



Exercise and Arterial Stiffness

Egzersiz ve Arteriyel Sertlik

Mehmet Karakuş, Soner Akkurt

Erciyes University, Faculty of Medicine, Sports Medicine Department, Kayseri, Turkey

ABSTRACT

Arterial stiffness is closely associated with increased cardiac mortality and morbidity risk. Thus, targeting multiple modifiable risk factors has become the main therapeutic strategy to decrease arterial stiffness in patients with high cardiovascular risk. Due to its clinical significance, several indices have been developed during the last two decades to assess arterial stiffness in a non-invasive manner. The measurement of pulsewave velocity (PWV) in central arterial segments (i.e., aorta and its main branches) is considered as the 'gold standard' estimation of arterial stiffness. PWV is an independent predictor of cardiovascular events in patients with overt cardiovascular disease as well as in healthy adults. There is a growing interest in therapeutical strategies aiming at reducing arterial stiffness. Among them, regular aerobic exercise such as walking, jogging or cycling is known to prevent or even reverse arterial stiffening in healthy adults. On the other hand, they are important in terms of inducing strength gain and increased lean body mass, although the effects of resistance exercises on arterial stiffness are controversial. The combination of aerobic and resistance exercises seems to be the most convenient method for the improvement of the cardiovascular and musculoskeletal functions and for the maintenance of well-being.

Keywords: Arterial stiffness, pulse wave velocity, exercise, cardiovascular risk factors

Öz

Arteriyel sertlik (stiffness) artışı kardiyovasküler mortalite ve morbidite riski ile yakından ilişkili bulunmuştur. Bu nedenle yüksek kardiyovasküler hastalık (KVH) riski olanlarda tedavi stratejileri belirlenirken değiştirilebilir risk faktörlerinden biri olan arteriyel sertlik azaltılmaya çalışılmalıdır. Klinik öneminden dolayı son yıllarda arteriyel sertliği değerlendirmek için noninvazif yöntemler geliştirilmiştir. Santral arteriyel segmentlerin nabız dalga hızı ölçümü, arteriyel sertliğin

Geliş Tarihi / Date Received: 29 03 2017 Kabul Tarihi / Date Accepted: 11 05 2017 Yayın Tarihi / Published online: 26.05.2017

Yazışma Adresi / Corresponding Author: Mehmet Karakuş Erciyes Üniversitesi, Spor Hekimliği Anabilim Dalı, Kayseri, Turkey.

Email: memkar77@hotmail.com

©2017 Türkiye Spor Hekimleri Derneği Tüm hakları saklıdır.

tahmininde altın standart olarak kabul edilmiştir. Nabız dalga hızı, kardiyovasküler hastalığı olan bireylerde ve sağlıklı bireylerde KVH'nın bağımsız bir öngörücüsü olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda arteriyel sertliği azaltabilecek tedavi yöntemlerine artan bir ilgi söz konusudur. Bunlar arasında arteriel sertliği azalttığı bilinen yürüyüş, hafif tempolu koşu veya bisiklet gibi düzenli aerobik egzersiz yöntemleri başta gelmektedir. Öte yandan, direnç egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerine etkileri çelişkili olsa da kuvvet artışı ve yağ yüzeyinde azalma yapması açısından önem arz etmektedir. Aerobik ve direnç egzersizlerinin birlikte yapılması kardiyovasküler ve kas-iskelet sistemi fonksiyonlarının gelişimi ve iyilik halinin sağlanması açısından en uygun yöntem olarak görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arteriyel sertlik, nabız dalga hızı, egzersiz, kardiyovasküler risk faktörleri

Available at: <http://journalofsportsmedicine.org> and <http://dx.doi.org/10.5152/tjism.2017.003>

Cite this article as; Karakus M, Akkurt S, Exercise and Arterial Stiffness. *Turk J Sports Med* 2017;52 (1):25-35

GİRİŞ

Arteriyel Sertlik (stiffness)

Kardiyovasküler hastalıklar (KVH) mortalite ve morbiditenin en önemli nedenlerinden biridir. KVH risk faktörleri, arterlerin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini değiştirerek hedef organ hasarına neden olmaktadır. Geleneksel KVH risk faktörleri olmayan bireylerde bile anlamlı sayıda kardiyovasküler olay gözlenmesi üzerine, bilinen risk faktörlerinden bağımsız olarak ateroskleroz gelişimini erken dönemde öngörebilecek çeşitli faktörlerin belirlenmesine çalışılmış ve arteriyel yapının bütünlüğünün değerlendirilmesi açısından arteriyel sertlik kavramı ortaya atılmıştır. Yaş, hipertansiyon, sigara kullanımı ve dislipidemi gibi bilinen geleneksel damarsal risk faktörlerinin yanı sıra diyabet, obezite ve sistemik enflamasyon, ateroskleroza ek olarak arterial sertlik artışına da neden olmakta, böylece kardiyovasküler mortalite ve morbiditeyi artırmaktadır.

Arteriyel sertlik prevalansı hızla artış gösteren kardiyak mortalite ve morbidite

riski ile yakından ilişkili bulunmuştur (1). Son zamanlardaki yayınlar arteriyel sertliğin KVH ve genel popülasyonda tüm nedenli ölüm insidansı için bağımsız belirleyici olduğunu göstermiştir (2). Yüksek intravasküler gerim basıncı ile karakterize olan arteriyel sertlik, KVH göstergesi olarak tanımlanıp uzun dönemli prognozla ilişkili bulunmuştur (3). Arteriyel sertlik bir ateroskleroz göstergesi olup, arteriyel duvarın kalınlaşması ve elastisitesinin kaybolması sonucu meydana gelmektedir. Özellikle büyük arterleri etkilemektedir. Bu arterlerin histopatolojik incelemesinde kollajen miktarında artış ve elastin yapısında bozulmalar izlenmiştir (4). Arteriyel sertlik artışı yalnızca vasküler yaşlanmanın bir göstergesi değil, aynı zamanda hedef organ hasarının ve artmış kardiyovasküler olayların da bir prediktörüdür.

Klinik öneminden dolayı son yıllarda arteriyel sertliği değerlendirmek için noninvazif yöntemler geliştirilmiştir. Santral arteriyel segmetlerin (aort ve ana dalları) nabız dalga hızı (Pulse Wave Velocity; PWV) ölçümü arteriyel sertliğin

tahmininde altın standart olarak kabul edilmiştir (5). Nabız dalga hızı ölçümü proksimal ve distal sensörler, ilgili arter segmentinin cilt trasesi üzerine yerleştirilerek yapılır. Nabız dalga hızı, nabız dalgasının belirli bir mesafeyi kat ettiği süre olarak tanımlanır ve mesafenin zamana bölünmesiyle hesaplanır. Nabız dalga hızı ölçümü damar yapısına göre değişmektedir. Aort ve ilk 12 dalının arteriyel sertliğin patofizyolojik etkilerini en iyi yansıtması nedeniyle, bu noktalardan yapılan ölçümlerin, klinik olarak en değerli ölçümler oldukları düşünülmektedir. Son yıllarda radial arter üzerinden standart kan basıncı ölçümüne benzer bir şekilde, tonometrik yöntemlerle ambulator nabız dalga analizleri yapılmaktadır. Bu yöntemin arteriyel sertliğin tahmini açısından diğer ölçüm yöntemleri ile aynı değerde olduğu belirtilmiştir (6). Tonometrik ölçüm metodu, uygulama kolaylığı açısından klinik kullanıma daha uygundur ve son yıllarda özellikle kardiyoloji polikliniklerinde kardiyovasküler risk tahmininde kullanılmaktadır.

Aort ve diğer proksimal ana arterlerin nabız dalgalarını tamponlama kapasiteleri bu damarların kompliance özelliklerine bağlıdır. Birim basınç değişikliği ile damar duvarının kesit alanında veya hacmindeki birim değişiklik compliance olarak ifade edilmektedir. Santral arterler elastik özellikleri ile tüm arteriyel complianceı belirleyen en önemli unsurlardır. Kardiyovasküler sistemdeki büyük damarların fonksiyonları arteriyel sertlik, distensibilite ve compliancela değerlendirilebilir.

Arteriyel sertlik, damar duvarındaki sertlik, katılık ya da genişleme kabiliyetindeki azalma olarak

tanımlanmasına rağmen genel olarak bunların hepsi arter duvarının elastiklik özelliklerini gösteren terimlerdir. Distensibilite arter duvarının gerilebilirliğini ifade eder, compliance ise arterin genişleyebilme yeteneğini gösterir. Arterler distale doğru dallara ayrıldıkça vasküler compliance özelliklerinde değişiklikler görülür ve bunun sonucunda arteriyel yatak üzerinde oluşan nabız dalgasının bir kısmı geri yansır. Santral aortada geri yansıyan nabız dalgası kalbe diyastolde ulaşır ve koroner arterlerin diyastolde dolumuna katkıda bulunur. Bu vasküler değişiklikler hemodinamik faktörlerden, hormonlardan, glukoz ve tuz regülasyonundan etkilenir. Bununla birlikte geri yansıma sonucu, ileri hareket eden nabız dalgasının amplitüdü azalır ve distal damarlarda yüksek basınç yükü ile oluşabilecek basınç hasarının önüne geçilmiş olunur.

Santral aortun sertleşmesi ile nabız dalgalarının hızı artar. Artmış arteriyel sertlik özellikle büyük santral arterlerin tamponlama yeteneğini bozarak kardiyak performans ve organ perfüzyonu üzerinde negatif etkiler oluşturur. Arteriyel sertlik artışı sistolik basınç ve nabız basıncını arttırırken, diyastolik kan basıncını azaltır. Sistolik kan basıncının artması sol ventrikül hipertrofisine ve kalbin oksijen ihtiyacında artmaya neden olurken, diyastolik basınç azalması koroner akımın bozulmasına ve iskemiye neden olmaktadır. Buna bağlı olarak arteriyel sertliğin kalp üzerindeki en önemli hemodinamik bulgusu, oksijen sunumunda azalma ve artmış oksijen ihtiyacıdır.

Aort ve aortun büyük dallarında arteriyel sertlik artışı sonucu santral ve periferik

arterler arasındaki elastik gradient ortadan kalkmaktadır. Santral arterlerdeki basınç artışının periferik arterlere yansması sonucu organ ve dokulardaki mikrovasküler yapılar üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Nabız basıncının artışının

arteriyel remodelinge, plak oluşumu ve progresyonuna, plak üzerindeki değişen hemodinamik etkenlere bağlı olarak plak rüptürüne neden olduğu gösterilmiştir. Arteriyel sertliği etkileyen faktörler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Arteriyel Sertliği Etkileyen Parametreler

1. Yaş	
2. Cinsiyet	
3. KVH ve Risk Faktörleri	Hipertansiyon Koroner Arter Hastalığı Periferik Arter Hastalığı Kalp Yetmezliği Kardiyak sendrom X Endotelial Disfonksiyon
4. Endokrinolojik ve Metabolik Bozukluklar	Diabetes Mellitus Bozulmuş Glikoz Toleransı Dislipidemi Metabolik sendrom Hipotiroidizm Hiperhomosisteinemi
5. Beslenme ve Yaşam Tarzı	Yüksek oranda tuz tüketimi Obezite Sigara Kahve, kafein Kronik alkol tüketimi Sedanter yaşam tarzı
6. Diğer Nedenler	Genetik Menopoz İnflamasyon Son dönem böbrek hastalığı Uyku apne sendromu Ailesel aterosklerotik hastalık

İnsan vücudunda dalga refleksiyonları (yansımaları) bifürkasyon noktaları ve daha küçük musküler arterleri de içeren çeşitli lokalizasyonlarda olabilmektedir. Arteriyel yapının geometrisi, arteriollerin sayısı ve mikrovasküler yapılar dalga refleksiyonunda önemli rol oynarlar. Arteriyel ve arteriyolar konstriksiyonlar kalbe daha yakın yerlerde refleksiyon noktaları oluşturarak, erken aortik dalga refleksiyonuna neden olurlar. Arteriyel sertlik arttığında yansıyan dalgalar arteriyel sistemde daha hızlı ilerler. Böylece küçük ve büyük arteriyel yapılar erken sistolde arteriyel sistemde ilerleyen dalganın üzerine süperempoze olacak şekilde erken yansıyan dalganın oluşumuna katkı sağlarlar. Bu erken yansıyan dalgaya bağlı olarak sistolik basınç artarken, diyastolik basınçta hızlı bir düşüş olur.

Sonuç olarak, arteriyel sertlik artışı, aort kökü basıncının (santral aort basıncı) geç sistolde artışına (afterload), diyastolde azalmasına ve ortalama arteriyel basıncın artmasına neden olur. Arteriyel yapıların elastik özelliği proksimalden distale gidildikçe azalmaktadır. Bu farklılık arteriyel sistem boyunca değişen moleküler, hücresel ya da histolojik özelliklere bağlıdır. Örneğin asendan aortada PWV 4-5 m/s iken, abdominal aortada 5-6 m/s, iliyak ve femoral arterlerde ise 8-9 m/s olabilmektedir.

Yüksek kardiyovasküler hastalık (KVH) riski olanlarda tedavi stratejileri belirlenirken değiştirilebilir risk faktörleri hedeflenerek arteriyel sertliği azaltmak doğru bir yaklaşımdır. Düzenli fiziksel aktivitenin hipertansiyon, koroner kalp hastalığı ve periferik oklüziv hastalıklar gibi KVH'lara karşı koruyucu etkisi vardır. Bu koruyucu etkinin altında yatan

mekanizmalar muhtemelen kan basıncındaki olumlu değişiklikler, plazma lipid ve glikoz-insülin metabolizması değişiklikleri ve ek olarak artmış arteriyel komplians olabilir. Fiziksel aktivite sedanter yaşam ile kıyaslandığında %35 KVH'ya bağlı mortalite ve %33 tüm nedeni mortalitenin azalmasına neden olmaktadır (7). Arteriyel remodeling, azalmış sempatik tonus, artmış endotelial fonksiyonlar, dolaşım faktörlerinin gelişmiş profili, arteriyel gerilebilirlik üzerine aerobik egzersizin faydalı etkilerinin altında yatan değişiklikler olarak öne sürülmüştür (8). Aksine, egzersiz ve sempatik aktivasyon sırasında oksijen ihtiyacından ötürü artan kan basıncıyla ilişkili olan direnç egzersizleri, arteriyel sertliği azaltıyor gibi görülmemektedir (9).

Son yıllarda arteriyel sertliği azaltabilecek tedavi yöntemlerine artan bir ilgi söz konusudur. Bunlar arasında koruyuculuk ve sağlıklı bireylerde arteriyel sertliği azalttığı bilinen yürüyüş, hafif tempolu koşu veya bisiklet gibi düzenli aerobik egzersiz yöntemleri başta gelmektedir (10). Öte yandan, direnç egzersizleri aerobik antrenmanla karşılaştırıldığında, arteriyel sertlik üzerine etkileri çelişkilidir. Ancak kas kuvvetinde ve yağsız vücut kitlesine artış yaparak kardiyovasküler mortalite riskinde azalma yapmaktadır (11). Böylece, aerobik ve direnç egzersizlerinin birlikte önerilmesi, yetişkinlerde kardiyovasküler ve kas-iskelet fonksiyonlarının gelişimi ve iyilik halinin sağlanması açısından en uygun stratejiyi oluşturur (12).

Aerobik Egzersizlerin Arteriyel Sertliğe Etkisi

Günümüzde, düzenli yapılan aerobik egzersizin kardiyovasküler risk faktörleri

ve mortaliteyi azalttığı iyi bilinmektedir. Aerobik egzersiz yaşlanma süreciyle meydana gelen zararlı değişimleri birtakım olumlu vasküler adaptasyonlarla önemli ölçüde hafifletir (13). Yüksek aerobik kapasitesi olan bireylerin yanı sıra yakın zamanda bir aerobik egzersiz programını tamamlamış olan bireylerde de arteriyel sertliğin belirgin bir şekilde düştüğü görülmüştür (14). Düzenli yapılan aerobik egzersizin sistemik oksidatif stres ve enflamasyondan koruma etkisi arteriyel sertlikte gözlenen azalmalar için birincil mekanizmalar olarak tanımlanmıştır. Artmış nitrik oksit (NO) üretimiyle artmış endotele bağlı vazodilatasyon, aerobik egzersizin koroner dolaşımdaki en önemli faydalarıdır. Aerobik egzersiz büyük kas gruplarını da içerdiğinde sistemik vasküler faydaları fark edilebilir olmaktadır.

Sağlıklı sedanter genç bireylerde yapılan en az 4 haftalık aerobik egzersizin, sistemik arteriyel komplians ve β -stiffness indeksini geliştirerek arteriyel sertliği azalttığı gözlenmiştir (15). Etkileyici bir şekilde ılımlı dozda (haftada 3x30 dakika maksimum işyükünün %75 dozunda) egzersiz sonrası arteriyel özellikler göreceli olarak dayanıklılık sporcularınıninki ile benzerdir. Bu kısa dönemli değişiklikler egzersize bağlı arteriyel adaptasyonların yapısal kökenli olmak yerine fonksiyonel olduklarını düşündürmektedir. Dayanıklılık egzersizleri yapanlarda santral arteriyel sertliğin azalmış olmasının nedeni azalmış sempatik tonus ve endotelial iyileşmedir. Ayrıca vasküler düz kas hücre relaksasyonu katkısı, artmış arteriyel duvar makaslama stresi, NO biyoaktivitesi, vazokonstriktör tonus,

oksidatif stres ve inflamasyon azaltılması gibi birçok mekanizma aerobik egzersizin arteriyel sertliği azaltmasında rol oynuyor olabilir. Aortik empedans tahmini için yapılan çalışmalarda yaşa bağlı damar duvar sertliği artışının, hayatı boyunca düzenli egzersiz yapanlarda daha yavaş olduğu, ancak yaşlıktan sonra oluşan değişikliklerin geri dönüşümsüz olduğu gösterilmiştir (16).

Akut aerobik egzersizin arteriyel sertliğe etkisini araştıran bir çalışmada, arteriyel kompliansı %30-40 artırdığı ve artmış vazodilatasyondan dolayı 60 dakika içinde normale döndüğü gösterilmiştir (17). Heffernan ve ark.(18) 20 dakikalık akut aerobik bisiklet egzersizi sonrası arteriyel sertliğin azaldığını oysa direnç egzersizi sonrası santral arteriyel sertliğin arttığını ve fakat periferik arteriyel sertliğin etkilenmediğini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte aynı çalışma akut aerobik egzersiz sonrası santral arteriyel sertliğin değişmediğini fakat direnç egzersizi yapan sporcularda periferik arteriyel sertliğin azaldığını göstermiştir. Currie ve ark.(19) 6 günlük dayanıklılık egzersizi ile periferik ve santral arteriyel sertliğin ilk ölçüme göre azaldığını fakat kalp atım hızı ve VO₂ max'da bir değişiklik olmadığını ve düşen arteriyel sertliğin nabız sayısı ve vasküler geçirgenlikle ilişkili olmadığını öne sürmüşlerdir.

McClellan ve ark.(20) hafif egzersizden 1 saat sonra santral arteriyel sertliği değerlendirmiş, sonuçları egzersiz yapmayan grupla karşılaştırdıklarında herhangi bir fark bulamamışlardır. Hayashi ve ark.(21) orta yaşlı erkeklerde 16 haftalık jogging ve yürüyüş egzersizlerinin santral arteriyel PWV'yi azalttığını fakat periferik PWV'de herhangi bir değişikliğe yol açmadığını

gözlemlemişlerdir .Aerobik egzersizin bu etkisinin santral arterlerin periferik arterlere oranla daha fazla elastin içermelerinden dolayı arteriyel duvar yapısında bulunan elastin miktarı ile ilişkili olabileceğini rapor etmişlerdir. Hayashi'nin aksine Ashor ve ark.(14) metaanalizlerinde uzun süreli ve yoğun egzersizle periferik arteriyel sertliğin santrale göre daha çok etkilendiğini iddia etmişlerdir. Karakuş ve ark.(22) ortalama 10 yıl süre ile düzenli doğa yürüyüşü yapan orta ve ileri yaşlı bireylerde hem santral hem de periferik arteriyel sertliğin kontrol gurubuna göre daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

Tanaka ve ark. (23) düzenli aerobik egzersizlerin, yaşla ilişkili arteriyel komplansta azalma, ayrıca orta ve ileri yaşlı bireylerde kardiyovasküler riskte azalma yarattığını iddia etmişlerdir. Kakiyama ve ark.(24) 8 hafta boyunca, haftada 3-4 gün, günde 1 saat, %70 VO2 max şiddetinde bisiklet sürmenin arteriyel sertliği azalttığını, fakat egzersiz bırakıldıktan 8 hafta sonra arteriyel sertliğin eski seviyesine çıktığını gözlemlemişlerdir. Arteriyel sertliğin azalması, aerobik egzersize bağlı damar duvarında oluşan yapısal ve fonksiyonel faktörlerdeki değişiklikler, vazodilatasyonun stimülasyonunda rolü olan faktörlerin artmış gen ekspresyonu ve oksidatif stres azalması nedeniyle olduğu düşünülmektedir. Postmenapozal kadınlarda egzersizin arteriyel sertlik artışını, total kolesterol ve LDL kolesterol seviyesinden bağımsız olarak engelleyip, kardiyovasküler morbidite riskini azalttığı rapor edilmiştir (25).

Aerobik egzersizin metabolik sendromlu hastalarda da arteriyel sertliği ve kardiyovasküler morbidite ile ilişkili risk

faktörleri azalttığı bilinmektedir. Aerobik iyilik hali ile arteriyel komplans arasında pozitif bir ilişki vardır. Buna göre aerobik egzersizin hem kadınlar hem de erkeklerde PWV'yi azalttığı ve arteriyel komplansı geliştirdiği söylenebilir (26).

Direnç Egzersizlerinin Arteriyel Sertliğe Etkisi

Direnç egzersizi yapan sporcularda sertleşmiş arterler potansiyel zararlı etkilerinden dolayı endişe oluşturmaktadır. Ama son metaanalizler arteriyel sertlik artışının yüksek yoğunluklu egzersiz (direnç yükü 1 maksimum tekrarın %70 inden fazla olan) yapan genç bireylerle sınırlı olduğunu ortaya koymuştur (12). Orta şiddette direnç egzersizlerinin sağlıklı bireylerde arteriyel özelliklere herhangi bir etkisinin olmadığı fakat kardiyometabolik risk etmelerinin azaltılması bakımından faydalı olabileceği ileri sürülmüştür.

Akut direnç egzersizlerinin (maksimum tekrarın %75'i) arteriyel sertlik üzerine etkisini araştıran bir çalışmada egzersizden sonraki 30. dakikada santral arteriyel sertliğin arttığı, arteriyel komplansın azaldığı ve sistolik arteriyel gerinimin arttığı, fakat 60 dakika sonra bu değişikliklerin egzersiz öncesi seviyeye döndüğü tespit edilmiştir (27). Yoon ve arkadaşları direnç egzersizi (maksimum tekrarın %60'ı) sonrası 20. dakikada arteriyel sertlik, karotid femoral PWV ve augmentasyon indeksinin arttığı fakat santral ve brakial kan basıncının değişmediğini rapor etmişlerdir (28). Santral arteriyel sertlik akut direnç egzersizleri sırasında kan basıncının 250-310 mmHg'ya kadar çıkmasından dolayı yüksek olabilir. Bir çok çalışma akut aerobik egzersizin tersi olarak direnç

egzersizlerinin arteriyel sertliği artırdığını iddia etmiştir (29, 30).

Kronik direnç egzersizinin arteriyel sertliği artırması, damar duvarının düz kas içeriği, modifiye elastin içeriği ve yük mukavemetini sağlayan kollajen miktarının artması ile ilişkilendirilmiştir. Fash ve arkadaşları üst ekstremite kas kuvveti ve santral PWV arasında VO2 max'dan bağımsız olarak negatif korelasyon olduğunu bulmuşlardır (31). Miyachi ve ark.(29) 4 ay haftada 3 gün direnç egzersizleri yapan genç bireylerde arteriyel kompliansın azaldığını, arteriyel sertlik indeksinin ise arttığını ve egzersiz yokluğunda ise bu değerlerin bazal seviyeye döndüğünü bulmuşlardır. Aynı çalışmada brakial ve sistolik tansiyon, femoral arteriyel komplians ve karotid intima media kalınlığında ise değişiklik olmadığı rapor edilmiştir.

Miyachi ve ark.(32) genç ve orta yaşlı bireylerde yaptıkları başka bir çalışmada ise orta yaşlılarda direnç egzersizlerinin santral arteriyel kompliansı azalttığı gösterilmiştir. Bu değer sedanterlerle ve eşlik eden sol ventriküler hipertrofisi olanlarla karşılaştırıldığında daha düşük bulunmuş, fakat periferik arteriyel komplians değişmemiştir. Maeda ve ark.(33), orta yaşlılarda yapmış oldukları bir çalışmada 12 hafta, haftada 2 gün 3 set diz fleksiyon ve ekstansiyon egzersizlerinin kas kuvvetini ve plazma NO miktarını artırdığı fakat aortik PWV ve plazma endotelin-1 seviyesini etkilemediğini göstermişlerdir. Rakobowchuk ve ark.(34), genç erkeklerde 6 ve 12 haftalık tüm vucut direnç egzersizlerinin brakial ve karotid arteriyel basıncı artırdığı, fakat karotid komplians, β stiffness indeks, intima media kalınlığı ve kardiyak çapta bir

değişikliğe neden olmadığını göstermişlerdir.

Otsuki ve ark.(35) kuvvet ve direnç egzersizi sporcularını sedanterlerle karşılaştırdıklarında santral arteriyel PWV'de artış, arteriyel koplansta ise azalma tespit etmişlerdir. Endotelin-1 konsantrasyonunun direkt olarak arteriyel PWV ile orantılı olduğu ve sertlik artışına katkısı olduğunu, NO seviyelerinde ise değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Collier ve ark.(36) direnç ve aerobik egzersizlerinin prehipertansif ve evre 1 hipertansif kadın ve erkekler üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada direnç egzersizlerinin santral ve periferik arteriyel sertliği artırdığını, oysa aerobik egzersizin arteriyel sertliği azalttığını ve her iki egzersizin de kan basıncı üzerine etkilerinin aynı olduğunu rapor etmişlerdir. Ek olarak Collier(37) direnç ve dayanıklılık egzersizlerinin arteriyel sertlik üzerindeki etkisinin cinsiyete göre farklılık gösterdiğini ifade etmiştir.

Bazı çalışmalar direnç egzersizlerinin santral arteriyel sertliği artırdığını gösterse de bu görüş henüz tam olarak netlik kazanmamıştır. Son yıllarda direnç egzersizlerinin fiziksel aktivitenin bir parçası olarak reçete edilmesi tavsiye edilmektedir. Okamoto ve ark.(38) 8 haftalık uzun konsantrik egzersiz yapan genç kadınlarda PWV'nin arttığını, fakat eksantrik egzersiz yapanlarda ise herhangi bir değişiklik olmadığını söylemişlerdir. Orta ve ileri yaşlı kadın ve erkek kürek sporcularının yaptığı direnç ve dayanıklılık egzersizleri sonucu sedanterlere göre yüksek karotid arteriyel komplians ve düşük beta stiffness indeks değerlerine sahip olduklarını, bununla birlikte periferik arteriyel sertlikte ise

değişiklik olmadığını göstermişlerdir. Aynı çalışmada kan basıncında değişiklik olmazken karotid baroreseptör hassasiyetinde arteriyel kompliansa paralel bir artış tespit edilmiştir (39). Nualmin ve ark.(40) hem aerobik hem de direnç egzersizlerini birlikte yapan yüzücülerde arteriyel sertliğin azaldığını bulmuşlardır.

Kawano ve ark.(41) 4 ay boyunca haftada 3 gün direnç, aerobik ve kombine egzersiz yaptırılan sağlıklı erkekler üzerinde yaptıkları çalışmada özellikle direnç egzersizleri yapanlarda azalmış arteriyel komplians olduğunu bildirirken, aerobik ve kombine egzersiz yapanlarda ise anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar direnç egzersizlerinin, aerobik egzersiz tarafından engellenen santral arteriyel kompliansı azaltmasına rağmen periferik arteriyel sertlikte herhangi bir değişikliğe neden olmadığını destekler şekildedir. Figueroa ve ark.(42) 12 haftalık orta şiddette kombine egzersiz programının postmenapozal kadınlarda arteriyel sertliği pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada Hoonjan ve ark.(43) orta şiddette direnç ve dayanıklılık egzersizi öncesi, 3, 25, 30. dakika ve egzersiz sonrası periferik ve santral arteriyel sertlik değerlerini ölçmüşler ve sedanterlerle karşılaştırmışlar, dinlenim değerleri ve periferik PWV açısından gruplar arasında fark olmazken santral PWV egzersizin 3. dakikasında artmış ve sonraki dakikalarda azalarak, egzersiz kesildikten 15 dakika sonra bazal seviyeye dönmüştür.

Hoonjan ve ark. dayanıklılık egzersizi yapanlar ve kontrol grubunun direnç egzersizi yapanlara göre egzersize

arteriyel cevaplarının farklı olmasına rağmen periferik arteriyel cevabın ise aynı olduğu sonucuna varmışlardır. Bu konunun desteklenmesi bakımından daha yüksek şiddetli yada daha uzun süreli egzersizlerle yapılacak olan çalışmalara gereksinim vardır. Saka ve ark.(44) basketbol ve halter sporcularını sedanter kontrol ile karşılaştırdıkları bir çalışmada basketbol gibi aerobik yönü fazla olan egzersizlerin yanı sıra halter gibi direnç ağırlıklı egzersizin de arteriyel sertliği azalttığını, halter sporcularındaki bu arteriyel sertlik düşüşünün nedeninin ise antrenman programlarındaki aerobik egzersize bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Gerek kardiyovasküler hastalığı olan bireyler, gerekse sağlıklı genel popülasyonun iyilik halinin artırılması için aralarında American Heart Association ve American College of Sports Medicine gibi bir çok organizasyon artmış fiziksel aktivite ve aerobik egzersiz antrenmanlarını tavsiye etmektedir (45). Randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen deliller çeşitli egzersiz modalitelerinin endotelial fonksiyonlar üzerine olan faydalı etkilerini ortaya koymuştur (46). Fakat farklı egzersiz tiplerinin arteriyel sertlik ve nabız dalga yansıması üzerine etkileri ile ilgili karşıt görüşler vardır.

Arteriyel sertlik KVH bağımsız risk belirleyicisi olduğundan arteriyel sertliği iyileştirici tedbirler almak KVH önlenmesi ve tedavisine katkı sağlaması açısından artan bir öneme sahiptir. Aerobik egzersizler başta olmak üzere egzersiz reçetesine eklenebilecek haftada 2-3

günlük direnç egzersizi arteriyel sertliğin ve dolayısıyla KVH riskinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Ek olarak yaşam tarzı değişikliği ve uzun süreli omega-3 yağ asidi kullanımı hipertansiyon ve metabolik sendromu olan hastalarda arteriyel sertliği azaltacak önlemler içerisinde yerini almalıdır.

Fiziksel aktivitenin kardiyovasküler morbidite ve mortaliteyi azalttığı bilinmektedir. Aerobik egzersizlerin arteriyel sertliği azaltarak kardiyovasküler morbidite ve mortaliteyi azalttığı da kanıtlanmıştır. Ancak direnç egzersizlerinin arterial sertlik üzerine etkisi net olarak ortaya konulamamıştır. Bu konu ile ilgili geniş örnekli çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. M. Cecelja, P. Chowienzyk, Role of arterial stiffness in cardiovascular disease, *JRSM Cardiovasc. Dis* 2012; 012016.
2. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 1318-1327.
3. Satoh-Asahara N, Kotani K, Yamakage H, et al., Cardio-ankle vascular index predicts for the incidence of cardiovascular events in obese patients: A multicenter prospective cohort study (Japan Obesity and Metabolic Syndrome Study: JOMS). *Atherosclerosis* 2015; 242: 461-468.
4. Ziemann SJ, Melenovsky V, Kass DA. Mechanisms, pathophysiology, and therapy of arterial stiffness. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2005; 25(5): 932-43.
5. S. Laurent, J. Cockcroft, L. Van Bortel, et al., Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications, *Eur. Heart J* 2006; 27 2588-2605.
6. Luzardo L, Lujambio I, Sottolano M, et al., 24-h ambulatory recording of aortic pulse wave velocity and central systolic augmentation: a feasibility study. *Hypertens Res* 2012; 35(10):980-7.
7. Nocon M, Hiemann T, Muller-Riemenschneider F, et al., Association of physical activity with all-cause and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2008; 15: 239-246.
8. N.T. Jenkins, J.S. Martin, M.H. Laughlin, et al., Exercise-induced signals for vascular endothelial adaptations: implications for cardiovascular disease, *Curr. Cardiovasc. Risk Rep* 2012; 6, 331-346.
9. M. Miyachi, Effects of resistance training on arterial stiffness: a meta-analysis, *Br. J. Sports Med* 2013; 47, 393-396.
10. K. Hayashi, J. Sugawara, H. Komine, et al., Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries in middle-aged sedentary men, *Jpn. J. Physiol* 2005; 55, 235-239.
11. A. Gomez-Cabello, I. Ara, A. Gonzalez-Aguero, et al., Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review, *Sports Med* 2012; 42, 301-325.
12. C.E. Garber, B. Blissmer, M.R. Deschenes, et al., American College of SportsMedicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise, *Med. Sci. Sports Exerc* 2011; 43, 1334-1359.
13. Santos-Parker JR, LaRocca TJ, Seals DR. Aerobic exercise and other healthy lifestyle factors that influence vascular aging. *Adv Physiol Educ* 2014; 38:296-307.
14. Ashor AW, Lara J, Siervo M, et al., Effects of exercise modalities on arterial stiffness and wave reflection: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One* 2014; 9:e110034.
15. Cameron JD, Dart AM. Exercise training increases total systemic arterial compliance in humans. *Am J Physiol* 1994; 266(2 Pt 2):H693-H701.
16. Shibata S, Levine BD. Effect of exercise training on biologic vascular age in healthy seniors. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2012; 302:H1340-H1346.
17. Kingwell B, Berry K, Cameron J, et al., Arterial compliance increases after moderate- intensity cycling. *Am J Physiol* 1997; 273: 2186- 2191.
18. Heffernan KS, Collier SR, Jae SY, et al., Arterial stiffness and baroreflex sensitivity following bouts of aerobic and resistance exercise. *Int J Sports Med* 2007; 28: 197-203.
19. Currie KD, Thomas SG, Goodman JM. Effects of short-term endurance exercise training on vascular function in young males. *Eur J Appl Physiol* 2009; 107(2): 211-218.
20. McClean CM, Clegg M, Shafat A, et al., The impact of acute moderate intensity exercise on arterial regional stiffness, lipid peroxidation, and antioxidant status in healthy males. *Res Sports Med* 2011; 19(1): 1-13.
21. Hayashi K, Sugawara J, Komine H, et al., Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries in middle-aged sedentary men. *Jpn J Physiol* 2005; 55(4): 235- 239.
22. Karakus M, Dolu N, Saka T. et al., Effects of Regular Moderate Exercise on Arterial Stiffness and PTX3

- Protein and Some Cardiac Parameters. Ethno Med* 2016; 10(3): 288-294.
23. Tanaka H, Dinanno FA, Monahan KD, et al., Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation* 2000; 102: 1270-1275.
 24. Kakiyama T, Sugawara J, Murakami H, et al., Effects of short-term endurance training on aortic distensibility in young males. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37: 267-271.
 25. Tanaka H, DeSouza CA, Seals DR. Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 1998; 18: 127-132.
 26. Liu HB, Yuan WX, Qin KR, et al., Acute effect of cycling intervention on carotid arterial hemodynamics: Basketball athletes versus sedentary controls. *BioMedical Engineering Online* 2015; 14(Suppl 1):17-30.
 27. DeVan AE, Anton MM, Cook JN, et al., Acute effects of resistance exercise on arterial compliance. *J Appl Physiol* 2005; 98: 2287-2291.
 28. Yoon ES, Jung SJ, Cheun SK, et al., Effects of acute resistance exercise on arterial stiffness in young men. *Korean Circ J* 2010; 40(1): 16-22.
 29. Miyachi M, Kawano H, Sugawara J, et al., Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance: A randomized intervention study. *Circulation* 2004; 110: 2858-2863.
 30. Cortez-Cooper MY, DeVan AE, Anton MM, et al., Effects of high intensity resistance training on arterial stiffness and wave reflection in women. *Am J Hypertens* 2005; 18(7): 930-934.
 31. Fahs CA, Heffernan KS, Ranadive S, et al., Muscular strength is inversely associated with aortic stiffness in young men. *Med Sci Sports Exerc* 2010; 42(9): 1619-1624.
 32. Miyachi M, Donato AJ, Yamamoto K, et al., Greater age-related reductions in central arterial compliance in resistance trained men. *Hypertension* 2003; 41: 130-135.
 33. Maeda S, Otsuki T, Iemitsu M, et al., Effects of leg resistance training on arterial function in older men. *Br J Sports Med* 2006; 40(10): 867-869.
 34. Rakobowchuk M, McGowan CL, de Groot PC, et al., Effect of whole body resistance training on arterial compliance in young men. *Exp Physiol* 2005; 90: 645-651.
 35. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, et al., Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength and endurance trained men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; 292: 786-791.
 36. Collier SR, Kanaley JA, Carhart RJ, et al., Effect of 4 weeks of aerobic or resistance exercise training on arterial stiffness, blood flow and blood pressure in pre- and stage-1 hypertensives. *J Hum Hypertens* 2008; 22: 678-686.
 37. Collier SR. Sex differences in the effects of aerobic and anaerobic exercise on blood pressure and arterial stiffness. *Gen Med* 2008; 5(2): 115-123.
 38. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. *J Hum Hypertens* 2006; 20: 348-354.
 39. Cook JN, DeVan AE, Schleifer JL, et al., Arterial compliance of rowers: Implications for combined aerobic and strength training on arterial elasticity. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006; 290: 1596-1600.
 40. Nualnim N, Barnes JN, Tarumi T, et al., Comparison of central artery elasticity in swimmers, runners, and the sedentary. *Am J Cardiol* 2011; 107(5): 783-787.
 41. Kawano H, Tanaka H, Miyachi M. Resistance training and arterial compliance: Keeping the benefits while minimizing the stiffening. *Journal of Hypertension* 2006; 24(9): 1753-1759.
 42. Figueroa A, Park SY, Seo DY, et al., Combined resistance and endurance exercise training improves arterial stiffness, blood pressure, and muscle strength in postmenopausal women. *Menopause* 2011; 18(9): 980-984.
 43. Hoonjan B, Dulai R, Ahmed Z, et al., Comparing the effect of moderate intensity exercise on arterial stiffness in resistance trained athletes, endurance athletes and sedentary controls: A crosssectional observational study. *Artery Research* 2013; 7: 216-221.
 44. Saka T, Sekir U, Dogan A, et al., Arterial Stiffness Differences between Aerobically and Resistance Trained Turkish Elite Athletes. *Anthropologist* 2016; 24(2): 429-439.
 45. Swift DL, Lavie CJ, Johannsen NM, et al., Physical activity, cardiorespiratory fitness, and exercise training in primary and secondary coronary prevention. *Circ J* 2013. 77:281-292.
 46. Vona M, Codeluppi GM, Iannino T, et al., Effects of different types of exercise training followed by detraining on endothelium-dependent dilation in patients with recent myocardial infarction. *Circulation* 2009. 119: 1601-1608.