

# Yüksek Rezolüsyonlu EKG: Yeni Geliştirilen bir Yazılım ile Klinik Uygulamalar

HIGH RESOLUTION ECG: CLINICAL APPLICATIONS WITH A NEW SOFTWARE

Dr.Haldun MÜDERRİSOĞLU, Prof.Dr.Ali OTO, Doç.Dr.Ziya İDER, Dr.Osman İlhamı ÖZCEBE, Cem SAKI, Dr.Mehmet Bülent ÖZİN, Dr.Mehmet Emin KORKMAZ, Prof.Dr.Erdem ORAM, Prof.Dr.Aysel ORAM, Prof.Dr.Aydın KARAMEHMETOĞLU, Prof.Dr.Şevket UĞURLU

Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi. Kardiyoloji ABD, İç Hastalıkları Anabilim Dalı ve Ona Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü. Biyomedikal Ünitesi. ANKARA

## ÖZET

Yüzeiden alınan EKG sinyallerinin bilgisayar yardımıyla gürültüden arındırılarak çok küçük amplitüdü sinyallerin bile incelenebilir hale getirildiği bir yöntem olan sinyal-averaj (signal-averaged) elektrokardiyografi, özellikle koroner arter hastalığına bağlı aritmilerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada koroner arter hastalığı olan 72 birey (61 E, 11 K, yaş ort. 53), ciddi ventriküler aritmileri olan 20 birey (4 E, 16 K, yaş ort. 36), kalıcı ventriküler kalp pili taşıyan 30 birey (16 E, 14 K, yaş ort. 41) ve 19 sağlıklı gönüllü (14 E, 5 K, yaş ort. 30) yeni geliştirilen bir bilgisayar yazılımı ile incelendi. Çeşitli parametreler hesaplanarak yöntemin geçerliliği değerlendirildi ve anılan gruplarla ilgili bir veri tabanı oluşturuldu.

Anahtar Kelimeler: Sinyal-averaj elektrokardiyografi, Geç potansiyeller

T Klin Kardiyoloji 1992,5:7-12

## SUMMARY

Signal averaged electrocardiogram, a noninvasive procedure incorporating high gain amplification and signal averaging techniques to detect low amplitude signals obtained from body surface electrocardiograms, is a widely accepted tool in evaluating patients with ventricular arrhythmias. In the present study, 72 patients with coronary artery disease (61 M, 11 F, mean age 53), 20 patients with serious ventricular arrhythmias (4 M, 16 F, mean age 36), 30 patients with ventricular pacemakers (16 M, 14 A, mean age 41) and 19 healthy volunteers (14 M, 5 A, mean age 30) are investigated with a software developed by Middle East Technical University, Division of Biomedical Engineering. The validity of the system is tested and a database implying various parameters obtained, was consnicted.

Key Words: Signal averaged electrocardiography, P<sup>atc</sup> potentials

Turk J Cardiol 1992,5:7-12

Kardiyovasküler hastalıkların en dramatik sonuçlanma biçimlerinden biri olan ani ölüm, tüm dünyada giderek önem kazanan bir sağlık sorunudur. Özellikle koroner arter hastalığı olduğu bilinen bireylerde meydana gelen ani ölümün ventriküler laşiaritmilerle ilgili olduğu bilinmektedir (1,2). Ciddi

ventriküler aritmiler açısından yüksek riskli olan hastaların doğru olarak bilinmesi ve uygun tedavilere alınması ani ölümlerin önlenmesi açısından çok önemlidir. Yüksek riskli olabilecek olan hastalara ampirik olarak başlanacak antiaritmik tedavi ise %15'e varabilen proaritmik olasılığı nedeniyle tehlikeli olabilecektir (3). FKG, ekokardiyografi ve uzun süreli ambulator kardiyak monitorizasyon (Holter), bu amaçla kullanılan, ancak duyarlılık ve özgüllükleri oldukça düşük olan testlerdir (4). Elektrofizyolojik çalışmanın risk belirleme bakımından oldukça güvenilir olduğu saptanmıştır ancak bu testin

Geliş, Tarihi: 8.6.1991

Kabul Tarihi: 9.7.1991

Yazışma Adresi: Prof.Dr.Ali OTO  
Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Kardiyoloji ABD. ANKARA

de invaziv olma ve ekip-donam gerektirme gibi özellikleri geniş kitlelere uygulanmasını engellemektedir (5,6).

Son yıllarda geliştirilen bir teknikle yüzeiden alınan EKG sinyallerinin bilgisayar aracılığıyla yeniden şekillendirildiği bir sistem olan sinyal-averaj (signal-averaged) elektrokardiografi (SAEKG), invaziv olmaması, oldukça duyarlı ve özgül olması nedeniyle ciddi ventriküler taşiaritmi riskinin belirlenmesinde yaygın kullanım alanı bulmuştur (7). Bu sistemde özel bir yöntemle bilgisayara kaydedilen EKG sinyalleri filtreler yardımıyla gürültülerden arındırılmakta ve üst üste eklenip büyütülerek çok küçük amplitüdü elektriksel aktiviteler incelenebilir hale getirilmektedir. Ekle edilen kayıtlarda, bazı hastalarda QRS kompleksinin sonunda, ST seğmenin başında küçük elektriksel aklivileler görülmüş ve bunlar geç potansiyeller olarak isimlendirilmiştir (8). Çeşitli çalışmalarda bu sinyallerin ventrikül taşikardisi olan hayvanlar ve insanların direkt elektrokardiogramlarında izlenen gecikmiş ve parçalanmış ventriküler aklivasyona karşılık geldiği gösterilmiştir (8,9). Reentriye zemin hazırlayan bu potansiyellerin varlığının ventrikül taşikardisi ve ani ölüm riskini belirleme açısından duyarlı olduğu saptanmıştır (6,10).

## AMAÇ

Bu çalışma, yeni geliştirilen bir sistem ile çeşitli hasta gruplarının incelenerek sistemin değerlendirilmesi, bu yöntemle elde edilen verilerin klinik önemlerinin belirlenebilmesi için bir veri tabanı oluşturmak amacıyla planlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

**HASTALAR:** Çalışmaya Kasım 1989-Ocak 1991 tarihleri arasında kliniğimize başvuran değişik gruplardan 122 kişi alındı. Hastalar 4 ana grup altında incelendi.

1. Koroner Arter Hastalığı (KAH): Bu grupta 61'i erkek, 11'i bayan 34-87 yaşlar arasında (Ortalama 53) 72 hasta yer aldı. Koroner arter hastalığı, hastaların 55'inde anjiyografik olarak dökümanente edilirken, 17 hastada tam, tipik klinik ve elektrokardiografik bulgularla kondu.

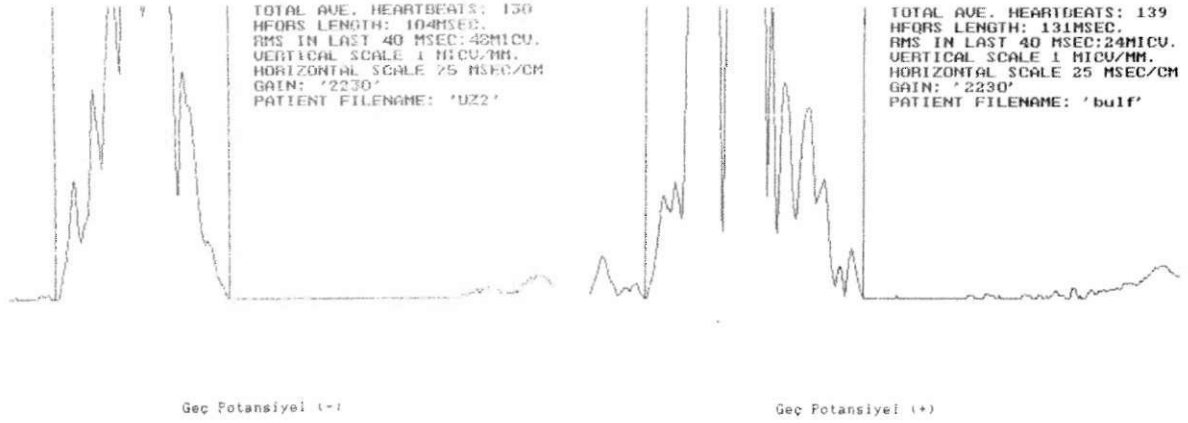
2. Ciddi Ventriküler Aritmi: Bu grupta 20-49 yaşlar arasında (Ortalama yaş 36) 20 hasta (4 erkek, 16 bayan) yer aldı. Hastaların 17'sinde (%85) uzun süreli izlemlerde sık ventriküler ekstrasistoller mevcutken, 3 hasta (%15) tekrarlayan ventrikül

taşikardisi atakları nedeniyle bu gruba dahil edildi. Klinik ve elektrokardiografik bulguları ile KAH riski olan hastalar koroner sineanjiyografi ile değerlendirildi ve koroner anatomisinin normal bulunması üzerine bu gruba dahil edildi.

3. Kalıcı Ventriküler Kalp l'ili Taşıyan Hastalar: Kliniğimiz kalıcı kalp pili polikliniğine kontrole gelen, kalıcı kalp pili taşıyan 30 hastadan geç potansiyel tayini için kayıt alındı. 16'sı erkek, 14'ü bayan olan bu hastaların yaşları 8 ile 83 arasında değişmekteydi.

4. Kontrol Grubu: Bilinen kardiyovasküler bir hastalığı olmayan 19 birey (14 erkek, 5 bayan, 24-51 yaşlar arasında, ortalama yaş 30) ise kontrol grubunu oluşturdu.

**YÖNTEM:** Geç potansiyel tayini için ilk olarak 198Tde Simson tarafından tanımlanan (7) teknik esas alınarak Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Biyomedikal Ünitesi ile birlikte geliştirilen bir yazılım (software) kullanıldı. Kayıt için göğüs üzerinde özel olarak tespit edilen yerlere yapıştırılan elektrodlarla ortogonal X, Y, Z eksenlerinden yaklaşık 3 dakika, sürekli analog sinyaller alındı. Sistemde 5 kanallı bir amplifikatör kullanıldı. Bu kanallardan bir tanesi ile referans olarak kullanılan düşük kazançlı X kanalı, 3 ianesi ile yüksek kazançlı (2350) X, Y, Z kanalları, sonuncusu ile de 50 Hertz gürültü sinyalleri kaydedildi ve bu kayıt daha sonra sinyali 50 Hertzlik gürültüden arındırmak için kullanıldı. Gürültüden arındırılmış ve büyütülerek sayısal bilgiye çevirilmiş sinyallerin ortalaması alınarak, yüksek rezolüsyonlu QRS kaydı elde edildi. QRS'in başlangıç ve bitiş noktaları manual olarak tespit edildikten sonra geliştirilmiş bir program yardımıyla filtre edilmiş QRS'in süresi (fQRS), QRS'in son 40 milisaniyesinden voltajın ortalama karekökü (Root Mean Square-RMS) ve bu süre içinde saptanan voltajın 40 milivoltun altında olduğu düşük amplitüdü sinyallerin süresi (Low Amplitude Signals-LAS) belirlendi. Ayrıca geliştirilen bir yazılım ile pil atımlarının tespit edilerek ayrı bir grup halinde değerlendirilmesi sağlandı. Konvansiyonel EKG'de QRS süresi normal olan kayıtlarda geç potansiyellerin tanımlanması için Simson kriterlerinden ikisi kullanıldı (11). Buna göre filtre edilmiş QRS uzunluğunun 120 milisaniye ya da daha fazla olması ve son 40 milisaniyedeki voltajın ortalama karekökünün 25 mikrovoltun altında olması durumunda geç potansiyellerin varlığı kabul edildi. Geç potansiyelin saptanmış olduğu ve saptanmamış olduğu birer kayıt Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil I. Geç potansiyellerin saptandığı ve saptanmadığı birer olgu

## SONUÇLAR

Değişik gruplardaki hastaların genel demografik, klinik ve SAEKG verileri Tablo Tdc gösterilmiştir.

K A H olan bireylerin dokuzunda (%19-7 erkek, 2 bayan) geç potansiyeller tespit edildi. Bu grupta fQRS 104.2±2.2 milisaniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama 128.1 ± 1.8 milisaniye), RMS 77.8 milisaniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama 14.1 ± 1.57 milisaniye), LAS 20.9 milisaniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama 18.5 ± 3.2 milisaniye) olarak bulundu. Geç potansiyel varlığının tespit edildiği tüm olgularda konvansiyonel EKG ile saptanan QRS genişliği normal sınırlarda iken, filtre edilmiş (JRS'in uzamış olduğu izlendi.

siyel varlığının tespit edildiği tüm olgularda konvansiyonel EKG ile saptanan QRS genişliği normal sınırlarda iken, filtre edilmiş (JRS'in uzamış olduğu izlendi.

Ventriküler aritmi grubundaki hastaların ikisinde (%10) geç potansiyeller saptandı. Bu hastalardan birisi sık ventriküler ekstrasistoller, diğeri sık ventrikül taşikardisi atakları ve defibrilasyon ile düzelen bir ventrikül fibrilasyonu atağı nedeniyle kliniğimizde takip edilmekte idi ve sinanjyografi ile koroner anatomisinin normal olduğu saptanmış olgulardı. Bu grupla da ortalama l'ORS 98.9 ± 3.2 milisaniye olarak bulundu.

Tablo 1. Değişik gruplardaki olguların demografik ve SAEKG verilerinin (ortalama ± sem) karşılaştırılması

ÇALIŞMA GRUBU (n=22)	DEMOCRRAFİK VERİLER		SAECG FAİLERİ			
	YAŞ	CİNSİYET	fQRS (•sı)	RMS (iv)	LAS (•sn)	GEÇ POTANSİYEL
KAH GRUBU (M=72)	52.94±1.14	61 Erkek	104.2±2.23	77.8±3.1657	20.9±1.107	9 olguda (+)
		11 Bayan				63 olguda (-)
VENTRİKÜLER ARİTİMİ GRUBU (n=20)	36.05±1.178	4 Erkek	98.9±1.325	70.45±1.1147	21.80±1.193	2 olguda (+)
		16 Bayan				18 olguda (-)
KALICI KALP PİLİ GRUBU (n=30)	38.20±1.712	16 Erkek	179.23±1.432	41.14±1.1012	29.13±1.234	9 olguda (+)
		14 Bayan				21 olguda (-)
KONTROL GRUBU (n=19)	29.89±1.375	14 Erkek	98.00±1.375	99.84±1.1545	18.31±1.173	1 olguda (+)
		5 Bayan				18 olguda (-)

saniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama  $124.5 \pm 2.5$  milisaniye), ortalama RMS  $70.4 \pm 11.5$  milisaniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama  $19.5 \pm 0.5$  milisaniye), ortalama LAS  $21.8 \pm 1.9$  milisaniye (geç potansiyel saptanan olgularda ortalama  $19 \pm 5$  milisaniye) olarak saptandı.

Kalıcı ventriküler kalp pili taşıyan hastalarda pil atımlarının ortalaması alınarak işlem gerçekleştiril-

di. Dolayısıyla l'ORS tüm vakalarda 120 milisaniyenin üzerindeydi Bu gruptaki hastalardan dokuzunda 30) geç potansiyeller tespit edildi.

Kontrol grubu olarak kayıt alınan 20 bireyin yalnızca birinde (%5) geç potansiyel varlığı tespit edildi. Konvansiyonl EKG's i normal olan (QRS süresi 100 milisaniye), herhangi bir kardiyovasküler hastalık bulgusu olmayan bu hastada filtre edilmiş QRS

**Tablo 2.** Geç potansiyel saptanan olguların klinik ve SAEKG verileri

8 HASTANN   ADI-SOYADI	KLİNİK VERİLER			SAEKG VERİLERİ		
	YAŞ	CİNSİYET	TANI	fQRS (»sn)	RMS (°v)	LAS (>sn)
1. GD	65	Erkek	KAH-Stabl A. Pektoris	123	14	9
2. FF	67	Bayan	KAH-Eski Anteroseptal Mİ	123	10	11
3. SU	65	Erkek	KAH-Stabl A. Pektoris	121	19	23
4. DY	50	Erkek	KAH-Stabl A. Pektoris	131	10	9
5. HG	65	Erkek	KAH-Eski inferior Mİ	136	7	33
6. AD	54	Erkek	KAH-Eski inferior Mİ	128	18	29
7. HA	47	Erkek	KAH-Stabl A. Pektoris	124	14	24
8. EC	54	Erkek	KAH-Eski anterior Mİ	128	18	22
9. AO	55	Bayan	KAH-Eski anteroseptal Mİ	135	7	7
10. sç	34	Bayan	Sık VES	122	19	14
11. IE	33	Erkek	Tekrarlayan VT	127	20	24
12.BÖ	29	Erkek	Kontrol Grubu	134	14	19
13. Hİ	64	Erkek	Kalp Pili Grubu	167	16	45
14AK	74	Erkek	Kalp Pili Grubu	218	13	95
15. NP	70	Erkek	Kalp Pili Grubu	196	16	48
16NO	65	Erkek	Kalp Pili Grubu	187	16	45
17. GU	71	Erkek	Kalp Pili Grubu	232	11	80
18SA	68	Bayan	Kalp Pili Grubu	240	13	55
19HG	61	Bayan	Kalp Pili Grubu	235	9	80
20. AK	67	Bayan	Kalp Pili Grubu	185	16	53
21. FS	60	Bayan	Kalp Pili Grubu	146	12	53

süresi geç potansiyeller nedeniyle 134 milisaniyeye uzamıştı.

Değişik çalışmalarda geç potansiyellerin tanımlanması amacıyla değişik kriterler kullanılmaktadır (11). Tanımda kullanılan en önemli parametrenin fQRS olması ve bazı çalışmalarda fQRS'in 113 ya da 119 milisaniyeden uzun olmasının tek belirleyici kriter olarak kullanılması nedeniyle tüm olgular bu açıdan yeniden değerlendirildi. K A H grubunda 15 olguda (13 erkek, 2 bayan), ciddi ventriküler aritmi grubunda 3 olguda (1 erkek, 2 bayan), kontrol grubunda 2 olguda (1 erkek, 1 bayan) fQRS 119 milisaniyenin üzerinde bulundu. Aynı şekilde K A H grubunda 5 erkek hastada l'ORS 113 ile 120 milisaniye arasında saptandı.

Geç potansiyel saptanan hastaların klinik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

## TARTIŞMA

Yüzey EKG kaydı ile noninvaziv olarak geç potansiyellerin kaydedilebilmesi son 10 yılda birçok araştırmacının ilgisini çekmiş ve bu alanda pek çok çalışma yapılmıştır. SAEKG, en yaygın kullanım alanını KAH'na bağlı ciddi ventriküler aritmilerin değerlendirilmesinde bulmuştur. Bu alanda yapılan geniş kapsamlı çalışmalar değerlendirildiğinde SAEKG'nin uzamış ventriküler aritmileri belirlemede sensitivitesi %78, spesifitesi %78 ve prediktif değeri %64 olarak bulunmuştur (12).

K A H olan bireylerde geç potansiyellerin %3T 64 oranında tespit edilebildiği bildirilmektedir (12,13,14,15). Her ne kadar bu alanda yapılan çalışmalar daha çok infarkt sonrası ventriküler aritmi riskini belirleyebilmek amacıyla, akut miyokard infarktının erken döneminde yoğunlaşmışsa da KAH'nın diğer sınıflarını da içine alan bir çalışmada SAEKG'nin prevclansı %35, ani ölümü belirleyebilme açısından spesifitesi %100, sensitivitesi %69 olarak bulunmuştur (16). Çalışmamızda K A H olan olgularda geç potansiyeller %13 oranında tespit edilmiştir. Bu oran, literatür ile uyumsuz bir şekilde düşük görünse de kullanılan tanımlayıcı kriterlerin her çalışmada değişik olması önemli oranda bu farktan sorumlu olabilir. Kriterler esnekleştikçe prevalans artmakta ve %27'ye ulaşmaktadır.

KAH'na bağlı olmadan gelişen ciddi ventriküler aritmiler, özellikle uzamış ventrikül taşikardisi atakları da araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Bu alanda yapılan çalışmalarda geç potansiyel prevclansı %18-46 arasında bulunmuştur (17,18,19). Çeşitli çalışmalarda geç potansiyel varlığının elektrofizyolojik ça-

lışmaların sonuçlarını önceden belirleyebilme açısından spesifitesi %37-92 ve sensitivitesi %75-84 olarak bildirilmektedir (17,19,20). Bu çalışmada vakaların %10'unda geç potansiyel tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde kriterler genişletildiğinde bu oran %15'e çıkmaktadır. Çalışma grubunu oluşturan vakaların yalnızca ventrikül taşikardili hastalardan oluşmuyor olması bu orandan sorumlu olabilir.

QRS'in 120 milisaniyeden uzun olduğu durumlarda yukarıda bahsedilen Simson kriterlerinin geç potansiyel saptamada duyarlılıklarının düşük olduğu bilinmektedir (11). Bu nedenle kalıcı kalp pili taşıyan hastaların değerlendirilmesinde Buckingham ve arkadaşlarının 1988 yılında tanımladıkları kriterler kullanılmıştır (21). Buna göre fQRS'in 145 milisaniyeden uzun olması, RMS'in 17 mikrovoltun altında olması ve LAS'nin 45 milisaniye ya da üzerinde olmasının duyarlılığı %62, özgüllüğü %63 olarak bulunmuştur. Bu gruptaki hastaların yalnızca 17'sinde K A H (%57) varken, geç potansiyel saptanan olguların tümünün bu K A H grubunda olması dikkat çekmiştir.

Bu çalışmada yalnızca geliştirilmiş olan bir sistemle, değişik hasta gruplarından SAEKG kaydı alınması ve geç potansiyellerin saptanarak bir veri tabanı elde edilmesi planlandığından bizim hasta gruplarımızda geç potansiyellerin klinik önemleri belirlenmemiştir. Halen bu amaçla planlanan çalışmalar devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Lown B. Sudden cardiac death: The major challenge confronting contemporary cardiology. *Am J Cardiol* 1979; 43:313.
2. Ruskin JN, DiMarco JP, Ciaran II. Out of hospital cardiac arrest: Hlectrophysiologic observations and selection of long term antiarrhythmic therapy. *N Hng J Med* 1980; 303:607.
3. Müderrisoğlu III, Sungur C, Oto MA. Antiaritmik tedavinin aritmi oluşturuca etkisi (Proaritmiler). *Türkiye Klinikleri Kardiyoloji* 1989; 2:114.
4. Mukharji. Rude RE, Poole WK et al. MILLS Study Group: Risk factors for sudden death after myocardial infarction; Two year follow-up. *Am J Cardiol* 1981; 54:235.
5. Greene ML, Reid PR, Schaeffer AIL The repetitive ventricular response in man: A predictor of sudden death: *N Eng J Med* 1978; 299:729.
6. Richards DA, Cody DV, Dennis AR, Russel PA, Young AA, Cther IB. Ventricular electric instability: A predictor of death after myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1983; 51:75.
7. Simson MB. Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction. *Circulation* 1981;64:235.

8. Berbari EJ, Scherlag BJ, Hope RR, Lazzara R. Recording from the body surface of arrhythmogenic ventricular activity during the ST segment. *Am J Cardiol* 1978;41:697.
9. Simson MB, Euler D, Michelson EL, Falcone RA, Spear JF, Moore EN. Detection of delayed ventricular activation on the body surface in dogs. *Am J Physiol* 1981; 241:11363.
10. Breithardt G, Becker R, Seipel L, Abendroth RR, Ostermeyer J. Noninvasive detection of late potentials in man—a new marker for ventricular tachycardia. *Eur Heart J* 1981; 2:1.
11. Simson MB. Signal-averaged electrocardiography: Methods and clinical applications. In: E Braunwald (ed). *Heart Disease (UPDATE)*, Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1990:145.
12. Hail PAX, Arwood EJ, Myers J, Froelicher VF. The signal averaged surface electrocardiogram and the identification of late potentials: *Prog Cardiovasc Dis* 1989; 31:295.
13. Breithardt G, Borggrefe K, Karbenn A et al. Prevalence of late potentials in patients with and without ventricular tachycardia: Correlation with angiographic findings. *Am J Cardiol* 1982; 49:1932.
14. Simson MB, Untercker WJ, Spielman SR et al. Relation between the late potentials on body surface and directly recorded fragmented electrograms in patients with ventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1983; 51:105.
15. Kanovsky MS, Falcone RA, Dresden CA et al. Identification of patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction: Signal averaged electrocardiogram. Holter monitoring and cardiac catheterization. *Circulation* 1984; 70:264.
16. Zimmermann M, Adamcc, Simonin P. Prognostic significance of ventricular late potentials in coronary artery disease. *Am Heart J* 1985; 109:725.
17. Winters SL, Stewart D, Targonski A, Gomes JA. Role of signal averaging of the surface QRS complex in selecting patients with nonsustained ventricular tachycardia and high-grade ventricular arrhythmias for programmed ventricular stimulation. *J Am Coll Cardiol* 1988; 12:1481.
18. Coto II, Maldonado C, Palakurthy P, Flowers NC. Ute potentials in normal subjects and in patients with ventricular tachycardia unrelated to myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1985; 55:384.
19. Mehta D, McKenna WJ, Ward DE, Davies MJ, Camm AJ. Significance of signal averaged electrocardiography in relation to endomyocardial biopsy and ventricular stimulation studies in patients with ventricular tachycardia without clinically apparent heart disease *J Am Coll Cardiol* 1989; 14:372.
20. Vatterol PJ, Hammill SC, Bailey KR, Berbari EJ, Maatesson SJ. Signal averaged electrocardiography: A new noninvasive test to identify patients at risk for ventricular arrhythmias. *Mayo Clin Proc* 1988; 63:931.
21. Buckingham A, Thessen CC, Stevens LI., Redd RM, Kennedy HI.. Effect of conduction defects on the signal-averaged electrocardiographic determination of late potentials. *Am J Cardiol* 1988; 61:1265.