行った。大量のPE貯留がある症例ではHD中のみならず、PE吸引前後のIVC径も測定した。

対照群、PE群とも透析液にはAK-ソリタ®を用い、血流量は180～200 ml/min (前腕部内シャント)、透析液流量は500 ml/min、透析時間は4時間、ダイアライザーはキュープロファン膜、一部の症例ではPAN膜を用いHDを行った。

2) 血圧、脈拍、体重 (BW)、除水量

血圧、および脈拍数をIVCの計測と同時に記録した。BWの測定は透析前後に行い、透析中の値は食事量、飲水量、輸液量、除水量より算出した。除水量は自動除水量設定のできる透析装置を用いて測定した。

3) 循環血液量 (CBV)

CBVはHD開始直前に¹³¹I-albumin希釈法 (Volumétron) により求め (CBV_{pre})、さらにHD中のCBV (CBV_t) をHD前、およびHD中IVC計測時点ごとに測定したシャント血ヘマトクリット値 (各々 Ht_{pre}、

図1 Measurement of the IVC diameters. The maximal diameter of IVC at distal of hepatic vein junction in quiet expiration (IVCe, left) and the minimal diameter in quiet inspiration (IVCi, right) were measured. Collapsibility index (CI) was calculated as: $CI = (IVCe - IVCi) / IVCe$.

Ht_t) から次のごとく求めた。

$$CBV_t = CBV_{pre} \times Ht_{pre} / Ht_t$$

4) PE貯留程度の分類

図2に示すように心臓の長軸断断面を描出しM-mode像により、Yoshidaらの分類⁸⁾にしたがって、PE貯留の程度を評価した。すなわち、PE貯留の認められないものをgrade 0、後壁に収縮期のみ5mm以下の貯留が認められるものをgrade I、収縮期にのみ認められ、5mm以上の貯留があるものをgrade II、後壁に収縮期のみならず拡張期にも認められるものをgrade III、後壁のみならず前壁にも認められるものをgrade IV、後壁、前壁ともに大量に認められるものをgrade Vとした。

結果

PEを認めない症例のHDの除水に伴うIVC径の変化：典型的には図3、下に示すように、透析中の除水により体重の低下とともにCBVが減少した。同時に図3、上に示すようにIVCe、IVCiは減少し、CIは増加した。HD終了時には、IVCe (mean±SE) は 7.2 ± 0.2 mm、IVCiは 0.1 ± 0.1 mmとなり、CIは 0.99 ± 0.01 となった。

大量PE貯留を認めるHD患者のPE吸引前後の除水によるIVCの変化：図4にgrade Vの大量PE貯留を認めたHD患者2例の、除水中のIVCeと血圧の変化を示した。両症例とも大量PE貯留時はHD中の除水により血圧は低下してもIVCeは20mm以上に拡張したまま減少しなかった。これに対し、PEをそれぞれ1.3 L、お

図 2 Grading of pericardial effusion based on long-axis echocardiographic findings⁸⁾. Grade 0: No effusion., Grade I: Pericardial effusion is present only in systole., Grade II: The width of the echo-free space between peri- and epicardium is more than 5 mm., Grade III: Echo-free space is present in both systole and diastole., Grade IV: Effusion is present in both anterior and posterior pericardial space., Grade V: Massive effusion. AW=anterior wall; RV=right ventricle; IVS=interventricular septum; LV=left ventricle; PW=posterior wall; PE=pericardial effusion.

図 3 Representative changes of IVCe, IVCi, CI, body weight and CBV by the removal of body fluid during HD in a patient without cardiopulmonary disease. During HD, both IVCe and IVCi were decreased while the CI increased by the removal of body fluid. At the end of HD, IVCe became less than 10 mm and IVCi was 0 mm.

図 4 Changes of IVCe and systolic blood pressure induced by the removal of body fluid during HD before and after aspiration of PE in two patients with massive PE. In these patients, IVCe was more than 20 mm and remained unchanged despite of induction of hypovolemic hypotension by water removal. After aspiration of PE (1.3 and 1.0 L in case 1 and 2, respectively), IVCe decreased in response to the removal of body fluid.

および 1.0 L 吸引後には同じ体重でも IVCe の値は PE 吸引前に比べ小さく、HD 中の除水により IVCe の減少を認めるようになった。

PE の IVC 径に対する影響：図 5 は grade V の PE 貯留のあった症例に対し、非 HD 時に行った PE 吸引直前直後の IVC の M-mode 像である。PE 吸引前の IVC (図 5, 上) は拡張したまま吸気時にも虚脱せず、また CI の値はほぼ 0 であった (すなわち frozen IVC)。一方、図 5, 下の M-mode 像のように、PE 吸引後は呼吸性変動が明らかで、CI 値は増加した。同様の測定を行った、本例を含む grade V の 3 症例の PE 吸引前後の CI 値の変化を図 6 にまとめた。3 例とも PE を吸引することで grade が V から IV となり、CI が増加し、これは吸引によって CVP が減少したことを表している^{1,2)}。

PE の grade 別透析終了時の IVC と CI：図 7 に PE

図5 M-mode ultrasonography of IVC before and after aspiration of PE in a patient with massive PE. Before aspiration, the IVC diameter did not change by respiration (frozen IVC), whereas the respiratory change of IVC was evident after the aspiration.

図6 Changes in CI during aspiration of PE in three patients with massive PE. In all cases, aspiration of PE results in an increase in CI.

の grade と HD 終了時の IVCe, IVCi (図7, 上), CI (図7, 下) の関係を示す。PE 貯留の程度が強くなるほど、血圧維持限界までの除水を行っているにもかかわらず、HD 終了時の IVCe, IVCi は高値に、CI は低値にな

り、grade V では前述のように IVC はほぼ拡張したままとなった。このような IVC 径の虚脱制限は、grade III, 即ち左室後壁の心嚢液が拡張期にも見られる段階で起こり始めた。

考察

IVC は high compliance vessel⁹⁾ であり、CVP の変化は鋭敏に IVC 径に反映される^{2,3,6)}。我々は HD 患者の IVC 径を検討し、HD 中除水とともに IVCe, IVCi が減少し、CI が増加すること、IVCe が、CBV あるいは血中心房性ナトリウム利尿ペプチド濃度と有意に相関すること^{4,5,10)}、また ASD を合併した HD 患者の手術前後の IVC 径の検討から、容量のみならず圧も IVC 径を規定している事を報告した⁶⁾。これらの一連の検討をもとに、この数年、我々の施設では実際の診療の場においても体液量の推定、HD 中の除水量の設定の際などに日常的検査として IVC 径測定を行っている。しかしながら、HD 患者には PE 貯留がしばしばみられ^{11,12)}、PE は量によっては静脈還流を阻害するため、IVC 径と体液量、CBV との相関関係が異なってくることが予想される。そこで今回、PE 貯留の IVC 径に対する影響を調べ、PE 貯留症例においても IVC 径が体液量の指標となるか否かを検討した。

心肺合併症のない症例では、HD 中の除水による BW の減少、CBV の減少とともに、IVCe は 10 mm 以下に減少し、CI はほぼ 1.0 まで増加した(図3, 7)。PE が心臓前後壁ともに大量に認められる2症例では、除水で血圧は低下しても IVCe は 20 mm 以上、CI も 0.2 以下のまま殆ど変化しなかったが、PE を各々 1.3 L、および 1.0 L 吸引後の HD では除水による IVCe の減少、CI の増加が認められた(図4)。大量 PE 貯留の3症例で、非 HD 時に行った PE 吸引前後の IVC 径計測では、3例とも PE 吸引のみで CI が改善した(図6)。

動物実験¹³⁾では心嚢内へのリンゲル液の注入に伴い、心嚢内圧は徐々に上昇し動脈圧は減少、CVP は上昇する。CVP は CI と負の、IVCe と正の相関関係があり^{2,3,6)}、PE 貯留患者では、PE 貯留に伴い心嚢内圧が上昇することによって、右室内圧が上昇し¹⁴⁾静脈還流が阻害され、CVP が上昇するため IVC 径の動態が通常の HD 患者と異なってくるものと考えられた。大量 PE 貯留時は IVC 径と体液量の相関が失われていることが明らかであるが(図4)、HD 終了時の IVCe, CI と PE 量の関係を見ると、IVC 径に対する影響は PE が大量貯留に到る以前に、grade III 前後ですでに現われることが示唆された(図7)。これは、心タンポナーデが“all-or-none”現象ではない^{14,15)}ことを裏付けていると思われた。

心嚢液が急性に貯留した場合と、徐々に貯留した場合

図7 Relationship between IVCe, CI and the grade of PE at the end of HD. In patients with PE, IVCe and IVCi at the end of HD became greater as the amount of PE increased.

とは、同じ grade でも静脈還流に及ぼす影響にも違いがあると思われるが、この点については今回の検討では例数が少ないため結論が出せなかった。今後検討を要する点と考えている。

いずれにせよ、IVC 径を HD 患者の体液量の指標とする際、あらかじめ PE 貯留の程度を検討をするべきであり、特に大量 PE 貯留時は IVC 径は体液量、除水量の指標とはならないことに留意する必要がある。

結論

1) 大量 PE 貯留時は、静脈還流が阻害され、除水しても IVC 径が減少せず、IVC 径と体液量の相関が失われると考えられた。

2) このような PE の影響は grade V では明らかだが、それ以前に grade III、即ち左室後壁の PE が拡張期にも見られる段階ですでに現われることが示唆された。

3) IVC 径を HD 患者の体液量の指標とする際、grade III 以上の PE 貯留の有無を考慮する必要があると思われた。

本論文の要旨は第 36 回日本透析療法学会において発表した。

文献

- 1) 玉城 繁：下大静脈の前後径の呼吸性変動と中心静脈圧。日胸疾会誌 19：460-469, 1981
- 2) 椎名 明：心エコー図による右心機能評価。医学のあゆみ 131：E-223-E-237, 1984
- 3) 酒井泰彦, 菱田 仁, 坂部慶幸, 宮城 裕, 野村雅則, 水野 康：下大静脈エコーと静脈還流および中心静脈圧の関係の検討。超音波医学 10：258-261, 1983
- 4) 安藤康宏, 田部井薫, 椎名 明, 浅野 泰, 細田瑳一：超音波断層法による血液透析中の下大静脈内径変化の検討—特に除水量との関係について—。透析会誌 18：173-179, 1985
- 5) 安藤康宏：血液透析患者の下大静脈エコー—dry weight 設定の一指標として—。医学のあゆみ 154：118, 1990
- 6) 大野修一, 安藤康宏, 手塚俊文, 江幡 理, 浅野 泰：心房中隔欠損症を伴った血液透析患者の下大静脈径の検討。透析会誌 26：351-357, 1993
- 7) 増永義則, 安藤康宏, 大野修一, 手塚俊文, 浅野 泰：CAPD 患者の下大静脈径の検討。透析会誌 25：1337-1342, 1992
- 8) Yoshida K, Shiina A, Asano Y, Hosoda S：Uremic pericardial effusion：detection and evaluation of uremic pericardial effusion by echocardiography. Clin Nephrol 13：260-268, 1980
- 9) Guyton AC, Armstrong GG, Chipley PL：Pressure-volume curves of the arterial and venous systems in live dogs. Am J Physiol 184：253-258, 1956
- 10) 赤井洋一, 草野英二, 古谷裕章, 大野修一, 江幡 理, 手塚俊文, 安藤康宏, 鈴木宗弥, 田部井薫, 浅野 泰：透析患者の ANP は体液貯留の指標となりうるか？。透析会誌 24：1143-1148, 1991
- 11) Renfrew R, Buselmeier TJ, Kjellstrand CM：Pericarditis and renal failure. Ann Rev Med 31：345-360, 1980
- 12) Luft FC, Gilman JK, Weyman AE：Pericarditis in the patient with uremia：clinical and echocardi-

- graphic evaluation. *Nephron* 25 : 160-166, 1980
- 13) 佐藤正明, 前田 肇, 酒井 章, 大島宣雄：心不全モデルにおける微小循環動態—生態顕微鏡による観察—。脈管学 26 : 157-160, 1986
- 14) Reddy PS, Curtiss EI, Uretsky BF : Spectrum of hemodynamic changes in cardiac tamponade. *Am J Cardiol* 66 : 1487-1491, 1990
- 15) Reddy PS, Curtiss EI, O'Toole JD, Shaver JA : Cardiac tamponade : hemodynamic observations in man. *Circulation* 58 : 265-272, 1978