

# Egzersiz Testinde Oluşan R Dalga Yüksekliği Değişimleri ve Koroner Arter Hastalığı Tanısı

Uz.Dr. Mustafa ÖZCAN, Uz.Dr. Vedat SANSOY, Uz.DR. Afife BERKYÜREK, Uz.Dr. Mefküre PLATİN, Uz.Dr. İsmail EREN, Prof.Dr. Deniz GÜZELSOY, Prof.Dr. Cem'i DEMİROĞLU

*Istanbul Üniversitesi Kardiyoloji Enstitüsü, Haseki, İstanbul*

## ÖZET

*Egzersiz sırasında oluşan R dalga yüksekliği değişimlerinin koroner arter hastalığı (KAH) tanısındaki değerini araştırmak amacıyla 88 sağlıklı kişi ve göğüs ağrısıyla başvurup koroner anjiyografisi normal bulunan 40 olguda elde edilen değerler, 63'ü miyokard infarktüsü geçirmiş 143 KAH'lı olgudaki bulgularla karşılaştırıldı. Tümüne semptomla sınırlı, çok aşamalı treadmill egzersiz testi yapılan 128 sağlıklı olgunun 94'ünde (%73) R dalgasında azalma, 20'sinde (%16) artma görüldü, 14'ünde (%11) değişmedi. KAH'lı 143 olgunun ise R dalgası 64'ünde (%45) arttı, 47'sinde (%33) azaldı, 32'sinde (%22) değişmedi. R dalga yüksekliğinde artma veya değişmeme anormal cevap olarak alındığında duyarlılık %67, özgüllük %68, tanı değeri (diagnostic accuracy) %88 bulundu. ST segment çökmesinin ise duyarlılığı %68, özgüllüğü %80, tanı değeri %92 idi. Her iki kriter birlikte kullanıldığında, duyarlılık %89.5'a yükselirken özgüllüğün %57.5'a düştüğü, tanı değerinin ise %88 olduğu gözlemlendi.*

*Tek damar hastalığı olan 27 olgunun 16'sında (%59), iki damar hastalığı olan 42 olgunun 30'unda (%71), üç damar hastalığı olan 74 olgunun 50'sinde (%68) R dalga yüksekliği egzersiz sonunda arttı veya değişmedi. Bir ve iki damar hastalarıyla üç damar hastaları arasında bu yönden anlamlı fark saptanmadı. Sol ventrikül kasılma bozukluğu gösteren 62 olgunun 48'inde (977), sol ventrikül fonksiyonu normal 81 olgunun 48'inde (%59) R dalgası yüksekliği arttı veya değişmedi ( $p < 0.05$ ).*

*Sonuç olarak egzersizle oluşan R dalga yüksekliği değişimlerinin KAH tanısında ST segment değişimi kadar duyarlılığı olup, özgüllüğünün düşük, tanı değerinin ise ST segmentininkine yakın olduğu, her iki parametre birlikte kullanıldığında duyarlılığın artmasına karşın özgüllüğün düştüğü, tanı değerinin ise ST segmentininkine yakın olduğu saptandı. Bu bulgularla egzersize R dalga yüksekliği cevabının KAH tanısında geleneksel ST segment kriterine katkıda bulunmadığı sonucuna varıldı.*

**Anahtar kelimeler:** Egzersiz testi, R dalgası

Egzersiz testi çeşitli kısıtlılıklarına rağmen koroner arter hastalığı (KAH) tanısında en sık başvurulan yöntemlerden biridir. Egzersiz testinde oluşan ST segment değişimleri miyokard iskemisinin en önemli göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ancak, kadınlarda, istirahat EKG'sinde ST-T değişimi veya dal bloku olanlarda testin güvenilirliğinin düşük oluşu, daha duyarlı ve özgül parametrelerin araştırılmasına neden olmuştur. Egzersiz sonunda oluşan R dalga yüksekliği değişiminin testin KAH'ndaki tanı değerini arttırdığını bildiren bazı araştırmalar<sup>(1-8)</sup> yapılmış, ancak birçok çalışmada<sup>(9-13)</sup> bu bulgu doğrulanamamıştır.

Çalışmamızda egzersize R dalga yüksekliği cevabını inceleyerek, bu parametrenin KAH tanısı ve yaygınlığının saptanmasındaki değerini, sıklıkla kullanılan ST segment değişikliği parametresine katkısı olup olmadığını ve sol ventrikül fonksiyonunu belirlemedeki yerini incelemek istedik.

## MATERYEL ve METOD

Çalışma I.Ü. Kardiyoloji Enstitüsü'nde, Kasım 1985 ile Ekim 1989 tarihleri arasında, treadmill egzersiz testleri, koroner anjiyografileri yapılmış (sağlıklı gönüllüler dışında), ardışık olmayan 271 olguda (210 erkek, 61 kadın), retrospektif olarak gerçekleştirildi.

Olgular 4 gruba ayrıldı:

**Grup IA:** Anamnez ve klinik muayenelerinde kalp hastalığı olmayan, istirahat ve egzersiz EKG'leri normal bulunan, koroner anjiyografileri yapılmayan, yaşları 22-67 arasında (ortalama  $41.6 \pm 12.9$ ) olan 46 erkek ve 42 kadın sağlıklı gönüllü bu gruba oluşturdu.

**Grup 1B:** Göğüs ağrısı nedeniyle başvurup, koroner anjiyografisi normal bulunan, yapılan diğer tetkiklerinde kalp hastalığı saptanmayan, yaşları 30-58 arasındaki (ortalama  $45.9 \pm 8.6$ ) 27 erkek ve 13 kadın bu grupta yer aldı.

**Grup 2A:** Koroner anjiyografilerinde KAH saptanan, miyokard infarktüsü geçirmemiş, yaşları 30-69 arasında (ortalama  $53.6 \pm 8.7$ ) 76 erkek, 4 kadın hasta bu grupta yer aldı.

**Grup 2B:** Miyokard infarktüsü geçirmiş ve koroner anjiyografilerinde KAH saptanan, yaşları 37-71 arasındaki (ortalama  $54.8 \pm 7.3$ ) 61 erkek, 2 kadın hasta bu grubu oluşturdu.

Kardiyomiyopatisi, ileti bozuklukları, kalp kapak hastalığı olanlar ve ön duvar miyokard infarktüsü geçirmiş olup V4 te R dalga yüksekliği 4 mm den küçük olanlar çalışmaya alınmadı. Egzersiz testini etkilediği bilinen digitalis, beta bloker, Ca antagonisti, nitrit gibi ilaçlar yeterli süre içinde kesilmişti. Egzersiz testi ile koroner anjiyografi arasındaki süre 1-90 gün arasındaydı.

Egzersiz testleri Bruce protokolu uygulanarak ve semptomla sınırlı olarak, treadmill cihazı ile yapıldı. Egzersiz sırasında V<sub>2</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>6</sub> derivasyonları sürekli monitörden izlendi. Her dakika sonunda ve egzersiz sonrası 2. ve 4. dakikalarda V<sub>2</sub>, V<sub>4</sub>, V<sub>6</sub> derivasyonları, egzersiz bitimi ve egzersiz sonrası 1., 3. ve 5. dakikalarda 12 derivasyonlu EKG kaydedildi, arter basıncı ölçüldü. 10 mm=1 mV standart kalibrasyon kullanıldı. J noktasından itibaren 80 msan. süre ile en az 1 mm yatay veya aşağı eğimli ST segment çökmesi iskemik olarak değerlendirildi. R dalgaları, V<sub>4</sub> derivasyonunda, izoelektrik çizgiden R dalgası tepesine kadar, ararda gelen en az 6 vurunun ortalaması alınarak milimetre olarak ölçüldü. Solunum değişimlerini en aza indirmek amacıyla ortalama değer alındı. Egzersizin sonunda R dalgasında azalma olması (en az 1 mm) normal, değişme olması veya artma olması ise iskemik cevap olarak kabul edildi.

Perkütan transfemoral yolla Judkins kateterleri kullanılarak koroner anjiyografileri, sağ ön yan ve sol ön yan pozisyonlarda sol ventrikül anjiyografileri yapıldı. Sol ana koroner arterleri %50, diğer major koroner arterlerde veya büyük dallarındaki %70 den fazla darlık anlamlı kabul edildi. Sol ven-

trikülografide ventrikül duvarları posterobazal, diyafragmatik, apikal, anterolateral ve anterobazal olarak 5 segmente ayrıldı. Kasılma bozukluğu gösteren bölgeler kalitatif olarak hipokinetik, akinetik veya diskinetik olarak tanımlandı. Treadmill egzersiz testleri, koroner anjiyografi ve ventrikülografi sonuçları bilinmeden değerlendirildi.

İstatistiksel değerlendirmelerde Student t testi ve chi kare testi kullanıldı.

## BULGULAR

Grup 1A'daki 88 kişinin 67'sinde (%76.1) R dalgası ortalama (ort.)  $2.8 \pm 1.6$  mm azaldı, 10'unda (%11.4) değişmedi, 11'inde (%12.5) ort.  $1.8 \pm 0.6$  mm arttı. Grup 1B'deki 40 kişinin 27'sinde (%67.5) R dalgası ort.  $2.2 \pm 1.3$  mm azaldı, 4'ünde (%10) değişmedi, 9'unda (%22.5) ort.  $2.1 \pm 0.9$  arttı. R dalga yüksekliğindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlıydı ( $p < 0.001$ ). Grup 1A ve 1B'de R dalga değişiklikleri gösteren olgu sayıları arasındaki fark yoktu. Grup 1A ve 1B birleştirilerek elde edilen birleşik normal gruptaki kişilerin 94'ünde (%73.4) R dalgası azaldı, 14'ünde (%10.9) değişmedi, 20'sinde (%15.6) arttı. R dalgası azalan hastaların yaş ortalaması ve maksimal kalp hızları, R dalgası artan veya değişmeyenlerden farklı değildi (Tablo 1).

Grup 2A'daki 80 hastanın 28'inde (%35) R dalgası ort.  $2.6 \pm 1.6$  mm azaldı, 14'ünde (%17.5) değişmedi, 38'inde (%47.5) ort.  $2.3 \pm 1.7$  mm arttı. Grup 2B'deki 63 hastanın 19'unda (%30.2) R dalgası ort.  $2.3 \pm 1.1$  mm azaldı, 18'inde (%28.6) değişmedi, 26'sında (%41.3) ort.  $2.3 \pm 2.2$  mm arttı. Bu gruplarda da R dalgası yüksekliğindeki değişimler anlamlı bulundu ( $p < 0.001$ ). Grup 2A ve 2B'de R dalga değişiklikleri gösteren hasta sayıları arasında anlamlı fark yoktu. Grup 2'deki tüm olguların 47'sinde (%32.9) R dalgası azaldı, 32'sinde (%22.4) değişmedi, 64'ünde (%44.7) artı. Grup 2'de de R dalgası artanlar ve değişmeyenler ile azalanlar arasında, ortalama yaş ve maksimal kalp hızları bakımından anlamlı fark bulunmadı (Tablo 1). Grup 1 ve 2'de R dalga değişikliği gösteren olguların sayısı anlamlı olarak farklı bulundu ( $p < 0.001$ ). Şekil 1'de normallerde ve KAH'lı olgularda egzersizle R dalga yüksekliği değişimlerinin dağılımı görülmektedir. Grup 1 ve grup 2'deki olguların ort. yaş ve ort. maksimum kalp hızları kar-

**Tablo 1.** Normal kişilerde ve KAH'lı olgularda egzersizle R dalga yüksekliği değişimlerinin yaş ve maksimum kalp hızı ile ilişkisi

	Normaller		KAH'lı Olgular	
	Ort. yaş	Ort. Maksimum kalp hızı/dak.	Ort. yaş	Ort. Maksimum kalp hızı/dak.
R dalgası artan veya değişmeyenler	46.3±11.3	158.8±21.1	54.1±8.2	128.9±23.3
R dalgası azalanlar	40.6±12.6	159.5±18.9	53.5±8.7	133.7±22.5

**Tablo 2.** Olgularımızda egzersizle R dalga yüksekliği cevabı ve ST segment değişimi parametreleri ile duyarlılık, özgüllük ve tanı değerleri

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	Tanı değeri (%)
R dalga değişimi ST segment çökmesi	67.1	67.5	88
R dalga değişimi veya ST segment çökmesi	67.8	80	92.4
	89.5	57.5	88.2

şılaştırıldığında ise grup 2'deki olguların yaş ortalamaları yüksek, ort. kalp hızları ise anlamlı olarak düşük bulundu ( $p<0.05$ ). Tablo 1'de normal kişilerde ve KAH'lılardaki R dalga yüksekliği değişimlerinin yaş ve maksimum kalp hızı ile ilişkisi görülmektedir.

Grup 1B'deki koroner anjiyografisi yapılmış 40 kişi ve 143 KAH'lı olguda R dalga kriteriyle duyarlılık %67.1, özgüllük %67.5, tanı değeri (diagnostic accuracy) %88 bulundu. Grup 1B'deki 40 kişinin 8'inde, grup 2'deki 143 hastanın 97'sinde iskemik ST segment değişikliği saptandı, bu kriter gere duyarlılık %67.8, özgüllük %80, tanı değeri %92.4 olarak hesaplandı. Her iki kriter birlikte kullanıldığında duyarlılık %89.5, özgüllük %57.5 ve tanı değeri ise %88.2 idi (Tablo 2).

ST segment çökmesi görülmeyen 46 hastadan 31'inde (%67.4) R dalgası değişimi kriteriyle KAH tanısı koyulabiliyordu.

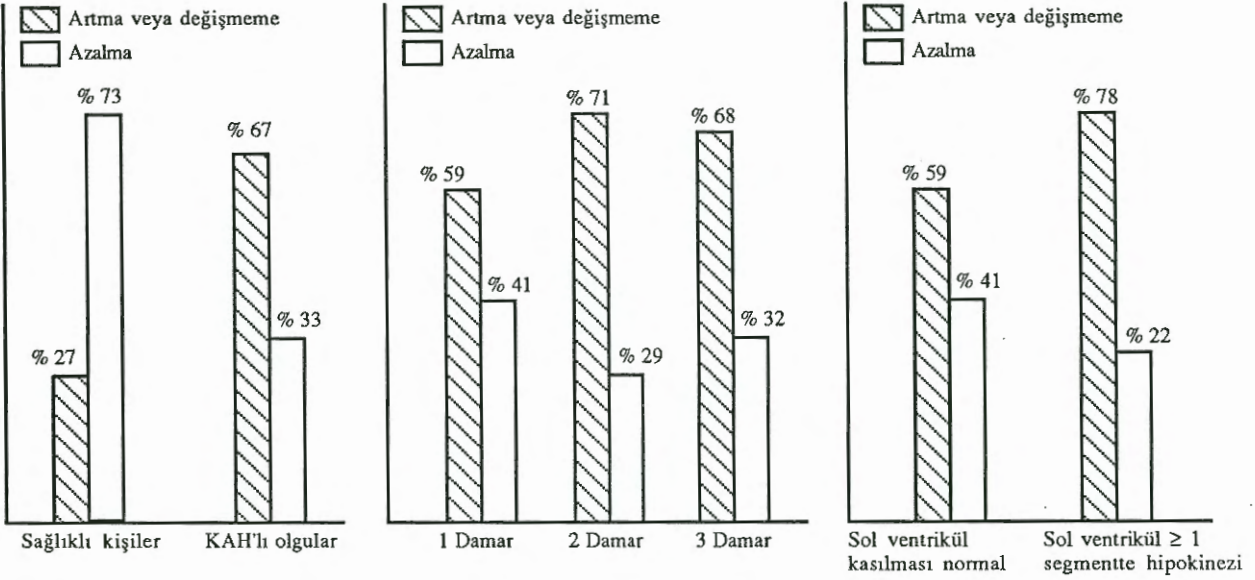
ST segment çökmesi görülen 97 hastadan 65'inde (%67) ise R dalgası değişimi kriteriyle KAH yönünden test pozitif bulundu.

Tek damar hastalığı olan 27 olgunun 16'sında (%59.2), iki damar hastalığı olan 42 olgunun 30'unda (%71.4), üç damar hastalığı olan 74 olgunun 50'sinde (67.6) R dalga yüksekliği arttı veya değişmedi. Bir veya iki damar hastalarıyla üç damar hastaları arasında bu yönden anlamlı fark saptanmadı (Şekil 1B).

Sol ventrikülde en az bir veya daha fazla segmentte kasılma bozukluğu bulunan 62 hastanın 48'inde (%77.4), sol ventrikül fonksiyonu normal 81 olgunun ise 48'inde (%59.2) R dalga yüksekliği arttı veya değişmedi. Sol ventrikülde kasılma bozukluğu gösteren KAH'lı olgularda anormal R dalga cevabı, sol ventrikül kasılması normal olgulara göre daha sıkı ( $p<0.05$ ) (Şekil 1C).

## TARTIŞMA

İlk kez 1956'da Brody (14) sol ventrikül kan hacmi ile R dalga yüksekliği arasında ilişki olduğunu, sol ventrikül kan kitlesi arttıkça R dalga yüksekliğinin arttığını öne sürmüştür. "Brody etkisi" olarak bilinen ve uzun süre kabul gören bu görüşe göre egzersiz sırasında sempatik aktivite nedeniyle atım hacmi sürdürüle bile gerek sistolik gerekse diastolik hacim giderek azalır, iskemik ventrikülün ise egzersiz esnasında hacminin yeterince küçülememesi R dalga yüksekliğinin olağan azalmasının görülmemesine yol açar. Ancak bu görüşü desteklemeyen sonuçlar bildiren çalışmalar vardır. Battler ve ark. (9), Deanfield ve ark. (15) ventrikül hacmi ile R yüksekliği arasında bağlantı bulunmadığını, Talbot ve ark. (16) ise hacim arttıkça R yüksekliğinin azaldığını bildirmişlerdir. David ve ark. (17) köpeklerde miyokarda iskemi oluşturmuşlar ve vena kavanın bağlanmasına ve ventrikül hacminin azalmasına rağmen R dalgasının artışının devam ettiğini göstermişlerdir. Ellestad (18) de R dalgası ile ventrikül hacmi arasında bağlantı olmadığını ve R dalgası değişiminin iskeminin miyokardın elektriksel özelliklerini değiştirmesine bağlı olduğu görüşünü savunmuştur. David ve ark.nın (19) deneysel çalışmaları da bu görüşü desteklemektedir. Bunun yanında KAH'lı olgularda R dalga yüksekliğinde azalma olmamasının bu hastaların egzersiz sonu kalp hızlarının düşük olmasından kaynaklandığı ve egzersiz kapasitesi yüksek KAH'lı olgularda normallerdeki gibi R dalga yüksekliğinde azalma gözlemlendiği bazı çalışmacılarca savunulmuştur



Şekil 1. a) Normal kişilerde ve KAH'lı olgularda egzersizle R dalga yüksekliği değişikliklerinin dağılımı, b) Hasta damar sayısı ve egzersizle R dalga yüksekliği değişimleri, c) KAH'lı olgularda sol ventrikül ve egzersizle R dalga yüksekliği değişimi arasındaki ilişki.

(20). Boudoulas ve ark. (21) ise, normal kişilerde, egzersiz dışı adrenerejik stimülasyonda R dalga yüksekliğinde azalma olduğunu, beta adrenerejik blokajın (propranolol) normallerde ve KAH'nda egzersiz sonu R dalga yüksekliğini artırdığını gözlemişler; egzersiz sonrası R dalga yüksekliğinde artmanın, ya iskemik hastalık ya da etkili beta adrenerejik blokaj nedeniyle katekolaminlere yanıtındaki eksikliği gösterdiğini bildirmişlerdir.

Egzersizle R dalga yüksekliğinde oluşan değişikliklerin KAH tanısındaki değerini inceleyen çeşitli çalışmalarda farklı sonuçlar bildirilmiştir (1-13). R dalgası değişimlerinin tek başına veya ST segment değişimi ile birlikte KAH tanısındaki duyarlılığını araştıran bu çalışmaların bir bölümünde, özellikle egzersiz öncesi EKG'sinde ST-T değişiklikleri veya sol dal bloku bulunan hastalarda R dalgası kriterlerinin tanıya katkıda bulunduğu gösterilmiştir. Bonoris ve ark. (1) egzersiz testinde büyük oranda yanlış pozitif ve yanlış negatif ST segment cevapları olan bir popülasyonda yaptıkları çalışmalarında, R dalgasını kullanarak, duyarlılığın % 63'e, özgüllüğün % 79'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Uhl ve Hopkirk (4) 44 sol dal bloku hastada R dalgası kriteriyle duyarlılığı % 100, özgüllüğü % 73 bulmuştur. Greenberg ve

ark.da (5) ST segmenti çökmesi parametresine R değişiminin eklenmesiyle özgüllük ve prediktif değerinde değişiklik olmadan duyarlılığın % 50'den % 76'ya yükseldiğini bildirmişlerdir. Ilsley ve ark. (6) R dalga kriterinin özellikle kadınlarda testin duyarlılığını artırdığını göstermişlerdir. ST segment ve R dalgası kriterlerinin sayısal bir indeks oluşturularak kullanılmasının da erkeklerde testin duyarlılığını artırdığı, kadınlarda ise KAH'nı ekarte ettirdiği Berman ve ark. (7) tarafından bildirilmiştir. Yamaç ve ark. (8) da, sınırlı sayıda hasta üzerinde yaptıkları çalışmalarında R dalga cevabının duyarlılığının ST segmentinden yüksek, özgüllüğünün ise aynı olduğunu saptamışlardır.

Çalışmamızda R dalga cevabı kriteriyle egzersiz testinin KAH tanısındaki duyarlılığını %67.1, özgüllüğünü %67.5, tanı değerini %88, ST segment kriteriyle ise duyarlılığını %67.8, özgüllüğünü %80, tanı değerini %92.4 bulduk. Her iki kriter birlikte kullanıldığında duyarlılık %89.5'a yükselirken, özgüllük %67.5'a düştü, tanı değeri ise %88.2 bulundu. Bulgularımız egzersize R dalgası cevabının KAH tanısı için duyarlılığı artırdığını bildiren çalışmaları (1-8) desteklemekte, ancak özgüllüğü düşerken, tanı değeri ise fazla değişmemektedir.

Çalışmamızda üç damar hastalığı olanlarda anormal R dalga cevabına bir veya iki damar hastalığı olanlardan daha sık rastlamadık. Bonoris ve ark. (2) ve Yamaç ve ark. (8) üç damar hastalarında R dalga yüksekliğinin artması veya değişmemesine tek damar hastalarından daha sık rastlamışlardır. Ancak Yamaç ve ark.'nın çalışmasında üç damar hastalığı bulunan 9 kişinin 5'i digitalis kullanmaktaydı ve bunların 4'ünde R dalga yüksekliği egzersizle artmıştı. Çalışmacılar bu durumun digitalise de bağlı olabileceğini bildirmişlerdir. Wagner ve ark. (10) ve Fox ve ark. (12) KAH'nın yaygınlığı ile R dalga değişimi arasında bir ilişki saptayamamışlardır.

Sol ventrikülde kasılma bozukluğu gösteren KAH'lı olgularımızda anormal R dalga cevabı, sol ventrikül fonksiyonu normal olanlara göre daha sıkı ( $X^2=5.2$ ,  $p<0.05$ ). Bonoris ve ark. (2) benzer sonuç bildirirken, Battler ve ark. (9), Myers ve ark. (20), Yamaç ve ark. (8) sol ventrikül fonksiyon bozukluğu ile R dalgası değişimi arasında anlamlı bir ilişki saptayamamışlardır. Saptadığımız anlamlılık düzeyinin düşük olması nedeniyle sol ventrikül fonksiyonunu belirlemede R dalgasının önemli bir yararının olmadığını düşündük.

KAH olasılığı düşük, asemptomatik kişilerde maksimal egzersiz testi yapılmış ve egzersizin erken dönemlerinde R dalga yüksekliğinin arttığı, maksimal egzersizde ise belirgin bir azalma olduğu gözlenmiştir (22). Benzer şekilde ciddi KAH'lı hastalarda, yeterli egzersiz yapılabilir ve kalp hızları yüksek düzeylere erişirse R dalgasının küçüldüğü gösterilmiştir (9,20,23). KAH'lı olgularımız maksimal kalp hızlarına ulaşamadıklarından kalp hızı R dalga yüksekliği ilişkisini çalışmamız sonuçlarına bakarak açıklamak mümkün olmamıştır. Ancak R dalga yüksekliği egzersizle artan veya değişmeyenlerle azalanlar arasında maksimal kalp hızları yönünden fark saptamadık (Tablo 1).

Sonuç olarak egzersizle oluşan R dalga değişimlerinin KAH tanısında ST segment değişimi kadar duyarlılığı olduğu, özgüllüğünün düşük olmasına karşın tanı değerinin ST segmentinininkine yakın olduğu, her iki kriterin birlikte kullanılmasının testin duyarlılığını arttırdığı, ancak özgüllüğün önemli ölçüde düştüğü, tanı değerinin ise ST segmentinininkine yakın olduğu saptandı. Bu bulgularla, yaklaşık

1-2 mm kadar küçük değişimleri ölçmenin teknik olarak güçlüğü de göz önüne alındığında egzersize R dalga yüksekliği cevabının KAH tanısında geleneksel ST segment kriterine katkısı bulunmadığı, R dalga kriteriyle çok damar hastalarının ayırdedilemediği, sol ventrikül fonksiyon bozukluğu gösterenlerin belirlenmesinde ise önemli bir yararı olmadığı sonucuna varıldı.

## KAYNAKLAR

1. Bonoris PE, Greenberg PS, Christison GW, Castellanet MJ, Ellestad MH: Evaluation of R wave amplitude changes versus ST-segment depression in stress testing. *Circulation* 57:904, 1978
2. Bonoris PE, Greenberg PS, Castellanet MJ, Ellestad MH: Significance of changes in R wave amplitude during treadmill stress testing: angiographic correlation. *Am J Cardiol* 41:846, 1978
3. Yiannikas J, Marcomichelakis J, Taggart P, Kelly BH, Emanuel R: Analysis of exercise induced changes in R wave amplitude in asymptomatic men with electrocardiographic ST-T changes at rest. *Am J Cardiol* 47: 238, 1981
4. Uhl GS, Hopkirk AC: Analysis of exercise induced R wave amplitude changes in detection of coronary artery disease in asymptomatic men with left bundle branch block. *Am J Cardiol* 44: 1247, 1979
5. Greenberg PS, Ellestad MH: Ability of R wave changes during stress testing to accurately detect coronary disease in the presence of left bundle branch block at rest. *Angiology* 31: 230, 1980
6. Ilsley C, Canapa-Anson R, Westage C, et al: Influence of R wave analysis upon diagnostic accuracy exercise testing in women. *Br Heart J* 48: 161, 1982
7. Berman JA, Wynne J, Mallis G, et al: Improving diagnostic accuracy of the exercise test by combining R wave changes with duration of ST segment duration in a simplified index. *Am Heart J* 105: 60, 1983
8. Yamaç K, Metin M, Dörtlemez Ö, Dörtlemez H: Egzersiz testine bağlı "R dalgası" voltaj değişiklikleri ve koroner angiografi ile korelasyonu. *Türkiye Klinikleri Kardiyoloji* 2: 101, 1989
9. Battler A, Froelicher V, Slutsky R, Ashburn W: Relationship of QRS amplitude changes during exercise to left ventricular function and volumes and the diagnosis of coronary artery disease. *Circulation* 60: 1004, 1979
10. Wagner S, Cohn K, Selzer A: Unreliability of exercise induced R wave changes as indexes of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 44: 1241, 1979
11. de Caprio L, Cuomo S, Bellotti P, et al: R wave amplitude testing during stress testing. Comparison with ST segment depression and angiographic correlation. *Am Heart J* 99: 413, 1980
12. Fox K, England D, Jonathan A, Selwyn A: Inability of exercise induced R wave changes to predict coronary artery disease. *Am J Cardiol* 49: 674,

- 1982
13. **Alljarde-Guimera M, Evangelista A, Galve E, et al:** Useless diagnostic value of exercise-induced R wave changes in coronary artery disease. *Eur Heart J* 4: 614, 1983
  14. **Brody DA:** A theoretical analysis of intracavitary blood mass influence on the heart-lead relationship. *Circ Res* 4: 731, 1956
  15. **Deanfield J, Davies G, Mongiadi F, Savage C, Selwyn A, Fox KM:** Factors influencing R wave amplitude in patients with ischemic heart disease. *Br Heart J* 49: 8, 1983
  16. **Talbot S, Kilpatrick D, Jonathan A, Raphael MJ:** QRS voltage of the electrocardiogram and Frank vectorcardiogram in relation to ventricular volume. *Br Heart J* 39: 1109, 1977
  17. **David D, Naito M, Chen CC, Michelson EL, Morganroth J, Schaffenburg M:** R wave amplitude variations during acute experimental myocardial ischemia: An inadequate index for changes in intracardiac volume. *Circulation* 63: 1364, 1981
  18. **Ellestad MH:** Commentary: The mechanism of exercise induced R wave amplitude changes in coronary heart disease. *Arch Intern Med* 142: 963, 1982
  19. **David D, Naito M, Michelson EL, et al:** Intramyocardial conduction. A major determinant of R wave amplitude during acute myocardial ischemia. *Circulation* 65: 161, 1982
  20. **Myers J, Ahnve S, Froelicher V, et al:** Spatial R wave amplitude changes during exercise: Relation with left ventricular ischemia and function. *J Am Coll Cardiol* 6: 603, 1985
  21. **Boudoulas H, Dervenagas S, Lewis RP, et al:** Adrenergic stimulation and R wave magnitude. *J Cardiac Rehabil* 1: 108, 1981
  22. **Wolthuis RA, Froelicher VF, Hopkirk A, Fischer JR, Keiser N:** Normal electrocardiographic waveform characteristics during treadmill exercise testing. *Circulation* 60: 1028, 1979
  23. **de Caprio L, Cuomo S, Vigorito C, et al:** Influence of heart rate on exercise-induced R wave amplitude changes in coronary patients and normal subjects. *Am Heart J* 107: 61, 1984