

拡張早期僧帽弁輪運動最大速度の 血液透析による影響

Effect of Hemodialysis on Peak Velocity of Early Diastolic Mitral Annulus Motion

玉野 宏一
小林 学
高橋 正樹
本多 勇晴
植竹修一郎
水戸部利恵子
太尾 泰雄
松岡 博昭

Kouichi TAMANO, MD
Tsutomu KOBAYASHI, MD
Masaki TAKAHASHI, MD
Takeaki HONDA, MD
Shuichiro UETAKE, MD
Rieko MITOBE, MD
Yasuo FUTOO, MD
Hiroaki MATSUOKA, MD, FJCC

Abstract

Objectives. Peak velocities of early diastolic mitral annulus motion (E_a) assessed by tissue Doppler imaging are relatively preload independent. Whether E_a decreases after hemodialysis or not is unclear. This study investigated the effect of hemodialysis on E_a .

Methods. The study group consisted of 23 hemodialysis patients without organic heart disease. Echocardiography was performed before and after hemodialysis, and E_a was compared with the peak velocity of early mitral inflow (E). Decreases in the body weight, E and E_a were calculated as indexes of decrease by hemodialysis.

Results. After hemodialysis, E decreased significantly ($p = 0.005$) but E_a did not change ($p = 0.09$). The decrease in E_a was significantly smaller than that in E ($p < 0.0001$). The decrease in E correlated significantly ($r = 0.52, p < 0.05$) with the decrease in the body weight, but the decrease in E_a did not correlate with the decrease in the body weight.

Conclusions. E_a is little affected by hemodialysis compared with E . The effect of hemodialysis on E_a can be ignored if the amount of fluid removal is small.

J Cardiol 2004 Oct; 44(4): 147-152

Key Words

■Renal function (hemodialysis) ■Doppler ultrasound (tissue Doppler imaging, preload)
■Ventricular function ■Diastole (diastolic function, mitral annulus motion)

はじめに

パルス組織ドップラー法による僧帽弁輪運動の拡張早期最大速度 (E_a) は前負荷の影響を受けにくいとされている^{1,2)}。血液透析を行うと前負荷は急速に減少する。最近、 E_a の血液透析による影響を調べた論文がいくつか発表されているが、有意に低下するという報

告³⁻⁵⁾とほとんど影響されない⁶⁾という報告とがあり、一定の結論が出ていない。

今回我々は、 E_a が血液透析によってどの程度影響を受けるのかを調べるために、器質的心疾患のない血液透析患者を対象に E_a と左室流入血流の拡張早期最大速度 (E) との比較検討を行った。

獨協医科大学 循環器内科: 〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林880

Department of Hypertension and Cardiorenal Medicine, Dokkyo University School of Medicine, Tochigi

Address for correspondence: TAMANO K, MD, Department of Hypertension and Cardiorenal Medicine, Dokkyo University School of Medicine, Kitakobayashi 880, Mibu-machi, Shimotsuga-gun, Tochigi 321-0293

Manuscript received April 22, 2004; revised July 5, 2004; accepted July 5, 2004

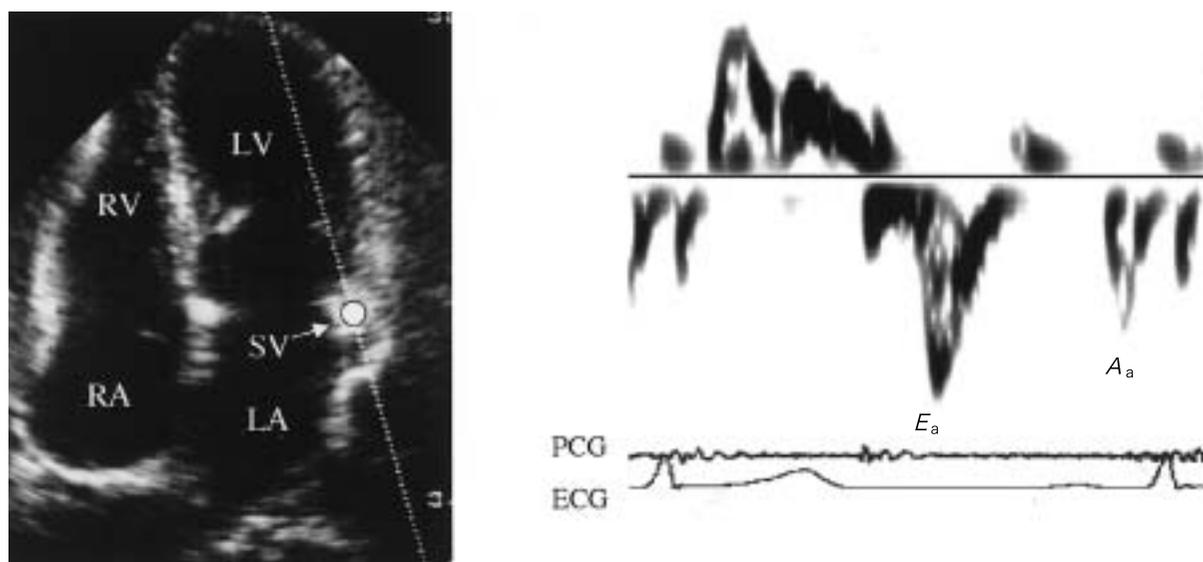


Fig. 1 Sample volume(left)and representative motion velocity pattern(right)of the mitral annulus by pulsed tissue Doppler imaging in the apical four-chamber view

RV = right ventricle; LV = left ventricle; RA = right atrium; SV = sample volume; LA = left atrium; PCG = phonocardiogram; ECG = electrocardiogram; E_a = peak velocity of early diastolic mitral annulus motion; A_a = peak velocity of late diastolic mitral annulus motion.

対象と方法

1. 対象

状態の安定した正常洞調律の維持血液透析患者を対象とした。狭心症の疑われる症例、心エコー図上で有意な弁膜症や左室壁運動異常が認められる症例、良好な心エコー図記録の得られない症例は除外した。対象患者は23例(男性8例,女性15例)で,年齢は 54.3 ± 11.4 歳(平均 \pm 標準偏差)であった。慢性腎不全の原因疾患は糸球体疾患が15例,糖尿病が7例,多発性 α 胎腎が1例で,対象となった全症例に対して研究内容の説明を行い,同意を得た。

2. 方法

血液透析施行直前と直後に,患者を半左側臥位にして東芝製超音波診断装置SSA-380Aを用いて経胸壁心エコー図法を施行した。東芝製ストリップチャートレコーダーLSR-100を使用し,紙送り速度50mm/secでMモード心エコー図,左室流入血流速度波形,および僧帽弁輪運動速度波形を心電図,心音図と同時記録した。記録は患者を呼気止めにして行った。心エコー図法施行時に体重と血圧(間接法)を測定した。

Mモード心エコー図は3.75MHzのセクター探触子

を使用し,傍胸骨左室長軸断層像上でビーム方向を決定して記録し,アメリカ心エコー図学会の勧告⁷⁾に従い,大動脈径,左房径,心室中隔壁厚,左室後壁壁厚,左室拡張末期径,左室収縮末期径を計測した。

左室内径短縮率は次式より求めた。

$$\text{左室内径短縮率(\%)} = \{ (\text{左室拡張末期径} - \text{左室収縮末期径}) / \text{左室拡張末期径} \} \times 100$$

左室流入血流速度波形は2.5MHzのセクター探触子を用いて心尖部左室長軸断層像を描出後,パルスドップラー法により僧帽弁弁尖の先端にサンプルボリュームを設置し記録した。得られた左室流入血流速度波形より E と心房収縮期最大速度(A)を計測した。

僧帽弁輪運動速度波形は2.5MHzのセクター探触子を使用し,パルス組織ドップラー法により記録した。パルス繰り返し周波数は4.5kHz,フィルターのカットオフ周波数は300Hz,サンプルボリュームの大きさは3mmで行った⁸⁾。心尖部四腔断層像を描出して側壁側の僧帽弁輪にサンプルボリュームを設置し,得られた僧帽弁輪運動速度波形より E_a と心房収縮期最大速度(A_a)を計測した(Fig. 1)。

体重, E , E_a については血液透析による減少の指標として次式より体重減少率, E 減少率, E_a 減少率を求めた。

Table 1 Blood pressure, heart rate, and body weight before and after hemodialysis

	Before hemodialysis	After hemodialysis
Systolic blood pressure(mmHg)	163 ± 24	144 ± 22**
Diastolic blood pressure(mmHg)	83 ± 14	74 ± 16*
Heart rate(beats/min)	81 ± 14	80 ± 10
Body weight(kg)	55.1 ± 9.9	52.9 ± 9.8***

Values are mean ± SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$ vs before hemodialysis.

体重減少率(%) = { (血液透析前体重 - 血液透析後体重) / 血液透析前体重 } × 100

E 減少率(%) = { (血液透析前 E - 血液透析後 E) / 血液透析前 E } × 100

E_a 減少率(%) = { (血液透析前 E_a - 血液透析後 E_a) / 血液透析前 E_a } × 100

統計処理にはStudentの対応のある t 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差の判定とした。

結 果

血液透析後に収縮期血圧($p < 0.01$)、拡張期血圧($p < 0.05$)、体重($p < 0.0001$)は有意に減少したが、心拍数は変化しなかった(Table 1)。血液透析による除水量は 2.2 ± 0.8 (1.1 - 4.0) kgで、体重減少率は 4.2 ± 1.6 (1.9 - 8.3)%であった。

血液透析後に左房径($p < 0.0001$)、左室拡張末期径($p < 0.0001$)、左室収縮末期径($p < 0.0001$)は有意に減少し、心室中隔壁厚($p < 0.0001$)、左室後壁壁厚($p < 0.05$)は有意に増大した。大動脈径は変化しなかった(Table 2)。

血液透析後、 E は有意に($p = 0.005$)減少したが、 E_a は有意な変化を示さなかった($p = 0.09$)。 E_a 減少率は E 減少率より有意に($p < 0.0001$)小さかった(Table 2, Fig. 2)。

E 減少率と体重減少率には有意な($p < 0.05$)相関($r = 0.52$)が認められたが、 E_a 減少率と体重減少率には相関は認められなかった(Fig. 3)。

血液透析後、 A は有意に($p < 0.01$)減少したが、 A_a は有意な変化を示さなかった(Table 2)。

考 案

血液透析後 E は有意に減少し、 E 減少率と体重減少率には有意な相関が認められた。一方、 E_a は血液透析

Table 2 Echocardiographic data before and after hemodialysis

	Before hemodialysis	After hemodialysis
AOD(mm)	30.8 ± 4.1	31.4 ± 3.7
LAD(mm)	42.3 ± 4.7	38.3 ± 5.9***
IVSt(mm)	10.9 ± 1.5	12.0 ± 1.3***
LVPWth(mm)	10.6 ± 1.6	11.5 ± 1.2*
LVDd(mm)	51.3 ± 5.1	45.8 ± 6.3***
LVDs(mm)	31.6 ± 6.9	29.7 ± 6.1***
FS(%)	38.2 ± 12.4	35.0 ± 10.5
E (m/sec)	0.81 ± 0.2	0.62 ± 0.2**
A (m/sec)	0.92 ± 0.2	0.78 ± 0.1**
E_a (cm/sec)	9.6 ± 2.8	8.7 ± 2.4
A_a (cm/sec)	11.4 ± 3.4	10.9 ± 2.7

Values are mean ± SD. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$ vs before hemodialysis.

AOD = aortic diameter; LAD = left atrial dimension; IVSt = interventricular septal thickness; LVPWth = left ventricular posterior wall thickness; LVDd = left ventricular dimension at end-diastole; LVDs = left ventricular dimension at end-systole; FS = fractional shortening; E = peak velocity of early mitral inflow; A = peak velocity of late mitral inflow. Other abbreviations as in Fig. 1.

後に有意な変化は示されず、 E_a 減少率と体重減少率には相関が認められなかった。 E_a は E に比べて血液透析の影響を受けにくい指標であった。

血液透析後の血行動態変化は、ほとんどが除水による前負荷減少によってもたらされる^{9,10}。また、除水量は透析後の体重減少として測定できるので、体重減少率は前負荷減少の程度を表す指標と考えられる⁵。

当初、 E_a は前負荷の影響を受けない左室弛緩の指標と報告^{1,2}されたが、最近の研究で前負荷に依存することが報告¹¹されている。しかし、従来のドップラー指標、例えば、 E よりは前負荷依存性がはるかに小さく¹¹、現在では左室壁運動速波形の拡張早期波高(本

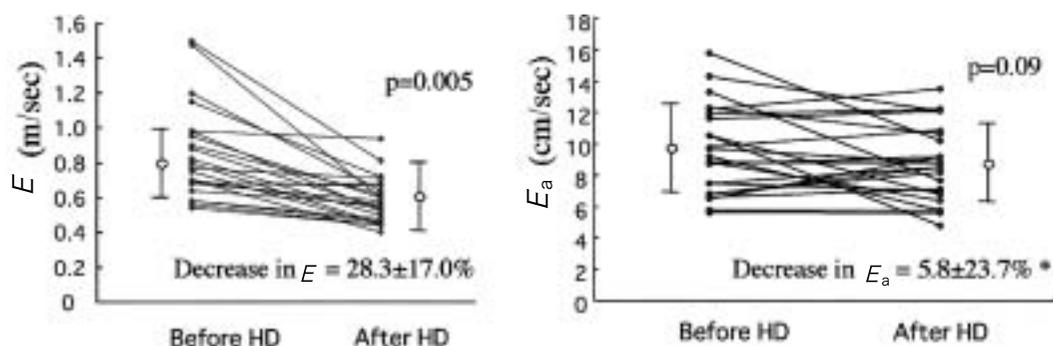


Fig. 2 Hemodialysis-related changes in E (left) and E_a (right)

Values are mean \pm SD. * $p < 0.0001$ vs decrease in E .

HD = hemodialysis. Other abbreviations as in Fig. 1, Table 2.

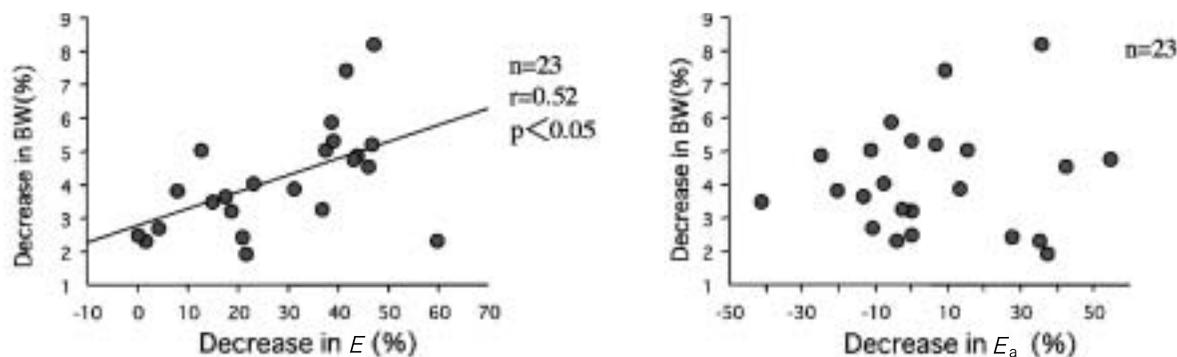


Fig. 3 Relationships between decrease in E and decrease in body weight (left) and between decrease in E_a and decrease in body weight (right)

BW = body weight. Other abbreviations as in Fig. 1, Table 2.

研究では E_a は前負荷に比較的影響されない左室弛緩の指標と考えられている^{12,13}。これは、本研究において血液透析後、 E が減少する一方、 E_a に有意な変化が認められなかったことと矛盾しない。

血液透析後の E_a について、Bauerら⁶は我々と同様に変化しないと報告しているが、Agmonら³、Dincerら⁴、Ieら⁵は低下すると報告している。異なる結果となった要因は除水量や患者背景の違いによるものと思われる。Agmonら³の検討では除水量は 3.1 ± 0.8 kgで、我々(2.2 ± 0.8 kg)やBauerら⁶(2.6 ± 1.2 kg)のものより多い。Dincerら⁴の除水量は2.58kgで、我々より多く、体重減少率の大きい症例が少なくない。前述したように E_a は程度は少ないもの前負荷に依存するので、除水量(体重減少率)が多かったため血液透析後の値が低くなり、有意差が生じたと考えられる。Ieら⁵の除水量は2.2kgで、我々と同等であるが、症例

数が10例と少なく、症例選択の偏りが結果に影響した可能性がある。

血液透析後の E は本研究の結果と同様に減少すると報告されている^{3-5,10,14}。 E は前負荷に依存する^{11,15}ので当然と考えられる。本研究で E 減少率と体重減少率に良好な相関が認められたことも E の前負荷依存性を表すものである。

パルス組織ドップラー法で僧帽弁輪運動速度を計測する場合、心室中隔側、または側壁側の僧帽弁輪にサンプルボリュームを設置することが多い¹²。我々は心室中隔側は右室の影響を受けると考え側壁側の僧帽弁輪を用いた。しかし、5ヵ所(心室中隔側、側壁側、前壁側、後壁側、下壁側)の僧帽弁輪運動速度を検討しても血液透析による影響に差がないという報告⁴もあり、血液透析前後の変化を調べるのに僧帽弁輪のどの部位を選ぶかはあまり問題にならないかもしれない。

全国的な統計によると、我が国で行われている血液透析の体重減少率は $5.16 \pm 0.07\%$ で、短期生存率、入院率から解析すると6%以下、できれば4%以下が望ましいといわれている^{16,17)}。本研究の体重減少率が $4.2 \pm 1.6\%$ であることを考えれば、体重減少率が4%以下の理想的な除水を行うことによって E_a の血液透析による影響はほとんど無視できると思われる。

本研究の価値は、除水量が少ない場合は E_a が血液透析後に変化しないことを示したことである。血液透析患者では前負荷の状態が常に変化しているため、左室流入血流速波形による拡張能評価をいつ行うべきかが難しい問題であった。本研究の知見から除水量が少ない(例えば、体重減少率が4%以下)症例であれば E_a を測定することにより透析日・非透析日にかかわらず、いつでも拡張能を評価することが可能である。

本研究の限界は対象を器質的心疾患のない症例に限ったために左室収縮低下例を含んでいないことである。今後、症例を限定しない連続的な検討を行いたい。また、本研究において血液透析後、血圧の低下が認められており、これも E_a や E に影響したと思われるが、どの程度の影響かは不明である。

結 論

器質的心疾患のない血液透析患者において、パルス組織ドップラー法による僧帽弁輪運動の拡張早期最大速度は、左室流入血流の拡張早期最大速度に比べて血液透析による影響を受けにくい。除水量が少ない場合は、拡張早期僧帽弁輪運動最大速度の血液透析による影響は無視できると思われる。

要 約

目 的: パルス組織ドップラー法による拡張早期僧帽弁輪運動最大速度(E_a)は前負荷に比較的影響されないとされているが、血液透析後に E_a が低下するかどうかは明確ではない。我々は E_a の血液透析による影響を調べた。

方 法: 対象は器質的心疾患のない血液透析患者23例で、血液透析の前後に心エコー図法を行い、 E_a と左室流入血流の拡張早期最大速度(E)との比較検討を行った。血液透析による減少の指標として体重減少率、 E 減少率、 E_a 減少率を算出した。

結 果: 血液透析後、 E は有意に($p = 0.005$)減少したが、 E_a は有意な変化は示されなかった($p = 0.09$)。 E_a 減少率は E 減少率より有意に($p < 0.0001$)小さかった。 E 減少率と体重減少率には有意な相関($p < 0.05$, $r = 0.52$)が認められたが、 E_a 減少率と体重減少率には相関は認められなかった。

結 論: E_a は E に比べて血液透析による影響を受けにくい。除水量が少ない場合は、 E_a の血液透析による影響は無視できると思われる。

J Cardiol 2004 Oct; 44(4): 147 - 152

文 献

- 1) Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, Oh BH, Lee MM, Park YB, Choi YS, Seo JD, Lee YW: Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. J Am Coll Cardiol 1997; **30**: 474 - 480
- 2) Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA: Doppler tissue imaging: A noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. J Am Coll Cardiol 1997; **30**: 1527 - 1533
- 3) Agmon Y, Oh JK, McCarthy JT, Khandheria BK, Bailey KR, Seward JB: Effect of volume reduction on mitral annular diastolic velocities in hemodialysis patients. Am J Cardiol 2000; **85**: 665 - 668

- 4) Dincer I, Kumbasar D, Nergisoglu G, Atmaca Y, Kutlay S, Akyurek O, Sayin T, Erol C, Oral D: Assessment of left ventricular diastolic function with Doppler tissue imaging: Effects of preload and place of measurements. Int J Cardiovasc Imaging 2002; **18**: 155 - 160
- 5) Ie EH, Vletter WB, ten Cate FJ, Nette RW, Weimar W, Roelandt JR, Zietse R: Preload dependence of new Doppler techniques limits their utility for left ventricular diastolic function assessment in hemodialysis patients. J Am Soc Nephrol 2003; **14**: 1858 - 1862
- 6) Bauer F, Jamal F, Douillet R, Le Roi F, Bouchoule I, Bizet-Nafeh C, Godin M, Cribier A, Derumeaux G: Acute changes in load: Effects of myocardial velocities measured by Doppler tissue imaging. Arch Mal Coeur Vaiss 2001; **94**: 1155 - 1160 (in French with Eng abstr)
- 7) Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo JA, Weyman AE:

- Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: Results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978; **58**: 1072 - 1083
- 8) Kobayashi T, Tamano K, Takahashi M, Honda T, Uetake S, Ohru M: Myocardial systolic function of the left ventricle along the long axis in patients with essential hypertension: A study by pulsed tissue Doppler imaging. *J Cardiol* 2003; **41**: 175 - 182 (in Jpn with Eng abstr)
- 9) Tamano K, Okamura A, Masuda Y, Taniguchi T, Yagi S, Matsuoka H: Changes in the extent of mitral regurgitation during hemodialysis: Color Doppler echocardiographic study. *J Cardiol* 1997; **29**: 29 - 36 (in Jpn with Eng abstr)
- 10) Chakko S, Girgis I, Contreras G, Perez G, Kessler KM, Myerburg RJ: Effects of hemodialysis on left ventricular diastolic filling. *Am J Cardiol* 1997; **79**: 106 - 108
- 11) Nagueh SF, Sun H, Kopelen HA, Middleton KJ, Khoury DS: Hemodynamic determinants of the mitral annulus diastolic velocities by tissue Doppler. *J Am Coll Cardiol* 2001; **37**: 278 - 285
- 12) Quinones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA, Doppler Quantification Task Force of the American Society of Echocardiography: Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: A report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; **15**: 167 - 184
- 13) Oki T, Oishi Y, Ishimoto T: Tissue Doppler imaging. *J Med Ultrasonics* 2003; **30**: J639 - J650 (in Jpn with Eng abstr)
- 14) Sztajzel J, Ruedin P, Monin C, Stoermann C, Leski M, Rutishauser W, Lerch R: Effect of altered loading conditions during haemodialysis on left ventricular filling pattern. *Eur Heart J* 1993; **14**: 655 - 661
- 15) 吉川純一, Nishimura RA, 渡辺弘之, 山室 淳: 拡張能の概念. *in* ドブラー心エコー図による心行動態の定量的評価, 第1版. 文光堂, 東京, 1997; pp 37 - 44
- 16) 前田憲志: . 透析療法の進歩: 3. 至適透析: 指標とその評価. *日内会誌* 1995; **84**: 1627 - 1631
- 17) 日本透析医学会統計調査委員会: わが国の慢性透析療法の実況(1993年12月31日現在). *透析会誌* 1995; **28**: 1 - 30