

Estimation of Right Atrial Pressure by E/Ea Ratio of Tricuspid Valve

Yasmina Hanifah, Amiliana M Soesanto, Ismoyo Sunu, Ganesja M Harimurti

Background. Right atrial pressure is one of hemodynamic parameter that can guide therapy for patients in intensive care unit. Right atrial pressure is also needed for calculation of other hemodynamic parameter such as pulmonary pressure and systemic vascular resistance. Estimation of right atrial pressure using E/Ea ratio is not much studied until now. There were only three studies with different result. This study objective is therefore to asses the correlation and agreement of estimation right atrial pressure by using ratio E wave (spectral doppler) and Ea wave (tissue doppler imaging) from tricuspid valve.

Methods. This is a diagnostic test with cross sectional design study in patients in Cardiovascular Care Unit (CVCU) who had been inserted central venous pressure line (CVP line). E wave was taken from tricuspid inflow with pulsed wave spectral doppler and Ea wave was taken from the lateral tricuspid annulus with tissue doppler imaging at early diastolic filling. Correlation analysis was performed to assess the correlation of E/Ea ratio with right atrial pressure from CVP line. The result of E/Ea ratio liner regression is analyzed with bland altman plot to asses agreement between E/Ea ratio and invasive methods of CVP line. Data was analyzed using SPSS 15.0.

Results. There were 50 from 16 sample. As many as 20 data was also also measured by second observer for interobserver variability. There was a good precision for inter and intraobserver with ICC > 0,8. There was good correlation between E/Ea ratio with right atrial pressure, $r = 0.728$, $p < 0,001$. Cut off point $E/Ea \geq 3,95$ could predict right atrial pressure ≥ 10 mmHg (sensitivity 73,1% and specificity 70,8% and *positive predictive value* 73% and *negative predictive value* 73,9%). The agreement between E/Ea ratio and CVP line for measuring right atrial prssure was poor, with *Intra-class Correlation* (ICC) 24% and *percentage error* more than 30%. Based on this agreement right atrial pressure estimated by E/Ea ratio could have difference as much as $0,01 \pm 3,53$ mmHg.

Conclusion. There were good correlation but poor agreement for right atrial pressure estimation by using E/Ea ratio.

(J Kardiol Indones. 2010;30:3-13.)

Keywords: right atrial pressure, E/Ea ratio, CVP line

Departement of Cardiology and Vascular Medicine, Faculty of Medicine, University of Indonesia National Cardiovascular Center "Harapan Kita", Jakarta, Indonesia

Estimasi Tekanan Atrium Kanan Dengan Rasio Gelombang E/Ea Katup Trikuspid

Yasmina Hanifah, Amiliana M Soesanto, Ismoyo Sunu, Ganesja M Harimurti

Latar belakang. Tekanan atrium kanan merupakan salah satu parameter hemodinamik yang penting untuk membantu pemberian terapi yang sesuai khususnya pada pasien yang dirawat di ruang rawat intensif. Selain itu tekanan atrium kanan diperlukan untuk pengukuran hemodinamik lain seperti tekanan a. pulmonal dan resistensi vaskular sistemik. Estimasi tekanan atrium kanan dengan rasio E/Ea belum banyak diteliti. Hanya ada tiga penelitian dengan hasil yang cukup berbeda. Penelitian ini bertujuan menguji kembali korelasi dan kesesuaian estimasi tekanan atrium kanan dengan cara ekokardiografi yaitu dengan memakai rasio gelombang E (spektral Doppler) dan gelombang Ea (*tissue Doppler Imaging*) dari katup trikuspid.

Metode. Penelitian ini merupakan uji diagnostik dengan desain potong lintang yang dilakukan pada pasien yang dirawat di *Cardiovascular Care Unit* (CVCU) yang dipasang kateter vena sentral. Gelombang E diambil di ujung katup trikuspid dengan *pulsed wave spectral doppler* sedangkan gelombang Ea diambil dari anulus katup trikuspid dengan *pulsed wave tissue doppler imaging* pada saat fase diastolik awal. Uji korelasi dilakukan untuk melihat korelasi rasio E/Ea dengan tekanan atrium kanan dari kateter vena sentral. Hasil regresi linear E/Ea akan dianalisa lagi dengan plot bland altman untuk menguji kesesuaian antara rasio E/Ea dengan metode invasif kateter untuk estimasi tekanan atrium kanan. Data diolah oleh SPSS 15.0

Hasil. Terdapat 50 data dari 16 sampel yang diteliti. Sebanyak 20 data diperoleh dari pengamat kedua untuk pengamatan interobserver. Didapatkan presisi yang baik inter dan intraobserver dengan ICC > 0,8. Terdapat korelasi yang baik antara rasio E/Ea dengan tekanan atrium kanan dengan $r = 0,728$ $p < 0,001$. Titik potong $E/Ea \geq 3,95$ dapat memprediksi nilai tekanan atrium kanan ≥ 10 mmHg (sensitivitas 73,1% dan spesifisitas 70,8% dan *positive predictive value* 73% dan *negative predictive value* 73,9%). Kesesuaian rasio E/Ea dengan pengukuran invasif hasilnya tidak begitu baik dengan *Intra-class Correlation* (ICC) 24% dan *percentage error* melebihi 30%. Berdasarkan dengan analisa kesesuaian ini tekanan atrium kanan yang diestimasi dengan rasio E/Ea mempunyai perbedaan $0,01 \pm 3,53$ mmHg.

Kesimpulan. Terdapat korelasi yang baik namun kesesuaian yang kurang baik antara pemeriksaan rasio E/Ea untuk estimasi tekanan atrium kanan.

(J Kardiologi Indones. 2010; 31:3-13.)

Kata kunci: Tekanan atrium kanan, rasio E/Ea, kateter vena sentral

Alamat korespondensi:

dr. Yasmina Hanifah, SpJP, Departemen Kardiologi dan Kedokteran Vaskular, FKUI, dan Pusat Jantung Nasional Harapan Kita, Jakarta.
E-mail: si_yasmina@yahoo.com

Salah satu penilaian hemodinamik yang sering diambil di ruang rawat intensif adalah tekanan atrium kanan atau tekanan vena sentral. Data tekanan atrium kanan dapat membantu pemberian terapi yang sesuai.¹ Pengukuran tekanan atrium kanan secara invasif dikerjakan dengan pemasangan kateter yang dihubungkan langsung ke

atrium kanan. Namun penilaian tekanan atrium kanan bisa juga dilakukan secara non invasif ekokardiografi dengan keunggulan dapat dilakukan *bedside* dan berulang-ulang dengan mudah tanpa rasa sakit.^{2,3,4} Di Pusat Jantung Nasional Harapan Kita (PJNHK), pasien yang dirawat di ruang rawat intensif atau *intermediate* sebagian besar adalah pasien yang mengalami gagal jantung yang seringkali memerlukan pengukuran tekanan di atrium kanan terutama untuk pemberian terapi cairan dan pemberian inotropik. Selain itu pengukuran tekanan di atrium kanan juga penting karena perhitungan parameter hemodinamik lain secara non invasif seperti tekanan di a. pulmonal (sistolik dan diastolik/*wedge*) dan resistensi vaskular sistemik membutuhkan estimasi tekanan atrium kanan.⁵

Pengukuran tekanan atrium kanan dengan cara non invasif yang selama ini dilakukan di PJNHK secara *bedside* adalah dengan mengukur diameter dan kolapsnya vena cava inferior (VCI). Walaupun sensitivitas dan spesifisitasnya cukup baik tetapi terdapat beberapa kelemahan pada metode pengukuran itu di antaranya VCI yang dilatasi belum tentu menandakan tekanan atrium kanan yang tinggi terutama pada pasien dengan ventilator, pengambilan sudut yang tidak tegak lurus dapat menyebabkan estimasi tekanan atrium kanan yang berlebihan, pandangan *subcostae* tidak jelas, dan nilai yang tidak akurat bila ukuran dianggap normal namun tidak ada kolaps.^{5,6,7}

Pengukuran tekanan atrium kanan dapat juga dikerjakan dengan memakai Doppler, salah satunya dengan rasio E/Ea katup trikuspid. Pengukuran ini cukup mudah dilakukan dan sangat membantu apabila pengukuran tekanan atrium kanan dengan pengukuran VCI sulit. Sayangnya penelitian ini belum banyak dikerjakan dan memakai subyek yang berlainan serta hasil yang tidak konsisten.^{8,9,10} Oleh karena itu, rasio E/Ea masih perlu diuji terutama pada populasi yang memang sering membutuhkan data tekanan atrium kanan seperti pasien – pasien yang dirawat di ruang intensif seperti di CVCU atau *intermediate ward* (IW). Penelitian ini bertujuan mengetahui korelasi dan kesesuaian antara penilaian ekokardiografi rasio E/Ea dengan kateter tekanan vena sentral dalam pengukuran tekanan atrium kanan.

Metodologi

Penelitian ini merupakan uji diagnostik dengan desain potong lintang yang dilakukan di Departemen

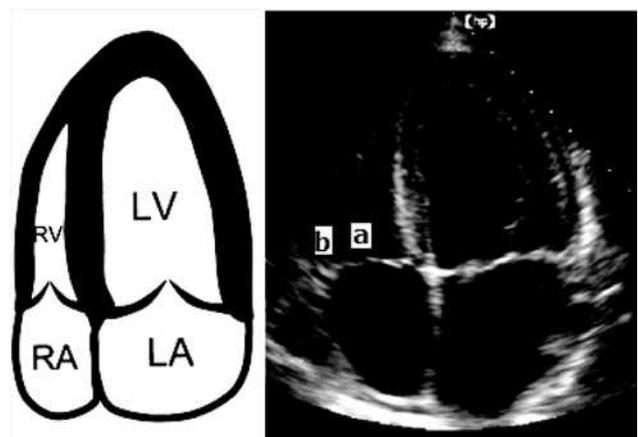
Kardiologi dan Kedokteran Vaskular Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, CVCU Pusat Jantung Nasional Harapan Kita, Jakarta, pada September sampai dengan November 2009.

Subyek penelitian

Populasi terjangkau penelitian ini adalah pasien yang dirawat di CVCU yang dilakukan pemasangan kateter vena sentral. Pemilihan subyek dilakukan secara *convenient sampling*. Variabilitas pasien tidak mempengaruhi penelitian karena perbandingan penilaian dilakukan terhadap pasien yang sama dalam beda waktu yang relatif singkat. Subyek dengan regurgitasi trikuspid sedang-berat, kalsifikasi berat di katup trikuspid, prostesa katup trikuspid, irama non sinus dan total AV block dieksklusi.

Pemeriksaan ekokardiografi

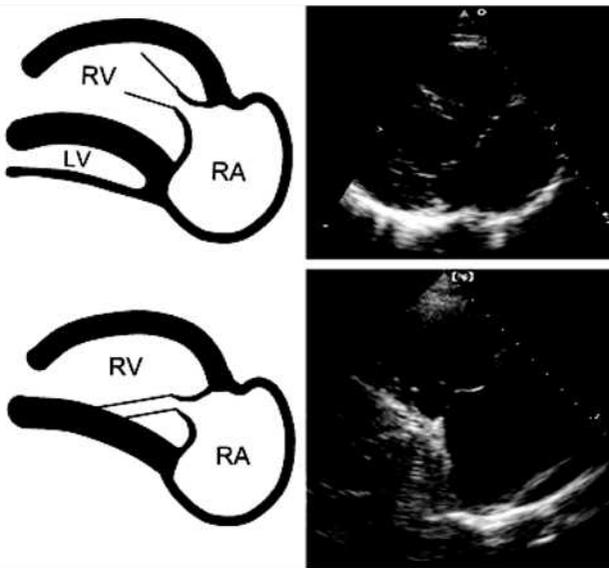
Pemeriksaan ekokardiografi dilakukan menggunakan mesin Sonos 5500. Pengukuran gelombang E dilakukan pada potongan *apical 4 chamber* (Gambar 1), atau *parasternal long axis* (Gambar 2) dengan meletakkan *sample volume* pada ujung katup trikuspid (*inflow* dari katup trikuspid).^{11,12} Modus *pulsed wave* doppler digunakan sehingga terbentuk gelombang. Gelombang E menandakan pengisian awal pada fase diastol yang dicocokkan dengan fase awal diastol pada elektrokardi-



Gambar 1. Pandangan *Apical Four Chamber* untuk mengambil gelombang E dan Ea katup trikuspid. *Sample volume* diletakkan pada ujung katup trikuspid untuk gelombang E (a), dan pada anulus lateral katup trikuspid untuk gelombang Ea (b).¹¹

diogram yaitu sebelum gelombang P. Penilaian puncak kecepatan E ini akan diambil dari rerata 5 – 7 beat berturut – turut.¹³ Pengukuran gelombang Ea juga dilakukan pada potongan apikal 4 chamber dengan meletakkan sample volume di lateral anulus trikuspid. Penilaian puncak kecepatan Ea akan diambil dari rerata 5 – 7 beat berturut – turut.^{8,9,13}

Untuk menilai aliran masuk (*inflow*) trikuspid, beberapa pandangan ekokardiografi dapat diambil diantaranya pandangan parasternal dan *apical 4 chamber*.^{11,12}



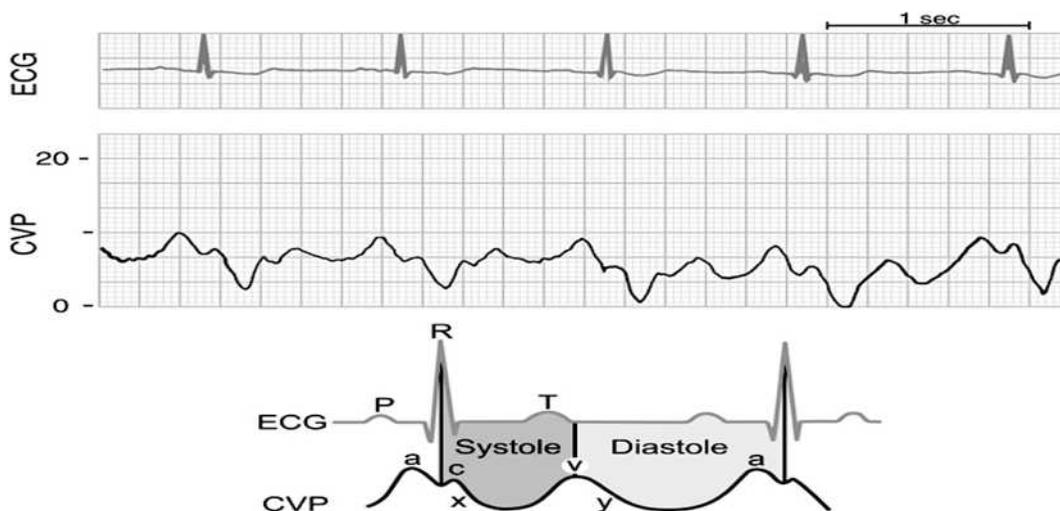
Gambar 2. Pandangan Parasternal long axis untuk menilai aliran masuk trikuspid.¹²

Pembacaan rekaman ekokardiografi dilakukan oleh 2 orang pengamat dan dilakukan analisis variasi inter-observer untuk evaluasi kesesuaian antara keduanya. Setiap pengukuran pada rekaman ekokardiografi dilakukan 2 kali lalu dilakukan penilaian reliabilitas intraobserver. Kedua hasil tersebut juga akan dievaluasi nilai korelasinya atau *mean percent error*. Uji ICC dipakai untuk mengukur variabilitas data. Dengan memastikan nilai reliabilitas inter dan intraobserver yang baik, diharapkan bias dari pihak peneliti akan diminimalisir. Bias dari pihak instrumen berada di luar kendali peneliti.

Pengukuran tekanan atrium kanan dengan kateter vena sentral

Pengukuran tekanan vena sentral dilakukan oleh perawat terlatih di unit CVC. Kateter vena sentral yang digunakan adalah Cavavix 257, Arrow triple/double lumen 7F, Edwards Lifesciences 7F. Untuk memastikan ujung kateter sudah berada di atrium kanan dilakukan pemeriksaan rontgen toraks atau bila kateter melalui vena femoral maka dilakukan pemeriksaan secara ekokardiografi untuk memastikan bahwa ujung kateter telah melewati vena cava inferior dan masuk ke atrium kanan. Kateter vena sentral menggunakan jalur vena subklavia, jugularis, atau femoral dihubungkan ke transduser dan ditampilkan di monitor Phillips Agilant.

Three way stopcock di tempatkan antara pasien dan transduser untuk *flushing* dan kalibrasi. Semua gelembung udara dikeluarkan dari sistem dengan



Gambar 3. Gelombang tekanan atrium kanan (gelombang a, c,v dan *descent* x dan y) dan hubungan temporal dengan EKG.

cara membuka *stopcock* ke udara luar dan *flushing* cairan saline ke kateter. *Stopcock* ditempatkan pada *level* katup trikuspid yaitu pada titik mid aksila sela iga ke empat. Monitor yang mendeteksi sinyal transduser lalu dikalibrasi. Terakhir *stopcock* diatur sehingga berhubungan dengan kateter di vena pasien. Angka CVP yang diambil adalah angka terendah pada saat ekspirasi. Sedapat mungkin diambil angka tekanan vena sentral pada saat respirasi yang tenang (tidak ada fase ekspirasi paksa). Apabila terdapat fase ekspirasi paksa peneliti mengambil rata – rata angka CVP dari tiga siklus pernapasan.^{14,15} Apabila gelombang vena sentral yang dihasilkan tidak baik maka hasilnya dieksklusi. Gelombang yang dihasilkan oleh tekanan atrium kanan dijabarkan pada gambar 3.

Analisa statistik

Uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk akan dilakukan terhadap data kontinu. Deskripsi data kontinu dengan sebaran normal menggunakan rerata \pm SD atau bila sebaran tidak normal menggunakan nilai tengah (nilai min-maks). Uji korelasi dengan menggunakan uji Spearman- rho bila sebaran tidak normal atau Pearson *correlation* bila sebaran normal dipakai untuk menentukan arah dan kekuatan hubungan antara E/Ea dengan tekanan atrium kanan. Regresi linier dipakai untuk membuat model perhitungan tekanan vena sentral ekokardiografi berdasarkan nilai E/Ea. Analisis ROC untuk menentukan titik potong rasio E/Ea dalam menentukan nilai tekanan vena sentral 10 atau lebih. Data continue dirubah menjadi data kategorikal untuk melihat *positive predictive value* dan *negative predictive value* untuk nilai titik potong. Nilai P bermakna jika $P < 0,05$.

Untuk melihat kesesuaian antara dua metode digunakan metode Bland-Altman. Pada analisa Bland Altman, dicari perbedaan nilai antara dua metode pengukuran pada subjek yang sama. Rerata perbedaan tersebut menjadi estimasi bias (*estimated bias/mean difference*) dengan *standard deviation* (SD) fluktuasi perbedaan sekitar bias tersebut. Batas kesesuaian/*limit of agreement* merupakan batas dengan titik \pm 1,96 SD. Bila nilai batas kesesuaian tidak bermakna secara klinis, maka pengukuran dengan metode baru dapat menggantikan metode lama. Untuk analisis Bland-Altman akan menghasilkan plot Bland-Altman dengan terdapat nilai perbedaan antar metode (aksis y) diplotkan terhadap rerata nilai – nilai kedua metode, yang dianggap nilai sebenarnya/true value (aksis

x). Dengan plot ini, kita dapat melihat hubungan antara perbedaan kedua pengukuran dengan nilai sebenarnya/true value yang diperiksa. Metode Bland Altman juga dapat menilai variabilitas interobserver dan repeatabilitas.^{16,17}

Definisi Operasional

1. Gelombang E adalah gelombang yang dihasilkan dari PW Doppler di inflow katup trikuspid yang menandakan pengisian cepat pada fase diastole.^{18,19}
2. Gelombang Ea adalah gelombang yang dihasilkan oleh tissue doppler imaging pada anulus lateral katup trikuspid yang menandakan fase pengisian cepat pada fase diastole.^{18,19}
3. Regurgitasi trikuspid sedang: area jet regurgitan 20-33% dari area atrium kanan. Regurgitasi berat bila area jet regurgitan $\geq 34\%$ area atrium kanan.²⁰
4. Total AV block : Tidak adanya konduksi pada nodus AV ditandai dengan atrium dan ventrikel yang berdenyut secara independen.²¹
5. Kurva tekanan vena sentral: kurva dari kateter vena sentral: menunjukkan gambaran gelombang a,c,v dan *descent x* dan *y* pada monitor.²²
6. *Fractional Area Change* : perubahan persentase ruang ventrikel yang merupakan kalkulasi dari area diastolik akhir (cm^2) – area sistolik akhir (cm^2)/ area diastolik akhir (cm^2). Area ini diambil dari 2D pandangan apical 4 chamber, pada ventrikel kanan saat diastolik dan sistolik.²³

Hasil

Terdapat 50 data yang diperoleh dari 16 pasien, dengan rerata pengambilan tiga hingga lima kali untuk satu pasien dengan jarak pengambilan antar data 12 sampai 24 jam. Jumlah 50 data ini didapat setelah peneliti mengeksklusi empat pasien karena kurva tekanan vena sentral dianggap tidak baik. Tabel 1 memperlihatkan karakteristik dasar data dan sampel penelitian. Sebagian besar pasien mempunyai fungsi ventrikel kiri rendah, namun fungsi ventrikel kanan masih cukup baik.

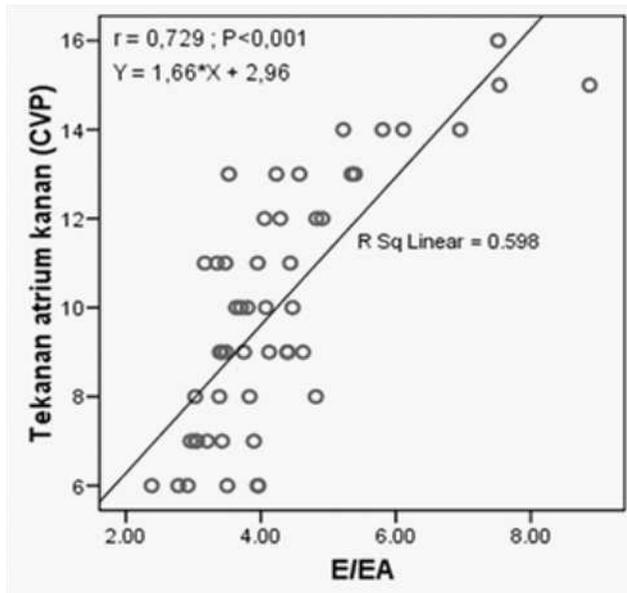
Korelasi antara dua metode dapat dilihat pada gambar 4. Dengan hasil $r = 0,729$; $p < 0,01$, pada rumus $y = 1.66 * E/Ea + 2,96$. Pada gambar 5, Plot Bland-Altman untuk kesesuaian nilai tekanan atrium kanan dengan ekokardiografi dengan tekanan atrium

kanan dari kateter vena sentral. Sedangkan penilaian kesesuaian antara dua metode dipaparkan di tabel 2.

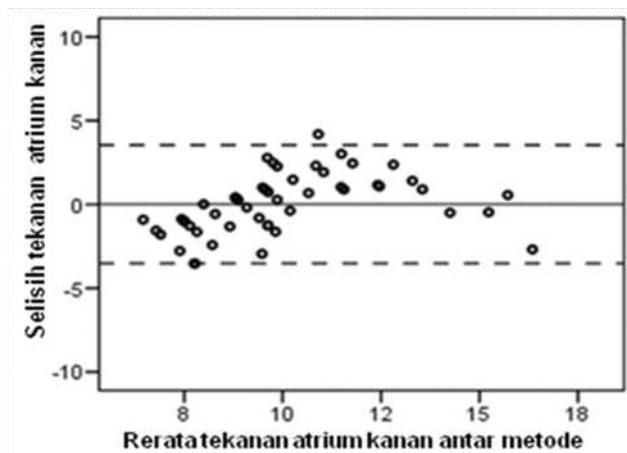
Gambar 6 adalah gambar kurva ROC yang didapatkan untuk titik potong rasio E/Ea > 3,95 memprediksi tekanan atrium kanan ≥ 10 mmHg. Dengan merubah data kontinue menjadi kategorikal untuk titik potong 3,95 didapatkan *positive predictive value* 73% dan *negative predictive value* 73,9%.

Untuk kesesuaian interobserver dan intraobser, sepuluh data dikerjakan oleh dua orang secara acak

sebagai perbedaan antara dua pengukuran dibagi oleh rerata. Sepuluh data untuk intraobserver diambil dari sampel yang berbeda untuk data interobserver. Sepuluh data juga diukur kembali oleh ahli ekokardiografi dari hasil rekaman yang diambil oleh peneliti dan dianalisa



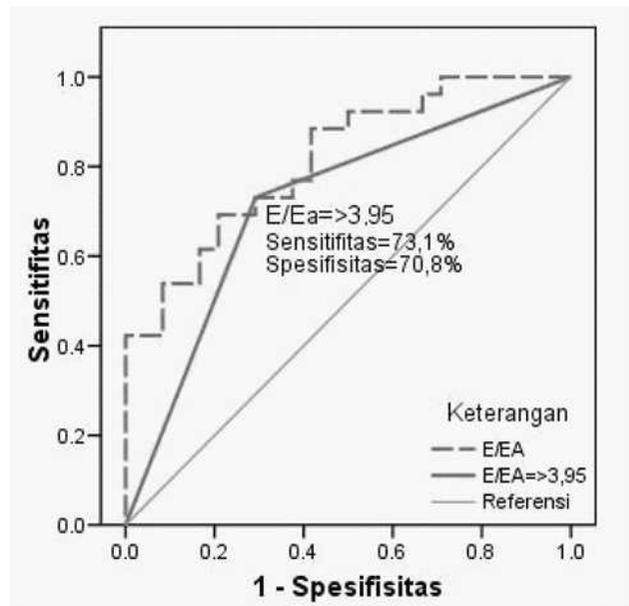
Gambar 4. Korelasi pengukuran tekanan atrium kanan rasio E/Ea dengan kateter vena sentral



Gambar 5. Plot Bland Altman untuk kesesuaian antara rasio E/Ea dengan pengukuran kateter tekanan vena sentral.

Tabel 1. Data dasar pasien (N = 16)

Variabel	Deskriptif
Usia	56,9 ± 12 tahun
Gender	
Laki – laki	13 pasien
Perempuan	3 pasien
Diagnosa	
Acute coronary syndrome	4 pasien
Acute decompensated pada chronic heart failure ec CAD	11 pasien
Acute decompensated heart failure pada chronic heart failure ec MR severe	1 pasien
On ventilator	6 pasien
PEEP ≤ 5	6 pasien
PEEP > 5	-
Fungsi ventrikel kanan (n = 16)	
Fractional Area Change	37,8 ± 7,4%
TAPSE	1,8 ± 0,4 cm
Fungsi ventrikel kiri (n = 16)	
Ejeksi fraksi (simpson)	33,1 ± 14,4%



Gambar 6. Kurva ROC menghasilkan titik potong rasio E/Ea 3,95 untuk memprediksi tekanan atrium ≥ 10 mmHg. Area dibawah kurva = 0,724 ; 95% CI 0,57 – 0,87.

untuk kesesuaian interobserver. Hasil analisa untuk intraobserver dan interobserver dipaparkan pada tabel 3.

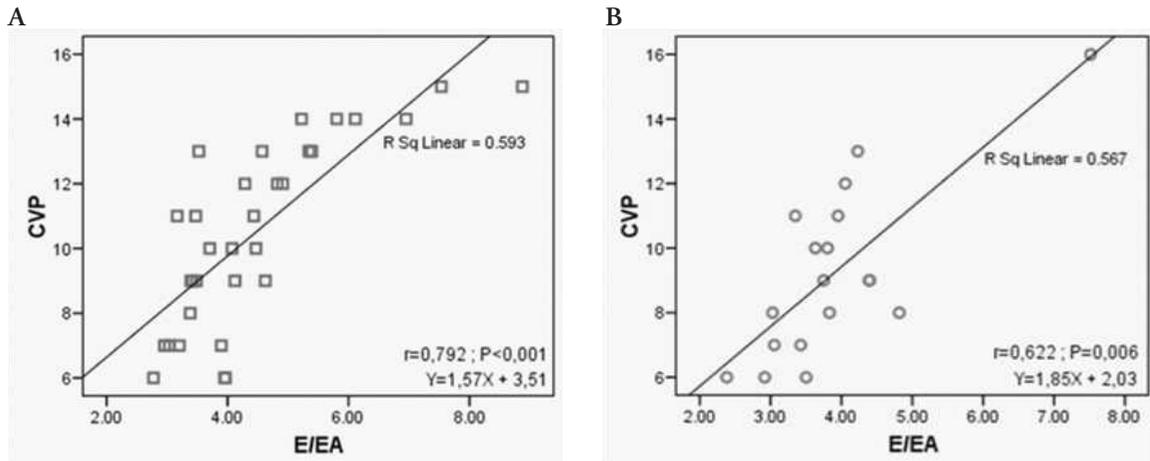
Delapan belas data didapatkan dari pasien dengan

ventilator sehingga peneliti bisa melakukan subanalisa korelasi dan kesesuaian antara data dengan dan tanpa ventilator. Gambar 7 menggambarkan korelasi antara rasio E/Ea dengan tekanan atrium kanan pada pasien

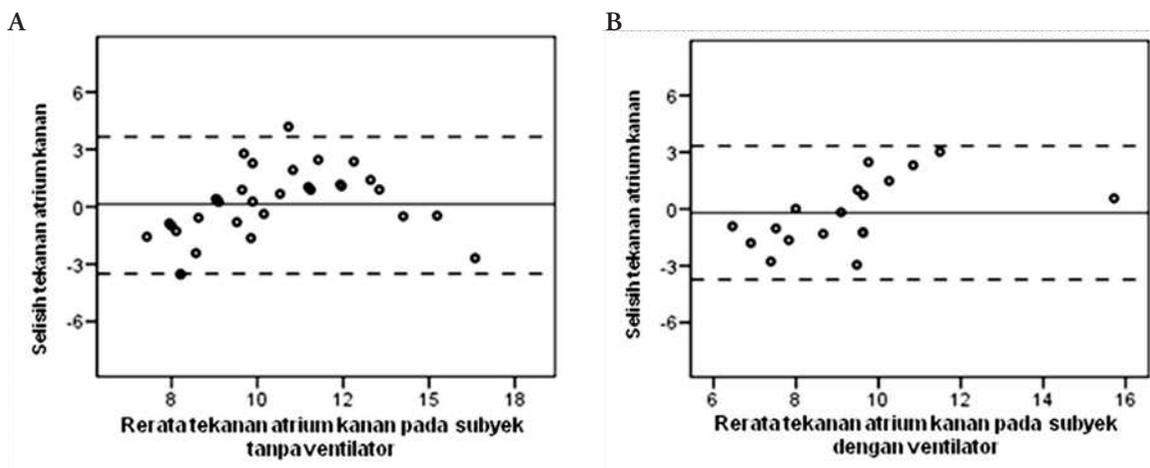
Tabel 2. Kesesuaian antar metode pemeriksaan (kateter vena sentral dan ekokardiografi oleh peneliti)

Variabel	N	% error	Nilai P	ICC (95% ICC)	RC	Mdiff	SDdiff	Limit of agreement	
								Mdiff - 1,96*SD (95%CI)	Mdiff + 1,96*SD (95%CI)
Tekanan atrium kanan	50	35.9	0.981	0,24 (-0,11 - 0,62)	3.53	0.01	1.8	-3.52 -4.23	-2.81 3.54 2.83 4.25

Keterangan: ICC = Intra-class correlation
 Nilai P diperoleh menggunakan uji paired t-test / wilcoxon test
 RC = Repeatability coefficient



Gambar 7. Korelasi rasio E/Ea dengan tekanan vena sentral pada pasien tanpa ventilator (A) dan dengan ventilator (B).



Gambar 8. (A) plot bland altman untuk data pasien tanpa ventilator dan (B) dengan ventilator.

Tabel 3. Kesesuaian antar intraobserver (n = 11) dan interobserver (n = 10)

Variabel	N	Nilai P	% error	ICC (95% ICC)	RC	Mdiff	SDdiff	Limit of agreement				
								Mdiff - 1,96*SD (95%CI)	Mdiff + 1,96*SD (95%CI)			
Intraobserver												
	11	0,229	15,3	0,94 (0,80 - 0,99)	0,67	0,15	0,34	-0,52	-0,65 : -0,38	0,82	0,68 : 0,95	
Interobserver												
Pengamat 2	10	0,307	22,7	0,97 (0,91 - 0,99)	1,14	0,19	0,58	-0,95	-1,18 : -0,72	1,33	1,10 : 1,56	
Konsulen	10	0,011	21,3	0,94 (0,22 - 0,99)	1,02	0,7	0,52	-0,32	-0,52 : -0,11	1,72	1,51 : 1,92	

Keterangan: ICC = Intra-class correlation
 Nilai P diperoleh menggunakan uji paired t-test / wilcoxon test
 RC = Repeatability coefficient

Tabel 4. Kesesuaian antar metode pemeriksaan (kateter vena sentral dan ekokardiografi oleh peneliti pada pasien dengan dan tanpa ventilator).

Tekanan atrium kanan	N	% error	Nilai P	ICC (95% ICC)	RC	Mdiff	SDdiff	Limit of agreement				
								Mdiff - 1,96*SD (95%CI)	Mdiff + 1,96*SD (95%CI)			
Penggunaan ventilator												
Dengan ventilator	18	38,7	0,557	0,21 (-0,13 - 0,63)	3,53	-0,2	1,8	-3,73	-4,44 : -3,02	3,33	2,62 : 4,04	
Tanpa ventilator	32	34,6	0,627	0,23 (-0,10 - 0,63)	3,53	0,13	1,8	-3,40	-4,11 : -2,69	3,66	2,95 : 4,37	

Keterangan: ICC = Intra-class correlation
 Nilai P diperoleh menggunakan uji paired t-test / wilcoxon test
 RC = Repeatability coefficient

tanpa dan dengan ventilator. Plot Bland Altman untuk kesesuaian pada pasien tanpa dan dengan ventilator dapat dilihat pada gambar 8.

Pada tabel 4 dapat dilihat hasil kesesuaian dari rasio E/Ea dan kateter vena sentral pada pasien tanpa dan dengan ventilator.

Diskusi

Pengukuran tekanan atrium kanan dengan menggunakan rasio E/Ea belum banyak dikerjakan seperti pada penelitian rasio E/Ea pada katup mitral untuk tekanan pengisian ventrikel kiri. Hanya ada tiga penelitian yang menilai korelasi dan kesesuaian rasio E/Ea katup trikuspid untuk tekanan atrium kanan. Penelitian yang dilakukan oleh Nagueh dan Sade menghasilkan korelasi yang baik rasio E/Ea untuk estimasi tekanan atrium kanan.^{8,9} Namun Michaux dkk

tidak menemukan korelasi antara rasio E/Ea dengan tekanan vena sentral.¹⁰

Penelitian ini dilakukan di CVCU, di mana hampir seluruh pasien mempunyai fungsi jantung yang menurun. Penelitian pada populasi ini belum pernah secara khusus diteliti untuk estimasi tekanan atrium kanan. Pada katup mitral penelitian rasio E/ea untuk penilaian pengisian ventrikel kiri mempunyai korelasi yang baik namun pada populasi gagal jantung dengan fraksi ejeksi yang rendah ternyata korelasinya lebih lemah.²⁴ Nagueh menemukan bahwa rasio E dan Ea ini mempunyai korelasi yang baik pada fungsi jantung kanan yang menurun atau normal dengan korelasi secara keseluruhan r = 0,75 dengan p<0,001.⁸ Sedangkan Sade menemukan bahwa korelasi rasio E/Ea dipengaruhi oleh fungsi jantung kanan. Korelasi lebih baik ditemukan pada fungsi ventrikel kanan kurang atau sama dengan 30% dengan r = 0,83 (p<0,001), sedangkan dengan fungsi ventrikel kanan

yang lebih baik korelasinya lebih rendah dengan $r = 0,59$ ($p < 0,001$).⁹ Pada penelitian ini tidak dapat disimpulkan bahwa rasio E/Ea ini dipengaruhi oleh fungsi ventrikel kanan karena hanya ada tiga pasien dengan FAC di bawah 30, sebagian besar pasien mempunyai fungsi ventrikel kanan yang masih baik sehingga tidak memungkinkan dilakukan analisa.

Populasi pada penelitian ini lebih menyerupai dengan penelitian Sade. Populasi pasien pada penelitian Sade adalah pasien pasca operasi yang dirawat di ruang rawat intensif sedangkan populasi pada penelitian Nagueh lebih tidak seragam dan tidak semuanya dirawat. Fungsi ventrikel kanan pada populasi penelitian Sade mempunyai rerata yang hampir sama dengan penelitian ini (penelitian Sade FAC rerata $36 \pm 12\%$, penelitian ini FAC $37,8 \pm 7,4\%$). Namun pada pasien pasca operasi bedah pintas arteri koroner korelasi menjadi sangat rendah $r = 0,42$. Salah satu penyebabnya adalah penurunan ekskursi anulus trikuspid yang bisa berlangsung hingga enam bulan pasca operasi.⁹

Peneliti menemukan korelasi rasio E/Ea dengan nilai $r = 0,728$ ($p < 0,001$). Dengan perhitungan regresi linear diperoleh persamaan $CVP = 1,66 * E/Ea + 2,99$. Persamaan garis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sade dimana hasil tekanan atrium kanan = berada dalam batas kesesuaian dalam plot Bland Altman, namun nilai ICC yang didapat rendah dan percentage error melebihi 30%. Hal ini disebabkan rentang nilai tekanan vena sentral yang sempit sehingga sedikit perubahan nilai tekanan vena sentral akan menyebabkan ICC turun dan *percentage error* meningkat signifikan. Pada penelitian ini rasio E/ea mempunyai perbedaan rerata (*mean difference*) untuk tekanan atrium kanan yaitu $0,01 + 3,54$ (Mdiff + 1,96 SD) dan $0,01 - 3,52$ (Mdiff -1,96 SD). Hasil penelitian ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Sade, bahkan lebih sempit dibandingkan dengan penelitian Nagueh yang mendapatkan hasil *mean difference* $0,3 \pm 3,7$. Yang lebih penting adalah sejauh mana batas perbedaan ini bisa bermakna secara klinis. Pada kepustakaan disebutkan perbedaan nilai tekanan atrium kanan yang bernilai normal, tinggi, dan rendah dapat sebesar 5 – 6 mmHg dengan nilai normal 5 – 12 mmHg.^{14,15,24} Dengan rentang nilai ini, perbedaan $0,01 \pm 3,53$ secara klinis akan sangat berpengaruh terhadap kesesuaian pengukuran tekanan atrium kanan.

Berdasarkan hasil analisis dengan ROC, diperoleh titik potong E/Ea $\geq 3,95$ untuk menentukan nilai CVP ≥ 10 mmHg dengan nilai sensitifitas sebesar 73,1%

dan spesifisitas sebesar 70,8% (area dibawah kurva = 0,724 ; 95% CI 0,57 – 0,87). Dengan merubah data kontinue menjadi kategorikal untuk titik potong 3,95 didapatkan *positive predictive value* 73% dan *negative predictive value* 73,9%. Hasil ini sedikit berbeda dengan penelitian sade yang menghasilkan sensitifitas sebesar 88% dan spesivisitas 84% untuk nilai E/Ea > 4 untuk tekanan atrium ≥ 10 . Hal ini mungkin disebabkan oleh besar sampel yang lebih banyak untuk penelitian Sade.⁹

Penelitian ini mendapatkan *repeatability* atau presisi yang cukup baik untuk penilaian tekanan atrium kanan. Variasi intraobserver dengan nilai *intraclass correlation* yang cukup baik dengan nilai 0,94. ICC yang bernilai lebih dari 0,8 dianggap cukup baik untuk penilaian variasi dua metode. Dari plot Bland altman juga didapatkan bahwa semua data dalam batas kesesuaian untuk variasi intraobserver. Penilaian reliabilitas untuk tekanan atrium kanan dengan pengamat kedua juga sangat baik dengan ICC lebih dari 0,8. Untuk validitas pengukuran peneliti, dilakukan pengukuran ulang oleh ahli ekokardiografi dengan nilai ICC mendekati satu.²⁵

Delapan belas data yang diambil dilakukan pada pasien dalam ventilator, Michaux menemukan bahwa rasio E/Ea tidak berkorelasi dengan tekanan atrium kanan pada pasien dengan pengaruh obat muscle relaxant dan dalam ventilator yang diberikan saat induksi untuk operasi bedah pintas arteri koroner.¹⁰ Pada penelitian ini tidak ada data yang didapat dari pasien yang mendapatkan *muscle relaxant*. Masih belum ada penjelasan yang pasti mengenai pengaruh muscle relaxant terhadap pengukuran dua metode ini. Penelitian yang dilakukan Sade dan Nagueh menemukan bahwa korelasi E/Ea masih baik pada keadaan pasien dalam ventilator maupun tidak, sejalan dengan yang peneliti dapatkan. Pada penelitian ini 98 % data berada dalam batas kesesuaian untuk pasien dalam ventilator dengan korelasi yang cukup baik dengan $r = 0,622$; $p < 0,006$.

Pemakaian ventilator sebenarnya mempengaruhi pengukuran dengan metode invasif. Pengaturan ventilator *positive end expiratory pressure* (PEEP) mempengaruhi tekanan transmural tekanan vena sentral sehingga pengukuran tekanan vena sentral secara invasif menjadi lebih tinggi daripada yang sebenarnya. Pada PEEP yang rendah pengaruh terhadap tekanan vena sentral minimal.¹⁴ Wang meneliti bahwa tekanan vena sentral meningkat seiring dengan peningkatan PEEP dan yang signifikan adalah bila PEEP di atas

15.²⁶ Subjek yang memakai ventilator pada penelitian ini semuanya memakai pengaturan PEEP yang rendah sehingga pengaruh PEEP pada pengukuran tekanan vena sentral dapat diabaikan. Namun sayangnya tidak ada penjelasan mengenai pengaturan ventilator pada penelitian sebelumnya sehingga masih dipertanyakan apakah ada kesesuaian rasio E/Ea dengan metode invasif dengan pasien memakai pengaturan PEEP tinggi.

Limitasi

Pengukuran tekanan vena sentral dan ekokardiografi yang tidak dilakukan secara simultan. Walaupun kecil kemungkinannya, perubahan hemodinamik dapat terjadi dalam interval waktu tersebut sehingga menghasilkan penilaian hemodinamik berbeda. Perbedaan akibat waktu ini dapat mengurangi korelasi atau kesesuaian antar metode.

Pemasangan kateter tekanan vena sentral dengan akses yang berbeda, walaupun dari referensi dikatakan sama saja tapi hal tersebut tidak menutup kemungkinan adanya pengaruh terhadap akurasi pengukuran tekanan atrium kanan dengan kateter vena sentral.

Kesimpulan

Terdapat korelasi yang baik antara rasio E/Ea yang diukur secara ekokardiografi dengan tekanan atrium kanan yang diukur langsung dengan kateter vena sentral.

Terdapat kesesuaian yang kurang baik antara rasio E/Ea dengan perbedaan 0,01+3,54 dan 0,01 – 3,52.

Titik potong E/Ea \geq 3,95 untuk estimasi tekanan atrium kanan \geq 10 mmHg dengan nilai sensitifitas sebesar 73,1% dan spesifisitas 70,8% (*positive predictive value* 73% dan *negative predictive value* 73,9%)

Daftar Pustaka

1. Beaulieu Y. Bedside echocardiography in the assessment of the critically ill. *Crit Care Med.* 2007; 35; 235 -9.
2. Beaulieu Y, Marik PE. Bedside Ultrasonography in the ICU. *Chest.* 2005;128: 881-95.
3. Non-invasive quantitation of cardiac hemodynamics with Echocardiography and Doppler ultrasound. *Archivos de Cardiologia de Mexico.* 2004; 74 (Supl. 2): S230-3.
4. Oren-Grinberg A, Lerner AB, Talmor D. Echocardiography in the Intensive Care Unit. In: Irwin RS, Rippe JM, Lisbon A, Heard SO, eds. *Procedures, Techniques, and Minimally Invasive Monitoring in Intensive Care Medicine.* USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2008: 324.
5. Kwan S, Abbas A, Khanderia B. Echocardiographic Assessment of Right Heart Hemodynamic Parameters. *Journal of the American Society of Echocardiography.* 2007; 20: 773-82.
6. Brennan JM, Blair J, Gooneawrdena S, Ronan A, Shah D, Kirkpatrick J, dkk. Reappraisal of the Use of Inferior Vena Cava for Estimating Right Atrial Pressure. *Am Soc Echocardiogr.* 2007; 20: 857 – 61.
7. Jue J, Schiller CW. Does Inferior Vena Cava Size Predict Right Atrial Pressures in Patients Receiving Mechanical Ventilator? *J Am Soc Echocardiogr.* 1992; 5: 613 – 9.
8. Nagueh MF, Kopelen HA, Zoghbi W. Estimation of mean Right Atrial Pressure Using Tissue Doppler Imaging. *Am J Cardiol.* 1999; 84: 1448 -50.
9. Sade L, Gulmez O, Sezgin A. Non invasive estimation of right ventricular filling pressure by ratio of early tricuspid inflow to annular diastolic velocity in patients with and without recent cardiac surgery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007; 20: 982-8.
10. Michaux I, Miodrag Filipovic, Skarvan K. Accuracy of Tissue Doppler Estimation of the Right Atrial Pressure in Anesthetized, Paralyzed, and Mechanically Ventilated Patients. *Am J Cardiol.* 2006; 97: 1654–6.
11. Feigenbaum H. the Echocardiographic Examination. In: Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T. *Feigenbaum's Echocardiography.* 6th ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2005 : 112-6.
12. Oh JK. Transthoracic Examination. In : *Echo Manual.* 3rd ed. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ eds. USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006: 8 - 15.
13. Zoghbi W, Habib G, Quinones M. Doppler Assesment of Right Ventricular Fillin in a normal population comparison with Left ventricular filling Dynamics. *Circulation.* 1990; 82; 1316-24
14. Madger S. Invasive Intravascular Hemodynamic Monitoring: Technical Issues. *Crit Care Clin.* 2007;23: 401–41.
15. Madger S. How to use central venous pressure measurements. *Curr Opin Crit Care.* 2005;11: 264-70.
16. Brazdionyte J, Macas A. Bland Altman analysis as an alternative approach for statistical evaluation of agreement between two methods for measuring hemodynamics during acute myocardial infarction. *Medicina (Kaunas)* 2007; 43: 208-14.
17. Bland JM, Altman DG. Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2003; 22: 85–93
18. Oh JK. Diastolic Dysfunction. In : *Echo Manual.* 3rd ed. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ eds. USA: Lippincott Williams & Wilkins. 2006: 124 – 5.
19. Feigenbaum H. Evaluation of systolic and diastolic LV function. In: Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T. *Feigenbaum's*

- Echocardiography. 6th ed. USA: Lipincot Williams & Wilkins. 2005 : 169 - 74.
20. Hannoush H, Fawzy ME, Stefadouros M, Moursi M, Chaudhary MA, Dunn B. Regression of significant tricuspid regurgitation after mitral balloon valvotomy for severe mitral stenosis. *Am Heart J.* 2004; 148: 865-70.
 21. ACC/AHA/HRS 2008 Guidelines for Device-Based Therapy of Cardiac Rhythm Surgeons With the American Association for Thoracic Surgery and Society of Thoracic Cardiac Pacemakers and Antiarrhythmia Devices) Developed in Collaboration Revise the ACC/AHA/NASPE 2002 Guideline Update for Implantation of Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2008; 51: 1-62.
 22. Barbeito A, Mark JB. Arterial and Central Venous Pressure Monitoring. *Anesthesiology Clin.* 2006; 24: 717-35.
 23. Horton KD, Hill JC. Assessment of the Right Ventricle by Echocardiography: A Primer for Cardiac Sonographers. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009; 22: 777-9.
 24. Adams B, Lyon ML, DeFlorio P. Central Venous Catheterization and Central Venous Pressure Monitoring. In : Roberts JR, Hedges JR. Roberts: Clinical Procedures in Emergency Medicine. 5th ed. Philadelphia: Elsevier; 2009. www.MDconsult.com
 25. Guron CW, Bech-Hanssen O, Wikh R, Rosengren A, Hartford M, Caidahl K. The E/e filling index and right ventricular pressure in relation to applied international Doppler recommendations of left ventricular filling assessment. *Eur J Echocardiography.* 2005; 6: 419-28.
 26. Wang B. Effect of posture and positive end expiratory pressure on central venous pressure in patients with mechanical ventilation. *Chinese critical care Med.* 2007; 19: 104-6.