

Koroner Arter Hastalarında Egzersiz Tolerans Testi Sırasında Kardiyak Yanıtın Torasik Elektriksel Bioimpedans Yöntemi ile Değerlendirilmesi*

Dr. Orhan Veli Doğan, Dr. Atilla Keskin, Dr. Kemal Nazhel, Dr. Mete Hidroğlu, Dr. Murat Özeren, Dr. Ertan Yücel

SSK Ankara Hastanesi, Kalp Damar Cerrahisi, Ankara

Torasik elektriksel bioimpedans (TEB) kardiyak performansın ölçülmesinde noninvaziv olarak kullanılan, hastaya risk getirmeyen, minimal teknik donanıma ihtiyaç duyulan bir yöntemdir.

Bu amaçla yaşları 32 ile 56 arasında değişen (ortalama 47) 28'si erkek, 2'si kadın 30 normal birey ve koroner arter hastalığı daha önce angiografik olarak tespit edilmiş, yaşları 39 ile 67 arasında değişen (ortalama 52), 27'si erkek, 3'ü kadın 30 hastaya egzersiz tolerans testi (ETT) sırasında, TEB ile kardiyak performans ölçümleri yapıldı. ETT'de Bruce protokolü kullanılarak çalışmadaki sonuçlar stajelere göre ayrıldı. Kardiyak performansı değerlendirmek için sol kardiyak iş indeksi (LCWI), sistemik vasküler resistans, indeksi (SVRI), kardiyak indeks (CI), stroke indeks (SI), end diastolik indeks (EDI), ejeksiyon fraksiyonu (EF), torasik sıvı indeksi (TFI), kontraktilite (IC), akselerasyon indeksi (ACI) TEB yardımı ile elde edildi.

GKD Cer. Derg. 1995;3:4-7

Evaluation of Cardiac Response in Coronary Artery Patients with The Method of Thoracic Electrical Bioimpedance During The Exercise Tolerance Testing

Thoracic Electrical Bioimpedance (TEB) is a method for measuring cardiac performance which is non invasive, continuous, has minimal technical requirements, and no patient risk.

For this purpose, 28 male and 2 female ages ranged 32 to 56 (mean 47) normal individuals and 27 male and 3 female ages ranged 39 to 67 patients with coronary artery disease that was confirmed angiographically in their further investigations were taken to exercise tolerance testing (ETT) and TEB recordings was done during the testing. Bruce protocol was used during ETT and the results of study were classified as a stages.

In order to evaluate cardiac response, left cardiac work index (LCWI), systemic vascular index (SVRI), cardiac index (CI), stroke indeks (SI), end diastolik index (EDI), ejection fraction (EF), thoracic fluid index (TFC), indeks of contractility (IC), acceleration index (ACI) were obtained by using TEB.

* Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Derneği III. Ulusal Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur.

Torasik elektriksel bioimpedans (TEB) basit, noninvaziv olarak her kalp atımında kardiyovasküler performansın ölçülmesinde kullanılan bir yöntemdir. Torasik elektriksel bioimpedans ile kardiyak output ölçümleri 1966 yılından beri sağlıklı bireylerde kullanılmaktadır; ancak son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi ve hassas elektronik ölçümler yardımıyla bioimpedans tan yararlanarak kardiyovasküler performansın değerlendirilmesinde anlamlı sonuçlar elde edilmektedir^(1,2,10)

TEB, toraksın yüksek frekanslı, sabit, düşük akıma karşı gösterdiği direnci Ölçer. Toraks, mikroskopik düzeyde nonhomogen olmasına rağmen, volüm kondüktörü olarak davranmaktadır. Toraksın non-homogen olması içerisinde iletken plazma ve iletken olmayan alveollerdeki hava gibi yapıları içermesinden dolayıdır³. Toraks boyun kökü ile başlar ve diafragmada sona erer. Burada ölçümler segmental iki uç noktaya yerleştirilen elektrodlarla elde edilir. Elde edilen veriler bilgisayar yardımıyla Bernstein eşitliği kullanılarak kardiyak parametrelere dönüştürülür⁽⁴⁾.

Çalışmanın amacı, egzersiz tolerans testi sırasında koroner arter hastalarında ve normal bireylerde TEB yöntemi kullanarak kardiyak yanıtın kıyaslanmasıdır.

Materyal ve Metod

27'si erkek, 3'ü kadın, yaşları ortalama 52 (39-67) olan koroner arter hastalığı daha önceden angiografik olarak onaylanan 30 hasta ve 28'si erkek, 2'si kadın, yaşları ortalama 47 (32-56) olan 30 normal birey çalışmaya alındı. Çalışmadan disritmisi olan, obes, kapak hastalığı olan ve toraks içinde metal bulunan hastalar çıkarıldı.

Treadmill egzersiz tolerans testi her iki gruba kardiyak yanıtın kıyaslanması için uygulandı. Tüm egzersiz test kayıtları Marquette Case 15 aletinde yapıldı. 10 EKG elektrodu göğüsteki klasik derivasyon bölgelerine yerleştirildi. Egzersiz testinde Bruce protokolü uygulandı. Test sırasında koroner arter hastalığı lehine pozitif kriter olarak 1.5 mm¹ den fazla ST çökmesi, ST çökmesinin süresinin 3 dakikadan fazla olması, test sırasında veya testten hemen sonra olan angina pectoris, testle ilişkili olan hipotansiyon olması kabul edildi.

Kardiyak yanıt ölçümlerinde parametre olarak, sol kardiyak iş indeksi (LCWI), sistemik vasküler rezistans indeksi (SVRI), kardiyak indeks (CI), atım indeksi (SI), end diastolik indeks (EDI), kalp atım hızı (HR), ejeksiyon fraksiyonu (EF), torasik sıvı iletkenliği (TFC), kontraktilite indeksi (IC), akselasyon indeksi (ACI) torasik bioimpedans aleti (NCCOM-

3R-7, Bomed medical manufacturing, Ltd, Irvine, CA) kullanılarak elde edildi. TEB' ölçümünde alet dışında çalışmada kullanılan komponentler ise 8 EKG elektrodu, bilgisayar (CompuAdd 386) ve bilgisayar programıdır (CDDP, Cardiodynamic Data Processing System). Servikal elektrodlar boyunun her iki yanına ve toraksın ksifoid hizasında orta aksiler, hatta 2'şer adet olarak yerleştirildi. Ortalama arteriyel kan basıncı test boyunca otomatik olarak manşon ile ölçüldü.

Tüm parametreler ortalama olarak elde edildi ve her değişken Student's t testi kullanılarak kıyaslandı. P değeri <0.05 olan değerler anlamlı olarak değerlendirildi.

Bulgular

Egzersiz tolerans testi boyunca parametrelerdeki ortalama değişimler TEB yardımıyla simültane olarak kaydedildi. Sonuçlar tablo 1'de ortalama olarak bildirilmiştir.

Ortalama arteriyel basınç her iki grupta progresif olarak eforla artmıştır; ancak istirahat periodu dışında (p<0.05) anlamlı sonuç elde edilmemiştir. LCWI stage 4 ve 5'de (p<0.05) anlamlı olarak farklı idi. SVRI test boyunca her iki grupta da farklılık göstermedi. CI stage 4 ve 5'de istatistiksel olarak farklı idi (p<0.05), SI sadece stage 5'de ve istirahat periodunda farklı idi (p<0.05). EDI ve TFC hiçbir stagede farklılık göstermedi. Kalp atım hızı istirahat periodunda farklı olarak değerlendirildi (p<0.05), IC ise stage 5 ve istirahatte farklılık göstermiştir (tablo 2,3).

30 normal bireyden 4'ü stage 4'ü, 19'u stage 5'i ve 7'si stage 6'yı tamamladı. 30 koroner arter hastasından 2'si stage 2'yi, 14'ü stage 3'ü, 8'i stage 4'ü ve 6'sı stage 5'i tamamlayabildi.

Tartışma

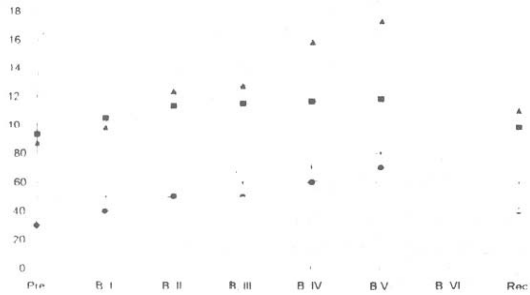
Torasik kavitedeki elektriksel direnç değişiklikleri her nabız basıncında damarın çapında olan değişiklikler ve kan akım hızı ile eritrositlerin damar lümeninde toplu akımı nedeniyle oluşur[3]. Direnç dalga formu bu intratorasik değişikliklerden elde edilir ve her kalp atımından yararlanarak atam volümü ve kardiyak output hesaplanır[4,5].

TEB, atam volümü hesaplamak için mikro dalgaları toraksa enjekte eder ve dirençteki pulsatil değişiklikleri ölçer. 4 çift elektrod boyun ve göğüse yerleştirilir. Dıştaki elektrod çiftleri yüksek frekanslı (70 kHz), düşük amplitüdü (2.5 mA) akımı torasik dokular içine yayar, içteki elektrod çiftleri EKG ve elektriksel impedans değişikliklerini kaydeder.

TABLO:1									
Parametreler		Pretest	Bruce I	Bruce II	Bruce III	Bruce IV	Bruce V	Bruce VI	Recovery
MAP (Torr)	Normal	92.8±2.1	106.7±2.3	115.2±2.3	117.4±2.1	120.2±1.9	122.3±2.2	122.2±1.8	113.2±1.1
	KAH	93.4±2.4	105.3±2.1	113.2±1.2	115.1±2.4	116.3±2.0	118.1±2.1		98.83±0.8
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		p<0.05
LCWI (Kgm/m)	Normal	4.12±0.2	5.23±0.3	6.42±1.1	9.01±1.3	10.2±1.23	16.1±1.1	16.0±0.9	6.23±0.8
	KAH	4.15±0.18	5.18±0.4	5.96±0.9	6.41±0.9	7.48±0.63	8.39±1.0		6.13±0.9
	AN		AN	AN	AN	p<0.05	p<0.05		AN
SVRI (F.ohm.m)	Normal	2380±65	2320±43	1510±41	1310±23	1280±15	1100±28	980±12	2260±28
	KAH	2250±63	2230±32	1620±32	1333±25	1338±12	1200±22		2228±25
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		AN
CI (L/min/m)	Normal	3.84±0.7	4.51±1.1	5.32±0.8	6.41±0.11	7.83±0.28	8.33±0.55	11.2±0.9	5.11±0.43
	KAH	3.63±0.9	4.33±1.1	5.12±0.6	5.59±0.13	6.89±0.78	7.76±0.32		4.93±0.5
	AN		AN	AN	p<0.05	p<0.05	AN		AN
SI (ml/m)	Normal	42.28±0.7	44.21±1.0	47.31±0.2	53.20±0.2	55.10±0.5	66.13±1.4	72.11±1.1	45.21±1.1
	KAH	41.18±0.9	43.23±1.5	45.21±0.3	48.33±0.4	52.21±1.0	60.17±1.4		42.16±1.2
	AN		AN	AN	AN	AN	p<0.05		p<0.05
EDI (ml/m)	Normal	63.21±0.5	65.33±0.7	75.11±0.9	86.23±0.7	93.18±0.8	145.1±1.3	154.1±1.2	67.28±1.9
	KAH	62.55±0.5	64.23±0.8	74.12±1.2	84.12±0.8	89.45±0.7	105.2±1.8		65.24±1.5
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		AN
HR (atım/dk)	Normal	85.21±1.6	108.4±1.3	120.3±1.4	125.2±1.3	155.4±1.2	170.3±2.0	177.2±1.4	98.2±1.8
	KAH	87.33±1.5	98.61±1.2	123.7±1.2	127.1±1.8	158.1±1.8	173.2±1.8		110.3±1.6
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		p<0.05
EF (%)	Normal	39.2±2.0	43.1±1.8	45.2±0.9	55.1±1.2	62.2±1.3	64.2±1.0	65.3±1.8	42.4±1.2
	KAH	38.1±2.1	42.4±1.5	43.1±0.8	48.5±1.1	61.3±1.5	63.5±1.6		38.3±0.9
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		AN
TFC (/ohm)	Normal	43.2±1.0	44.2±1.0	44.3±1.0	44.4±1.0	44.3±0.9	44.5±1.0	43.7±1.0	44.2±1.0
	KAH	42.3±1.0	43.3±1.0	43.4±1.0	43.4±1.0	43.4±1.1	43.4±1.0		43.3±1.0
	AN		AN	AN	AN	AN	AN		AN
IC (/sec)	Normal	43.12±1.3	45.33±1.1	52.12±2.0	53.12±0.9	57.33±0.7	72.34±1.1	83.11±1.1	44.10±1.8
	KAH	42.34±1.2	43.41±1.3	49.10±0.7	52.12±1.0	55.11±0.8	64.12±1.2		40.11±1.6
	AN		AN	AN	AN	AN	p<0.05		p<0.05

Tablo1.

HR



Tablo 2. Koroner arter hastalarında ölçülen TEB parametreleri

Pre: Pretest, B.: Bruce stage, Rec: İstirahat

Enjekte edilen akımın direnci toraks hacminin sıvı karakteristiğine bağlıdır. Toraks direncindeki pulsatil değişiklikler ventriküler elektriksel depolarizasyon ve mekanik sistol ile zamansal olarak eşlenerek Bernstein eşitliği kullanılarak bioimpedans atım volümü hesaplanır⁽⁴⁾.

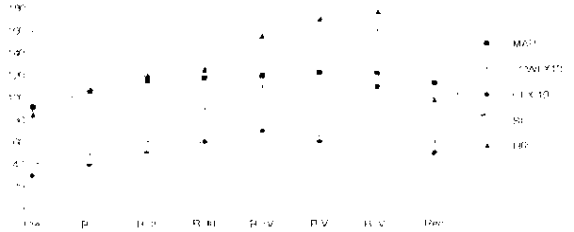
$$L.VET.dZ/dt$$

Atım volümü (SV) -

$$4.25.Zo$$

L= ideal vücut ağırlığından sapma (nomogramdan elde edilir)
 VET=Bioimpedans ile elde edilen ventriküler ejeksiyon zamanı
 dZ/dt=İmpedans değişikliğinin maksimum oranı
 Zo= Baseline direnç
 Kardiak output (Lt/dk) - kalp atım hızı X atım volümü / 1000,
 kardiak indeks (Lt/dk/m²)- kardiak output/vücut yüzey alanı (m²)dir.

HR



Tablo 3. Normal bireylerde ölçülen TEB parametreleri

Pre: Pretest, B.: Bruce stage, Rec: İstirahat

Egzersiz, istirahatte olmayan kardiyovasküler patolojileri saptamada ve kardiak fonksiyonların yeterliliğini ölçmede kullanılan en yaygın fizyolojik stresdir.

Dinamik egzersizle normalde kardiak output artar ve egzersiz sırasında fonksiyon görmeyen dokulardaki periferik rezistans da artar, ancak aktif olan kas gruplarında rezistans düşer⁽⁶⁾. Kardiak indeks her iki grupta da progresif olarak artmıştır. Manşon ile test süresince ölçülen kan basıncı artan kardiak output nedeniyle artan dinamik iş sonucu yükselmiştir. Sadece koroner arter hasta grubunda anlamlı hipotansiyon ile istirahat periodunda karşılaşılmıştır.

Sistemik vasküler rezistans yine egzersiz ile her iki grupta afterloadtaki değişikliklerin sonucu olarak progreif olarak düşmüştür ve her iki grupta istatistiksel olarak anlamlı farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Kalp atım hızının artışı kardiyovasküler sistemin egzersize hemen verdiği cevaptır. Dinamik egzersiz süresince, kalp atım oranı iş yüküyle beraber lineer olarak artar. Biz benzer yanıtı her iki grupta da farklılık olmadan elde ettik. Egzersizin düşük düzeylerinde, sabit iş oranında kalp atım hızı istirahatteki atım hızına birkaç dakika içinde döner⁽⁷⁾. Bu çalışmada istirahat fazında koroner kalp hastalarının kalp atım hızı başlangıçtaki atım hızına kontrol grubuna göre daha geç ulaşmışlardır ($p<0.05$).

Sol kardiak iş indeksi(LCWI)kanı pompalayan sol ventrikülün fiziksel işinin ölçümüdür. LCWI oksijen tüketimi paralellik gösterir ve preload ve kontraktiliteden etkilenir. Çalışmamızda LCWI ileri stage'lerde koroner arter hastaları lehine düşük seyretmiştir; ancak anlamlı fark yoktur.

Kontraktilite indeksi (IC), TEB'e özgün bir parametre olup, normalize edilmiş zirve aortik akımdır ve kontraktilitenin volüme bağımlı (preload) parametresidir. IC sadece satge 5'de ve istirahat fazında koroner arter hastalarında düşük seyretmiştir.

Torasik sıvı iletkenliği (TFC), tüm toraksın iletkenliğinin göstergesidir. TFC intravasküler, intraal veoler ve intersisyel üç kompartmanın iletkenliği ile paralellik içindedir. Çalışmada her iki grup arasında farklı değerler elde edilmemiştir.

TEB'in pratikte kullanımında obcs kişilerde, servikal kolan olanlarda, elektrokoter uygulamasında, hareket sırasında, toraksın açık olduğu hallerde, toraks içinde veya duvarında metal olması durumlarında hatalı sonuçlar vermesi dezavantajlarıdır^(3,8,9). Kardiak aritmiler, kapak yetmezlikleri, taşikardiler (Kalp hızı>200 dk) ve çok yüksek veya düşük kardiak outputlar ölçüm hatalarına neden olmaktadır⁽¹⁰⁾. Biz çalışmamızda terlemeye bağlı olarak elektrodalarda ayrılma sonucu artefaktlar ile hastanın koşmasına bağlı olarak oluşan titreme sonucu korele olmayan ölçümler elde ettik. Kardiak parametrelerimizde yine aletin dezavantajı olarak özellikle 4. ve 5. stage'lerde taşikardiye bağlı olarak yüksek veya alçak ölçümler elde ettik.

Sonuç olarak TEB ile elde edilen kardiak parametreler, taşikardinin ve terlemenin az olduğu dönemlerde, harekete bağlı artefaktlar gözönüne alınarak daha güvenli olabilir, ancak koroner arter hastası ve normal bireyden ayırmanın sağlanması için gereken eforun arttığı ileri stage'lerde hastanın terlemesi artmakta, koşma hızı, taşikardi gibi dezavantajlar TEB ölçümlerini etkilemektedir. Çalışmamız

da, LCWI, CI, SI, IC gibi parametrelerin koroner arter hastalarında istatistiksel olarak anlamlı farklı sonuç vermesi gerçekten myokardial rezervin düşüklüğüne bağlı olabilir; ancak bu parametreler birbirleriyle korelasyon içinde değerler vermemiştir; ayrıca bu stage'e ulaşan normal bireye oranla, koroner arter hastası sayısının az oluşu istatistiksel değerlendirmeyi sağlıklı kılmamaktadır.

TEB egzersiz tolerans testi sırasında başlangıç ve istirahatte hastanın kardiyovasküler performansı konusunda ek bilgiler almak amacıyla kullanılabilir, ancak egzersiz tolerans testi sırasında yapılması gerekli değildir.

Kaynaklar

1. Van deWaterJM, Philips PA, Thoin LG, et al: Bioelectric impedance: new developments and clinical application. Arch 102:541-546,1971.
2. Spinale FG, Reines HD, Crawford FA: Comparison of bioimpedance and thermodilution methods for determining cardiac output: Experimental and Clinical Studies. Ann Thorac Surg 45:421-425,1988.
3. Clancy TV, Norman K, Reynolds R, Covington D, Maxwell JG: Cardiac output measurement in critical care patients: Thoracic Electrical Bioimpedance versus thermodilution. J Trauma (31)8:1116-1119,1991.
4. Wong DH, Tremper KK, Stemmer EA, O'Connor D, Wilbur S, Zaccari J, Reeves C, Weidoff P, Trujillo RJ: Noninvasive Cardiac output: Simultaneous comparison of two different methods with thermodilution. Anesthesiology (72)5:4-12,1990.
5. Sramek BB: Noninvasive technique for measurement of cardiac output by means of electrical impedance. In: Proceeding of the Fifth International Conference on Electrical Bioimpedance, Tokyo, Japan pp.39-42,1981.
6. Londeree BR, Moeschberger ML: Influence of age and other factors on maximal heart rate. J Cardiac Rehabil 4:44-49,1984.
7. Schlant RC, Blomqvist CG, Brandenburg RO, Debusk R, Ellestad MH, Fletcher GF, Frolicher VF Jr, Hall RJ, McCallister BD, Mc Henry PL, Ryan TJ, Sheffield LT: Guidelines for exercise testing. A report of the Joint American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Assessment of Cardiovascular Procedures (Subcommittee on Exercise testing): Special report. Circulation 74:653-667,1986.
8. Sramek BB: The impact on diagnosis and therapy of computerized integration, processing and display of noninvasive hemodynamic and cardiodynamic parameters. Intensive Care World (17)2:205-209,1989.
9. Shoemaker WC, Lopez SA, Hirt M, et al: Feasibility of noninvasive physiologic monitoring in resuscitation of trauma patients in the emergency department. Crit Care Med 17:567-571,1989.
10. Bernstein DP: Continuous noninvasive real-time monitoring of stroke volume and cardiac output by thoracic electrical bioimpedance. Critical Care Medic (14)10:898-901,1986.