

# Kalp Debisi Tayininde Elektriksel Biyoimpedans İle Fick ve Termodilüsyon Yöntemleri Arasındaki Korelasyon

## THE CORRELATION AMONG FICK, THERMODILUTION AND ELECTRICAL BIOIMPEDANCE FOR CARDIAC OUTPUT DETERMINATION

Oğuz CAYMAZ\*, Alı OTO\*\*

\* Yrd.Doç.Dr.,Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji AD, İSTANBUL

\*\* Prof.Dr.,Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji AD, ANKARA

### Özet

Torasik elektriksel biyoimpedans (EBİ) kalp debisi ölçümünde girişimsel olmayan yeni bir yöntemdir. Bu çalışmada Fick (F) ve termodilüsyon (TD) yöntemleri ile eş zamanlı ölçümler yapılarak üç yöntemin birbiriyle olan korelasyonları araştırılmıştır. Çalışmaya alınan 17 hastada (10 E, 7 K; ortalama yaş 32.7±5.3 yıl) toplam 73 F, 89 TD ve EBİ eş zamanlı ölçümü yapılmıştır. En iyi korelasyon 0.78 ile EBİ ve F yöntemleri arasında bulunmuştur. EBİ ve TD ile TD ve F yöntemleri arasındaki korelasyon orta derecede ve pozitif yöndedir (sırası ile 0.55 ve 0.61). Her üç korelasyon da istatistiksel olarak anlamlıdır (sırası ile  $p<0.0001$ ,  $p<0.0001$ ,  $p<0.005$ ). F ve TD ölçümleri arasındaki fark (sırası ile  $6.12±1.30$  L/dk,  $5.78±1.30$  L/dk) istatistiksel olarak anlamsız ( $p>0.05$ ), F ve EBİ (sırası ile  $6.12±1.30$  L/dk,  $5.29±1.15$  L/dk) ile TD ve EBİ (sırası ile  $5.78±1.30$  L/dk,  $5.29±1.15$  L/dk) ölçümleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (sırası ile  $p<0.0001$ ,  $p<0.0005$ ) bulunmuştur. Yöntemlerin yinelenebilirliğinin göstergesi olan hasta içi değişkenlik katsayısı TD için (% 3.97) EBİ'den (%7.9) daha düşük bulunmuştur. Hastalar arasındaki değişkenlik katsayısı TD ve EBİ için benzer (%37, %35.4 sırası ile); F yöntemi ise her ikisinden düşüktür (%21). Sonuç olarak, EBİ yöntemi yinelenebilir sonuçlar vermesine karşın TD ile korelasyonu beklendiği ölçüde kuvvetli değildir ve iki yöntemin sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. EBİ'nin yaygın kullanıma geçebilmesi için tekniği ile ilgili iyileştirmelere gereksinim vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalp debi tayini, Fick, Termodilüsyon, Elektriksel biyoimpedans

T Klin Kardiyoloji 1999, 12:50-54

**Geliş Tarihi:** 09.10.1998

**Yazışma Adresi:** Dr. Oğuz CAYMAZ

Atıf Bey Sok. Gökdeniz Sitesi  
G Blok D.No:27  
Koşuyolu. İSTANBUL

### Summary

Thoracic electrical bioimpedance (EBI) is a new non-invasive method for cardiac output estimation. We aimed to find the correlation among EBI, thermodilution (TD) and Fick (F) methods of cardiac output determination by simultaneous measurements. There were 17 patients (10 M, 7 female; mean age 32.7±5.3 years) of whom 23 F, 89 pairs of TD and EBI measurements were obtained. The correlation between EBI and F was ( $r:0.78;p<0.0001$ ); EBI and TD was ( $r:0.55;p<0.0001$ ); TD and F was ( $r:0.61;p<0.005$ ). The paired Student's t test demonstrated that while differences between F and TD were not significant ( $p>0.05$ ), they were statistically significant between F vs. EBI ( $p<0.0001$ ) and TD vs. EBI ( $p<0.0005$ ). The coefficients of variation within the same patient for EBI and TD were found to be low (%3.97 and %7.9, respectively); the same parameter between patients were similar for TD and EBI (%37 and %35.4, respectively) but higher than F method (%21). In conclusion, we found that although EBI method for cardiac output estimation gave repeatable results within the same patient, EBI results were significantly different with TD method with a moderate degree of positive correlation. It seems that there need to be a refinement in the technique of EBI before it can be widely used.

**Key Words:** Cardiac output determination, Fick, Thermodilution, Electrical bioimpedance

T Klin J Cardiol 1999, 12:50-54

Torasik elektriksel biyoimpedans (EBİ) kalp debisi ölçümünde 1966'dan beri uygulanan ve son yıllarda yeniden güncellenen bir yöntemdir. Teknolojik ilerlemeler ve yeni matematiksel denklem yöntemin güvenilirliğini artırmıştır (1-3). EBİ

yöntemi girişimsel olmaması nedeniyle uygulanması kolay ve sürekli ölçüm sağlayabilen bir yöntemdir. Ancak kalp debisi ölçümünde altın standart olan termodilüsyon (TD) ve Fick (F) yöntemleri ile korelasyonunun gösterilmesi gereklidir.

Çalışmanın amacı her üç yöntemi aynı deneklerde çş zamanlı uygulayarak aralarındaki korelasyonu araştırmaktır.

### Materyel ve Metod

Çalışmaya Hacettepe Ün. Tıp Fak. Kardiyoloji bölümünde izlenen ve değişik nedenlerle kalp kateterizasyonu planlanan hastalar arasından ardışık 17 tanesi (10 erkek,7 kadın) alındı. Yaş ortalamaları 32.7i5.3 yıl (18-60 yıl) idi. Hastaların klinik özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Hastalardan 4 tanesine mitral darlığı nedeniyle mitral balon valvuloplasti yapılmıştır.İki hastanın pulmoner darlığı vardı.Bir hastaya pulmoner darlık nedeniyle balon valvuloplasti uygulanmıştır. Sözü edilen 5 hasta için işlem öncesi ve sonrası ölçümler ayrı veriler olarak sınıflanmıştır. Böylece toplam 23 tane ölçüm elde edilmiştir.Pulmoner darlığı olan hastaya valvuloplasti ve diyagnostik kateterizasyon iki ayrı seansta yapılmış ve tanısıl işlem sırasındaki değerler de ayrı ölçüm olarak kabul edilmiştir.

Hastalardan yedisinin koroner arter hastalığı , yedisinin romatizmal kapak hastalığı (birinde aort darlığı, altısında mitral darlığı), ikisinin pulmoner darlığı, birinin de primer pulmoner hipertansiyonu vardı. Atriyal fibrilasyon, aort ve triküspit yetmezliği, kalıcı kalp pili olanlar çalışma dışı bırakıldı.

EBİ yöntemi NCCOM-3 (Cardiovascular monitör ,Bomed medical manufacturing Ltd. CA.) cihazı kullanılarak daha önce tanımlanan yöntemle yapılmıştır (2). TD sırasında 10 sn süre ile ölçüm yapılmış ve ortalaması kaydedilmiştir. Her TD değeri için eşzamanlı bir EBİ değeri alınmıştır. EBİ yöntemi toraksın elektriksel impedansmm toraks içindeki kanın (başlıca aorta içindeki kanın) impedansma paralel olduğu varsayımından yola çıkarak göğüs duvarına yerleştirilen elektrodla uygulanan 50-100 kHz sinüzoidal akımın torakstan geçerken uğradığı değişimi kontrilateral elektrodla aracılığı ile ölçülmesi ve impedansm hesaplanması esasına dayanır. Bu amaçla göğüs yan duvarına ve boynun her iki tarafına ikişer, toplam 8 elektrod yerleştirilir. Bir taraftaki elektrodlardan akım uygulanırken

diğer taraftaki elektrodla aracılığı ile voltaj ölçümü yapılır. NCCOM-3 aygıtı impedans hesaplamalarını ve kalp debisi ölçümlerini otomatik olarak verir. TD yöntemi için femoral ven yoluyla Swan Ganz kateteri (Swan Ganz flow directed thermodilution catheter, American Edwards Lab. PR) pulmoner arter proksimaline yerleştirilip heparinli sıvı ile yıkandıktan sonra oda sıcaklığındaki 10 ml %5 dekstroz ekspirasyon sonunda hızla kateterden enjekte edilerek kalp debisi bilgisayardan ölçülmüştür (Gobuplast Starcom , Model SP1465, Cardiac Output Monitor,Spectramed Inc., CA). Her bir işlem her hasta için 5 dk. ara ile dörder kez yinelenmiştir (üç hastada üçer kez). İşlemler sırasında kalp hızı ve kan basıncı değerleri gözlenmiş ve aşırı değerler varken ölçümden kaçınılmıştır. Her ölçüm sonrası sistemik arterden kan örneği alınarak oksimetre ile oksijen saturasyonları ölçülmüştür (Unistat,American Optical Inc., USA). Fick yöntemi ile kalp debisi hesaplanırken oksijen tüketimi vücut yüzeyi, kalp hızı, yaş ve cinse göre hazırlanmış nomogramlardan yararlanılarak indirekt olarak elde edilmiştir (4).

Sonuç olarak her hasta için dörder TD ve EBİ ve birer F değeri elde edilmiştir. Hastalardan 3'ünde 4 yerine 3'er ölçüm alınabilmiştir. Böylece 23 F, 89 TD ve EBİ değeri elde edilmiştir.

İstatistik değerlendirmeler Instat paket programı ile yapılmıştır. Tekrarlanmış veriler için ANOVA ile hem TD hem de EBİ ile yapılan 4 ölçüm arasında fark bulunmadığı için TD ve EBİ değerlerinin ortalamaları alınarak F yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Üç yöntem arasında korelasyon hesaplanmış ve eş veriler için students' t testi ile yöntemler arasındaki farkın anlamlılığı bulunmuştur. Ayrıca TD ve EBİ için yöntemlerin tekrarlanabilirliğini göstermek üzere hastalar arası ve hasta içi değişkenlik katsayısı hesaplanmıştır. Hasta içi değişkenlik katsayısı %5'in altında ise anlamlı kabul edilmiştir (5).

### Bulgular

En iyi korelasyon 0.78 ile EBİ ve F yöntemleri arasında bulunmuştur (Tablo 2). EBİ ve TD ile TD ve F yöntemleri arasındaki korelasyon orta derecede ve pozitif yöndedir (sırası ile 0.55 ve 0.61). Her üç korelasyon da istatistiksel olarak anlamlıdır (sırası ile pO.0001, pO.0001, p<0.005).

**Tablo 1.** Çalışma hastaları ve ölçüm değerleri

	Yaş	Cins	Tanı	F	TD*	EBİ*
1	50	E	KAH	5.8	6.05	5.8
2	52	E	KAH	7.3	5.57	5.15
3	52	E	AD	3	2.02	2.32
4	25	K	PPH	7.1	6.02	5.97
5	35	K	MD	6.2	6.5	4.13
6	30	E	KAH	7	6.45	6.97
7	43	K	MD	4.5	5.6	4.87
8	43	K	MD	6.3	6.72	6.45
9	40	E	KAH	7.2	7.07	5.37
10	45	E	KAH	7.1	6.27	5.82
11	30	K	MD	4.1	4.2	4.36
12	30	K	MD	4.6	4.1	3.97
13	46	E	KAH	6.7	6.25	5.42
14	26	E	PD	8	6	6.12
15	26	E	PD	4.7	7.5	4.25
16	26	E	PD	6.3	7.4	4.9
17	34	K	MD	6.2	5.02	4.8
18	34	K	MD	8.1	6.77	6.52
19	25	E	MD	5.6	4.72	5.82
20	60	E	KAH	5.8	5.42	4.75
21	19	K	MD	6.7	5.46	5.66
22	19	K	MD	5.3	5.15	4.45
23	18	E	PD	7.2	6.37	7.25
Ortiss	32.7±5.3			6.12±1.29	5.78±1.30	5.29±1.15

E:erkek, K:kadın, MD:mitral darlığı, AD:aort darlığı, PD:pulmoner darlık, PPH:primer pulmoner hipertansiyon, KAIT:koroner arter hastalığı. F:Fick, TD:termodilüsyon, EBİ:elektriksel biyopedans, ss:standart sapma. \*Ardışık ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Üç yöntemle elde edilen kalp debisi sonuçları arasındaki fark Tablo 3'te gösterilmiştir. F ve TD ölçümleri arasındaki fark (sırası ile 6.12±1.30, 5.78±1.30) istatistiksel olarak anlamsız ( $p>0.05$ ), F ve EBİ (sırası ile 6.12 ±1.30, 5.29±1.15) ile TD ve EBİ (sırası ile 5.78±1.30, 5.29±1.15) ölçümleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (sırası ile  $p<0.0001$ ,  $p<0.0005$ ) bulunmuştur.

Her bir yöntemin (TD ve EBİ) hastalar arasında ve hastalar içinde tekrarlanabilirliği ve değişkenliği Tablo 4'te gösterilmiştir. TD yönteminin hasta içi değişkenlik katsayısı (% 3.97) EBİ yöntemininkinden (%7.9) daha düşük bulunmuştur. Hastalar arasındaki değişkenlik katsayısı TD ve EBİ için benzer (%37, %35.4 sırası ile); F yöntemi ise her ikisinden düşük (%21) bulunmuştur.

### Tartışma

Kalp debisi ölçümü değişik hasta gruplarında

tam koymada, ve tedaviyi yönlendirmede önem taşır. (4) Girişimsel olmayan ve sürekli ölçüm yapmaya olanak sağlayan bir yöntem olarak EBİ son yıllarda giderek artan oranlarda kullanılmaktadır (3). Ancak yöntem günlük uygulamada başlıca üç nedenle yaygın kabul görmemektedir. Bunlardan birincisi yöntemin matematik formülasyonundaki değişkenliktir. Sramek-Bernstein ve Kubicek formülleri ile diğer kalp debisi tayin yöntemleri arasında önemli korelasyonlar gösterilmesine rağmen sonuçlar arasında oldukça geniş bir dispersiyon vardır ve bu halen giderilememiştir (3,6-11). 1986'dan bu yana yaygın olarak Sramek-Bernstein formülü kullanılmaktadır. İkinci neden yöntemin hasta grupları ile ilgili kısıtlılığıdır. Disritmi, sepsis, akciğer ödemi, göğüs içinde metal cisim varlığı (pil, elektrod, sternal tel dikişler), aort yetmezliği

**Tablo 2.** Yöntemler arasındaki korelasyon

	r	n	P
EBİ&TD	0.55	89	0.0001
EBİ&F	0.78	23	<0.0001
TD&F	0.61	23	0.0005

r: korelasyon katsayısı, Diğer kısaltmalar Tablo 1 gibi

**Tablo 3.** Yöntemler arasındaki fark

	n	t	P
TD&F	23	1.807	>0.05
EBİ&F	23	5.096	<0.0001
TD&EBİ	89	3.952	<0.0005

\*eş veriler için students' t testi ile

**Tablo 4.** Yöntemlerin hasta içi ve hastalararası değişkenliği

	ort.(l/dk)	Hastalar arası		Hasta içi	
		SD*	CV+	SD*	CV+
TD	5.78	2.14	37	0.23	3.97
EBİ	5.29	1.88	35.4	0.42	7.9
F	6.12	1.29	21	-	-

\*standart sapma, + varyasyon katsayısı (%)  
Diğer kısaltmalar Tablo-1 gibi.

gibi geniş bir hasta grubunda yöntem güvenilir değildir. Üçüncü neden ise şimdiye dek yapılan çalışmalarda altın standart olarak alınan yöntemlerle hem çok iyi korelasyon ve kesinlik (11-18); hem de kötü korelasyon ve kesinlik bildirilmiştir (8-10,19-23).

Çalışmamızda kullandığımız yöntemlerden F, dışarı solunan hava Douglas torbasında toplanarak örnekleme yapılmadığı için (bunun yerine standardize edilmiş tablolardan yararlanılmıştır) teorik olarak en az güvenilir olanıdır. Bu yöntemde hastaların bazal metabolizmayı sağlayacak tam istirahat şartlarında oldukları varsayılmıştır. Oysa kateter laboratuvarında, bazıları valvuloplasti gibi tedavi edici işlemleri içeren şartlar hasta üzerinde yarattığı anksiyete ile bazal şartlardan uzak olabilir. Bu nedenle de F kalp debisi sonuçları üç yöntem arasında en yüksek değerde bulunmuş olabilir (Tablo 1). Diğer iki ölçüm yöntemi aynı şartlarda (bazal ya da değil) ve aynı anda uygulandığı için sonuçların daha korele bulunması beklenmelidir.

Çalışmamızda her üç yöntemi birbiri ile istatistiksel olarak önemli korele bulduk. En kuvvetli korelasyon EBİ ve F arasında; en zayıf korelasyon EBİ ve TD arasında idi. Korelasyonlardan ilki kuvvetli ve pozitif yönde (0.78), ikincisi orta derecede ve pozitif yönde idi (0.55). Bulunan değerler şimdiye dek bildirilen korelasyon aralığı içinde olmakla birlikte (0.36-0.88) beklenen kuvvette olmaktan uzaktır. Yukarıda tartışıldığı gibi eş zamanlı ve aynı şartlarda ölçülen EBİ ve TD arasında en kuvvetli korelasyon bulunması beklenirdi.

Daha önemli olarak TD ve EBİ yöntemleri ile elde edilen eş zamanlı ölçümler arasında istatistiksel anlam taşıyan fark bulunmuştur ( $p < 0.0005$ ) (Tablo 3). F ve TD arasında ise fark yoktur ( $p > 0.05$ ). En kuvvetli korelasyonun saptandığı EBİ ve F için eş ölçümler arasında fark bulunmuştur ( $p < 0.0001$ ). Bu durumu EBİ ölçümlerinin F değerlerinden hep ve birbirine yakın oranda daha düşük değerler taşıması ile açıklayabiliriz.

TD ve EBİ yöntemlerinin her bir hasta için tekrarlanan ölçümlerdeki değişkenliğini gösteren ölçümlerin standart deviasyonu ve değişkenlik katsayısı sırası ile (0.23, %3.9) ve (0.42, %7.9) bulunmuştur (Tablo 4). Bu değerler yöntemlerin her birinin kendi içlerinde güvenilir ve istikrarlı olarak eş sonuçları verdiğini göstermektedir. Bu nedenle

EBİ ve TD ölçümlerinin ortalamaları alınarak F ile karşılaştırılmıştır. F yöntemi içsel kısıtlılığı nedeniyle tek sonuç vermiştir.

Yöntemlerin hastalar arasındaki değişkenliğini gösteren değişkenlik katsayısı ise F için en az (%21); TD ve EBİ için ise birbiri ile benzer ve yüksek bulunmuştur (sırası ile %37, %35).

Kalp debisi tayini için halen altın standart kabul edilen TD yönteminin yerine kullanılacak ve TD yönteminin taşıdığı kısıtlılıkları taşımayan yeni bir yöntem bulunması gereklidir. Çalışmamızda TD ile EBİ arasında elde edilen korelasyon katsayısının orta derecede olması ( $r: 0.55$ ); eş veriler için farkın ise anlamlı ( $p < 0.0005$ ) bulunması nedeniyle EBİ yönteminin henüz ideal olmaktan ve güvenle kullanılabilenle uzak olduğunu düşündürmektedir. EBİ'nin kısıtlılığının yöntemin matematik fonksiyonu ile, elektrik impedansma solunumun etkisi ile, elektriksel interferans yaratan metal, elektrod gibi dış etkenlerle ilgisi olabilir. Bu konularda daha çok çalışmaya gereksinim vardır.

#### Çalışmanın Kısıtlılıkları

Çalışmamızda F yöntemi için oksijen tüketimini göstermek üzere standart tablolar kullanılması en önemli kısıtlılık olarak görülmektedir. Gerçek oksijen tüketimi bulunabilse idi TD ile F arasındaki korelasyon artabilirdi. Zaten bu hali ile bile F ve TD ortalamaları arasında fark bulunmamıştır.

İkinci kısıtlılık hasta ve ölçüm sayısının az olmasıdır. F ile diğer yöntemleri 23 ölçümle karşılaştırdık. Ancak TD ve EBİ yöntemleri için eş zamanlı toplam 89 ölçüm karşılaştırılmıştır. Bu sayı literatürdeki çalışmalar arasında da başlarda gelen bir sırayı ifade etmektedir (3).

Hastaların rutin olarak sedatize edilmemesi F yöntemi için bir kısıtlılık taşıyabilir. Ayrıca ölçümler eş zamanlı da olsa hastaların hemodinamik parametreleri arasındaki farka bakılması ve eş hemodinamik durumların gözetilmesi yararlı olabilir. Yöntemler arasında yüksek ve düşük kalp debisi tayini için yanılma payı farklılıkları söz konusu olabilir (4).

#### Teşekkür

*İstatistik analizde yardımları için sayın Nura! Bekiroğlu'na; çalışmada gösterdikleri özveri için Anjiyografi Laboratuvarı elemanlarına teşekkür ederiz.*

## KAYNAKLAR

1. Sramek BB. Noninvasive technique for measurement of cardiac output by means of electrical bioimpedans. Proceedings of the fifth international conference on electrical bioimpedans. Tokyo, 1981: 39-42.
2. Bernstein DP. A new stroke volume equation for thoracic electrical bioimpedans:theory and rationale.Crit Care Med 1986; 14:904-7.
3. Woltjer HH, Bogaard HJ, de Vries PMJM. The technique of impedans cardiography. Eur Heart J 1997; 18:1396-1403.
4. Grossman W, Baim DS:Cardiac catheterization, angiography and intervention, Baltimore, Williams & Wilkins, 1996: 109.
5. Dawson-Saunders B, Trapp RG. Chapter-4: summarizing data. Basic and clinical biostatistics. Lange Medical Pub, Norwalk, Conn. 1990: 43-63.
6. Pickett BR. Buell JC. Validity of cardiac output measurement by computer-averaged impedans cardiography and comparison with simultaneous thermodilution determinations. Am J Cardiol 1992; 69:1354-58.
7. Woltjer HH, Bogaard HJ, Scheffer GJ, et al. Standardization of noninvasive impedance cardiography for assessment of stroke volume:comparison with thermodilution. Br J Anaesth 1996; 77:748-52.
8. Wong DH,Tremper KK, Stemmer DA, et al.Noninvasive cardiac output:Simultaneous comparison of two different methods with thermodilution. Anesthesiology 1990; 72:784-92.
9. Wally HWKT, Tsao Y, Breckenridge A M. Comparison and reproducibility of transthoracic bioimpedans and dual-beam Doppler ultrasound measurement of cardiac function in healthy volunteers. Br J Clin Pharmac 1991; 32:275-82.
- I O.Young .ID. McQuillan P. Comparison of thoracic electrical bioimpedance and thermodilution for the measurement of cardiac index in patients with severe sepsis. Br J Anaesth 1993; 70:58-62.
- II Shoemaker WC, Wo CCJ, Bishop MH. Multicenter trial of a new thoracic electrical bioimpedans device for cardiac output estimation. Crit Care Med 1994; 22:1907-12.
- 12.Hill DW, Thompson FD. The importance of blood resistivity in the measurement of cardiac output by the thoracic impedans method. Med Biol Eng Comp 1975; 3:187-90 (Abst.)
13. Gabriel S, Atterhög JH, Orö L, et al. Measurement of cardiac output by impedans cardiography in patients with myocardial infarction. Scand J Clin Lab Invest 1976; 36:29-34 (Abst.)
14. Ebert TJ, Eckberg DL, Vetrovec GM, et al. Impedans cardiograms reliably estimate beat by beat changes of left ventricular stroke volume in humans. Cardiovasc Res 1984; 18:354-60.
15. Muzi M, Ebert TJ, Tristani EE, et al. Determination of cardiac output using ensemble averaged impedans cardiograms. J Appl Physiol 1986; 58:200-5.
16. Koon-Kang T, Hetherington MD, Haennel RG et al. Cardiac output measured by impedans cardiography during maximal exercise tests. Cardiovasc Res 1985; 19:737-43.
17. Clancy TV, Norman K, Reynolds R et al. Cardiac output measurement in critical care patients: Thoracic electrical bioimpedans versus thermodilution. J Trauma 1991; 31:1116-21 (Abst.)
- 18.Perrino AC, Lippman A, Ariyan C et al. Intraoperative cardiac output monitoringxcomparison of electrical bioimpedans versus thermodilution. J Cardiothorac Vase Anesth 1994; 8:24-9 (Abst.)
19. Donovan K.D, Geoffrey J, Dobb GJ et al. Comparison of transthoracic electrical impedans and thermodilution methods for measuring cardiac output. Crit Care Med 1986; 14:1038-44.
20. Lamberts R, Visser KR, Zijlstra WG. Impedans cardiography. Assen, The Netherlands; Van Gorcum 1984; 127.
21. Thomas AN, Ryan J, Doran BRH et al. Bioimpedans versus thermodilution cardiac output measurement: the Bomed NCCOM-3 after coronary bypass surgery. Intens Care Med 1991;17:383-6.
22. Woo MA, Hamilton M, Steven L et al. Comparison of thermodilution and transthoracic electrical bioimpedans cardiac-outputs. Heart and Lung 1991; 20:357-62.
- 23.Sageman WC, Amundsson DE. Thoracic electrical bioimpedans measurement of cardiac output in postaortocoronary bypass patients. Crit Care Med 1993; 21:1139-42.