

Klasik Hipertrofi İle Kan Akışı Sınırlandırılarak Yapılan Antrenmanların Kas Kuvveti Ve Kalınlığı Açısından Karşılaştırılması

Comparison of Blood Flow Restriction Training With Classical Hypertrophy Training in Terms of Muscle Strength and Thickness

¹Orkun AKKOÇ

²Ömer Batın GÖZÜBÜYÜK

¹İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Spor Bilimleri Fakültesi, Hareket Antrenman Anabilim Dalı

²İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi, Spor Hekimliği Anabilim Dalı

Yazışma Adresi

Corresponding Address:

Arş. Gör. Dr. Orkun AKKOÇ

ORCID: 0000-0003-0718-6883

İstanbul Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Avcılar Kampüsü, Avcılar, İstanbul

E-posta: orkunakkoc@hotmail.com

Geliş Tarihi (Received): 23.11.2018

Kabul Tarihi (Accepted): 05.11.2019

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, kan akışı sınırlandırılarak yapılan düşük şiddette kuvvet egzersizleri ve orta şiddetteki kuvvet egzersizlerinin kas kuvveti ve kas kalınlığına etkisini araştırmaktır. Çalışmaya 22 denek katılmıştır. Deneklerin 11'i kan akışı sınırlandırarak (KAS), 11'i klasik hipertrofi (KH) antrenmanı yapmıştır. 8 hafta uygulanan kuvvet egzersizlerinden önce ve sonra deneklerin biceps braki kas kuvveti ve biceps braki kas kalınlığı ölçülmüştür. Katılımcıların sonuçlarını değerlendirmek için Wilcoxon ve Man Whitney U testi kullanılmış, anlamlılık $p < 0,05$ kabul edilmiştir. 8 hafta uygulanan kuvvet antrenmanı sonunda kas kuvveti ve kas kalınlığı her iki grupta da artmış ($p < 0,05$), ayrıca kuvvet ve kalınlık bakımından gruplar arası fark bulunamamıştır ($p > 0,05$). Kan akışı sınırlandırılarak yapılan düşük şiddetteki kuvvet antrenmanı (KAS), kuvveti ve kalınlığını arttırmıştır. KAS antrenmanı klasik hipertrofi (KH) antrenmanı ile benzer sonuçlar vermiştir ve hipertrofi antrenmanına alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: KAS, Hipertrofi antrenmanı, Kan akışı sınırlandırma, Kas kalınlığı, Biceps braki

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of low intensity strength training with blood flow restriction (BFR) and moderate intensity strength training on elbow flexion strength and muscle thickness. 22 subjects were included in the study. Eleven of the subjects practiced moderate intensity (classical hypertrophy, CH) and eleven of the subjects practiced low intensity training with blood flow restriction. Biceps brachii muscle strength and biceps brachii thickness of the subjects were measured before and after 8 weeks of exercise. Wilcoxon and Mann Whitney U test were used to evaluate the results of the subjects. P values of less than 0.05 were considered statistically significant. At the end of 8 weeks, muscle strength and muscle thickness were increased in both groups ($p < 0.05$). In addition, there was no difference between groups in terms of strength and thickness ($p > 0.05$). Low intensity strength training with blood flow restriction increased strength and thickness. BFR training has similar results with classical hypertrophy training and may alternatively be used to replace hypertrophy training.

Key Words: BFR, Hypertrophy training, Blood flow restriction, Muscle thickness, Biceps brachii

GİRİŞ

Kuvvet egzersizleri, kasta kuvvet ve hacim artışı, spor yaralanmalarından korunma ve rehabilitasyon amacı ile kullanılan temel bir antrenman yöntemidir (American College of Sports Medicine position stand, 2009; Kraemer ve Ratamess, 2004). Kasta hacim artışı sağlamak için orta şiddette direnç egzersizleri önerilmektedir. Birçok araştırmacı maksimal bir tekrarın %60-80 arası şiddetindeki egzersizlerin kas kuvveti, kas hacmi ve nöral adaptasyonu en iyi şekilde arttırdığını bildirmiştir (American College of Sports Medicine position stand, 2002; Fleck ve Kreamer, 1997; Folland and Williams 2007, Sale, 1988). Diğer yandan kas hipertrofini arttırmak amacı ile %75-85 şiddetinde 6-12 tekrar en az 3 set orta şiddet direnç egzersizleri önerilmektedir (American College of Sports Medicine position stand, 2002; Fleck ve Kreamer, 1997).

Kasta kuvvet artışı ve hipertrofi sağladığı iddia edilen diğer bir antrenman yöntemi ise Kan Akışı Sınırlanarak (KAS) düşük şiddette yapılan antrenman yöntemidir (Abe ve diğ., 2012; Sato, 2005). İlk kez 1966 yılında Japon doktor Y Sato tarafından KAS olarak tanımlanan bu antrenman türü, standart kuvvet egzersizlerine toleransı düşük olan yaşlı popülasyonda kas kitlesini artırma amacıyla kullanılmış olup, günümüzde ise klasik hipertrofi antrenmanlarına alternatif olarak önerilmektedir. Temelde KAS antrenmanında amaç, çalışılacak ekstremiteğin proksimaline turnike takarak venöz kan akışını durdurmak ve arteriyel akımı sınırlandırmaktır. (Loenneke ve diğ., 2012). Kan akışını sınırlandırmak için ekstremiteğin proksimaline takılan çeşitli tıkaçlar geliştirilmiştir. Kaatsu aracı da bu tıkaçlardan biridir. Kaatsu cihazı ile üst ekstremitelere 100-160 mmHg basınç uygulayan 3-3,3 cm genişliğinde elektronik tıkaçlar kullanılır. Yapılan çalışmalarda bu basınç aralığında kol kaslarında kuvvet ve kalınlık artışı gözlemlenmiştir (Yasuda ve diğ., 2011). KAS antrenmanının uygulama araçlarından Kaatsu cihazı pahalı bir sistem olup, yüksek popülasyondaki çalışmalar için kullanışlı değildir. Bu nedenle turnike, elastik bant, yarı-elastik kumaş bantlarla sıkıştırma gibi daha pratik KAS yöntemleri geliştirilmiştir (Lowery ve diğ., 2014). Bu pratik tıkaçlarda manometre gibi bir basınçölçer kullanılmamakta, bunun yerine kişilerin kendilerinin uygulanan baskıya puan verdiği basınç skalaları kullanılmaktadır. Basınç skalasında 10 maksimum baskıyı temsil etmekte ve antrenman süresince uygulanacak baskı hissinin 7-8 olarak ayarlanması esasına dayanmaktadır (Wilson ve diğ., 2013). Bu pratik KAS antrenmanı, çeşitli egzersiz tipleri (diz ekstansiyon, diz fleksiyon, bacak itiş, bisiklet, yürüme, dirsek fleksiyonu ve göğüs itiş) ile birleştirilerek uygulanabilmektedir. KAS ile düşük şiddette (1 tekrar maksimumun %20-30'u) yapılan bu egzersizlerin kasta orta şiddette yapılan direnç egzersizlerine benzer oranda kuvvet - hacim arttırdığı ve bu şiddette yapılan egzersizlere alternatif antrenman metodu olarak kullanılabilceği belirtilmiştir. (Lowery ve diğ., 2014; Takarada ve diğ., 2000).

KAS antrenmanı sonucu oluşan kas hipertrofinin nedenleri tam olarak ortaya konmasa da, bazı bulgular bu hipertrofi mekanizmasını açıklayabilir. Bunlardan biri KAS antrenmanı sonucu oluşan kas hücrelerindeki akut büyümedir (Loenneke ve diğ., 2012). Bu büyüme, KAS ve KH antrenmanlarından sonra benzer oranda görülmüştür (Fahs ve diğ., 2012). KAS'nın neden olduğu hipertrofi için bir başka potansiyel mekanizma, çalışma sonrası oluşan laktik asidin kasın çevresinde korunmasıdır (Sugaya ve diğ., 2011). Ayrıca KAS antrenmanı ile venöz dönüş kısıtlandığı için oksijensiz ortamda oluşan metabolik birikim, yüksek eşikli Tip II kas liflerinin uyarısını artırır. Bu Tip II kas lifi aktivitesindeki artışın protein sentezi ve kas hücrelerinin büyümesinde pozitif etki yaratacağı düşünülmüştür (Loenneke ve diğ., 2011). Buna ek olarak KAS antrenmanı Büyüme Hormonu (BH) ve İnsülin Benzeri Büyüme Faktörü 1 (IGF-1) gibi anabolik hormonlarda artışa da neden olmaktadır. Laktik asit birikimine paralel artan BH artışı da hipertrofi mekanizmalarından biridir (Takano ve diğ., 2005; Takarada ve diğ., 2004). KAS antrenmanının metabolik etkilerini inceleyen çalışmalar incelendiğinde Kim ve ark. 8 haftalık dirsek fleksiyonu antrenmanının KAS, KH ve kontrol grubunda kuvvet, hacim ve kan laktat etkisini incelemiş, KAS ve KH grubunda tüm parametrelerde benzer artış bulurken, kontrol grubunda anlamlı

değişim bulmamıştır (Kim ve diğ., 2017). Nietzsche ve ark. (2018) bu durumun KAS antrenmanı sonucunda oluşan azalan arter kan akım hızına bağlamışlardır. Azalan kan akım hızı laktik asidin kastan kana geçip metabolize olma hızını azaltmakta ve yüksek laktik asit birikimine neden olmaktadır (Baikoğlu ve Kaldırımcı, 2019; Nietzsche ve diğ., 2018). Bu yüksek laktik asit birikimi daha sonra BH uyarımı yolu ile hipertrofiyi tetiklemektedir.

KAS antrenmanı ile daha düşük ağırlıklar ile egzersiz yaparak orta şiddette yapılan egzersizlere benzer oranda kuvvet ve kas hipertrofisi sağlanmaktadır. Ayrıca dinlenme süreleri kısa olduğu için antrenörlere zaman açısından da fayda sağlamakta, kısa sürede istenilen hedefe ulaşılmaktadır. Diğer yandan sportif yaralanma ya da ameliyat sonrası orta şiddette kuvvet antrenmanı yapamayacak olan sporcuya (örneğin; ön çapraz bağ ameliyatı sonrası rehabilitasyonu hastası gibi), düşük şiddette egzersiz uygulayarak orta şiddette uygulanan kuvvet egzersizleri kadar kuvvet kazanımı sağlanması, sporcuyu sahaya döndürme açısından önem arz etmektedir (Nakajima ve diğ., 2006). Takarada, benzer ihtiyaçlardan yola çıkılarak, düşük şiddette yapılan egzersizin uyluk kasları enine kesit alanına ve kuvvete tek başına etkisini, yine düşük şiddette KAS egzersizi ve kontrol grubu ile karşılaştırmış, 8 haftalık KAS uygulanmadan yapılan düşük şiddette kuvvet egzersizlerinden sonra kasın enine kesitinde ve kuvvetinde egzersiz yapmayan kontrol grubuna göre anlamlı artış olmadığını saptamıştır. Öte yandan KAS grubunda anlamlı artış gözlemlenmiştir. (Takarada ve diğ., 2004).

Literatürde KAS antrenmanının sporcu, yaşlı, genç, sportif yaralanması olanlar, rekreasyon amaçlı vücut geliştirme sporu yapanlar, astronotlar ve çeşitli gruplarda farklı kas gruplarına Kaatsu aleti ile uygulanan çalışmalar bulunmasına karşın, pratik tıkaçlar ile yapılan çalışmalar sınırlıdır (Loenneke ve Pujol, 2009). Çalışmamızda pratik tıkaçla yapılan düşük şiddetteki KAS antrenmanının, orta şiddette yapılan klasik kuvvet antrenmanı kadar kas kuvveti ve hacmini geliştireceği düşünülmüş ve 8 haftalık pratik KAS antrenmanının biceps braki kası hipertrofisi ve maksimal kuvvetine etkisi araştırılmıştır.

YÖNTEM

Araştırma Grubu: Çalışmaya 11 erkek, 11 kadın toplam 22 sağlıklı birey gönüllü olarak katılmıştır. Çalışmaya katılan gönüllüler düzenli fiziksel aktivite yapmayan sedanter kişilerdir. Gönüllüler son 6 ayda kuvvet egzersizi uygulamayan kişilerdir. Ayrıca bu katılımcılar daha önce en az bir kere 3 aydan az olmayan farklı kuvvet antrenman planına dahil olmuşlardır. Çalışmaya başlamadan önce deneklerden boy, vücut ağırlığı, maksimal kol bükme (biceps fleksiyon) testi kuvvet değerleri ve diagnostik ultrason ile biceps braki kas kalınlığı ölçülmüştür. Çalışmaya başlamadan önce gönüllülere çalışma ile ilgili; çalışmanın amacı, içeriği, riskleri ve yararları ile ilgili bilgi verilmiş, gönüllü olur formu imzalatılmıştır. Çalışmanın etik kurul raporu İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi etik kurulundan alınmıştır (300-04). Herhangi bir sistemik hastalık, bölgesel ya da yaygın enfeksiyon, duyu durum bozukluğu şüphesi olan ve daha önce hiç kuvvet antrenmanı yapmamış kişiler çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmaya katılan grupların tanımlayıcı değerleri Tabloda (Tablo 1) belirtilmiştir.

Tablo 1. Deneklerin tanımlayıcı özellikleri

	KH n=11 (6 erkek 5 kadın)	KAS n=11 (6 erkek 5 kadın)
	Ort ± Ss	Ort ± Ss
Yaş (yıl)	24,09 ± 3,61	23,90 ± 3,70
Boy (cm)	167,54 ± 8,61	168,90 ± 8,19
Vücut ağırlığı (kg)	67,67 ± 12,34	67,43 ± 13,51

Araştırma Protokolü: Çalışma süresi toplam 8 hafta sürmüştür. Kişiler çalışmaya başlamadan önce gruplardaki kadın ve erkek sayısı eşit olacak şekilde randomize olarak klasik hipertrofi (KH) ve sınırlandırılmış kan akışı (KAS) gruplarına ayrılmıştır. Her gruptaki denek sayısı 6 erkek 5 kadın olarak ayarlanmıştır. Bu gruplardan biri orta şiddette (maksimalin %75-85'i) direnç egzersizleri yapmış, diğer grup ise düşük şiddette (maksimalin %30'u) direnç egzersizlerini kan akışını sınırlandırılarak yapmıştır (Şekil 1). Çalışmaya başlarken denekler 2 hafta anatomik adaptasyon için maksimal kuvvetlerinin %40-50'si şiddetinde direnç egzersizleri yapmışlardır. Antrenman programı olarak iki grup da aynı hazırlık antrenmanını yapmışlardır. 15- 20 dk maksimal nabızın (maksimal nabız 220-yaş formülüne göre hesaplanmıştır) %60'ı şiddetinde koşu bandında gerçekleştirilen ısınma koşusunun ardından 10 dk majör kas gruplarını içeren statik ve dinamik germe egzersizleri yapmışlardır. Ana antrenmana geçmeden önce maksimalin %40'ı ile biceps kasını özel ısıtmak amacı ile 3 set 20 tekrar kol bükme yapmışlardır. Setler arası 30 saniye dinlenme verilmiştir. Ardından ana antrenmanda her iki grup da (bar ile kol bükme, dumbell ile kol bükme, preacher makinasında kol bükme) hareketlerini 3'er set uygulamışlardır. KH grubu için maksimalin %75 ile 10 tekrar, %80 ile 8, %85 ile 6 tekrar uygulanmıştır (Tablo 2). KH grubu setler arasında 90 saniye, hareket aralarında 3 dk dinlenmiştir. KAS grubu maksimalin %30'u ile 30 tekrar, 30 saniye dinlenme, ardından maksimalin %30'u ile 15 tekrar 30 saniye dinlenme ve sonra maksimalin %30'u ile 15 tekrar yüklenme ve 1 dk dinlenip diğer harekete geçilmiştir (Tablo 2). KAS grubu aynı tekrar ve dinlenme aralığını tüm hareketlere uygulamıştır. (Nakajima ve diğ.,2006). Hareket hızı her iki grupta da konsantrik fazın eksantrik faza oranı 1:2 olacak şekilde uygulanmıştır. Antrenman sonunda 15 dk soğuma ve germe egzersizleri yapıp antrenman sonlandırılmıştır. Antrenman süresi toplam 8 hafta devam etmiş, gruplar haftada 2 birim antrenman yapmışlardır. 8 hafta sonunda egzersizin bitiminden 3 gün sonra son ölçümler alınmıştır. Ölçümler son antrenmandan 3 gün sonra yapılarak kuvvet antrenmanı sonunda oluşan aşırı, büyüme ve kuvvet kaybı gibi akut etkiler dışlanmaya çalışılmıştır.



Şekil 1. KAS bar ile kol bükme antrenman örneği

Tablo 2. Grupların antrenmanlardaki egzersiz yükü ve tekrar sayıları

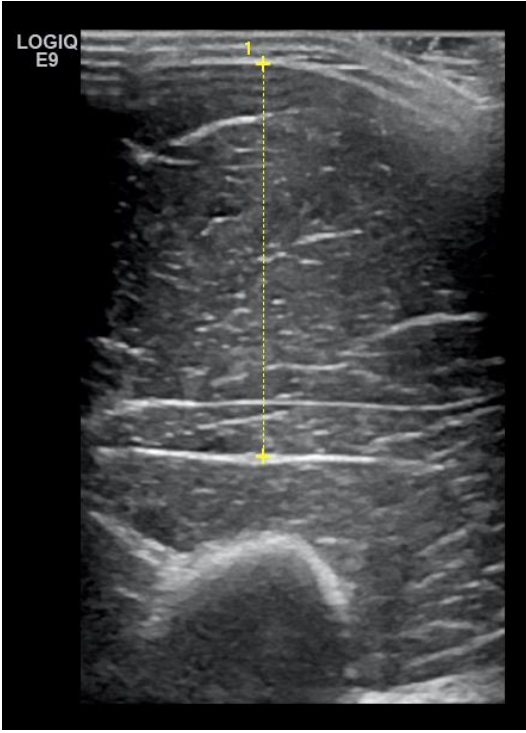
Hareketler	1.setteki Egzersiz şiddeti ve tekrar sayıları	2.setteki Egzersiz şiddeti ve tekrar sayıları	3.setteki Egzersiz şiddeti ve tekrar sayıları
KH grup			
Bar ile kol bükme	75%, 10 tekrar	80%, 8 tekrar	85%, 6 tekrar
Preacher kol bükme	75%, 10 tekrar	80%, 8 tekrar	85%, 6 tekrar
Dumbel ile kol bükme	75%, 10 tekrar	80%, 8 tekrar	85%, 6 tekrar
KAS grup			
Bar ile kol bükme	30%, 30 tekrar	30%, 15 tekrar	30%, 15 tekrar
Preacher kol bükme	30%, 30 tekrar	30%, 15 tekrar	30%, 15 tekrar
Dumbel ile kol bükme	30%, 30 tekrar	30%, 15 tekrar	30%, 15 tekrar

Veri Toplama Araçları:

Kan akışı sınırlandırılma yöntemi: Kan akışı sınırlandırmadaki amaç arterleri değil, venleri kapatmaktır. (Loenneke ve diğ., 2012). Kan akışını sınırlandırmak için Kaatsu cihazına alternatif olarak 76 mm genişliğinde elastik tıkaç kullanılmıştır. Elastik tıkaçların benzer seviyede venöz dönüşü sınırlandırabilecekleri daha önce gösterilmiştir (Wilson ve diğ., 2013). Elastik tıkaç antrenman sırasında iki kolun proksimaline takılmış, set ve hareket aralarında tıkaç çıkarılırken, yüklenme sırasında tekrar takılmıştır. Kola uygulanacak basınç ve tıkaçın ne kadar sıkılacağını tespit etmek için basınç skalası kullanılmıştır. Bu skalaya göre basınç 1 ile 10 arasında sayı değerleri üzerinden değerlendirilmiştir. 10 maksimum baskıyı, 0 hiç baskı hissetmediği durumu temsil etmiştir. Tıkaç sıkıldıktan sonra kişiye ne kadar baskı hissedildiği sorulmuş, baskı hissi 7-8 olacak şekilde ayarlanmıştır (Wilson ve diğ., 2013).

Maksimal kuvvet testi: Maksimal kuvvet testi yapılmadan önce üst ekstremitayı ısıtmak için 5 dk kol ergometresinde kol çevirme hareketi yapılmış ardından teste geçilmiştir. Kişinin maksimum kaldırma kapasitesine yakın, ancak bunun altında bir başlangıç ağırlığında makul bir tahminde bulunulmuş bu yükte kişinin ağırlığı kaldırılması istenmiştir. Sonra kişi maksimum kaldırma kapasitesine ulaşıncaya kadar (sonraki yükleme yapılmadan 3 dk dinlenme verilmiştir) ağırlık 1 ile 5 kg arasında eklenmiş ve deneğin 1 seferde (2. Tekrarı yapamayacağı yükte) kaldırabileceği maksimum ağırlık belirlenmiştir (Kraemer ve diğ., 2002). Deneklerin 2 veya 3. denemede maksimum kaldırabildiği ağırlığa ulaşılmaları sağlanmıştır.

Ultrason kalınlık ölçümü: Akromionun mediali ve dirsek kıvrım çizgisinin distal 2/3'ü ultrasonda ölçüm noktası kabul edilmiştir. Kişiler en az 10 dk oturur pozisyonda bekledikten sonra ön kol altına sert destek konularak dirseğin 90 derece fleksiyonda pasif konumda tutulması sağlanmıştır. Ardından 45 derece dış rotasyon açısı sağlanmış ve deneklerin elleri destek üzerinde rahatça duracak şekilde pronasyonda tam pasif olması amaçlanmıştır. Ölçümlerin tamamı öğleden sonra 14.30-15.30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Daha sonra belirtilen noktada kalınlık ölçümü B-mode ultrason görüntüleme cihazı (GE Logiq E9, Wauwatosa, USA) ile 4.4 cm, 9-MHz lineer prob ile yapılmıştır. Prob, kas liflerine 90 derece dik olacak şekilde aksiyal olarak pozisyonlanmış, yeterli su bazlı jel (Aquasonics-100, Parker Laboratories, USA) sürüldükten sonra cilt altı yağ dokusu en az düzeyde deforme olacak kadar baskı uygulanmıştır (Şekil 2). Kalınlık ölçümü, elde edilen görüntüde cihazın içerisinde yerleşik bulunan 0.1mm duyarlılığında elektronik kaliper kullanılarak biceps kasının fasyaları arası kas sınırları kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Ultrason ölçümleri, konuyla ilgili eğitim ve deneyimi olan bir spor hekimi tarafından gerçekleştirilmiştir. Uygulayıcının günler arası biceps kası ölçüm tutarlılığı çalışmayla yüksek (CI: 0.985-0.997) olarak saptanmıştır (Gozubuyuk ve diğ., 2016). Kalınlık ölçümleri son antrenman gününden 3 gün sonra alınmıştır.



Şekil 2. Biceps brachi kasının aksiyel B-mode ultrasonografik görünümü.

Fasyal planlar net ayırt edilmektedir. Elektronik kaliper bicepsin en yüzeysel noktası (cilt altı yağ dokusunun hemen altı) ve brakiyalis kasının üst noktası arasında işaretlenmiştir. Kasa baskı uygulanmadığı, görüntüleme alanı kenarındaki gölge artefaktı (az temas) ile takip edilmektedir.

İstatistiksel Analiz: İstatistiksel analiz SPSS programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Grupların normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için Shapiro-Wilk ve basıklık-çarpıklık testleri kullanılmıştır. Shapiro-Wilk ($p=0,01$) ve basıklık-çarpıklık (basıklık= $-0,95$, çarpıklık= $1,57$) test sonuçlarına göre grupların normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Gruplar arasında kas kalınlığının günler arasında tutarlılığın hesaplanmasında ICC (Intra-class correlation coefficient) testi kullanılmıştır. Kalınlık ölçüm sonucu günlere göre; 1.gün $26,38 \pm 5,91$, 2. Gün $26,24 \pm 5,76$, 3.gün $26,33 \pm 5,70$ Ölçüm tutarlılığı ICC= $0,993$ bulunmuştur. Ayrıca grupların ön test son test farkın tespitinde Wilcoxon test kullanılmış, gruplar arası farkı bulmak için Mann-Whitney test kullanılmıştır. $p<0,05$ istatistiksel anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Deneklerin yaş, boy, vücut ağırlığı gibi tanımlayıcı özellikleri; KH antrenmanı yapan (6 erkek 5 kadın) gönüllünün yaş; $24,09 \pm 3,61$, boy; $167,54 \pm 8,61$ cm, vücut ağırlığı; $67,67 \pm 12,34$ kg'dır. KAS grubunun (6 erkek 5 kadın) yaş; $23,90 \pm 3,70$, boy; $168,90 \pm 8,19$ cm, vücut ağırlığı; $67,43 \pm 13,51$ kg'dır.

Antrenman öncesi ve antrenman sonrasında kuvvet, kalınlık değerlerinde gruplar arası fark bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 3).

Hipertrofi antrenmanı ve KAS antrenmanı yapan grubun ön ve son test maksimal kuvvet, kas kalınlığı ölçüm sonuçları tabloda belirtilmiştir (Tablo 4). KH grubunun antrenman öncesi ve sonrası maksimal kuvvet ve kas kalınlığı değerlerinde anlamlı artış olmuştur ($p<0,05$). KAS grubunun maksimal kuvvet ve kas kalınlığı artmıştır ($p<0,05$)

Tablo 3. Kuvvet ve kalınlık değerleri gruplar arası farkı (Man Whitney U test)

	Grup	Ort ± Ss	z	p
Kuvvet antrenman öncesi (kg)	KAS	13,09 ±8,77	-,764	,445
	KH	16,36 ±11,11		
Kalınlık antrenman öncesi (mm)	KAS	25,06 ±4,47	-,558	,577
	KH	23,79 ±4,97		
Kuvvet antrenman sonrası (kg)	KAS	21,81±13,48	-,628	,530
	KH	25,09 ±14,86		
Kalınlık antrenman sonrası (mm)	KAS	27,04 ±4,60	-,821	,412
	KH	25,74 ±5,47		

Tablo 4. Grupların Maksimal kuvvet, biceps braki kalınlığı ön test son test farkı (Wilcoxon test)

	KH N=11 (6 erkek 5 kadın)				KAS N=11 (6 erkek 5 kadın)			
	Ön test	Son test	z	p	Ön test	Son test	z	p
Maksimal kuvvet (kg)	16,36 ±11,11	25,09±14,86	-2,943 ^b	0,003	13,09 ±8,77	21,81±13,48	-2,943 ^b	0,003
Biceps braki kalınlığı (mm)	23,79 ±4,97	25,74 ±5,47	-2,845 ^b	0,004	25,06 ±4,47	27,04 ±4,60	-2,936 ^b	0,003

TARTIŞMA

KAS antrenmanının kas kuvveti, kas kalınlığı kas gücü, hormon seviyelerine etkisi daha önce farklı popülasyonlarda ve farklı hedef kas gruplarında çalışılmıştır. Özellikle biceps, triseps, vastus lateralis, vastus medialis, pektoralis kaslarında kas kalınlıkları ve kas kuvvetleri çalışılmıştır. Bu çalışmalarda kas kuvvet ve kalınlığında artış bulunmuştur (Wilson ve diğ., 2013; Yasuda ve diğ., 2011). Çalışmamız amacı 8 haftalık pratik KAS antrenmanının biceps braki kası hipertrofisi ve maksimal kuvvetine etkisini araştırmaktır. 8 haftalık antrenman sonucunda her iki grupta maksimal kas kuvvet ve kas kalınlık artışı gözlemlenmiştir. Gruplar arası kuvvet ve kalınlıkta fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar düşük şiddette yapılan KAS antrenmanının orta şiddette yapılan hipertrofi antrenmanı ile benzer etkiyi verdiğini göstermektedir.

Önceki çalışmalarda çoğunlukla hava basınçlı Kaatsu® aleti kullanılmış ve maksimalin 20-%30'u ile yapılan çalışmaların, maksimalin % 65-85'i ile yapılan orta şiddetteki egzersizler kadar etkili olduğu vurgulanmıştır (Suga ve diğ., 2009). Kaatsu® aleti güvenilirliği bilinen ve basınç ayarını otomatik gerçekleştiren standart bir yöntem olmasına rağmen sayıca fazla gruplarda kullanışlı bir yöntem değildir. Bu nedenle bu yöntem alternatif daha pratik aletler geliştirilmiştir. Wilson 2013 yılında Kaatsu aletine alternatif tıkaçları geliştirmiştir. Bu aletler uyluk veya kolun proksimaline takılacak ve ağır yapmayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca tıkaçı takmaktaki amaç venöz kan akışını kapatıp, arterin açık olması sağlamaktır. Bu nedenle basınç skalası kullanılmış algılanan basınç şiddeti 10 üzerinden 7 olduğunda ultrasonla venin kapandığı arterin açık kaldığı görülmüş ve bu skala kullanılmaya başlanmıştır (Loenneke and Pujol, 2009, Wilson ve diğ., 2013). Çalışmamızda bu pratik tıkaçlar kullanılmıştır. Bunun nedeni tıkaçların pratik olması ve deneklerin tıkaçı kendi çıkarıp takmasındadır. Ayrıca ucuz bir yöntem olduğundan antrenman sırasında toplu olarak uygulanabilme imkanı sağlamaktadır.

KAS ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Yasuda 2 haftalık düşük şiddette (maksimalin %30'u) uygulanan KAS antrenmanının pektoralis ile triseps kas kuvvet ve kalınlığını arttırdığını bulmuştur (Yasuda ve diğ., 2011). Pant, biceps kasına uygulanan KAS antrenmanının kasta hipertrofi artışı ve oksijen saturasyonunu arttırdığını bulmuştur (Pant ve Bhutia, 2017). Lowery biceps kasına yaptığı 8 haftalık KAS antrenmanının biceps kas kalınlık artışına etkisini

incelemiştir. Ultrason yöntemi ile biceps kası kalınlığını değerlendirmiş, 8 haftanın sonunda %11 ve %13 artış bulmuştur. Bunun sonucunda KAS antrenmanı ile KH antrenmanının benzer değişimler yaptığı sonucunu vurgulamıştır (Lowery ve diğ., 2014). Centner KAS antrenmanının yaşlı gruplara etkisini inceleyen meta analiz çalışmasında 11 makaleyi değerlendirmiş ve çalışma sonucuna göre KAS antrenmanının yaşlı popülasyonda KH antrenmanı ile benzer hipertrofi artışı sağladığını bulmuştur (Centner ve diğ., 2019). Muller, genç yetişkinlerde uyguladığı 8 haftalık düşük şiddetli KAS antrenmanı sonucunda diz ve dirsek fleksiyonunda kuvvet ve dayanıklılık artışı bulmuştur (Muller ve diğ., 2019). Rodriguez 48 kadın romatoid artritli hastada bacak kasına uygulanan düşük şiddetli KAS antrenmanı sonunda kas fonksiyonlarında, kuvvet ve kas kütlelerinde artış bulmuştur (Rodriguez ve diğ. 2019). Vinicius, 69 yaş sarkopenik kadınlarda yaptığı çalışmada, düşük şiddette KAS antrenmanı yapan grubun kuvvet başta olmak üzere diğer fiziksel parametrelerini iyileştirdiğini bulmuş ve bu grupta kullanılabilir bir antrenman yöntemi olduğunu vurgulamıştır (Vinicius ve diğ., 2019). Kim, 18 sedanter üzerinde uyguladığı 8 haftalık çalışmada KAS antrenmanı ve orta şiddette kuvvet antrenmanını kuvvet, kalınlık ve laktat parametrelerindeki değişimi karşılaştırmış, orta şiddette uygulanan kuvvet egzersizleri ile KAS antrenmanının benzer kuvvet (orta şiddette 3,2 kg, KAS grubunda 2,4kg) ve kalınlık artışı sağladığını bulmuştur. (Kim ve diğ., 2017). Bizim çalışmamızda antrenman öncesi ve sonrası KAS grubunda 25,06 mm' den 27,04 mm'ye %7,9 artış, KH grubunda 23,79 mm'den 25,74 mm'ye %8 artış olmuştur. Kalınlık artışları her iki grupta da benzerdir. Takarada, yaşlı kadın grubunda yaptığı çalışmada bir kol için maksimalin %30-50'si aralığında KAS antrenmanı, diğer kol için maksimalin %80'i ile KH antrenmanı yaptırmıştır. 16 haftalık antrenman programının başında ve sonunda izokinetik dirsek fleksiyon kuvveti ölçülmüştür. KAS grubunda %18,4, KH grubunda % 22,4 kuvvet artışı bulunmuştur (Takarada ve diğ., 2000). Çalışmamızda KAS grubunda dirsek fleksiyon kuvvetinde 13,09 kg'dan 21,81 kg'a (8,7 kg artış ile) %66, KH grubunda 16,36 kg'dan 25,09 kg'a (8,73 kg artış ile) %53 artış bulunmuştur. Bizim çalışmamızdaki kuvvet artışının diğer çalışmalardan yüksek olmasının nedenini, popülasyonumuzun antrenmansız bireylerden oluşmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu sonuçlar KAS antrenmanının kuvvet ve kas kalınlığı geliştirmesi açısından klasik hipertrofi antrenmanı ile benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir. Çalışmamız KAS antrenmanının orta şiddette uygulanan egzersizlere alternatif yöntem olarak uygulanabileceğini belirten çalışmaları desteklemektedir.

Kasta meydana gelen hücre şişliği, kan birikmesi sonucu oluşan metabolitler ve reaktif hiperemi sonucu meydana geldiği öne sürülmüştür. Ayrıca hücrede meydana gelen bu şişliğin hareket ses sensörlerini aktifleştirerek çeşitli anabolik sinyal yollarında etkili olacağı düşünülmüştür (Loenneke ve diğ., 2011). Diğer yandan kan akışını sınırlandırmak kana giden oksijen oranını azaltır ve oksijen azalmasına bağlı laktik asit birikimini artırır. KAS sonucu oluşan bu stres özellikle Tip 2 kaslarının aktivasyonunu artırır (Yasuda ve diğ., 2010). Tip 2 kas liflerinin artmış aktivasyonu hipertrofi ve protein sentezi ile yakından ilişkilidir (Loenneke ve diğ., 2011). KAS antrenmanlarının sonucu oluşan metabolik stres, büyüme hormonu, epinefrin ve norepinefrin salgısını artırır (Goto ve diğ., 2005). Özellikle büyüme hormonunun yetişkin grupta anabolik etkisi hala tartışmalı olsa da bu hormonun anabolik süreçler ile kas hipertrofisini arttırdığı düşünülmektedir (Rennie ve diğ., 2004). Kas hipertrofisi için yüksek eşikli motor ünitelerin katılımı gerekir. Bu motor üniteler orta-yüksek şiddetteki yüklerde ateşlenir ve kas hipertrofisine etki eder. KAS antrenmanları ile kombine düşük şiddette yapılan direnç egzersizlerinin de bu yüksek eşikli motor üniteleri orta-yüksek şiddetteki antrenmanlar kadar aktive ettiği yapılan EMG çalışması ile bulunmuştur (Yasuda ve diğ., 2009). Çalışmamızda KAS ve KH grubunda aynı kalınlık artışı olmuş ve antrenman sonu grupların kalınlıkları arasında fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar KAS antrenmanının kas hipertrofisini KH antrenmanı ile benzer şekilde arttırdığını göstermektedir.

Çalışmamızda bazı limitasyonlar bulunmaktadır. Bunlardan ilki denek sayısının azlığıdır. Diğer bir limitasyon özellikle hipertrofi antrenmanları için önemli olan diyet kontrolünün yapılmamış olmasıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak KAS antrenmanı kas kuvveti ve kas hipertrofisi için kullanılabilir bir yöntemdir. KAS antrenmanı KH antrenmanına alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir. Ayrıca bu antrenman metodu fiziksel rehabilitasyon sonrası sahaya dönüş veya yüksek ağırlık kaldırılamayacak durumunda olan farklı gruplara önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. **Abe T, Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, Bemben MG.** (2012). Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clin Physiol Funct Imaging*, 32, 247–252.
2. **American College of Sport Medicine.** (2002). Position stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sport Exercs*, 3, 364-380.
3. **American College of Sports Medicine.** (2009). American college of sports medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41, 687-708.
4. **Baikoglu, S, Kaldirimci M.** (2019). Effect of ischemic pre-conditioning on lactate and anaerobic performance. *Acta Medica Mediterranea*, 35(1), 159-164.
5. **Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D.** (2019). Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 49(1), 95-108.
6. **Fahs CA, Loenneke JP, Rossow LM, Thiebaud RS, Bemben MG.** (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *J Trainol*, 1(1), 14-22
7. **Fleck SJ, Kreamer WJ.** (1997). *Designing Resistance Training Programs* (2nd ed.) Champaign, IL: Human Kinetics.
8. **Folland JP, Williams AG.** (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 37,145-168.
9. **Goto K, Ishii N, Kizuka T, Takamatsu K.** (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc*, 37, 955-963.
10. **Gozubuyuk OB, Tahirbegolli B, Akkoc O, Akman M, Bayraktar B.** (2016). The reliability of ultrasonographic measurement of biceps brachii muscle thickness and stiffness. *In Acta Physiologica*, Vol. 218, pp. 45-46.
11. **Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bemben MG.** (2010). The effects of lowintensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*, 108, 147-155.
12. **Kim D, Loenneke Jp, Ye X, Bemben Da.** (2017). Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve*, 56, E126-E133.
13. **Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS ve diğ.** (2002). American college of sports medicine position stand. progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 34(2), 364-380.
14. **Kraemer WJ, Ratamess NA.** (2004) Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36, 674-688.
15. **Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves Jr M. ve diğ.** (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc*, 44(3), 406-12.
16. **Lemos Muller CH, Ramis TR, Ribeiro JL.** (2019). Effects of low-load resistance training with blood flow restriction on the perceived exertion, muscular resistance and endurance in healthy young adults. *Sport Sciences for Health*, 1-8.
17. **Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Abe T, Bemben MG.** (2012). The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Med Hypotheses*, 78, 151-154.
18. **Loenneke JP, Fahs CA, Wilson JM, Bemben MG.** (2011). Blood flow restriction: The metabolite/volume threshold theory. *Med Hypotheses*, 77, 748–752, 2011
19. **Loenneke JP, Pujol, TJ.** (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength Cond J*, 31, 77–84.

20. **Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Souza EO, Machado M, Dudeck JE ve diğ.** (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clin Physiol Funct Imaging*, 34, 317-321.
21. **Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T ve diğ.** (2006). Use and safety of Kaatsu training: Results of a national survey. *Int. J. Kaatsu Training Res.* 2, 5-13.
22. **Nitzsche N, Schulze R, Weigand F, Hummer N, Schulz H.** (2018). Comparison of an Acute Resistance Training on the Lactate Concentration with and without Blood Flow Restriction at Different Loads.
23. **Pant G, Bhutia UD.** (2017). Effect of restricted blood flow on muscle hypotrophy & O2 saturation level on weight training. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 4(2), 316-317.
24. **Rennie MJ, Wackerhage H, Spangenburg EE, Booth FW.** (2004). Control of the size of the human muscle mass. *Annu Rev Physiol*, 66, 799-828.
25. **Rodrigues R, Ferraz RB, Kurimori CO, Guedes LK, Lima FR, Sá-Pinto AL. ve diğ.** (2019). Low-load resistance training with blood flow restriction increases muscle function, mass and functionality in women with rheumatoid arthritis. *Arthritis care research.*
26. **Sale DG.** (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 20, 135-145.
27. **Sato Y.** (1998). The history and future of Kaatsu training. *Int J Kaatsu Train Res*, 1, 1-5.
28. **Suga T, Okita K, Morita N, Yokota T, Hirabayashi K, Horiuchi M. ve diğ.** (2009). Intramuscular metabolism during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction. *J Appl Physiol*, 106, 1119–1124.
29. **Sugaya M, Yasuda T, Suga T, Okita K, Abe T.** (2011). Change in intramuscular inorganic phosphate during multiple sets of blood flow-restricted low-intensity exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*, 31(5), 411–413.
30. **Takano H, Morita T, Iida H, Asada KI, Kato M, Uno K. Ve diğ.** (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology*, 95(1), 65-73.
31. **Takarada Y, Tsuruta T, and Ishii N.** (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *Jpn J Physiol* 54: 585–592.
32. **Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takenoshita S, Tanaka Y, Ishii N.** (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol*, 88, 2097-2106.
33. **Vinicius Letieri R, Eustáquio Furtado G, Nogueira Barros PM, Farias MJA, Fernandes Antunez B, Branquinho Gomes B. Ve diğ.** (2019). Effect of 16-week blood flow restriction exercise on functional fitness in sarcopenic women: a randomized controlled trial. *International Journal of Morphology*, 37(1).
34. **Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA.** (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075.
35. **Yasuda T, Brechue WF, Fujita T, Shirakawa J, Sato Y, Abe T.** (2009). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. *J Sports Sci*, 27, 479-489.
36. **Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sato Y, Abe T.** (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical physiology and functional imaging*, 30(5), 338-343.
37. **Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T.** (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European journal of applied physiology*, 111(10), 2525-2533.