

Glukoz Tolerans Bozukluğu Olan Hastalarda Aortun Elastik Özelliklerinin Konvansiyonel ve Renkli Doku Doppler Ekokardiyografiyle Değerlendirilmesi

Y. Doç. Dr. Ramazan TOPSAKAL, Prof. Dr. Fahri BAYRAM*, Dr. Mustafa ÇALIŞKAN,
Dr. İbrahim ÖZDOĞRU, Doç. Dr. Namık Kemal ERYOL, Uz. Dr. Cumali GÖKÇE*,
Dr. Mustafa GÜR, Prof. Dr. Ali ERGİN

Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Kardiyoloji Anabilim Dalı, *Endokrinoloji ve Metabolizma Hastalıkları Bilim Dalı,
Talas-Kayseri

Özet

Arteriyel sertlik artışı kardiyovasküler hastalıklar için bir risk faktörüdür. Çalışmamızın amacı hipertansiyon ve koroner arter hastalığı olmayan, glukoz tolerans bozukluğu (GTB) olan hastalarda aortun elastik özelliklerini konvansiyonel ve renkli doku Doppler ekokardiyografiyle (RDDE) değerlendirmektir.

Hipertansiyon ve koroner arter hastalığı olmayan, GTB'si olan 47 olgu (yaş ortalamaları 37 ± 8) çalışma grubunu, GTB'si olmayan 32 olgu (yaş ortalamaları 34 ± 8) kontrol grubunu oluşturdu. Aortun elastik özelliklerini değerlendirmek için M-mode ekokardiyografiyle aortun sistolik ve diyastolik iç çapları, RDDE'yle aort üst duvar doku Doppler hızları (S, E, A m/sn), ekokardiyografik inceleme süresince nabız sayısı ve kan basıncı ölçüldü. Aortik sertlik indeksi ve aortik esneklik formülleriyle (Aortik sertlik indeksi= $\ln(SKB/DKB)/(AoS-AoD)/AoD$ cm²dynes⁻¹, aortik esneklik= $2x(AoS-AoD)/NBxAoD$) hesaplandı.

Aortik sertlik indeksi, aortik esneklik, aort üst duvar S hızları (m/sn) çalışma grubunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak farklıydı (sırasıyla 1.39 ± 1.52 'ye karşı 0.54 ± 0.32 , $p=0.002$; 2.64 ± 1.83 'e karşı 7.11 ± 4.33 , $p<0.001$; 0.057 ± 0.022 'ye karşı 0.069 ± 0.027 , $p=0.029$). Aortik sertlik indeksi aort üst duvar S hızı ($r=-0.30$, $p=0.007$) ve E hızıyla ($r=-0.34$, $p=0.002$) negatif ilişki, aortik esneklik ise aort üst duvar S hızıyla ($r=0.34$, $p=0.002$) ve E hızı ($r=0.37$, $p=0.001$) ile pozitif ilişki göstermekteydi.

GTB'si olan çalışma grubunda aortik sertlik indeksi daha yüksek, aortik esneklik daha düşüktür. Renkli doku Doppler ekokardiyografiyle ölçülen aort üst duvar S hızı aortik sertlik artışına paralel olarak azalmaktadır. (Türk Kardiyol Dern Arş 2004; 32: 16-22)

Anahtar kelimeler: Aortik "sertlik" ve "esneklik", doku Doppler ekokardiyografi, glukoz tolerans bozukluğu

Summary

Evaluation of Elastic Properties of Aorta in Patients with Impaired Glucose Tolerance by Conventional and Color-Doppler Tissue Echocardiography

Increased arterial stiffness is a risk factor for cardiovascular disease. In our study we aimed to evaluate the elastic properties of the aorta with conventional and color Doppler tissue imaging (CDTI) in patients with impaired glucose tolerance (IGT) who had no hypertension or coronary artery disease. The study group consisted of 47 IGT patients having without hypertension or coronary artery disease (mean age 37 ± 8), and the control group of 32 healthy subjects (mean age 34 ± 8). To evaluate the elastic properties of the aorta, diastolic and systolic diameters of the aorta were measured by M-mode echocardiography and tissue Doppler velocities of the superior wall of aorta were measured by CDTI (S, E, A m/sn) and heart rate and blood pressure were measured during echocardiographic evaluation. Aortic stiffness index and aortic distensibility were calculated using the formulas (aortic stiffness index= $\ln(SKB/DKB)/(AoS-AoD)/AoD$ cm² dynes⁻¹, aortic distensibility= $2x(AoS-AoD)/NBxAoD$).

Aortic stiffness index, aortic distensibility and S velocities (m/s) of superior aortic wall were significantly different in the study group compared with the controls. (1.39 ± 1.52 vs 0.54 ± 0.32 , $p=0.002$, 2.64 ± 1.83 vs 7.11 ± 4.33 , $p<0.001$, 0.057 ± 0.022 vs 0.069 ± 0.027 , $p=0.029$, respectively). Aortic stiffness index was negatively correlated with superior aortic wall S velocity ($r=-0.30$, $p=0.007$) and with E velocity ($r=-0.34$, $p=0.002$). Aortic distensibility was positively correlated with superior aortic wall S velocity ($r=0.34$, $p=0.002$) and with E velocity ($r=0.37$, $p=0.001$).

Conclusion: In patients with IGT, aortic stiffness index was higher and aortic distensibility lower than in normal controls. S velocity of superior wall of the aorta measured by CDTI decreased as aortic stiffness increased. (*Türk Kardiyol Dern Arş* 2004; 32: 16-22)

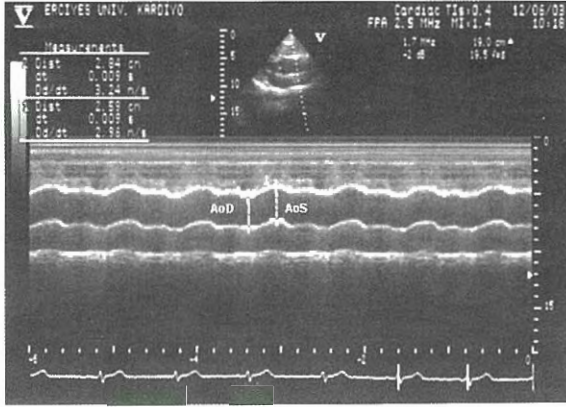
Key words: Aortic stiffness and distensibility, impaired glucose tolerance, tissue Doppler echocardiography

Glukoz tolerans bozukluğu (GTB) kardiyovasküler hastalık riskini artırmaktadır ⁽¹⁾. Glukoz tolerans bozukluğunun kardiyovasküler hastalık riskini nasıl artırdığı konusunda çelişkili bilgiler mevcuttur. Arteriyel sertlik artışı sistolik kan basıncı ve sol ventrikül kitlesini artırarak, diyastolik koroner perfüzyonunu azaltır, sonuçta kardiyovasküler hastalık riskinin artmasına neden olur ⁽²⁻⁴⁾. Aortik sertleşme yaşlanma, ⁽⁵⁾ ateroskleroz, ^(6,15) diyabetes mellitus ⁽⁷⁾ hipertansiyon ⁽⁸⁾ gibi birçok faktörden etkilenir. Aortik sertleşmenin göstergesi olan sertlik indeksi ve esneklik değişiklikleri aortadan yapılan M-mode ekokardiyografi ölçümleriyle dolaylı olarak formülle hesaplanmaktadır ^(9,10). Ekokardiyografi tekniklerindeki gelişmelerle doku hareketlerini direkt olarak değerlendirilebilmektedir. Renkli doku Doppler ekokardiyografiyle miyokard hareketinin oluşturduğu düşük hızlı yüksek genlikli Doppler sinyalleri kaydedilebilmekte, kaydedilen renkli görüntüler üzerinden ortalama doku Doppler hızları ölçülebilmektedir ^(11,12). Ventrikül sistolü ve diyastolü sırasında proksimal aortada sistolik ve diyastolik çap değişikliğine neden olan aort duvar hareketi oluşur. Glukoz tolerans bozukluğu olan heterojen hasta gruplarında arteriyel sertliğin artığı gösterilmiştir ⁽¹³⁾. Çalışmamızın amacı GTB'nin aortun elastik özellikleri üzerine etkisini, hipertansiyonu ve koroner arter hastalığı olmayan homojen bir hasta grubunda araştırmak, yeni bir teknik olan RDDE'yle aort duvar hareketlerini değerlendirerek dolaylı olarak formülle hesaplanan aortik sertlik indeksi ve esnekliğiyle ilişkisini ortaya koymaktır.

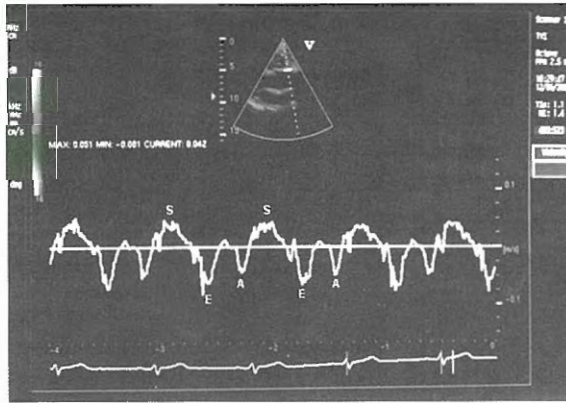
YÖNTEMLER

Endokrinoloji kliniğinde glukoz tolerans testi (GTT) yapılan, hipertansiyon, koroner arter hastalığı, kalp kapak hastalığı, kardiyomiyopati, konjenital kalp hastalığı olmayan, sinüs ritmindeki hastalar çalışmaya alındı. Glukoz tolerans testi 12 saat açlık sonrası 75 gr glukoz içirildikten 0, 30, 60, 90, 120. dakikalarda kan şekeri ölçülerek GTB değerlendirildi ⁽¹⁴⁾. Koroner arter hastalığını dışlamak için, hastalar koroner arter hastalığı risk faktörleri ve yakınmaları açısından sorgulanıp, yakınması ve risk faktörü olan hastalara efor testi yapıldı. Efor testi pozitif olanlar çalışma dışı bırakıldı. Çalışmaya alınma kriterlerine uygun, GTB'si olan 47 olgu (yaş ortalamaları 37 ± 8 ; 14 erkek, 33 kadın), çalışma grubunu, GTB'si olmayan 32 olgu (yaş ortalamaları 34 ± 8 ; 18 erkek, 14 kadın) kontrol grubunu oluşturdu. Ekokardiyografik inceleme sırasında nabız sayıları ve kan basınçları dijital sfigmomanometreyle ölçüldü.

Ekokardiyografik inceleme: Glukoz tolerans testi sonuçlarından habersiz iki kardiyolog tarafından Wingmed system-V ekokardiyografi cihazıyla 2.5 MHZ prob kullanılarak ekokardiyografik incelemeler yapıldı. Sol ventrikül sistolik ve diyastolik çapları, ejeksiyon fraksiyonları ölçüldü. Parasternal uzun aks ekokardiyogramda aort kapağının 3 cm üzerinde, M-mode ekokardiyografiyle üst duvarın alt kenarıyla alt duvarın üst kenarı arasında aortun sistolik ve diyastolik iç çapları ölçüldü. Aortun sistolik (AoS) çapı aort kapağı tam açıkken, aortun diyastolik (AoD) çapı elektrokardiyografide QRS'in tepe noktasına uyan noktada ölçüldü (Şekil 1). Renkli doku Doppler ekokardiyografiyle aort üst duvarında ölçülen doku Doppler hızlarının tekrarlanabilir, gözlemci içi ve gözlemciler arası fark göstermeyen bir yöntem olduğunu daha önce gösterdiğimiz bir yöntemle, ⁽¹⁵⁾ M-mode ölçümlerinin yapıldığı noktadan imleç aortun üst duvarı üzerine konularak, duvar hızları (S, E, A hızları m/sn), imleç lateral mitral annulusa konularak annulusa ait hızlar (annulus S, annulus E, annulus A



Şekil 1. M-mode transtorastik ekokardiyografiyle aort sistolik (AoS) ve aort diyastolik (AoD) çaplarının ölçümü



Şekil 2. Renkli doku Doppler ekokardiyografiyle aort üst duvarında ölçülen S, E, A hızları

hızları) ölçüldü. Tüm ölçümler ardışık 5 kardiyak siklusta yapılarak ortalamaları alındı (Şekil 2). Aort sistolik ve diyastolik indeksleri (AoS-İ, AoD-İ) her hastanın vücut yüzey alanına bölünerek hesaplandı. Aort esnekliği ve aortik sertlik aşağıdaki formüllerle hesaplandı (9,10,16).

Aortik esneklik = $2x(AoS - AoD) / NB \times AoD$

Aortik sertlik indeksi = $\ln(SKB / DKB) / (AoS - AoD) / AoD$
(NB: nabız basıncı, SKB: sistolik kan basıncı, DKB: diyastolik kan basıncı).

İstatistiksel analiz: "SPSS 10.0" paket programı kullanılarak ölçümler arasındaki farklılık student T ve "General Linear Model-General Factorial", ilişkiler Spearman correlation ve lineer regresyon analizleri ile test edildi. Düzeltmelerde kovaryat olarak yaş, cins, sigara alışkanlığı, total kolesterol düzeyi, HDL-kolesterol, LDL-kolesterol düzeyi ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu kullanıldı. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BULGULAR

Çalışma ve kontrol grubunun demografik ve klinik özellikleri Tablo 1'de gösterildi. Çalışma grubunda kadın olgu sayısı daha fazlaydı ($p=0.017$). Çalışma ve kontrol grubunun aort diyastolik çapları anlamlı olarak farklıydı ($p=0.002$). Aort sistolik çapı ve nabız basıncı kontrol grubunda hafif yüksek, ancak aradaki farklılık anlamlı değildi. Çalışma ve kontrol grubunda aortik sertlik indeksi (1.39 ± 1.52 'ye karşı 0.54 ± 0.32 , $p=0.002$), aortik esneklik (2.64 ± 1.83 'e karşı 7.11 ± 4.33 cm^2 dynes^{-1} , $p \leq 0.001$), aort üst duvar S hızı (0.057 ± 0.022 'ye karşı 0.069 ± 0.027 m/sn, $p=0.029$) anlamlı olarak farklı bulundu. Kovaryatlara göre düzeltilerek yapılan analizde, bu farklılık devam etti ($P=0.006$, $P < 0.001$, $P=0.03$) (Tablo 2). Aortik sertlik indeksi, RDDE ölçümleri içinde aort üst duvar S hızı ($r=-0.30$, $p=0.007$) ve E hızı ($r=-0.34$, $p=0.002$) ile negatif olarak ilişkiliydi. Aort esnekliği ise aort üst S hızı ($r=0.34$, $p=0.002$), aort üst duvar E hızı ($r=0.37$, $p=0.001$) ve annulus E hızı ($r=0.29$, $p=0.01$) ile pozitif olarak, annulus A hızı ($r=-0.22$, $p=0.04$) ile de negatif olarak ilişkiliydi (Tablo 3). Mitral lateral annulus ile aort duvarından yapılan RDDE ölçümleri arasında ilişki saptanmadı.

TARTIŞMA

Bulgularımıza göre koroner arter hastalığı, hipertansiyon ve hiperkolesterolemisi olmayan GTB'si olan hastalarda arteriyel sertlik artmakta esneklik azalmaktadır. Aortanın esnek yapısının bozulduğunu gösteren aortik sertlik artışı, esnekliğin azalması genellikle koroner arter hastalığı ve koroner arter hastalığı risk faktörleriyle birlikte (15-20). Nitrogliserinle aortik sertlikteki düzelmenin değerlendirilmesiyle koroner arter hastalığı yaygınlığının öngörülebileceği gösterilmiştir (21). Arteriyel sertlik ve esneklik değişimi, girişimci yöntemlerle veya basınç çap ilişkisine dayanan formüllerle değerlendirilmekte-

Tablo 1. Çalışma ve kontrol grubunun demografik ve klinik özellikleri

		Çalışma Grubu (n=47)	Çalışma Grubu (n=32)	p
Yaş (yıl)		37±8	34±8	>0.05
Cins	Erkek (n)	14 (%30)	18 (%56)	
	Kadın (n)	33 (%70)	14 (%44)	
Vücut yüzey alanı (m ²)		1.79±0.23	1.71±0.14	>0.05
Sigara alışkanlığı (%)		19	28	>0.05
Trigliserid (mg/dl)		129±88	106±43	>0.05
Total kolesterol (mg/dl)		194±31	190±19	>0.05
LDL-kolesterol (mg/dl)		133±34	132±21	>0.05
HDL-kolesterol (mg/dl)		34±10	36±9	>0.05
Sistolik kan basıncı (mm/Hg)		130±7	128±7	>0.05
Diyastolik kan basıncı (mm/Hg)		76±6	73±8	>0.05
Nabız basıncı (mm/Hg)		53±7	57±9	>0.05
Aort sistolik çapı (cm)		2.92±0.41	2.97±0.31	>0.05
Aort diyastolik çapı (cm)		2.68±0.39	2.41±0.30	0.002
Aort sistolik indeksi (cm/m ²)		1.64±0.02	1.74±0.02	>0.05
Aort diyastolik indeksi (cm/m ²)		1.51±0.02	1.41±0.02	>0.05
Ejeksiyon fraksiyonu (%)		71±8	69±7	>0.05

dir (9,10,22,23). Koroner arter hastalarında daha önce yaptığımız çalışmada aortun elastik özelliklerinin RDDE'yle direkt olarak değerlendirilebileceğini gösterdik (15). Bu çalışmamızda GTB'si olan hastalarda aortun elastik özelliklerini aortun sistolik, diyastolik çapını ölçerek formülle ve yeni bir yöntem olan RDDE'yle değerlendirdik.

Yaşla birlikte arteriyel sertlik artmakta, sertlikteki artış ortalama kan basıncı ve diğer risk faktörlerinden bağımsız olmaktadır (24). Çalışma ve kontrol grubumuzun yaşları arasında fark olmamakla birlikte, yaşı kovaryat olarak yaptığımız analizde de çalışma grubunda aortik sertlik artışı ve esneklik azalması devam etmekteydi.

Koroner arter hastalığı riski GTB'si olanlarda sağlıklı kişilere göre iki

kat artış göstermekte, koroner arter hastalığı olanlarda ise GTB morbidite ve mortaliteyi artırmaktadır. Etiyoloji kesin olarak bilinmemekle birlikte GTB'nin koroner arter hastalığı riskini artırmasında insülin rezistansının önemli bir etken olabileceği, (25,26) buna karşın Hoorn çalışmasında tip 2 diyabeti olanlarda hiperglisemi, hiperinsülinemi ve kardiyovasküler risk faktörlerinden bağımsız olarak elastik ve müküller arterlerde arteriyel sertliğin arttığı GTB'si olan hastalarda ise sadece müküller arterlerde sertlik artışı saptandı. Hoorn çalışmasından farklı olarak bizim çalışmamızda GTB'si olan hastalarda aortik sertlik artışı saptamamız arteriyel sertliği değerlendirmede kullanılan yöntemin, çalışmaya alınan hasta gruplarının farklı olmasıyla açıklanabilir (13). Deneysel olarak prediyabetik ratlarda kollajen birikimine bağlı

aortun elastik özellikleri bozulmakta, yaşlanmayla birlikte sertlik artışı hızlanmaktadır (27). Bizim sonuçlarımızda bu deneysel çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur. Risk faktörleri olmayan çalışma grubumuzda saptadığımız aortik sertlik artışı ve esneklik azalmasının GTB'si

Tablo 2. Çalışma ve kontrol grubunun aortik sertlik, aortik esneklik ve renkli doku Doppler ekokardiyografi bulguları

	Çalışma Grubu (n=47)	Çalışma Grubu (n=32)	p
Aortik sertlik indeksi	1.39±1.52	0.54±0.32	0.002
Aortik esneklik (cm ² dynes ⁻¹)	2.64±1.83	7.11±4.33	<0.001
Aort üst duvar S hızı (m/sn)	0.057±0.022	0.069±0.027	0.029
Aort üst duvar E hızı (m/sn)	0.052±0.026	0.061±0.026	0.12
Aort üst duvar A hızı (m/sn)	0.063±0.028	0.063±0.025	>0.05
Mitral lateral annulus S hızı (m/sn)	0.13±0.15	0.13±0.14	>0.05
Mitral lateral annulus E hızı (m/sn)	0.11±0.03	0.15±0.03	<0.001
Mitral lateral annulus A hızı (m/sn)	0.13±0.14	0.11±0.10	>0.05

Tablo 3. Aortik sertlik, aortik esneklik ve renkli doku Doppler ekokardiyografi ölçümleri arasındaki ilişkiler

	Aortik sertlik indeksi		Aortik esneklik	
	R	p	R	p
Aort üst duvar S hızı (m/sn)	-0.30	0.007	0.34	0.002
Aort üst duvar E hızı (m/sn)	-0.34	0.002	0.37	0.001
Aort üst duvar A hızı (m/sn)	-0.06	0.56	0.10	0.36
Mitral lateral annulus S hızı (m/sn)	-0.22	0.84	0.06	0.57
Mitral lateral annulus E hızı (m/sn)	-0.15	0.16	0.29	0.01
Mitral lateral annulus A hızı (m/sn)	0.17	0.11	-0.22	0.04

olan hastalarda koroner arter hastalığı riskini artıran önemli bir faktör olabileceği düşüncesindedir. Diyabetik hastalarda mikrovasküler hastalık nedeniyle arter duvarının intima ve medyanın kalınlaşması,⁽²⁸⁾ damar esnekliğinin azalmasına ve sertliğin artmasına neden olur^(18,20). Hipertansiyon mekanik etkisiyle arter duvarındaki kollajen ve elastin liflerinin özelliklerini değiştirerek arteriyel sertliği artırır^(10,23). Arteriyel sertlik artışı normotansiflerde sol ventrikül hipertrofisine neden olabilir⁽²⁹⁾. Sol ventrikül hipertrofisi kardiyovasküler olaylar için bir risk faktörüdür⁽³⁰⁾. Çalışma hastalarımızın ekokardiyografik incelemelerinde sol ventrikül hipertrofi bulgusu saptamadık. Hipertansiyon, koroner arter hastalığı, diyabet ve hiperkolesterolemisi olan olguları çalışmaya almadığımız için sonuçlarımız üzerine bir etkisi olamamıştır. Yaş, cinsiyet, sigara içimi, total kolesterol, LDL-kolesterol, HDL-kolesterol ve sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu kovaryat olarak yaptığımız analiz sonucunda da çalışma grubundaki aort sertlik indeksindeki artma esneklikteki azalmayla ilişkili olarak aort üst duvar S hızındaki azalma devam etmekteydi. Aort üst duvarından ölçülen E hızı ile sertlik indeksi arasında negatif yönde bir ilişki saptandı. Aort duvarındaki esnekliğin dolaylı bir göstergesi olarak aort üst duvar E hızını değerlendirdiğimizde sertliğin artmasıyla E hızının azalması beklenen bir sonuçtur.

Aortun elastik özelliklerini RDDE'yle aort duvar hareketlerini değerlendirerek incelemek, teknik açıdan oldukça kolay ve pratik bir yaklaşımdır. Ancak aortun duvar hareketlerinden kaydettiğimiz Doppler hızlarının aortun duvar hareketine mi bağlı, yoksa kalbin sistol ve diyastolüne bağlı oluşan Doppler sinyalleri mi olduğu sorusu yanıtlanmalıdır. Aort üst duvarından elde ettiğimiz

hızların mitral lateral annulus hızlarına göre daha düşük olması lateral annulus S hızıyla aort üst duvar S hızı arasında bir ilişki saptamamız aort duvarından ölçtüğümüz hızların aort duvar hareketinden kaynaklandığını göstermektedir. Her şeye rağmen sol ventrikül hareketlerinin bir etkisi varsa sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonlarına göre yapılan düzeltmede farklılığın ortadan kalkması beklenirdi. Ancak sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunu kovaryat olarak yaptığımız analizde de GTB'si olan grupta aort üst duvarından ölçtüğümüz S hızındaki azalma devam etmektedir. Sadece üst duvar hareketlerini değerlendirmemizin nedeni RDDE'yle tüm hastalarda aort üst duvar doku Doppler hızlarını elde edebilmemizdir. Ekojenitesi iyi olmayan parasternal uzun aks penceresi iyi olmayan hastalarda alt duvar doku Doppler hızlarını tüm hastalarda net olarak elde edemediğimiz için alt duvardan elde ettiğimiz doku Doppler bulgularını analiz etmedik.

Aortik sertlik artışı ve esneklik azalmasının göstergesi olarak, RDDE'yle elde ettiğimiz bulguları literatürde kabul gören bir yöntemle de inceleyerek aralarındaki ilişkiyi değerlendirdik. Çalışma grubunda S hızının azalması, sertliğin artışı ve esnekliğin azalmasıyla ilişkili bulundu.

Çalışmanın sınırlamaları: Çalışma ve kontrol grubunda aynı yöntemle kan basıncını ölçme-

miz her ne kadar sonucu etkilemese de aortun elastik özelliklerini değerlendirmek için brakiyal arterden ölçtüğümüz kan basıncı değerlerini kullanmamız çalışmamızın sınırlamalarından dır.

Sonuç olarak, hipertansiyon, diyabetes mellitus, koroner arter hastalığı ve hiperkolesterolemisi olmayan GTB'si olan hastalarda aortik sertlik artmakta, esneklik azalmaktadır. RDDE'yle aortun elastik özellikleri aort duvar hareketlerinden direkt olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

1. De Vegt F, Dekker JM, Ruhe HG, et al: Hyperglycaemia is associated with all-cause and cardiovascular mortality in the Hoorn population: the Hoorn Study. *Diabetologia* 1999; 42:926-31
2. Westerhof N, O'Rourke MF: Haemodynamic basis for the development of the left ventricular failure in systolic hypertension and for its logical therapy. *J Hypertens* 1995; 13: 943-52
3. Ohtsuka S, Kakihana M, Watanabe H, Sugishita Y: Chronically decreased aortic distensibility causes deterioration of coronary perfusion during increased left ventricular contraction. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24:1406-14
4. Belz GG: Elastic properties and windkessel function of the human aorta. *Cardiovasc Drugs Ther* 1995; 9:73-83
5. Avolio AP, Chen SG, Wang RP, Zhang CL, Li MF, O'Rourke MF: Effects of aging on changing arterial compliance and left ventricular load in a northern Chinese urban community. *Circulation* 1983; 68:50-8
6. Wada T, Kodaira K, Fujishiro K, et al: Correlation of ultrasound-measured common carotid artery stiffness pathological findings. *Arterioscler Thromb* 1994; 14:479-82
7. Lehmann ED, Gosling RG, Sonksen PH: Arterial wall compliance in diabetes. *Diabet Med* 1992; 9:114-9
8. Safar ME, Frohlich ED: The arterial system in hypertension. A prospective view. *Hypertension* 1995; 26:10-4
9. Stefanadis C, Stratos C, Boudoulas H, Kourouklis C, Toutouzias P: Distensibility of the ascending aorta: comparison of invasive and noninvasive techniques in healthy men and in men with coronary artery disease. *Eur Heart J* 1990; 11:990-6
10. Stratos C, Stefanadis C, Kallikazaros I, Boudoulas H, Toutouzias P: Ascending aorta distensibility abnormalities in hypertensive patients and response to nifedipine administration. *Am J Med* 1992; 93:505-12
11. Wilkeshoff UM, Sovany A, Wingstrom L et al: Regional mean systolic myocardial velocity estimation by real time color Doppler myocardial imaging: a new technique for quantifying regional systolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11:683-92
12. Sutherland GR, Lange A, Palka P, Grubb N, Fleming A, McDicken WN: Does Doppler myocardial imaging give new insights or simply old information revisited? *Heart* 1996; 76:197-9
13. Henry RM, Kostense PJ, Spijkerman AM, et al: Arterial stiffness increases with deteriorating glucose tolerance status. The Hoorn Study. *Circulation* 2003; 107:2089-95
14. Alberti KG, Zimmet PZ: Definiton, diagnosis of classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus provisional report of a WHO consultation. *Diabetes Med* 1998; 15:539-53
15. Eryol NK, Topsakal R, Çiçek Y, et al: Color Doppler tissue imaging in assessing the elastic properties of the aorta and in predicting coronary artery disease. *Jpn Heart J* 2002; 43:219-30
16. Pitsavos C, Toutouzias K, Dernellis J, et al: Aortic stiffness in young patients with heterozygous familial hypercholesterolemia. *Am Heart J* 1998; 135:604-8
17. Benetos A, Waeber B, Izzo J, et al: Influence of age, risk factors, and cardiovascular and renal disease on arterial stiffness: clinical applications. *Am J Hypertens* 2002; 15:1101-8
18. Christensen T, Neubauer B: Arterial wall stiffness in insulin-dependent diabetes mellitus. An in vivo study. *Acta Radiol* 1987; 28:207-8
19. Stefanadis C, Tsiamis E, Vlachopoulos C, et al: Unfavorable effect of smoking on the elastic properties of the human aorta. *Circulation* 1997; 95:31-8
20. Dağdelen S, Ergelen M, Soyduñç S, et al: Diyabetik koroner arter hastalarında aortik "stiffness" ve "distensibilite" değişimi ve gliserol trinitratın etkisi. *Türk Kardiyol Dern Arş* 2001; 29:413-9
21. Görgülü Ş, Eren M, Çelik S, et al: Nitrogliserin ile aort sertliğinin değişimi ve koroner arter hastalığının yaygınlığı. *Türk Kardiyol Dern Arş* 2002; 30:493-7
22. Stefanadis C, Stratos C, Vlachopoulos C, et al: Pressure-diameter relation of the human aorta. A new method of determination by the application of a special ultrasonic dimension catheter. *Circulation* 1995; 92:2210-9
23. Armentano RL, Barra JG, Levenson J, Simon A, Pichel RH: Arterial wall mechanics in conscious dogs: assessment of viscous, inertial, and elastic moduli to characterize aortic wall behavior. *Circ Res* 1995; 76:468-78
24. Reif JR, Lo CS, Myers KA, Wahlqvist ML: Risk factors for changes in aorta-iliac arterial compliance in healthy men. *Arteriosclerosis* 1986; 6:105-8
25. Baron AD: Impaired glucose tolerance as a disease. *Am J Cardiol* 2001; 88(6A):16H-9H
26. Lowe LP, Liu K, Greenland P, Metzger BE, Dyer AR, Stamler J: Diabetes asymptomatic hyperglycemia, and 22-year mortality in black and white men. *The Chicago Heart*

Association Detection Project in Industry Study. *Diabetes Care* 1997; 20: 163-9

27. Noma T, Mizushige K, Yao L, et al: Alteration in aortic wall stiffness and accumulation of collagen during the prediabetic stage of type II diabetes mellitus in rats. *Jpn Circ J* 1999; 63: 988-93

28. Parving HH, Viberti GC, Keen H, Christiansen JS, Lassen NA: Hemodynamic factors in the genesis of diabetic microangiopathy. *Metabolism* 1983; 32:943-9

29. Girerd X, Laurent S, Pannier B, Asmar R, Safar M: Arterial distensibility and left ventricular hypertrophy in patients with sustained essential hypertension. *Am Heart J* 1991; 122:1210-4

30. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP: Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med* 1990; 322:1561-6