



Alt Ekstremiteye Uygulanan Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Bacak Hacmi Bacak Kütlesi ve Bacak Kuvveti Üzerine Etkisinin İncelenmesi

Necdet Eray PİŞKİN¹, Zait Burak AKTUĞ²

Özet

Amaç: Günümüzde sporcuların kuvvetlerini geliştirmek için farklı antrenman yöntemleri kullanılmaktadır. Bu sebeple birden fazla antrenman metodu bulunmakta ve bu metodların da birbirinden farklı etkileri olabilmektedir. Kuvvet gelişimi için uygulanan yöntemlerden birisi de kan akışı kısıtlama antrenman metodudur. Bu çalışmanın amacı, alt ekstremiteye kan akışı kısıtlama (KAK) yöntemi ile uygulanan düşük şiddetli kuvvet antrenmanının bacak hacmi, bacak kütlesi ve bacak kuvveti üzerine etkisinin incelenmesidir.

Materyal ve Metot: Çalışmaya 16-18 yaşları arasında 24 voleybolcu kadın gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar kan akışı kısıtlama antrenman grubu (KAKG) ve klasik hipertrofi antrenman grubu (KHG) olarak 12 kişilik iki gruba ayrılmıştır. KAKG maksimal kuvvetlerinin %20-40'ı ile, KHG ise maksimal kuvvetlerinin %70-80'i ile dört hafta boyunca haftanın üç günü alt ekstremitayı içeren ve beş hareketten oluşan bir antrenman programı uygulamıştır. Çalışmanın başlangıcında ve dört hafta sonunda katılımcıların segmental vücut analizleri Tanita BC 418 vücut analiz monitörüyle, bacak kuvvetleri bacak dinamometresi ile, bacak hacimleri Frustum yöntemi ile, bacak kütleleri ise Hanavan yöntemi ile belirlenmiştir.

Bulgular: Çalışma verilerinin analizinde Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. İstatiksel analiz sonucunda, yağsız kütle ağırlığı (YKA), bacak kuvveti, bacak hacmi ve bacak kütlesi her iki grupta da artış gösterirken, bu artışın KAKG'de KHG'ye göre daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: KAK yöntemi ile uygulanan kuvvet antrenmanlarının hem düşük şiddette çalışılması hem de zamanın daha ekonomik kullanılması açısından KH antrenmanlarına güçlü bir alternatif yöntem olarak uygulanabileceği görülmüştür. Özellikle genç sporcuların kısa zamanda ağır yüklerin altına giremeyeceği göz önünde bulundurularak gençlerde kuvvet antrenmanlarının aşamalı olarak KAK yöntemi ile yapılması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler

Kan Akışı Kısıtlama,
Klasik Hipertrofi,
Bacak Kütlesi,
Bacak Hacmi.

Yayın Bilgisi

Gönderi Tarihi: 30.03.2022

Kabul Tarihi: 11.09.2022

Online Yayın Tarihi: 15.09.2022

DOI: 10.18826/useeabd.1095896

Investigation of the Effect of Blood Flow Restriction Training Applied to the Lower Extremity on Leg Volume Leg Mass and Leg Strength

Abstract

Aim: Today, different training methods are used to improve the strength of athletes. For this reason, there are more than one training method and these methods can have different effects from each other. One of the methods applied for strength development is the blood flow restriction (BFR) training method. The aim of this study is to examine the effect of low-intensity strength training applied to the lower extremity with blood flow restriction method on leg volume, leg mass and leg strength.

Methods: In this study, 24 girl volleyball players aged 16-18 participated voluntarily. Participants were divided into two groups of 12 as blood flow restriction training group (BFRG) and classical hypertrophy training group (CHG). Participants applied a training program consisting of 5 exercise involving the lower extremities 3 days a week for 4 weeks. The BFRG applied 20-40% of their maximal strength and the CHG applied a training program consisting of five movements, including the lower extremities, three days a week for four weeks, with 70-80% of their maximal strength. At the beginning of the study and at the end of the four weeks, segmental body composition analyzes of the participants were determined with the Tanita BC 418 body analysis monitor, leg strengths were determined by leg dynamometer, leg volumes were determined by the Frustum method, and leg masses were determined by the Hanavan method.

Results: Wilcoxon signed-rank test was used in the analysis of the study data. As a result of the statistical analysis, it was determined that total free fat mass (FFM), leg strength, leg volume and leg mass increased in both BFRG and CHG. It was also determined that this increase was higher in the BFRG than in the CHG.

Conclusion: It was concluded that strength training applied with the BFR method can be applied as a strong alternative method to CH training in terms of both working at low intensity and using time more economically. Regarding the fact that especially young athletes cannot be under heavy

Keywords

Blood Flow Restriction,
Classical Hypertrophy,
Leg Mass,
Leg Volume.

Article Info

Received: 30.03.2022

Accepted: 11.09.2022

Online Published: 15.09.2022

DOI:10.18826/useeabd.1095896

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, n.eraypiskin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7255-078X

² Sorumlu Yazar: Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, zaitburak@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-5102-4331

weights in a short time, it can be recommended to perform strength training with gradually BFR method among young people.

GİRİŞ

Spor dallarının birçoğunda olduğu gibi, voleybol branşı için de antrene olmak ve temel motorik özellikleri geliştirmek sporcular için çok önemlidir. Voleybol branşında birçok motorik özelliğin koordineli, gelişmiş ve etkin olarak kullanılması gerekmektedir. Voleybolun temel parametrelerinden olan servis, smaç, blok gibi hareketlerde ise yüksek performans için üst düzey kas kuvvetine ihtiyaç duyulmaktadır (Hollander vd., 2007; Marques vd., 2008). Bu hareketlerin uygulanmasında en önemli etkenlerden olan sıçrama performansı ise alt ekstremitte kaslarının kuvvet gelişimi ile yakından ilişkilidir (Magalhães vd., 2004). Örneğin; smaç vuruşunda kolların kuvvetli yukarı fleksiyonuna alt ekstremitedeki patlayıcı ekstansiyon eşlik eder ve böylelikle sıçrama yüksekliğini arttıracak dikey bir moment oluşarak sıçrama gerçekleşir (Cengizel, 2019). Bu sebeple iyi bir smaç vuruşu için sıçramasını geliştirmek isteyen bir voleybol oyuncusuna, smaç çalışmalarına ek olarak alt ekstremitteye yönelik kuvvet çalışmalarının da uygulanması gerekmektedir (Bompa, 2011).

Kuvvet gelişiminde birçok antrenman yöntemi uygulanmakta ve bu antrenman yöntemlerine vücudumuz farklı fizyolojik cevaplar verebilmektedir (ACSM, 2002). Özellikle sakatlıktan dönüşlerde ve en kısa sürede yüksek performans için sporcuların ağır yüklere maruz kalması gereken durumlarda alternatif yöntemlerin kullanılma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerin en önemlilerinden biri ise arteriyel kan dolaşımını engellemeden, uzun proksimal kısmına sarılmış özel baskı bandı (manşon) yardımı ile kan akışını kısıtlayarak kasa giden oksijen miktarını azaltmayı ve venöz göllenmeyi hedefleyen KAK yöntemidir (Loenneke vd., 2011; Fitschen vd., 2014; Sato, 2005; Patterson vd., 2019).

Normal şartlarda egzersiz şiddetinin %60'ının altında kas kesit alanı ve kas kuvvetinin minimum düzeyde arttığı belirtilmiştir (Lowery vd., 2014). Bu nedenle yaşı ilerlemiş kişiler, rehabilitasyon durumundaki sporcular veya kuvvet antrenmanlarına yeni başlayacak sporcular yüksek şiddetli egzersizlerde oluşan mekanik strese karşı direnemezler (Loenneke vd., 2011). Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM) uygulanan farklı kuvvet antrenmanlarına vücudumuzda farklı fizyolojik tepkiler verildiğini belirtmiştir. Maksimum düzeyde kuvvet gelişimi için ise belirli bir egzersizin 1 TM'nin en az %70'inde yapılması gerektiği söylemiştir (ACSM, 2009). Kuvvet antrenmanlarında 1 tekrarlı maksimalin (1 TM) %20-40'ı ile yapılan yüklenmelerin kas hipertrofisi ve kuvvet kazanımına etkisinin çok düşük düzeyde olduğu belirtilmiştir (Burd vd., 2010). Fakat birçok çalışmada 1 TM'nin %20-40'ı ile yapılan yüklenmelerde KAK yöntemi ile gerçekleştirilen kuvvet antrenmanları sonrası kas gelişiminde önemli bir artış olduğu, ayrıca bu artışın KH yöntemine benzer şekilde kas kuvveti ve hacim kazanımına yol açtığı belirtilmiştir (Yasuda vd., 2017; Korkmaz vd., 2020; Pearson & Hussain, 2015; Słysz vd., 2016; Lowery vd., 2014; Centner vd., 2019).

KAK yönteminin çeşitli rahatsızlıklar ve sporcu sakatlıkları için önleyici ve tedavi edici etkileri göz önüne alındığında hastalarda klinik ortamda kullanımına ilişkin birçok vaka raporu bildirilmiştir (Hughes vd., 2017). Son yıllarda bu yöntemin sporcu performansını geliştirmek amacıyla kullanımı artmıştır (Yasuda vd., 2017; Pişkin vd., 2022). Amaç sporcuların performansını artırabilmek için kol ve bacak bölgesinin proksimal kısmına uygulanan manşonların oluşturduğu basınç etkisiyle sporcunun daha az yüklerle aynı sonuçları elde etmesini sağlamaktır (Manini & Clark, 2009). KAK yönteminin güvenilirliği amacıyla yapılan anket çalışmalarında (Nakajima vd., 2006; Yasuda vd., 2017) ve yaşlı bireylerde yapılan deneysel bir çalışmada vücut için herhangi bir risk barındırmadığı ve güvenle kullanılabileceği ifade edilmiştir (Amorim vd., 2022).

Tüm bu bilgiler ışığında yapılan çalışmanın amacı, voleybolcularda alt ekstremitteye KAK yöntemi ile uygulanan düşük şiddetli kuvvet antrenmanının bacak hacmi, bacak kütlesi ve bacak kuvveti üzerine etkisinin incelenmesidir. "Alt ekstremitteye KAK yöntemi ile uygulanan düşük şiddetli kuvvet antrenmanları bacak hacmi, bacak kütlesi ve bacak kuvvetini geliştirmede KH yöntemi ile uygulanan yüksek şiddetli kuvvet antrenmanlarına benzer ya da daha iyi sonuçlar sağlar" düşüncesi çalışmamızın hipotezini oluşturmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Katılımcılar

Çalışmanın örneklemini Niğde ilinde yaşayan, Bor Gençlik ve Spor İlçe Müdürlüğünde spor yaşı en az 2 yıl olan ve haftanın 3 günü düzenli olarak voleybol antrenmanına katılan ve hazırlık dönemi periyodunda olan 16-18 yaşları arasında gerekli sağlık kontrolleri yapılmış lisanslı 24 kadın sporcu oluşturmuştur. Örneklem büyüklüğü G*Power (Sürüm 3.1.9.2, Düsseldorf, Almanya) paket programında hesaplanmış ve araştırmaya en az 14 kişinin katılması gerektiği bulunmuştur (Faul vd., 2007). Çalışma için Gazi Üniversitesi Etik Komisyonundan 2021-192 sayılı ve 08.02.2022 tarihli etik kurul izni alınmıştır. Katılımcılara bilgilendirilmiş gönüllü olur formu onaylatılmış olup, bu çalışma Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaya detaylı sağlık kontrolleri yapılmış, hipertansiyon, konjenital kalp hastalığı, kognitif disfonksiyon, peripher vasküler hastalık anemi, miyokard enfarktüsü vb. rahatsızlığı olan sporcular dahil edilmezken, ölçümler esnasında menstürasyon döngüsünde olan kadın sporcuların ölçümleri menstürasyon döngüsü bittikten sonra alınmıştır.

Verilerin Toplanması

Katılımcılar KAKG (12) ve KHG (12) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Her iki gruptaki katılımcılara dört haftalık egzersiz protokolleri uygulanmadan önce ve egzersiz protokolleri uygulandıktan sonra iki kez olmak üzere segmental vücut analizi, bacak kuvveti ile bacak hacim ve bacak kütle ölçümleri yapılmıştır.

Veri Toplama Araçları

Segmental Vücut Analizi

Katılımcıların VKİ ölçümü, vücut yağ yüzdesi (VYY), yağsız kütle ağırlığı (YKA), yağ kütlesi (YK) ve vücut ağırlığı ölçümleri Tanita BC 418 segmental vücut analiz monitörüyle gerçekleştirilmiştir.

Bacak Kuvvetinin Ölçülmesi

Bacak kuvveti ölçümü TTK marka dijital sırt-bacak dinamometresi ile yapılmıştır. Katılımcılar dizleri bükülü pozisyonda dinamometre tabanına ayaklarını yerleştirmiş, kollar gergin, gövde hafifçe öne eğik durumda dinamometre barını dikey olarak bacak kuvvetinin maksimumuyla yukarı çekerek gerçekleştirmişlerdir.

Bacak Hacmi ile Bacak Kütle Ölçümü ve Hesaplanması

Bacak hacmi ile kütle ölçüm değerlendirmesine uyuluk ve baldır dahil edilmiştir. Uyuluk için tibial nokta ile inguinal katlantı arasındaki uzaklık, baldır için tibial nokta ile medial malleolus noktası arasındaki uzaklık belirlenmiştir. Bacak hacim ölçümünde bu uzaklık %10 aralıklara bölünmüş ve Frustum işaret model yöntemine göre ölçülmüştür. Bacak kütle ölçümünde ise bu uzaklık Hanavan model yönteminin tanımladığı gibi ölçülmüştür (Sukul vd., 1993; Öskan & Kin-İşler, 2010; Marangoz, 2019; Kwon, 1998). Bacak hacmi ve bacak kütlesi "Sporcularda Bacak Hacmi ve Kütlesi Hesaplama Programı" ile hesaplanmıştır (Marangoz ve Özbacı 2017).

1 Tekrarlı Maksimallerin Belirlenmesi (1TM)

Katılımcıların antrenman yüklerini belirlemek amacıyla çalışmanın başlangıcında 1 TM değerleri belirlenmiştir. Alınan ölçümler Brzycki formülü ile hesaplanmıştır.

$$1TM = w \left(\frac{36}{37-r} \right) \text{ (Brzycki,1993).}$$

w : Ağırlık r : Tekrar sayısı

Antrenman Protokolleri

Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı (KAK)

KAKG antrenmanlarında basınç kontrolü manuel olarak ayarlanabilen pnömatik manşonlar kullanılmıştır (Hplus Cuff, US). KAK yöntemi uyuluk bölgesinin proksimaline takılan manşonlar ile uygulanmıştır (Bkn.: Şekil 1).

KAK uygulamasında uygulanan basınç katılımcının bireysel kan basıncına, antropometrik özelliklerine ve manşon genişliğine bağlı olarak değişkenlik göstereceği, bu durumun da katılımcıda tam tıkanıklığa sebep olabileceği belirtilmiştir (Lixandrão vd., 2018). Bu durumu her katılımcıda standart hale getirebilmek adına kişinin uzuv tıkanma basıncı doppler cihazı ile belirlenmiştir (Edan Sd3 Doppler, US). Cihaz ile katılımcı ayakta durur pozisyonda iken alt ekstremitte bölgesinde bulunan tibialis posterior arter kısmından uzuv tıkanma basıncı belirlenmiş ve bu basıncın %60-%80'i aralığında kişiye özel basınç ayarlanmıştır (Hughes vd., 2018). Daha sonra her katılımcıya özel olarak belirlenen basınç 50 mmHg'den başlayarak 10 mmHg'lik aşamalı artışlarla hedeflenen basınca ulaşılan kadar manşon pompası ile şişirilmiştir.

Her katılımcı belirlenen basınç aralığında antrenmanlarını gerçekleştirmiştir. Antrenman boyunca katılımcıların nabızı kontrol altına alınarak manşonlar aynı kas grubunu içeren hareketler esnasında basıncı düşürülmeden takılı kalmış, kas grupları arası geçişte dinlenme verilip basınç sıfırlanmıştır (Patterson vd., 2019). Örneğin; quadriceps kas grubunu hedef alan squat ve dumbell lunge egzersizleri sonrası manşon basıncı sıfırlanıp dinlenme aralığı verilmiş, sonrasında manşon basıncı hedeflenen basınca tekrar ayarlanıp hamstring kas grubunu hedef alan deadlift, dumbell hamstring curl egzersizleri gerçekleştirilmiş son olarak basınç tekrar sıfırlanmış ve calf raise egzersizi ile antrenman sonlandırılmıştır.

Katılımcının belirlenen basınçta haftanın üç günü alt ekstremitteyi içeren toplam beş hareketi artan yüklenme ilkesine bağlı olarak belirlenen yüklenme şiddeti ve uzuv tıkanma basıncı ile 20 dk'lık süre zarfında yapması sağlanmıştır (Bkn.: Tablo 1).



Şekil 1. KAK Uygulama Şekli

Tablo 1. KAKG Antrenman Programı

KAKG	Şiddet	Set Sayısı	Sıklık (Haftalık)	Tekrar Sayısı	Dinlenme
Squat	1MT-%20-%40	3	3	30-15-15	30-45 sn
Dumbell Lunge	1MT-%20-%40	3		30-15-15	30-45 sn
Deadlift	1MT-%20-%40	3		30-15-15	30-45 sn
Dumbell Hamstring Curl	1MT-%20-%40	3		30-15-15	30-45 sn
Calf Raise	1MT-%20-%40	3		30-15-15	30-45 sn

Tekrar sayıları 30-15-15 olacak şekilde 1. hafta 1 TM'nin % 20'si ile %60 uzuv tıkanma basıncında; 2. ve 3. hafta 1 TM'nin % 30'u ile %70 uzuv tıkanma basıncında; 4. hafta 1 TM'nin % 40'ı ile %80 uzuv tıkanma basıncında antrenmanlar uygulanmıştır.

Klasik Hipertrofi Antrenmanı (KH)

KHG haftanın 3 günü alt ekstremitteyi içeren toplam beş hareketi artan yüklenme ilkesine bağlı olarak belirlenen yüklenme şiddeti ile toplam 40 dk'lık süre zarfında yapması sağlanmıştır (Bkn.: Tablo 2).

Tablo 2. KHG Antrenman Programı

KHG	Şiddet	Set Sayısı	Sıklık (Haftalık)	Tekrar Sayısı	Dinlenme
Squat	1MT-%70-%80	3	3	12-10-8	60-120 sn
Dumbell Lunge	1MT-%70-%80	3		12-10-8	60-120 sn
Deadlift	1MT-%70-%80	3		12-10-8	60-120 sn
Dumbell Hamstring Curl	1MT-%70-%80	3		12-10-8	60-120 sn
Calf Raise	1MT-%70-%80	3		12-10-8	60-120 sn

4 hafta boyunca 1 TM'nin %70'i ile 12 tekrar; 1 TM'nin %75'i ile 10 tekrar; 1 TM'nin %80'i ile 8 tekrar olacak şekilde antrenmanlar uygulanmıştır.

İstatiksel Analiz

Veriler SPSS 24 (SPSS Inc., Armonk, NY, United States) programında analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıp dağılmadığı Shapiro-Wilk testi ile incelenmiş verilerin normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Değişkenlerin ön testleri ile son testleri arasındaki fark nonparametrik testlerden Wilcoxon işaretli sıralar testi ile belirlenmiştir. Çalışmada anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Tablo 3. Katılımcıların demografik bilgileri

	KAKG (n=12)	KHG (n=12)
	Orta± Ss	Orta± Ss
Yaş (yıl)	16,75±,86	17,00±,73
Boy (cm)	167,92±5,45	168,50±5,07
Kilo (kg)	61,17±7,97	61,83±5,55
VKİ (kg/m ²)	24,3±3,24	23,8±2,84

VKİ; Vücut Kitle İndeksi

Tablo 4. Grupların segmental vücut analizi değerlerinin ön testleri ile son testlerinin karşılaştırılması

		Ön test	Son Test	Z	p	E.s.
		Orta± Ss	Orta± Ss			
KAKG (n=12)	Toplam YKA (kg)	41,35±4,45	41,75±4,41	-2,030	,04	0,09
	Sağ Bacak YK (kg)	2,72±,64	2,73±,68	-,272	,78	0,01
	Sağ Bacak YKA (kg)	7,01±,78	7,10±,75	-2,333	,02	0,11
	Sağ Bacak VYY %	28,21±4,92	28,27±5,00	-,86	,93	0,01
	Sol Bacak YK (kg)	2,73±,80	2,70±,81	-1,265	,20	0,05
	Sol Bacak YKA (kg)	6,80±,86	6,93±,81	-2,461	,01	0,15
KHG (n=12)	Sol Bacak VYY %	27,93±5,46	27,88±5,50	-1,211	,22	0,00
	Toplam YKA (kg)	40,95±3,88	41,02±3,85	-1,725	,08	0,01
	Sağ Bacak YK (kg)	2,79±,71	2,75±,71	-1,414	,15	0,05
	Sağ Bacak YKA (kg)	7,27±,83	7,33±,80	-2,333	,02	0,10
	Sağ Bacak VYY %	27,95±5,38	27,91±5,37	-1,063	,28	0,00
	Sol Bacak YK (kg)	3,17±1,10	3,15±1,11	-1,000	,31	0,01
	Sol Bacak YKA (kg)	6,74±,68	6,90±,59	-2,214	,02	0,25
	Sol Bacak VYY %	27,76±5,26	27,70±5,23	-,527	,59	0,01

($p<0,05$) YKA= Yağsız kütle ağırlığı, YK= Yağ kütlesi VYY; vücut yağ yüzdesi E.s.= Effect size

Tablo 4 incelendiğinde KAKG'nin toplam YKA, sağ bacak YKA ve sol bacak YKA parametrelerinde son test lehine anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). KHG'nin sağ bacak YKA ve sol bacak YKA parametrelerinde son test lehine anlamlı düzeyde fark belirlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 5. Grupların bacak kuvveti, bacak hacmi ve bacak kütle değerlerinin ön testleri ile son testlerinin karşılaştırılması

	Ön test		Son Test			
	Orta± Ss	Orta± Ss	Z	p	E.s.	
KAKG (n=12)	Bacak Kuvveti (kg)	71,67±9,63	73,82±9,31	-2,746	,00	0,22
	Sağ Bacak Uyluk Hacim	7197,84±782,46	7254,50±797,81	-1,540	,12	0,07
	Sol Bacak Uyluk Hacim	7072,14±795,76	7172,34±778,33	-2,666	,00	0,12
	Sağ Bacak Baldır Hacim	2062,9±125,90	2084,70±114,15	-2,521	,01	0,18
	Sol Bacak Baldır Hacim	2045,96±98,75	2083,06±93,47	-2,666	,00	0,38
	Sağ Bacak Toplam Hacim	9721,91±848,33	9805,21±856,15	-2,073	,03	0,09
	Sol Bacak Toplam Hacim	9573,88±854,80	9718,30±840,13	-2,934	,00	0,17
	Sağ Bacak Uyluk Kütle	6,63±,46	6,70±,47	-2,449	,01	0,15
	Sol Bacak Uyluk Kütle	6,48±,52	6,70±,52	-2,970	,00	0,42
	Sağ Bacak Baldır Kütle	3,22±,21	3,30±,16	-2,646	,00	0,42
	Sol Bacak Baldır Kütle	3,18±,19	3,29±,18	-2,714	,00	0,59
	Sağ Bacak Toplam Kütle	9,86±,57	10,01±,55	-2,588	,01	0,26
	Sol Bacak Toplam Kütle	9,66±,61	9,99±,61	-2,969	,00	0,54
	KHG (n=12)	Bacak Kuvveti (kg)	71,86±9,29	73,39±8,64	-2,590	,01
Sağ Bacak Uyluk Hacim		6609,28±812,77	6650,08±801,48	-1,483	,13	0,05
Sol Bacak Uyluk Hacim		6607,98±856,75	6663,70±880,85	-1,826	,06	0,06
Sağ Bacak Baldır Hacim		1984,19±148,69	1997,16±138,77	-1,826	,06	0,09
Sol Bacak Baldır Hacim		1980,76±140,17	1995,98±154,40	-1,826	,06	0,10
Sağ Bacak Toplam Hacim		9023,02±930,13	9079,48±911,63	-1,690	,09	0,06
Sol Bacak Toplam Hacim		9018,05±980,38	9092,55±1023,79	-1,826	,06	0,07
Sağ Bacak Uyluk Kütle		6,55±,67	6,59±,64	-1,342	,18	0,06
Sol Bacak Uyluk Kütle		6,54±,66	6,59±,68	-2,000	,04	0,07
Sağ Bacak Baldır Kütle		3,20±,14	3,24±,15	-2,000	,04	0,27
Sol Bacak Baldır Kütle		3,20±,14	3,24±,18	-2,000	,04	0,24
Sağ Bacak Toplam Kütle		9,77±,72	9,84±,67	-1,480	,13	0,10
Sol Bacak Toplam Kütle		9,76±,72	9,84±,77	-1,890	,05	0,10

(p<0,05) E.s.= Effect size

Tablo 5 incelendiğinde KAKG'nin sağ bacak uyluk hacim parametresi dışında diğer tüm parametrelerde son test lehine anlamlı düzeyde fark tespit edilmiştir (p<0,05). KHG'nin bacak kuvveti, sol bacak uyluk kütle, sağ bacak baldır kütle, sol bacak baldır kütle ve sol bacak toplam kütle parametrelerinde son test lehine anlamlı düzeyde fark belirlenmiştir (p<0,05). KHG'nin diğer parametrelerinde son testte istatistiksel olarak artış görülse de bu artış anlamlı düzeyde bulunmamıştır.

Tablo 6. Grupların ön testleri ile son testleri arasındaki değişim yüzdeleri

	KAKG (n=12)	KHG (n=12)
	\bar{x}	\bar{x}
Sağ Bacak Hacim Toplam	% 0,86	% 0,65
Sol Bacak Hacim Toplam	% 1,53	% 0,79
Sağ Bacak Kütle Toplam	% 1,51	% 0,73
Sol Bacak Kütle Toplam	% 2,33	% 0,79
Sağ Bacak YKA (kg)	% 3,11	% 2,35
Sol Bacak YKA (kg)	% 0,31	% 0,16
Toplam YKA (kg)	% 1,36	% 0,85
Bacak Kuvveti(kg)	% 1,95	% 1,29

YKA; Yağsız kütle ağırlığı

Tablo 6 incelendiğinde KAKG ve KHG’de toplam bacak hacim-kütle, toplam YKA ve bacak kuvvetlerinde artış olduğu görülmüştür. Bu artışın yüzdesel olarak değişimi KAKG’de KHG’ye göre daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Son yıllarda KAK yöntemi ile uygulanan çeşitli egzersizlerin kuvvet üzerine etkileri ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Birçok farklı KAK tekniği kullanılarak farklı basınç aralıkları, farklı örneklem grupları, farklı süre aralıkları, pnömatik olan veya olmayan farklı cihazlar, farklı metodoloji ve anatomik bölgeler ile araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Slysz, 2016).

Yapmış olduğumuz çalışmada dört hafta boyunca alt ekstremiteye KAK yöntemi ile uygulanan düşük şiddetli kuvvet antrenmanının bacak kuvveti, bacak hacmi ve bacak kütlesi ile segmentel vücut analizi üzerine olan etkisi incelenmiştir. Her iki çalışma grubunda da belirtilen ölçüm parametrelerinde olumlu bir etki gözlemlenmiş olup bu etkinin KAKG’de KHG’ye göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Bkn.: Tablo 6).

KAK yöntemi ile düşük şiddette kuvvet antrenmanı yapan grupla geleneksel kuvvet antrenmanı yapan grubu kas performansı, kas ağrısı ve vasküler fonksiyon yönünden karşılaştıran bir çalışmada alt ve üst ekstremitayı içeren toplam beş egzersiz uygulanmıştır (arm extension, arm curl, leg extension, leg curl, heel raise). Sonuç olarak KAK ile geleneksel yöntem karşılaştırıldığında KAK yönteminin daha düşük bir egzersiz şiddetinde benzer kas performansı (kuvvet ve dayanıklılık) ortaya çıkardığı, daha düşük kas ağrısı meydana getirdiği bu durumun da geleneksel kuvvet antrenman yöntemine etkili bir alternatif yöntem olduğu belirtilmiştir (Early vd., 2020). Korkmaz vd., (2020) 19 yaş altı erkek futbol takımı oyuncularına altı hafta boyunca KAK yöntemi ile düşük şiddette kuvvet antrenmanı gerçekleştirmişler ve kas kuvveti ile kasın mimari yapısını incelemişlerdir. Çalışmada tek bölge üzerine (quadriceps), pnömatik dijital göstergeli manşon ile KAK yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada basınç olarak 130–150 mmHg aralığı kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları incelendiğinde KAK yönteminin kas hipertrofisini iyileştirmek için geleneksel kuvvet antrenmanı ile kıyaslandığında daha iyi sonuçlar sağladığı belirtilmiştir. Akkoç & Gözübüyük (2019) yaptıkları çalışmada KH yöntemi ile KAK yöntemini karşılaştırmıştır. Çalışmada kas kuvveti ve kalınlığı incelenirken, tek bölge üzerine (biceps) üç hareket üzerinden pnömatik olmayan elastik bant kullanılarak KAK uygulanmıştır. Kas kalınlığı ultrasonografi ile kuvvet ölçümü ise maksimal kuvvet yöntemi üzerinden belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarında KAK ile yapılan düşük şiddetteki kuvvet antrenmanının biceps kuvveti ve kalınlığını artırdığı belirtilirken, KAK yönteminin KH antrenmanlarına benzer sonuçlar verdiği ve geleneksel yöntem alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Başka bir çalışmada kuvvet antrenmanı programıyla birlikte kullanılan yedi haftalık KAK protokolünün, Amerikan futbolcularında kas kuvveti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma bulgularında geleneksel kuvvet antrenman programına ek olarak kullanılan KAK programının bir defada kaldırılan squat yükünü arttırmada etkili olabileceği belirtilmiştir (Luebbers vd., 2014). Bu durumu destekleyen diğer bir çalışmada dört haftalık düşük yoğunluklu direnç antrenmanının üst ve alt vücut kas hipertrofisi ve kas kuvveti üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Çalışmanın bulgularında KAKG’de squat yükü artışında son test lehine ciddi bir artış görülürken (ön test = 157.3 kg – son test = 171.4 kg) sol ve sağ bacak çevre ölçümünde (sağ ön = 56.8 sağ son = 58.0 cm sol ön = 56.2 sol son = 57.3 cm) son test lehine bir artış görülmüştür. Sonuç olarak KAK yönteminin sporcularda kas hipertrofisini ve gücünü geliştirmek için geleneksel kuvvet antrenmanına ek faydalar sağlayabileceği belirtilmiştir (Yamanaka vd., 2012). KAK yönteminin sportif performanstan ayrı olarak rehabilitasyon alanında da olumlu etkileri oldukça fazladır. Centner vd., (2019) derleme çalışmasında KAK yönteminin yaşlı bireylere etkisini incelemiştir. 11 makalenin değerlendirildiği çalışma sonucuna göre KAK yönteminin yaşlı popülasyonda da diğer örneklem gruplarında olduğu gibi KH antrenmanı ile benzer hipertrofi meydana getirdiğini belirtmiştir. Sedanter yaşam tarzına sahip katılımcılar üzerinde uygulanan sekiz haftalık başka bir çalışmada KAK yöntemi ve yüksek şiddette kuvvet antrenmanının kas kuvveti, kas kalınlığı ve laktat parametrelerindeki değişim karşılaştırılmıştır. Yüksek şiddette uygulanan kuvvet egzersizleri ile KAK yönteminin benzer kuvvet kazanımı ve kas kalınlığı artışıyla sonuçlandırıldığı belirtilmiştir (Kim vd., 2017).

Kuvvet antrenmanlarında kasta hipertrofi meydana gelmesi için kesin bir zaman süreci bildirilmemekle birlikte en az altı sekiz haftalık düzenli kuvvet antrenmanlarının yapılması gerektiği

belirtilmiştir (Bompa vd, 2014; Harbili vd., 2005). Kuvvet antrenmanlarının ilk haftalarında meydana gelen kuvvet artışının nöral adaptasyonla gerçekleştiği düşünülmektedir (Baechle, 2008). Fakat KAK antrenmanlarıyla dört haftadan daha az bir süreçte kasta hipertrofi meydana geldiği görülmüştür. Bu durum nöral adaptasyona bağlı erken kuvvet kazanımından sonra oluşan kas hipertrofisi mekanizmasının KAK antrenmanları ile tersine döndüğünü göstermektedir (Loenneke vd., 2012).

KAK yöntemi ile gerçekleştirilen kuvvet antrenmanları sonrası kaslarda meydana gelen gelişimi açıklayan mekanizmalardan en önemlisinin tip II kas liflerinin harekete katılımının sağlanması olduğu düşünülmektedir. Normal şartlar altında düşük şiddetli antrenmanlar esnasında harekete önce tip I lifleri, şiddet arttıkça tip II lifler katılır. Bu çalışma ilkesine göre tip II lifler sadece yüksek şiddete maruz kaldıklarında harekete katılım sağlamaktadır (Bompa & Haff 2009). Fakat KAK yönteminde bölgedeki basınç sebebiyle anaerobik bir ortam oluşmakta ve tip II liflerin bölgedeki basıncın oluşturduğu stres artışına bağlı olarak öncelikli olarak devreye girdiği belirtilmiştir (Takarada vd., 2004). Oksijen yokluğunda baskın olarak kullanılan tip II liflerin hipertrofi kapasitesi daha yüksek düzeydedir (Wernbom vd., 2006; Mc Ardle vd., 2010). Bu sebeple kas kuvveti ve kütlesinde gelişim sağlayabilmek için tip II liflerin hedef alınması önem arz etmektedir (Kenney vd., 2015).

Yapmış olduğumuz çalışmaya alt ekstremitte kas gruplarının dahil edilmesi ve alt ekstremitte kas gruplarından quadriceps gibi büyük kas gruplarının tip II lifler yönünden zengin olmaları (Guyton vd., 2007) meydana gelen gelişimi destekler niteliktedir.

KAK yöntemi ile uygulanan kuvvet antrenmanlarının gelişim mekanizmalarından bir diğeri ise hormonal yanıtlardır. KAK sonrası biriken laktik asidin yetersiz kan akımından kaynaklı bölgeden uzaklaştırılamadığı için vücudun yüksek oranda stres altında kaldığını ve bu durumun yüksek metabolik stresten kaynaklandığı ifade edilmiştir (Shalamzari vd., 2019). Doğal dolaşımını tamamlayamayan kan akışı yetersiz oksijenden kaynaklı kasta biriken laktik asit sebebiyle uzaklaştırılamadığı metabolitler sonucu yüksek miktarda hasar olduğu endişesiyle stres altında kalmakta ve hipofiz bezi bu streten kaynaklı olarak yüksek seviyede büyüme hormonu salgılamaya başlamaktadır (Dzelebdzic vd., 2014). Büyüme hormonu ise dokuların onarılmasında rol oynayan gerekli kollajen sentezini teşvik etmektedir. Büyüme hormonunda meydana gelen bu artış kas hipertrofisinde etkili anabolik bir hormon olan IGF-1 salınımını artırmakta ve bu süreç kas kütlesinde artış meydana getirmektedir (Manini & Clark 2009).

Bu konuda yapılan bir çalışmada 20 kişilik çalışma grubu KAKG ve KHG olarak 10'ar kişilik antrenman gruplarına ayrılmıştır. Çalışmada katılımcıların egzersiz öncesi ve program bitiminden 30 dakika sonra kan örnekleri alınmış olup sonuçlara göre uygulanan direnç egzersizleri sonrası büyüme hormonunun KAK yönteminde daha fazla olduğu belirtilerek iki farklı yöntemde de önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak KAK ve KH yönteminde büyüme hormonu ve testosteronun önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Hasani, Karimi & Sharifian 2018).

Literatürdeki bu çalışmalar bulgularımızdaki hem KAKG hem de KHG'de meydana gelen bacak hacim, bacak kütle ve bacak kuvvetindeki artışı destekler niteliktedir (Bkn.: Tablo 5).

Bagheri, Rashidlamir ve Attarzadeh Hosseini (2018) KAK ile uygulanan kuvvet antrenmanının voleybolcularda follistatin-miyostatin oranı, vücut kompozisyonu ve anaerobik gücü üzerine etkisini incelemiştir. Çalışmada sekiz hafta boyunca haftada üç gün yapılan antrenmanlarda squat, leg extension, leg curl ve dumbbell lunge egzersizleri 30 saniyelik dinlenme aralıkları ile 15'er tekrarlı üç set halinde uygulanmıştır. Miyostatin iskelet kası hücrelerinde üretilen ve kas büyüme inhibitörü görevi gören bir hormondur (Kawada, Tachi & Ishii 2001). Folistatin ise miyostatinin reseptöre bağlanmasını önleyerek bu hormonu bloke edebilen (Shibanuma vd., 1993), böylece kas atrofisini önleyerek yağsız vücut kütlesini artırabilen bir glikoproteindir (Tortoriello vd., 2001). Çalışma bulgularında follistatin seviyeleri anlamlı olarak artarken miyostatin seviyeleri her iki grupta da anlamlı olarak azaldığı ayrıca yağ yüzdesi her iki grupta da düşerken yağsız kas kütlesinde artış meydana geldiği belirtilmiştir. Sonuç olarak KAK yöntemiyle uygulanan kuvvet antrenmanlarının miyostatin ve follistatin salınımını bu yönde etkilemesi sebebiyle direnç antrenmanlarına uyumu artırmak için alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir. Thiebaud vd., (2013) rehabilitasyon amaçlı 61 yaş ortalamasına sahip kadınlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada elastik bant kullanımı ile KAK yönteminin YKA kütlesi ile kuvvet gelişimi etkisine bakmışlardır. Çalışma bulgularında kuvvet gelişiminin yanı sıra toplam YKA, gövde YKA, bacak YKA kütlesinde hem yüksek şiddette elastik bant kullanımında hem de KAK yöntemi ile kombinlenen elastik bant grubunda artış görülmüştür.

Çalışmamızın bulguları incelendiğinde KAK ve KH antrenmanları sonrası her iki grupta da segmental vücut analizi parametrelerinde artış görülmesi literatür ile paralellik göstermektedir. Bulgularımızda sağ bacak YKA, sol bacak YKA ve toplam YKA değerlerinde artış meydana gelirken VYY'de ise az da olsa düşüş görülmüştür (Bkn.: Tablo 4). Bu parametrelerin olumlu yönde yüzdesel olarak değişiminin ise KAKG'de KHG'ye göre daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür (Bkn.: Tablo 6).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Literatür incelendiğinde güncel bir yaklaşım olan KAK yönteminin kullanıldığı çalışmalarda kuvvet gelişimi, kas mimarisi vb. parametrelerin daha geçerli güvenilir direk ölçüm metotları olan izokinetik kuvvet ölçüm sistemi, ultrasonografi ve EMG sistemleri ile gerçekleştirildiği görülmüştür (Akkoç & Gözübüyük 2019; Centner vd., 2019; Korkmaz vd., 2020; Pignanelli vd., 2020). Yaptığımız çalışmada bulguların literatürle benzer sonuçlar gösterdiği göz önüne alındığında bu yöntemlere erişimin zor olduğu zamanlarda çalışmada uyguladığımız indirek ölçümlerin de kullanılabilmesi söylenebilir.

Kuvvet antrenmanlarının en önemli noktalarından biri olan antrenman hacminin, düşük yüklerde ve kısıtlama olmayan koşullarda çok yüksek seviyede olduğu, KAK yönteminde ise kas grubuna uygulanan basınç sayesinde tükenme hissinin erken oluşması ile antrenman hacminin düştüğü tespit edilmiştir (Jessee vd., 2018).

Bu durum düşük yüklerle yüksek antrenman hacminin oluşturduğu uzun bir sürece gerek duymadan KAK yöntemi ile özellikle gençlerde ağır yüklerin altına girilmeden, zamanın da ekonomik kullanılmasıyla kısa zamanda kuvvet artışını sağlama imkânı sunduğunu göstermektedir. Çalışma bulguları da bu gelişimi doğrularken KAK yönteminin düşük şiddette çalışma imkânı sunması, zamanın daha ekonomik kullanılması ve de KH antrenmanlarında alınan sonuçlara benzer veya daha iyi sonuçlar vermesi açısından yüksek şiddetli kuvvet antrenmanlarına alternatif bir yöntem olarak uygulanabileceği görülmüştür.

KAK yönteminin literatürde spor yaralanmaları sonrası tek bölge üzerine yoğunlaşan rehabilitasyon programlarında, fitness yapan bireylerde tamamlayıcı program olarak ve belli adımlarla ana antrenman olarak farklı şekillerde uygulandığı belirtilmektedir (Rolnick ve Schoenfeld 2020).

Yaptığımız çalışmada örneklem grubunun aktif sporculardan oluşması sebebiyle KAK yöntemi uygulanan kuvvet programının ana kısmını oluştururken gençlerde kuvvet kazanımının KAK yöntemi ile kısa sürede sağlanabileceği görülmüştür.

Ayrıca sporcularda meydana gelen kuvvet artışı ile birlikte ilerleyen zamanlarda daha ağır yüklerin altına girebilecekleri göz önünde bulundurularak KAK yönteminin geleneksel yöntemle tamamlayıcı program olarak, seçilen bazı egzersizlerde kullanılması da önerilebilir. Bu durum antrenörlere daha farklı alternatif bir yöntem sunabilir.

KAYNAKÇA

Akkoç, O., & Gözübüyük, Ö. B. (2019). Klasik hipertrofi ile kan akışı sınırlandırılarak yapılan antrenmanların kas kuvveti ve kalınlığı açısından karşılaştırılması. *Hacettepe Journal of Sport Sciences*, 30(4), 158-167.

American College of Sports Medicine (ACSM). (2002). American college of sports medicine position stand. progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364-380.

American College of Sports Medicine Position Stand (ACSM) (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687-708.

Amorim, S., Gaspar, A. P., Degens, H., Cendoroglo, M. S., de Mello Franco, F. G., & Ritti-Dias, R. M., et al. (2022). The effect of a single bout of resistance exercise with blood flow restriction on arterial stiffness in older people with slow gait speed: A pilot randomized study. *Journal of Cardiovascular Development Disease*, 9(85), 1-11.

- Bagheri, R., Rashidlamir, A., & Attarzadeh Hosseini, S. R. (2018). Effect of resistance training with blood flow restriction on follistatin to myostatin ratio, body composition and anaerobic power of trained-volleyball players. *Medical Laboratory Journal*, 12(6), 28-33.
- Baechle, T. R. (2008). Resistance training. *Essentials of Strength Training and Conditioning*, 381-412.
- Bompa, T. O. (2011). Antrenman kuramı ve yöntemi: Dönemleme. Çeviren: Keskin, İ., Tuner, B., Küçükgöz, H., & Bağırgan, T. Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Bompa, T. O., & Haff G. (2009). Periodization theory and methodology of training. Fifth Edition.
- Bompa, T. O., Pasquale, D. M. & Cornacchia, L. (2014). Nitelikli kuvveet antrenmanı. Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Brzycki, M. (1993). Strength testing - predicting a one-rep max from reps to fatigue. *Journal of Physical Education Recreation and Dance*, 64, 88-90.
- Burd, N. A., West, D. W., Staples, A. W., Atherton, P. J., Baker, J. M., & Moore, D. R., et al. (2010). Low-load high volume resistance exercise stimulates muscle protein synthesis more than high-load low volume resistance exercise in young men. *PLoS One*, 5(8), e12033.
- Cengizel, E. (2019). Voleybol mekaniği I (B. Ertaş Dölek (ed.); 1. basım. Ankara: Gazi Kitabevi.
- 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.
- Dzelebdzic, U., Tammen, V. V., & Sato, Y. (2014). Effects of blood flow restriction via KAATSU AQUA on speed and endurance in young water polo players. *KAATSU Training Research*, 1-19.
- Early, K. S., Rockhill, M., Bryan, A., Tyo, B., Buuck, D., & McGinty, J. (2020). Effect of blood flow restriction training on muscular performance, pain and vascular function. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 892-900.
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41, 1149-1160.
- Fitschen, P. J., Kistler, B. M., Jeong, J. H., Chung, H. R., Wu, P. T., Walsh, M. J., & Wilund, K. R. (2014). Perceptual Effects and Efficacy of Gntermittent or Continuous Blood Flow Resrriction Resistance Training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(5), 356-363.
- Guyton, A. C., Hall, J. E., Çavuşoğlu, H., Yeğen, B. Ç., Aydın, Z., & Alican, İ. (2007). Tıbbi fizyoloji: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Harbili, S., Özergin, U., Harbili, E., & Akkuş, H. (2005). Kuvvet antrenmanının vücut kompozisyonu ve bazı hormonlar üzerine etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 16(2), 64-76.
- Hasani, M., Karimi, M., & Sharifian, M. (2018). Comparison of the effect of resistance training with blood flow restriction and traditional method on hormonal responses in young male bodybuilders. *Asian Exercise and Sport Science Journal*, 2(1), 18-29.
- Hollander, D. B., Kraemer, R. R., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., & Francois, M., et al. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 37-40.
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003-1011.
- Hughes, L., Jeffries, O., Waldron, M., Rosenblatt, B., Gissane, C., Paton, B., & Patterson, S. D. (2018). Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions. *PeerJ*, 6, e4697.
- Jessee, M. B., Buckner, S. L., Mouser, J. G., Mattocks, K. T., Dankel, S. J., & Abe, T., (2018). Muscle adaptations to high-load training and very low-load training with and without blood flow restriction. *Frontiers in Physiology*, 9, 1448.

Kawada, S., Tachi, C., Ishii, N. (2001). Content and localization of myostatin in mouse skeletal muscles during aging, mechanical unloading and reloading. *Journal of Muscle Research & Cell Motility*, 22(8), 627-33.

Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). Physiology of sport and exercise 6. Basım: Human Kinetics.

Kim, D., Loenneke, J. P., Ye, X., Bemben, D. A., Beck, T. W., Larson, R. D., & Bemben, M. G. (2017). Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve*, 56(6), E126-E133.

Korkmaz, E., Dönmez G., Uzuner K., Babayeva N., Torgutalp S. S., & Özçakar L. (2020). Effects of blood flow restriction training on muscle strength and architecture. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 1-8.

Kwon, Y. H. (1998). Modified hanavan model. <http://www.kwon3d.com/theory/bspeq/hanavan.html/>. (Erişim tarihi: 29.03.2022).

Lixandrão, M. E, Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., & Damas, F., et al. (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 361-378.

Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Wilson, J. M., & Bemben, M. G. (2011). Blood flow restriction the metabolite volume threshold theory. *Medical Hypotheses*, 77(5), 748-752.

Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marin, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 112(5), 1849-1859.

Lowery, R., Joy, J. M., Loenneke, J. P., de Souza E. O., Machado M., & Dudeck J. E., et al. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(4), 317-321.

Luebbbers, P. E., Fry, A. C., Kriley, L. M., & Butler, M. S. (2014). The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2270-2280.

Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *American College of Sports Medicine*, 37(2), 78-85.

Marangoz, İ. (2019). Farklı branşlardaki amatör sporcuların alt ekstremite hacim ve kütlelerinin ivmelenme hızı üzerine etkileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 13-22.

Marangoz, İ., & Özbacı, Ü. (2017). Sporcularda bacak hacmi ve kütlesi hesaplama programı. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(48), 223-231.

Marques, M. C., Van Den Tillaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2008). Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: A case study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1147-1155.

Magalhães, J., Oliveira, J., Ascensão, A., & Soares, J. (2004). Concentric quadriceps and hamstrings isokinetic strength in volleyball and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(2), 119-125.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Lippincott Williams & Wilkins.

Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., & Morita, T., et al. (2006). Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 5-13.

Öskan, A., & Kin-İşler, A. (2010). Amerikan futbolcularında bacak hacmi, bacak kütlesi, anaerobik performans ve izokinetik kuvvet arasındaki ilişki. *Sportmetre*, (1)8, 35-41.

Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott B. R., & Owens J., et al. (2019). Blood flow restriction exercise: Considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in Physiology*, 15(10), 533.

- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200.
- Pignanelli, C., Petrick, H. L., Keyvani, F., Heigenhauser, G. J., Quadrilatero, J., & Holloway, G. P., et al. (2020). Low-load resistance training to task failure with and without blood flow restriction: muscular functional and structural adaptations. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 318(2), 284-295.
- Pişkin, N. E., Aktuğ, Z. B., İbiş, S., & Aka, H. (2022). The effect of the combined application of blood flow restriction-theraband training to lower and upper extremities on to athletic performance. *Journal of Human Sciences*, 19(1), 69-83.
- Rolnick, N., & Schoenfeld, B. J. (2020). Blood flow restriction training and the physique athlete: A practical research-based guide to maximizing muscle size. *Strength Conditioning Journal*, 42(5), 22-36.
- Sato, Y., (2005). The history and future of kaatsu training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 1-5.
- Shalamzari, S. A., Rajabi, S., Rajabi, H., Gahreman, D. E., Paton, C., & Bayati, M., et al. (2019). Effects of blood flow restriction and exercise intensity on aerobic, anaerobic, and muscle strength adaptations in physically active collegiate women. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-9.
- Shibanuma, M., Mashimo, Ji., Mita, A., Kuroki, T., & Nose, K. (1993). Cloning from a mouse osteoblastic cell line of a set of transforming-growth-factor- β 1-regulated genes, one of which seems to encode a follistatin-related polypeptide. *The FEBS Journal*, 217(1), 13-9.
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669-675.
- Sukul, D. M. K., Den Hoed, K. S., Johannes, E. J., Van Dolder, R., & Benda, E. (1993). Direct and indirect methods for the quantification of leg volume comparison between water displacement volumetry, disk model method and the frustum sign model method, using the correlation coefficient and the limits of agreement. *Journal of Biomedical Engineering*, 15(6), 477-480.
- Takarada, Y., Tsuruta, T., & Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese Journal of Physiology*, 54(6), 585-592.
- Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Kim, D., & Abe, T., et al. (2013). The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(5), 344-352.
- Tortoriello, D. V., Sidis, Y., Holtzman, D. A., Holmes, W. E., & Schneyer, A. L. (2001). Human follistatin-related protein: A structural homologue of follistatin with nuclear localization. *Endocrinology*, 142(8), 3426-3434.
- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *The Journal of Strength Conditioning Research*, 26(9), 2523-2529.
- Yasuda, T., Meguro, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2017). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016. *International Journal of KAATSU Training Research*, 13(1), 1-9.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2006). Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 372-377.

KAYNAK GÖSTERME

Pişkin, N.E. & Aktuğ, Z.B. (2022). Alt Ekstremiteye Uygulanan Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Bacak Hacmi Bacak Kütlesi ve Bacak Kuvveti Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Uluslararası Spor, Egzersiz ve Antrenman bilimi Dergisi - USEABD*, 8(3), 82-93. DOI: 10.18826/useabd.1095896