2023

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfullah ÇELİK

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAN AKIŞI KISITLAMALI FARKLI PLİOMETRİK SIÇRAMALARIN AKTİVASYON SONRASI POTANSİYASYON ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfullah ÇELİK

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR PROGRAMI

Ankara, 2023

T.C.
ANKARA YILDIRIM BEYAZIT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAN AKIŞI KISITLAMALI FARKLI PLİOMETRİK SIÇRAMALARIN AKTİVASYON SONRASI POTANSİYASYON ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seyfullah ÇELİK

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR PROGRAMI

Ankara, 2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda patent ve telif haklarını ihlal edici etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tezde kullanılmış olan tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi beyan ederim.
19-04-2023

Seyfullah ÇELİK

Bilimin gücüne inanan ve bilimin ışığında ilerleyenlere ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Rehberliğini ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen, yardıma ihtiyaç duyduğum her an benimle iletişim kuran danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gamze ERİKOĞLU ÖRER'e, üzerimde çok emeği bulunan, hayatıma dokunan değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Gözde ALGÜN DOĞU, Sayın Doç. Dr. Mehmet ÖZAL, Sayın Doç. Dr. Ersan TOLUKAN, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Canan SAYIN TEMUR, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aydıner Birsin YILDIZ, Sayın Dr. Muhammet Cihat ÇİFTÇİ ve araştırma sürecinde yaptığı yönlendirmeler ile tezimin kalitesini geliştirmemde sağladığı katkılardan dolayı Sayın Doç. Dr. İzzet İNCE'ye sonsuz teşekkürler. Son olarak beni bu yolda sürekli olarak teşvik eden Sayın Prof. Dr. Baki YILMAZ hocamıza hissettirdiği büyük destekler için teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Ayrıca, bu çalışmanın gerçekleşmesinde önemli rol oynayan TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı'nın 2210-A Genel Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında sağladığı destek için müteşekkirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **v**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vi**

TABLOLAR DİZİNİ ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL BİLGİLER **4**

2.1. Kan Akışı Kısıtlama 4

2.1.1. Kan Akışı Kısıtlamanın Etkili Olduğu Gelişimsel Mekanizmalar 6

2.1.1.1. Motor Ünite 6

2.1.1.2. Hormonal Faktörler 7

2.1.1.3. Hücresel Sıvı Artışı 8

2.1.1.4. Metabolik Stres 9

2.1.1.5. mTOR Sinyalizasyon Yolu 9

2.1.1.6. Stres Proteinleri 10

2.1.2. Kan Akışı Kısıtlamanın Uygulandığı Yaş Aralığı ve Kullanım Alanı 10

2.1.3. Raporlanmış Komplikasyonlar ve Güvenirliği 11

2.1.4. Kan Akışı Kısıtlamada Kullanılan Ekipmanlar 12

2.1.4.1. Elastik Bantlar 13

2.1.4.2. Pnömatik Manşonlar 14

2.1.4.3. Dijital Manşonlar 14

2.1.5. Kan Akışı Kısıtlama Uygulama Önerileri 14

2.1.5.1. Kan Akışı Kısıtlamalı Antrenmanlarda Süre, Sıklık ve Dinlenme 15

2.1.5.2. Antrenman Şiddeti 16

2.1.5.3. Tekrar Sayısı 16

2.1.5.4. Basınç 17
2.2. Ön Yüklenme ve Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon 18
2.2.1. Fizyolojik Mekanizmalar 20
2.2.1.1. Miyozin Düzenleyici Hafif Zincir Fosforilasyonu 20
2.2.1.2. H Refleks (Sinaptik Kavşak ve Spinal Kort Geçirgenliği) 21
2.2.1.3. Pennasyon Açısı (Kastaki Pennat Açı) 22
2.2.2. Ön Yüklenmeyi Etkileyen Faktörler 22
2.2.3. Ön Yüklenme Yöntemleri 24
2.2.4. Sprint 25
3. MATERYAL VE YÖNTEM 27
3.1. Araştırma Modeli 27
3.2. Katılımcılar 27
3.3. Veri Toplama Araçları 27
3.4. Araştırmanın Planlanması ve Verilerin Toplanması 29
3.5. Verilerin Analizi 35
4. BULGULAR 36
5. TARTIŞMA 43
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 51
7. KAYNAKLAR 53
8. EKLER 86
EK-1. Sporcu Bilgi ve Ölçüm Formu 86
EK-2. Etik Kurul Onayı 87
EK-3. Başlık Değişikliği Kararı 88
EK-4. Özgeçmiş 89

ÖZET

Kan Akışı Kısıtlamalı Farklı Pliometrik Sıçramaların Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon Etkisi

Bu çalışma, kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Randomize çapraz araştırma tasarımı kullanılarak yapılan bu çalışmaya, spor yaşı en az 7 yıl olan 15 sporcu gönüllülük esasına dayalı olarak katılmıştır. Katılımcılara antropometrik ölçümler (boy uzunluğu, vücut ağırlığı, beden kitle indeksi ve vücut yağ yüzdesi) ve performans ölçümleri (10 ve 20 metre sprint) uygulanmıştır.

Veriler SPSS istatistik yazılımı ile analiz edilmiştir. Farkların pratik önemini ortaya koymak için etki büyüklüğü ve yüzdelik değişimler verilmiştir. Etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla Cohen d testine başvurulmuştur. Tekrarlı ölçüm verileri arasındaki farklara ise tekrarlı ölçümler tek yönlü anova testi ile bakılmıştır. Farkların hangi protokollerden kaynaklandığını belirlemek için Bonferroni Post-hoc testi kullanılmıştır. Eta kare ($\eta 2$) değeri, etki büyüklüğünü ifade etmek için kullanılmıştır. Çalışmada güvenirlik düzeyi %95 olarak alınmış ve anlamlılık düzeyi $p=0,05$ esas alınarak yorumlanmıştır.

Sonuç olarak, tüm ön yüklenme protokollerinin sprint performansına olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi bulunmuştur. Ancak en büyük potansiyasyon etkisinin kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolünden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktivasyon sonrası potansiyasyon, kan akışı kısıtlama, ön yüklenme, sprint.

ABSTRACT

Post-Activation Potentiation Effect of Blood Flow Restricted Different Plyometric Jumps

This study was conducted to investigate the post-activation potentiation effects of different preload protocols applied with blood flow restricted plyometric jumps on sprint performance.

In this study, which was conducted using a randomized crossover experimental, 15 athletes with at least 7 years of sporting age participated voluntarily. Participants underwent several anthropometric measurements (height, body weight, body mass index and body fat percentage) and performance measurements (10 and 20 meter sprint).

The data were analyzed with the statistical software SPSS. Effect size and percentage changes are given to illustrate the practical significance of the differences. The Cohen d test was used to determine the effect size. Differences between repeated measures data were analyzed by repeated measures one-way anova test. Bonferroni Post-hoc test was used to determine which protocols were responsible for the differences. The eta squared ($\eta 2$) value was used to express the effect size. In the study a significance level of $p=0.05$ was assumed with a confidence interval of 95%.

In conclusion, all preload protocols had a positive post-activation potentiation effect on sprint performance. However, it has been determined that the greatest potentiation effect stems from the preload protocol involving blood flow restricted and weighted vest plyometric jumps.

Keywords: Post-activation potentiation, blood flow restriction, pre-load, sprint.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

N	: Katılımcı Sayısı
$\overline{X}$	: Aritmetik Ortalama
SS	: Standart Sapma
Min	: Minimum
Max	: Maksimum
BKİ	: Beden Kitle İndeksi
VYY	: Vücut Yağ Yüzdesi
ACSM	: The American College of Sports Medicine
LOP	: Limb Occlusion Pressure
PLOP	: Personalized Limb Occlusion Pressure
mmHg	: Milimetre Cıva
KAK-P	: Kan Akışı Kısıtlamalı Pliometrik Sıçramalar
AP	: Ağırlık Yeleği ile Pliometrik Sıçramalar
KAK-AP	: Kan Akışı Kısıtlamalı ve Ağırlık Yeleği ile Pliometrik Sıçramalar
ASP	: Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon
FDA	: Food and Drug Administration
TM	: Maksimum Tekrar
ATP	: Adenozin Trifosfat
mTOR	: Mammalian Target of Rapamycin
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Sprint performansı ölçümü……...…….....…...…….……28
Şekil 3.2. Kan akışı kısıtlama……...…….....…...…….……32
Şekil 3.3. Çift ayak öne sıçrama……...…….....…...…….……33
Şekil 3.4. Ağırlık yeleği……...…….....…...…….……34
Şekil 3.5. Yüzdelik değişim formülü…….....…...…….……35
Şekil 4.1. Ön yüklenme protokollerinden sonra 10 metre sprint süreleri….……39
Şekil 4.2. Ön yüklenme protokollerinden sonra 20 metre sprint süreleri….……42

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Araştırma planı…….……..…..…….……30
Tablo 3.2. Ön yüklenme programı…….....30
Tablo 4.1. Sporculara ait tanımlayıcı istatistikler…….....36
Tablo 4.2. Ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırılması...……..…….37
Tablo 4.3. Ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemi.…….……...38
Tablo 4.4. Ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırılması..…….……40
Tablo 4.5. Ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemi.……..……..41

1. GİRİŞ

"KAATSU" olarak bilinen kan akışı kısıtlama, Japonya tarihine dayanan uygulamalar içeren, düşük şiddetli egzersizde daha fazla fizyolojik stresin oluşmasını sağlayan ve kullanımı giderek artan popüler bir yöntemdir (1,2). Yaklaşık 50 yıldır varlığını sürdüren kan akışı kısıtlama yöntemi, arteriyel kan akışını fiziksel olarak kısıtlamak amacıyla proksimal (uzuvun gövdeye en yakın kısmı) uzuv kaslarına uygulanan harici bir ekipman ile egzersiz yapmayı içerir (1,3-5). Venöz dönüşü engelleyen ekipmanın bölgeye uygulanmasıyla oluşturulan kan akışı kısıtlaması ile düşük şiddetli (1 TM'nin %20-40) egzersizler birlikte yapıldığında yüksek şiddetli (1 TM'nin %60-70 ve üstü) egzersizler sonucunda ortaya çıkan kas hipertrofisi ve kuvvet artışına benzer gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda, kan akışı kısıtlamanın uygulandığı düşük şiddetli egzersizlerin (1 TM'nin %20-50), geleneksel yüksek şiddetli egzersizlerden daha hızlı kas hipertrofisine neden olduğu raporlanmıştır (6-14). Yüksek dirençler kullanılarak yapılan antrenmanlar sonucunda elde edilen kazanımların yüklenme şiddetini azaltarak ve eklemlere daha düşük stresler yaşatarak elde edilebilmesi, kan akışı kısıtlama yönteminin alternatif olarak kullanılması düşüncesinin temelini atan en büyük avantajlardan bir tanesi olmuştur (2,12,15-21).

Aktivasyon sonrası potansiyasyon ise ön yüklenme protokolünde yapılan maksimale yakın bir kas hareketinden sonra kuvvet üretimindeki artış olan performans öncesi kas aktivitesi olarak tanımlanmaktadır (22). Ön yüklenme olarak bilinen yüksek şiddetli istemli kas kasılmalarını içeren aktivitelerden sonra ortaya çıkmaktadır. Performans sergilenmeden önce yapılan patlayıcı ön yüklenme aktiviteleri ile sergilenecek olan performansın arttırılması amaçlanmaktadır. Yapılan ön yüklenme aktiviteleri ile kasılan kasların, sonraki kasılmada performansı olumlu yönde etkilediği ifade edilmektedir (23-25). Yüksek dirençli protokoller, ağır ekipmanların sporcuların müsabakaya çıkacakları sahaya taşınmasını gerektirir ve bu kullanışlı değildir (26). Ayrıca sporcular için müsabaka öncesi yüksek dirençler kullanarak ısınmak sakatlık riskini de arttırmaktadır (23,24).

Yapılan yeni araştırmalar ise kan akışı kısıtlamalı egzersizlerin aktivasyon sonrası potansiyasyonun arkasındaki önemli fizyolojik mekanizmalardan biri olan kas aktivasyonunu arttırabileceğini bildirmiştir (27-31). Aynı zamanda yüksek yüklere ihtiyaç duyulmadan kas aktivasyonunu arttırabildiği için yüksek yüklerden kaynaklanan yaralanma riskini azaltmaya da olanak tanımaktadır (27,32).

Literatür incelendiğinde, kan akışı kısıtlama yönteminin ön yüklenme protokollerinde kullanıldığı az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda kan akışı kısıtlama yöntemi ön yüklenme protokollerine dahil edilerek uygulanmış ve ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyonun atletik performansı arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmaların amacı sprint performansı üzerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini incelemeye yönelik değildir (27,33-36).

Kas gücünün yüksek düzeyde arttırılması, sprint ve sıçramalar yapan birçok bireysel ve takım sporcusu için temel bir amaçtır. Sporcunun ısınmasına bir pliometrik egzersizin dahil edilmesi aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturan pratik bir yaklaşımdır (26). Benzer şekilde, ağırlıklı sıçramaların da sonraki performansı arttırdığı raporlanmıştır (37,38). Wilson ve arkadaşlarının yaptığı meta-analizde, ağır yükler ile yapılan yüklenmelerin olmadığı ön yüklenme protokolleriyle de aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin ortaya çıkarılabileceği bildirilmiştir (39). Bu yüzden bazı çalışmalarda ağırlık yelekleri ön yüklenme protokollerinde kullanılarak çeşitli performans parametreleri ve sprint üzerinde aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmıştır (37,40,41).

Sportif performansın önemi her geçen gün hızla artmaktadır. Dolayısıyla ön yüklenme prokolleri yoluyla aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinden risk almadan en yüksek verimin nasıl alınabileceği ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, yukarıdaki riskleri azaltmak ve aynı zamanda aktivasyon sonrası potansiyasyondan mümkün olan en yüksek verimi de almak için ön yüklenme protokollerine yüksek şiddetli geleneksel yüklenmelerden farklı yöntemler dahil edilmiştir (27).

Bu hususlardan hareketle çalışmamızın temel amacı, kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kan Akışı Kısıtlama

Kan akışı kısıtlama, Japonya'da fizyoterapist Yoshiaki Sato'nun 1960'lı yılların sonlarına doğru tasarladığı ve "KAATSU" olarak isimlendirdiği yöntemdir (1,16,42). Daha sonra kendi üzerinde deneme yanılma yöntemiyle farklı basınç ve ekipmanlar kullanarak farklı protokoller denemiş ve geliştirmiştir. Hatta bir kayak gezisi sırasında yaşadığı sakatlıktan sonra 6 aylık iyileşme döneminde yaptığı izometrik egzersizlerle birlikte, kan akışı kısıtlama yöntemini kendi üzerinde uygulamış ve kaslarında atrofi gerçekleşmeden iyileşmiştir. Sato'nun farklı denemeleri sonucunda, kan akışı kısıtlama yöntemi tam olarak 1973 yılında tasarlanmıştır (1,16). Farklı rahatsızlıklar yaşayan çeşitli yaşlardaki bireylere yönelik 1973 yılından 1982 yılına kadar kan akışı kısıtlama protokolleri geliştirmiştir. Sene 1994 yılını gösterdiğinde ise Japonya başta olmak üzere Amerika Birleşik Devletleri ve çeşitli Avrupa ülkelerinde patent başvuruları yapmıştır. Sato, yaptığı başvurular sonucunda Japonya Patent Ofisi'nden "Doğa Kanunlarını Kullanan Yüksek Teknolojik Buluş" olarak nitelendirilen kan akışı kısıtlama yönteminin patentini almıştır. Fizyoterapistler, doktorlar ve koçlardan oluşan meslek gruplarına kan akışı kısıtlama yönteminin doğru ve güvenli bir şekilde uygulanmasına yönelik eğitimler vermiştir. Eğitime katılan ve başarılı bir şekilde tamamlayanlar lisans sahibi olmuştur (16,42). Varlığını 1960'lı yıllardan günümüze kadar sürdüren ve bilim insanlarının araştırmalarına konu olan kan akışı kısıtlama yönteminin düşük şiddetli kuvvet antrenmanı ile uygulandığında kas kuvvetinde artışa neden olduğunu ortaya koyan ilk bilimsel kanıt 1997 yılında raporlanmıştır (16,43).

Kan akışı kısıtlama yöntemi, kan akışını fiziksel olarak kısıtlamak amacıyla proksimal uzuv kaslarına uygulanan harici bir ekipman ile egzersiz yapmayı içerir (4). Düşük şiddetli egzersizde daha fazla fizyolojik stresin oluşmasını sağlayan ve kullanımı giderek artan popüler bir yöntemdir (2). Kan akışını kısıtlama yöntemi, alt ekstremitenin proksimali (uyluğun gövdeye en yakın kısmı) ve üst ekstremitenin proksimaline (kolun gövdeye en yakın kısmı) kısıtlama işlemi için özel tasarlanmış turnike, elastik bandaj veya basıncı ayarlanabilen manşonların sarılması ile uygulanmaktadır (1,16,44,45).

Bu yöntemin uygulanmasındaki temel amaç, kısmi arter kısıtlaması ile venöz dönüşü engellemeye çalışmaktır. Venöz dönüşün engellenmesi sayesinde kas dokusunun kanlanması sağlanmaktadır. Oluşan bu ortamın yapılan egzersizlerin etkilerini arttırdığı, kas kütlesi ve kuvvetinde dikkate değer gelişmelere neden olduğu bildirilmiştir (46-49). Kan akışı kısıtlanarak yapılan kuvvet egzersizleri, endokrin sistemi aktive ederek kas gelişimi ve hipertrofisine neden olmaktadır. Düşük yoğunlukta yapılan antrenmanlarda kan akışı kısıtlaması uygulandığında plazma konsantrasyonundaki büyüme hormonunun salınımı artmaktadır. Geleneksel kuvvet antrenmanları ile karşılaştırıldığında daha hızlı gelişime yol açtığı raporlanmıştır (6,9).

Yaralanmaların engellenmesi, kaslarda atrofinin engellenmesi, yaralanma sonrası eski performansın yeniden sağlanması ve mevcut performansın arttırılması için kuvvet ve kuvvet antrenmanlarının önemi büyüktür (50). Amerikan Spor Hekimliği Koleji (ACSM), kas kesit alanını arttırabilmek, yani kas hipertrofisi oluşturabilmek için 1 TM'nin en az %70'i egzersiz şiddetine sahip kuvvet antrenmanlarına ihtiyaç olduğunu bildirmiştir. Bir kuvvet antrenmanının şiddeti %70'in altındaysa, kasta hipertrofi diyebileceğimiz bir kas kesit alanı büyümesi meydana gelmeyeceğini belirtmiştir. Ayrıca hipertrofi meydana gelmeyeceği gibi kuvvet artışı da minimum düzeylerde gerçekleşecektir (48,51). Kuvvet antrenmanlarının, 6-12 tekrarlı yapılmasını öneren ACSM'nin aksine bilimsel bir makalede kas hipertrofisi oluşturabilmek ve kuvvet artışı ortaya çıkarabilmek için 1 TM'nin en az %60 ve üstü şiddetinde 8-12 tekrarlı yapılması gerektiği bildirilmiştir (48,51,52). Venöz dönüşü engelleyen ekipmanın bölgeye uygulanmasıyla oluşturulan kan akışı kısıtlama ile düşük şiddetli (1 TM'nin %20-40) egzersizler birlikte yapıldığında yüksek şiddetli (1 TM'nin %60-70 ve üstü) egzersizler sonucunda ortaya çıkan kas hipertrofisi ve kuvvet artışına benzer gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Hatta bazı çalışmalarda, kan akışı kısıtlamanın uygulandığı düşük şiddetli egzersizlerin (1 TM'nin %20-50) geleneksel yüksek şiddetli egzersizlerden daha hızlı kas hipertrofisine neden olduğu ifade edilmiştir (8,9). Bu nedenle kan akışı kısıtlamanın, yüksek şiddetli geleneksel yüklenmelere alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Zaten bu düşünceyi daha önce yapılan çalışmalar da desteklemektedir (6,12,13,16,24,53-69).

Yüksek dirençler kullanılarak yapılan antrenmanlar sonucunda elde edilen kazanımların, yüklenme şiddetini azaltarak ve eklemlere daha düşük stresler yaşatarak elde edilebilmesi, kan akışı kısıtlama yönteminin alternatif olarak kullanılması düşüncesinin temelini atan en büyük avantajlardan bir tanesi olmuştur (2,12,15-21).

2.1.1. Kan Akışı Kısıtlamanın Etkili Olduğu Gelişimsel Mekanizmalar

2.1.1.1. Motor Ünite

Nöromüsküler yorgunluk, kan akışı kısıtlama uygulanmadan yapılan direnç antrenmanları ile karşılaştırıldığında kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda daha erken ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni, venöz dönüşün kısıtlanmasıyla oluşan metabolit artışı (laktat ve H+ iyonları) ve kas içi pH'ın (asit-baz dengesi) azalmasıyla III ve IV afferent liflerin uyarılması olarak belirtilmektedir. Kan akışı kısıtlama sayesinde daha erken meydana gelen nöromüsküler yorgunluktaki artış, egzersizde tekrarları tamamlamak için gereken kas kuvvetini sağlamak amacıyla yüksek eşikli motor ünitelerin devreye girmesi ve harekete katılmasını teşvik eder. Böylece düşük şiddetli direnç antrenmanlarında kan akışını kısıtlamak hipertrofik bir yanıtla sonuçlanmaktadır (13,16,17,19). Motor ünitelerin çalışma prensiplerine bakıldığında, düşük şiddetli hareketlerde ilk olarak Tip I kas liflerinin oluşturduğu küçük motor sinirlerin bulunduğu yavaş motor üniteler aktive olmaktadır. Yüksek şiddetli hareketlerde ise kuvvet ve güç gereksiniminin artmasıyla Tip II kas liflerinin oluşturduğu büyük motor sinirlerin bulunduğu hızlı motor üniteler aktive olmaktadır. Yani bir kas kasılması sırasında yavaş motor ünitelerden hızlı motor ünitelere doğru hareketin şiddetine ve ne kadar kuvvete ihtiyaç duyulduğuna bağlı olarak sırasıyla bir geçiş yaşanmaktadır (70-73). Tip II kas liflerinin harekete katılması, kuvvet antrenmanlarının hipertrofik bir yanıtla sonuçlanabilmesi için önemli görülmektedir. Çünkü, Tip II kas lifleri daha fazla kuvvet uygulamayı gerektiren anaerobik ortamda kullanılır ve Tip I kas liflerine göre büyüme potansiyeli daha fazladır (74,75). Kan akışı kısıtlamanın olmadığı düşük direnç (1 TM'nin %20-50) ile yapılan antrenmanlarda Tip II kas liflerinin harekete katılımı azdır. Ancak kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli antrenmanlarda harekete katılan hızlı motor ünitelerin, kan akışı kısıtlama olmadan yapılan yüksek şiddetli antrenmanlarda harekete katılan motor üniteler ile aynı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kan akışı kısıtlama ile yapılan düşük

şiddetli antrenmanın, kısıtlama olmadan yapılan düşük şiddetli antrenmana karşı kas aktivasyonu ve harekete katılan motor üniteler bakımından avantajlı olduğu görülmektedir (63,76). Hatta venöz dönüşün kısıtlanması ve basınç artışıyla birlikte Tip I kas liflerinden önce Tip II kas liflerinin harekete katılması, kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli antrenmanlardan sonra yaşanan kas kuvvetindeki artışın sebebi olarak görülmektedir (10,13,77). Yasuda, yaptığı bir çalışmada kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli (TM %20) kuvvet antrenmanının Tip II kas liflerinde hipertrofi ile sonuçlandığını bildirmiştir (78). Tükenene kadar yapılan kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli egzersizde kas grubunun biyopsi yöntemi ile incelenmesi sonucunda fosfokreatin düzeyinin düşük olduğu ve Tip I ve Tip II kas liflerinde glikojenin giderek tükendiği bildirilmiştir. Bu durumda kas hasarı minimum seviyede gerçekleşirken kas kazanımları ise maksimum düzeyde gerçekleşmiştir (79). Hızlı motor üniteler (Tip IIa-IIb), yüklenme şiddeti 1 TM'nin %30-55'inden daha yüksek düzeylere ulaştığında harekete katılmaktadır. Egzersiz sırasında hacim belli bir seviyeye geldiğinde, maksimum protein sentezi gerçekleşmektedir. Protein sentezi, metabolik stresi ve hacmi arttırarak hızlı motor ünitelerin harekete dahil edilmesini sağlamak şartıyla, egzersiz şiddetinden bağımsız olarak gerçekleşmektedir. Böylelikle egzersiz şiddeti düşük tutulsa da kan akışı kısıtlama ile oluşturulan basınç ve stres, kasta erken tükenme hissiyatına yol açar. Sonuç olarak; erken tükenme hissiyle hızlı motor üniteler harekete katılır (3,16).

2.1.1.2. Hormonal Faktörler

Hormonal yanıtlar, kuvvet antrenmanlarına uyum ve kas kütlesini düzenlemedeki rolü gereği araştırmalara konu olmaktadır. Aynı zamanda kan akışı kısıtlama yöntemi ile ortaya çıkan pozitif etkilerin kaynaklandığı gelişimsel mekanizmalardan birisi olarak görülmektedir. Kas dokusuna uygulanan basınç ve oluşturulan metabolik stres ortamında kan glikozu kullanımının kısıtlanması ve yetersiz kalması, asit ortamının da artmasıyla endokrin sistemin uyarılması anabolik hormonların salınımı ile sonuçlanır (10,80). Salgılanan anabolik hormonlardan birisi de büyüme (growth hormone) hormonudur. Bir araştırmada, büyüme hormonu artışının kas hipertrofisi üzerinde yüksek etkiye sahip insülin benzeri büyüme faktörü üretimine neden olduğu belirtilmiştir (81).

Yapılan çalışmalar, kan akışı kısıtlamadan kaynaklanan büyüme hormonu artışının geleneksel antrenmanlara göre oldukça fazla olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca bir çalışmada, norepinefrin ve laktat düzeyinde de kan akışı kısıtlama sebebiyle artışlar meydana geldiği ancak büyüme hormonunda daha çarpıcı (15 dk. sonra bazal ölçümlere göre 290 kat daha fazla) artış yaşandığı belirtilmiştir. Testosteron ve kortizol hormonlarının ise değişim yönünden farklı olmadığı raporlanmıştır (80,82,83).

Miyostatin ve follistatin, büyüme hormonu haricinde kan akışı kısıtlamadan kaynaklanan gelişimde payı olduğu düşünülen diğer hormonlardır. Miyostatin hormonu, kas büyümesinde inhibe edici görevi olan ve üretimi kas hücrelerinde gerçekleşen bir hormondur. Follistatin ise reseptöre bağlanmasını engelleyerek miyostatini etkisiz hale getiren bir hormondur. Böylece miyostatin, inhibe edici rolünü yerine getiremezken kas atrofisi önlenir. Kas hipertrofisi önünde ise bir engel kalmaz. Yapılan araştırmalar, kan akışı kısıtlamalı antrenmanlar sonucunda miyostatin salınımının önemli derecede azaldığını, follistatin salınımının ise önemli derecede arttığını bildirmiştir. Miyostatin seviyesinde meydana gelen bu azalmalar, kas hipertrofisinde ve kas kuvvetinde gelişmelere yol açmıştır (13,68,84-86).

2.1.1.3. Hücresel Sıvı Artışı

Kan akışı kısıtlamanın etkili olduğu gelişimsel mekanizmalardan birisi de hücresel sıvı artışıdır. Hücresel sıvı, anabolik süreçleri uyaran, hücrenin fonksiyonlarında rol oynayan ve normal şartlarda osmotik sıvının içerisinde yer alan ana sıvı kompartmanlarından bir tanesidir. Hücresel sıvının artmasıyla hücre zarı baskıya uğramaktadır. Hücre zarında oluşan baskı sonucunda, hücre içi yapıların, hücredeki genel bütünlüğün bozulmasına karşı güçlendirilmesi amacıyla anabolik bir ortam oluşur. Hücresel sıvı artışının, anabolik yanıtlar ortaya çıkarma süreci bu şekilde gerçekleşmektedir (87-89). Venöz dönüşün kısıtlanmasıyla kanda metabolitler birikmektedir. Biriken metabolitler hücre içi boşlukta basınca neden olmaktadır. Basıncın artması sonucunda, kan bölgede göllenir. Hücresel gerginliğin artması ve basıncın ortadan kaldırılmasıyla kısıtlanan dokunun yeniden kanlanması, hücre içi ve dışı sıvı dengesini bozarken hücre içi yapıların bütünlüğünü de tehlikeye sokar. Hücrenin, hücresel yapıların bütünlüğünün tehlikeye girmesine karşılık hacim osmosensörleriyle ve osmosensörlerin mTOR'dan bağımsız olarak protein kinaz

vasıtasıyla anabolik süreci başlatarak eski durumunu korumak amacıyla yanıtlar oluşturmaya çalıştığı düşünülmektedir. Oluşan anabolik ortam ise motor ünite sayısında artış ile sonuçlanır (13,90-93).

2.1.1.4. Metabolik Stres

Antrenmanda venöz dönüşün kısıtlanmasıyla kas kasılmalarının yan ürünleri olan, laktat, H+ iyonları, ATP ve inorganik fosfatlar birikmektedir. Biriken yan ürünlerden kaynaklanan stres ortamı, kan akışı kısıtlama olmadan yapılan antrenmana kıyasla Tip II kas liflerinin erken devreye girmesine sebep olmaktadır. Metabolik stresin neden olduğu yorgunluk sonucunda, kas kasılma hızı yavaşlar ve kas aktivasyonu artmaktadır. Böylece anabolik sürecin başladığı bildirilmiştir. Mekanik gerim kas hipertrofisi için ne kadar önemliyse bu süreçte aynı şekilde önemli görülmektedir (4,80,94,95). Ayrıca metabolik stresin oluşmasıyla artan laktat düzeyi, endokrin sistemde büyüme hormonu yanıtlarına sebep olmaktadır (10,13,96,97).

2.1.1.5. mTOR Sinyalizasyon Yolu

Rapamisin protein kompleksinin memeli hedefi (mTOR), protein kinaz enzimine bağlı bir proteindir. mTOR proteini, kinaz ailesinin bir üyesidir. Kasta protein sentezlenmesinin kuvvet antrenmanlarına adaptasyon için tek düzenleyicisidir. Bu nedenle kuvvet antrenmanlarına adaptasyon noktasında en önemli protein olarak görülmektedir (16). Kuvvet antrenmanları ile kas protein sentezi artmaktadır. Protein sentezinin artmasıyla kas hipertrofisi gerçekleşmektedir. Eğer mTOR kuvvet antrenmanı yapmadan önce baskılanırsa protein sentezi artmayacaktır. Bu nedenle mTOR sinyalizasyon yolu önemli görülmektedir (98). Hücreler arası sinyallerin iletilmesinde önemli görevi olan mTOR sinyal yollarını uyaran kan akışı kısıtlama, kas hipertrofisine neden olmaktadır. Yapılan araştırmaların sonuçları, düşük şiddetli kuvvet antrenmanlarında kan akışını kısıtlamanın kas protein sentezini arttırdığını ve kas hipertrofisine yol açtığını ortaya koymuştur (12,45,99).

2.1.1.6. Stres Proteinleri

Hipoksi, enfeksiyon, ultraviyole ışık, toksin, inflamasyon, açlık ve dehidrasyon gibi faktörler sebebiyle ortaya çıkan ancak normal şartlarda hücrelerde bulunan stres proteinleri, literatürde ısı şok proteinleri olarak da isimlendirilmektedir (100,101).

Organizma, stres faktörlerine (ani ısı değişiklikleri, ani pH değişiklikleri ve hipoksik ortam vb.) maruz kaldığında proteinlerin fonksiyonel yapıları bozulmaktadır. Bu şekilde proteinler fonksiyonlarını kaybederler. Ancak stres proteinleri, bozulmaya uğramazlar. Ayrıca organizma stres faktörlerine maruz kaldığında salınımları artar ve hücrenin stres faktörlerine karşı direncini arttırırlar. Yani vücut iç dengesini sağlamak için görev yaparlar (102,103).

Kan akışı kısıtlama ve stres proteinleriyle ilgili yapılan deneylerin birisinde, bir stres proteini olan HSP72 artarken, diğer araştırma sonuçlarında HSP70 artmamıştır. Dolayısıyla kan akışı kısıtlamanın etkili olduğu gelişimsel mekanizmalardan bir tanesinin de stres proteinleri olduğu düşünülmektedir (104,105).

2.1.2. Kan Akışı Kısıtlamanın Uygulandığı Yaş Aralığı ve Kullanım Alanı

Kan akışı kısıtlama, 20 yaş altı ve 70 yaş üstü bireylerde dahil olmak üzere farklı oranlarda her yaşta uygulanmıştır. Bu oranlar 20 yaş altı için %17,8 iken, 70 yaş üstü için %14,6'dır (59).

Yapılan başka bir çalışmada, kan akışı kısıtlama yönteminin uygulandığı yaş oranları 18 yaş altı için %3,5 iken, 60-80 yaş aralığı için %30,7'dir. En yoğun kullanılan yaş aralığı olan 20-29 yaş için ise bu oran %74,6 olarak raporlanmıştır (106).

Kan akışı kısıtlama yöntemi, günümüze kadar çok farklı amaçlarda kullanılmış ve kullanılmaya devam etmektedir. Yapılan bir araştırmada, toplamda 232 tesiste kan akışı kısıtlama yöntemini uygulayan eğitmenlerle görüşülmüştür. Eğitmenlerden toplanan cevaplar ile kan akışı kısıtlamanın hangi amaçlarla ne oranda kullanıldığı rapor edilmiştir. Sonuçlara göre kan akışı kısıtlama, %87 daha iyi sağlık, %85 diyet,

%72 kas hipertrofisi, %70 estetik kaygılar ve yaşlanmayı engelleme, %53 sportif performans gelişimi, %38 rehabilitasyon, %38 ortopedik rahatsızlıklar, %17 obezite, %12 diyabet, %11 serebrovasküler hastalık, %8 kardiyovasküler hastalık, %7 depresyon ve psikolojik rahatsızlıklar, %6 kısırlık, %5 sinir-kas rahatsızlıkları ve %3 bağışıklık problemleri amacıyla kullanılmaktadır (16,59). Son zamanlarda yapılan araştırmalar ise özellikle sportif performans gelişimi amacıyla kullanıldığında oldukça olumlu yanıtların alındığını bildirmiştir (107,108,109,110,111).

2.1.3. Raporlanmış Komplikasyonlar ve Güvenirliği

Kan akışı kısıtlama sebebiyle oluşan komplikasyonların tespit edilmesi amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Bir araştırmada anket yoluyla toplamda 13000 kişiden meydana gelen komplikasyonlar ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Araştırma sonuçlarında, %13 bölgede morarma, %1.3 uyuşukluk ve üşüme hissiyatı, %0.28 sersemlik, %0.06 derin toplardamar trombozu, %0.008 pulmoner emboli, %0.008 rabdomiyoliz ve %0.02 oranında ise kötüye giden iskemik kalp hastalığı komplikasyonları raporlanmıştır (7). Bir diğer çalışmada, %71.2 karıncalanma, %55.8 gecikmiş kas ağrıları, %4.8 deri altı kanama, %3.8 bayılma ve %1.9 rabdomiyoliz komplikasyonlarının kan akışı kısıtlama uygulamaları sebebiyle ortaya çıktığı bildirilmiştir (106). Yapılan çalışmalarda raporlanmış bu komplikasyonların çok nadir ortaya çıktığı bildirilirken kan akışı kısıtlama yönteminin güvenliğini destekleyen birçok araştırma sonucu mevcuttur (112,113). Komplikasyonları tespit etmek amacıyla yapılan bir araştırmada, kişilerin yaşı, cinsiyeti ve fiziksel durumu farketmeksizin uygun protokollerin oluşturulması halinde kan akışı kısıtlamanın güvenilir olduğu ve faydalı sonuçların ortaya çıkmasına neden olabileceği ifade edilmiştir (59). Kan akışı kısıtlamanın, sinir iletim hızına kalıcı ve olumsuz bir etkisi yoktur. Kas ve bağ dokuya faydalı olduğu bildirilen güvenilir bir yöntem olduğu literatürdeki çalışmalar ile desteklenmektedir (61,112,114). Yaşlı bireylere kan akışı kısıtlama yönteminin uygulandığı bir çalışmanın sonuçlarında, yaşlı ve zayıf kişiler için güvenilir bir yöntem olduğu ifade edilmiştir (115). Kan akışını bilinçsizce ve ciddi bir şekilde kısıtlamak ya da kas dokusunu tamamen baskılamak, ortaya çıkabilecek komplikasyonlara dair bazı endişeleri beraberinde getirebilmektedir Belli bir seviyenin üzerinde kan akışı kısıtlamanın kan pıhtılaşması ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (116). Ancak bir çalışmada, kan pıhtılaşması ile ilişki içerisinde olan kan

belirteçlerinin (D-dimer, C-reaktif protein ve protrombin fragmenti) değerleri incelenmiştir. Sonuçlara göre, kan belirteci değerlerinde normalin üstünde bir değişim olmadığı tespit edilmiştir (112). Orta düzeyde kan akışı kısıtlama ile yapılan düşük yoğunluklu egzersizin, egzersiz sonrası kan pıhtılaşması ile hiçbir ilişkisi olmadığını bildiren başka çalışmalar da mevcuttur (117).

2.1.4. Kan Akışı Kısıtlamada Kullanılan Ekipmanlar

Kan akışı kısıtlama günümüze kadar çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılmıştır. Literatür incelendiğinde genellikle kuvvet antrenmanlarıyla kombine bir şekilde kas hipertrofisi, kas kuvveti artışı ve kas protein sentezinde artış sağlama amaçlarıyla kullanıldığı görülmektedir. Ek olarak, hastalarda rehabilitasyon amacıyla vücut ağırlığı kullanılarak pasif bir şekilde de kullanılmaktadır (13,106,118).

Geniş çapta yapılan bir araştırmanın sonuçlarında, vücut ağırlığı (%92) ve serbest ağırlığın (%86) oranlarında kan akışı kısıtlama ile kullanıldığı raporlanmıştır. Yapılan diğer çalışmalar ise fitness ekipmanları, vibrasyon aleti, bisiklet, yoga, cimnastik, yürüme, koşu ve pliometrik sıçrama antrenmanları ile kombine edildiğini ve kuvvet artışında olumlu etkilerin ortaya çıktığını bildirmiştir (35,59,110,111,119-121). Ayrıca kan akışı kısıtlamanın uygulandığı bölgede basınç oluşturabilmek için manşon adı verilen ekipman kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı tiplerde manşonların kullanıldığı görülmüştür. Giderek yaygınlaşan kan akışı kısıtlama uygulamalarında kullanılmak üzere manşon ihtiyacı artmıştır. Dolayısıyla günümüze dek birçok manşon çeşidi üretilmiştir. Manşonların kan akışı kısıtlama uygulamalarında kullanılması hakkında, FDA (Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından onaylanmış birinci sınıf pnömatik manşonların diğer manşon tiplerine kıyasla daha düşük riskli olduğu kabul edilmiştir (56,68,118,122,123).

Kan akışı kısıtlama uygulamalarında basınç ile doğru orantılı olarak nörovasküler risk arttığı için manşon genişliği önemli görülmektedir. Farklı genişliklerde (5-17 cm) manşon tipleri günümüze kadar kullanılmış ve araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda, arteriyel tıkanma oluşturabilmek için dar manşon (<5 cm) kullanıldığında daha yüksek basınç, geniş manşon (>10 cm) kullanıldığında ise daha düşük basınç gerektiği bildirilmiştir. Geniş manşonlar, nörolojik yaralanmalara

sebebiyet verme riski daha az olduğundan daha fazla tercih edilirken, dar manşonların uygulama bölgesinde daha konforlu hissettirdiği ve rahatsızlık oluşturmadığı belirtilmiştir (118,124-127). Kan akışı kısıtlama uygulamalarında yaygın olarak kullanılan manşon tipleri sırasıyla; elastik bantlar, pnömatik manşonlar ve basıncın dijital olarak ayarlanabildiği manşonlardır.

2.1.4.1. Elastik Bantlar

Pnömatik manşonlara alternatif olarak kullanılan manşon tipidir. Çünkü, kan akışı kısıtlamanın birçok kişiye aynı anda uygulanması fazla sayıda pnömatik cihaz gerektirir. Ancak pnömatik cihazlar yüksek maliyetlidir. Bu sebeple, turnike, elastik ve kumaş bantlar kan akışı kısıtlama amacıyla kullanılmaktadır. Alternatif olarak kullanılan bu ekipmanlar ile pratik kan akışı kısıtlama yöntemleri ortaya çıkmıştır. Elastik bantlar ile kan akışı kısıtlama uygulamalarında uzuv tıkama basıncı manometre yardımı ile değil bantların üstünde bulunan rakamlar referans alınarak baskı hissine göre ayarlanır. Literatürde bu yöntemle ayarlanan basınç için 7-8 rakamları ideal basınca ulaşmak için tavsiye edilmektedir. Arteriyel dolaşımda tamamen tıkanma oluşturabilecek maksimum basınç ise 10 rakamı ile eşleştirilmektedir (55,56).

Fazla sayıda kişiye uygulanacak kan akışı kısıtlama çalışmalarında elastik bantlar maliyet açısından avantajlı görülebilir. Ancak kişiye özel uygulanan basıncın ayarlanmasında dezavantajlıdır. Çünkü yapılan bir araştırma sonuçlarında, elastik bantlar ile uygulanan kan akışı kısıtlama uygulamasında uzuv tıkanma basıncının %25 oranında düşük veya yüksek sapmalar gösterebildiği belirtilmiştir (128). Bu durum ise önemli bir dezavantajın ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Kan akışı kısıtlamanın etkili olduğu gelişimsel mekanizmalar yalnızca yeterli seviyede uzuv tıkanma basıncı uygulandığında devreye girmektedir. Aksi halde kan akışı kısıtlama çalışmaları, fizyolojik olarak herhangi bir yanıtla sonuçlanmayacaktır. Ek olarak yüksek basınç uygulanması arteriyel dolaşımı tamamen tıkayabilir. Böylece nörovasküler yaralanmalara sebebiyet verebilecek riskler ortaya çıkmaktadır (87).

2.1.4.2. Pnömatik Manşonlar

Kan akışı kısıtlama uygulamalarında sahip olduğu pompa yardımı ile şişirilen uzuv tıkanma basıncının manometreden ayarlanabildiği manşon tipidir. Literatürde bulunan çalışmaların genelinde pnömatik manşonlar sıklıkla kullanılmıştır. Çünkü uygulanan basınç, manometreden takip edilebilmektedir. Bu durum kan akışı kısıtlama uygulamaları ile istenen fizyolojik sonuçları elde etmek için önemli bir avantaj sağlamaktadır. Antrenman protokolünde belirlenmiş basınç, pnömatik manşon kullanılarak ayarlanır ve pompa manşondan çıkartılır. Böylece kan akışı kısıtlanan kişi, özgür bir şekilde antrenmana devam edebilmektedir (87,129).

2.1.4.3. Dijital Manşonlar

Kan akışı kısıtlama uygulamalarında basıncın manuel olarak pompa yardımıyla ayarlanabildiği pnömatik manşonlardaki basınç göstergesine benzer dijital göstergeye sahip olan ve uzuv oklüzyon basıncının otomatik olarak ayarlanabildiği manşon tipidir. Dijital manşonlar, kişiye özel yeterli oklüzyon basıncını otomatik olarak belirleyebilmektedir. Ancak bu manşon tipi, genelde klinik alanlarda kullanılmaktadır. Sportif performans artışı amacıyla kan akışı kısıtlama uygulamaları pnömatik manşonlar ile yapılmaktadır (16).

2.1.5. Kan Akışı Kısıtlama Uygulama Önerileri

Kan akışı kısıtlama uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, alt ekstremiteye yönelik çalışmaların, üst ekstremiteye yönelik çalışmalardan daha fazla olduğu literatürde açıkça görülmektedir. Hem alt ekstremite hem de üst ekstremitenin birlikte dahil edildiği kan akışı kısıtlama çalışmaları az sayıdadır (18,76,122,130-134). Alt ve üst ekstremitenin birlikte dahil edildiği çalışmaların varlığına karşılık iki ekstremiteye de aynı anda kan akışı kısıtlama uygulamaları yapılması kardiyovasküler açıdan riskli görülmektedir. Dolayısıyla ekstremitelere uygulanan kan akışı kısıtlamasının, gün içerisinde farklı saatlerde veya birbirlerinden ayrı günlerde olması önerilmektedir (87). Kan akışının kısıtlanmasında kullanılacak manşonun, üst ekstremitede dirsek (ulnar sinir) ve alt ekstremitede diz (ortak fibular sinir) olmak üzere hassas sinir noktalarının kötü etkilenmemesi için uygulamanın

yapıldığı uzuvda gövdeye en yakın kısma yani uzvun proksimaline sarılması uygun görülmektedir (87,118).

2.1.5.1. Kan Akışı Kısıtlamalı Antrenmanlarda Süre, Sıklık ve Dinlenme

Kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda süre, manşon basıncına, uzuvda ne kadar kaldığına, çalışma grubunun yaşına, mevcut antrenman durumuna, çalışma hedefine ve beraber yapılan fiziksel aktiviteye bağlıdır (76,132,135-137). Literatürde yer alan çalışmaların raporlarında, kan akışı kısıtlamanın 102 tesiste 20-30, 91 tesiste 30-40 dakika, toplam 218 tesiste haftada 1 gün, 149 tesiste ise haftada 2 gün uygulandığı, yine farklı verilere dayanarak haftada 1-3 kez ve 5-30 dakika aralığında uygulandığı belirtilmektedir (7,59). Diğer bir çalışmada ise katılımcılar ne kadar süre kan akışı kısıtlama uygulamaları yaptıklarını belirtmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, katılan kişilerin amaca bağlı olarak 5 dakikadan az, 5-10 dakika, 11-20 dakika, 21-30 dakika aralıklarında kan akışı kısıtlama uygulamaları yaptığı raporlanmıştır (106). Çalışmanın amacına göre değişiklik gösteren antrenman süresi, kuvvet gelişiminin hedeflendiği çalışmalarda 10-20 dakika, aerobik gelişimin hedeflendiği çalışmalarda ise ortalama 20-40 dakikadır (138).

Kan akışı kısıtlamalı antrenmanların süresi, sıklığı, setler arası dinlenme aralığı ve şiddeti ile alakalı yapılan bir çalışmada, kan akışı kısıtlamalı olarak haftada 2-3 gün yapılan antrenman sonuçlarının, haftada 4-5 gün yapılan antrenman sonuçları ile karşılaştırıldığında daha fazla kuvvet gelişimi gerçekleştiği bildirilmiştir (120). Diğer bir çalışmada ise katılımcılar haftada kaç gün kan akışı kısıtlama uygulamaları yaptıklarını belirtmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, katılan kişilerin %67,8'inin haftada 1-2, %27,8'inin haftada 3-5 ve %4,3'ünün her gün kan akışı kısıtlama uygulamaları yaptığı raporlanmıştır (106). Sıklık ile ilgili önerilerde bulunulan bir çalışmada, 3 haftadan uzun sürecek çalışmalar için haftada 2-3 gün, akut veya 3 haftadan kısa sürecek çalışmalarda ise günde 2 kez kan akışı kısıtlama uygulamalarının yapılması tavsiye edilmektedir (87). Kan akışı kısıtlamalı antrenmanların süresi, sıklığı, şiddeti, tekrar sayısı ve setler arası dinlenme aralığı ile alakalı yapılan bir çalışmada, katılımcılar kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda setler arası ne kadar dinlendiklerini belirtmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, katılan kişilerin %1'inin 15 saniye, %20'sinin

15-30 saniye, %69'unun 30-60 saniye %8'inin 3 dakika ve %2'sinin ise 5 dakika setler arası dinlendiği raporlanmıştır (106).

Metabolik stresin arttırılması sebebiyle geleneksel antrenmanlara kıyasla kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda dinlenme aralıkları daha kısadır. Bu süre 30-60 saniye aralığında olmaktadır. Kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda kısa süreli dinlenmelerin, düşük şiddetli egzersizlerden daha fazla metabolik stres oluşturduğu bildirilmiştir (131,139).

2.1.5.2. Antrenman Şiddeti

Kan akışı kısıtlamalı antrenmanların süresi, sıklığı, şiddeti, tekrar sayısı ve setler arası dinlenme aralığı ile alakalı yapılan bir çalışmada antrenman şiddeti konusunda toplam 136 eğitimciden bilgiler alınmıştır. Yapılan kan akışı kısıtlama uygulamalarına katılanların %36,8'i 1 TM'nin %21-30'u, %25,4'ü 1 TM'nin %31-40'ı ve %8,8'i 1 TM'nin %50'si şiddetinde antrenmanlar yapmıştır (106).

Literatür incelendiğinde, antrenman şiddetinin %50 ve üzeri olmasının kan akışı kısıtlama uygulamaları sonucunda istenilen fizyolojik yanıtları vermediği görülmektedir. Ek olarak kan akışı kısıtlamalı antrenmanlarda yüklenme şiddetinin %70 ve üzeri ayarlandığı çalışmalara da rastlanmıştır. Ancak çoğunlukla 1 TM'nin %20-40'ı antrenman şiddeti olarak kullanıldığı bilinmektedir. Eğer antrenman şiddeti 1 TM'nin %20'sinden az olursa kuvvet ve hipertrofi bakımından istenilen gelişmelerin elde edilemediği tespit edilmiştir. Ayrıca kan akışı kısıtlama ile yüksek şiddetli antrenmanın kombine edilmesinin akut veya kronik hiçbir faydaya neden olmadığı belirtilmiştir (14,107,138,140-142). Kan akışı kısıtlamalı olarak yapılan aerobik antrenmanların şiddetinin ise, kalp atış hızı rezervinin %50'si ve altında olması gerektiği aktarılmıştır (118,138).

2.1.5.3. Tekrar Sayısı

Kan akışı kısıtlamalı antrenmanların süresi, sıklığı, şiddeti, tekrar sayısı ve setler arası dinlenme aralığı ile alakalı yapılan bir çalışmada tekrar sayısı konusunda toplam 136 eğitimciden bilgiler alınmıştır. Yapılan kan akışı kısıtlama uygulamalarına

katılanların %38,8'i 1-15, %35,3'ü tükenene kadar, %23,3'ü 16-30, %2,6'sı ise 31-45 tekrarlı setler halinde antrenmanlar yapmıştır (106). Yapılan antrenmanların kan akışı kısıtlama ile birlikte düşük şiddetli olarak 30-15-15-15 tekrarlar şeklinde toplamda 4 sette tamamlanması ideal görülmektedir. İdealin aksine tükenene kadar tekrarların devam ettirildiği çalışmalara da literatürde rastlanmaktadır. Ancak tükenene kadar yapılan tekrarlardan sonra setler arası toparlanma hızı yavaşlamaktadır. Gecikmiş kas ağrılarına da sebebiyet verebileceği belirtilmiştir (12,130,138,142-144).

2.1.5.4. Basınç

Kan akışı kısıtlamalı antrenmanlar sonucunda beklenen fizyolojik yanıtların gerçekleşebilmesi için en önemli hususlardan birisi de doğru manşon basıncının uygulanmasıdır. Uzva uygulanan basınç düzeyinin belirlenmesi kan akışı kısıtlamalı antrenmanlar için ayırt edici bir özelliktir (145).

Literatür incelendiğinde kan akışı kısıtlama için uygulanacak basıncın belirlenmesinde farklı yöntemlerin olduğu görülmüştür. Bunlar; gelişigüzel ayarlanan, sistolik kan basıncına göre ayarlanan, algılanan zorluk derecesine göre ayarlanan basınçlar ve bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı (PLOP) yöntemleridir. Daha önce (1993-2015 yılları arasında) yapılan çalışmalarda kan akışını kısıtlamak için en sık kullanılan yöntemin basıncın gelişigüzel ayarlandığı yöntemler olduğu ortaya konmuştur. Bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı yöntemi ise sadece %18,4 oranında kullanılmıştır. Ancak daha sonra gelişigüzel basınçların belirlendiği çalışmalar hızla azalırken bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncının kullanıldığı çalışmaların oranı hızla artarak %35,9'a yükselmiştir (146).

Kan akışı kısıtlama uygulamalarında gereksiz bir düzeyde yüksek basınç ile uzvun kısıtlanması yaralanmalara sebep olabilmektedir (126,147). Tam aksine kan akışının yeterince kısıtlanamaması beklenen adaptasyonların ortaya çıkmasını engelleyebilir. Yapılan çalışmalarda her ne kadar gelişigüzel basınçlar oransal olarak daha fazla kullanılmış olsa da güvenlik ve etkinlik açısından riskli görülmektedir (146). Basıncın önceden belirlenmesi ve bireysel olarak ayarlanması rastgele uygulanan basınçların ortaya çıkaracağı olumsuzlukların engellenmesini sağlayabilir (148).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda bilim insanları, bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncının kan akışı kısıtlama için güvenlik ve etkinlik açısından daha sık kullanılması gerektiği yönünde önerilerde bulunmaktadır (146). Uzuv oklüzyon basıncı (LOP), arteriyel kan akışının durdurulması için gereken minimum basınçtır (147,149). Literatürde arteriyel oklüzyon basıncı (AOP) olarak da bilinen uzuv oklüzyon basıncının tespit edilebilmesi için birkaç yöntem bulunmaktadır. Bunlar; otomatik manşonlar, doppler ultrason ve el tipi vasküler doppler (8mHz) cihazıdır. Kan akışı kısıtlama amacıyla kullanılacak olan manşonun şekli, genişliği ve bazı bireysel özellikler ise uzuv oklüzyon basıncını etkileyebilecek faktörlerdir. Uzuv oklüzyon basıncı, uzvun çevresi açısından değişkenlik gösterebilir. Uzuvdaki kan akışını tamamen tıkamak için çevresi daha fazla olan uzuva daha fazla basınç ve daha az olan uzuva daha az basınç uygulamak gerekmektedir. Ayrıca genişliği daha fazla olan manşonlar daha az basınç gerektirirken, daha dar manşonlar arteriyel kan akışını tamamen tıkama için daha yüksek basınç gerektirmektedir. Alt ekstremitede uygulanacak olan kan akışı kısıtlama uygulaması için uzuv oklüzyon basıncının genel olarak %60-80'i kullanılmaktadır (138,149).

Uzuv oklüzyon basıncı, ölçüldüğü farklı vücut pozisyonlarına göre değişkenlik gösterebilir. Bu yüzden, kan akışı kısıtlamalı antrenmanların yapılacağı vücut pozisyonunda uzuv oklüzyon basıncını değerlendirmek çok önemlidir (149,150). Ek olarak manşonun dinlenme aralıklarında çıkarıldığı veya aynı basınçta uzuvda devamlı olarak tutulduğu çalışmalar mevcuttur. Buna göre manşon basıncı, egzersiz sayısı, süresi, şiddeti, dinlenme aralıkları ve konforu dikkate alınarak tercihe göre iki şekilde de uygulanabilmektedir (130-132).

2.2. Ön Yüklenme ve Aktivasyon Sonrası Potansiyasyon

Atletik performansın akut veya kronik olarak geliştirilmesi, antrenör ve sporcuların sportif ve klinik alanlarda amaçladığı olaylardandır. Performansın kronik olarak geliştirilebilmesi için uzun vadeli ve periyodizasyon stratejilerini içeren antrenman programları gerekmektedir. Ancak müsabakadan önce uygulanan çeşitli psikolojik ve fiziksel stratejilerden, müsabaka sırasında sergilenen performans akut olarak etkilenebilir. Dolayısıyla doğru stratejiler ile müsabakada performansın en yüksek seviyede sergilenebilmesi mümkündür (151,152). Müsabaka öncesinde

fizyolojik ve psikolojik olarak yapılan hazırlık uygulamalarına ısınma denir. Müsabakada sergilenecek olan performansın en yüksek seviyeye ulaşabilmesi için ısınma gerekli görülmektedir. Isınma aşamasında yapılan uygulamalar sayesinde müsabaka performansı akut olarak artış gösterebilmektedir (153-155). Yapılan araştırmalar, ısınma aşamasında uygulanan yüksek şiddetli kas kasılmalarından oluşan patlayıcı güç egzersizlerinin müsabaka performansını akut olarak arttırmada önemli olduğunu bildirmiştir (153,156). Akut performans artışının ise patlayıcı güç egzersizleri sonucunda ortaya çıkan bir potansiyasyondan kaynaklandığı raporlanmıştır (16,22). Müsabaka sırasında sergilenecek olan performansı akut olarak yüksek seviyeye çıkarmak amacıyla uygulanan stratejilerden biri olan aktivasyon sonrası potansiyasyon, performans öncesinde maksimal veya maksimale yakın yüklenmeler ile kasılan kasların bir sonraki kasılmada sebep olduğu akut kas gücü ve kuvvet üretme hızı artışı olarak tanımlanmaktadır (22,151,153,157-161). Kasların, kuvvet üretme hızı ve güç çıktısındaki artışlar, kas grubunun kontraktil geçmişine bağlıdır. Yani daha önceki kasılmalar, ortaya konulacak performans üzerinde pozitif etkilere sahip olabilmektedir (151,162-164). Aktivasyon sonrası potansiyasyon, ön yüklenme olarak bilinen yüksek şiddetli istemli kas kasılmalarını içeren aktivitelerden sonra ortaya çıkmaktadır. Performans sergilenmeden önce yapılan patlayıcı ön yüklenme aktiviteleri ile sergilenecek olan performansın arttırılması amaçlanmaktadır. Yapılan ön yüklenme aktiviteleri ile kasılan kasların, sonraki kasılmada performansı olumlu yönde etkilediği ifade edilmektedir (23-25). Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda, kas grubundaki tekrarlı kasılmalara neden olan aktivitelerden sonra kasılma kuvvetinin kısa bir süre daha artmaya devam ettiği ifade edilmiştir (163,165).

Literatür incelendiğinde, birçok araştırmada aktivasyon sonrası potansiyasyonu ortaya çıkarabilmek için farklı ön yüklenme protokolleri kullanılmıştır. Araştırmalarda çoğunlukla direnç egzersizleri yer alırken, ön yüklenmenin yüksek şiddetli aktiviteler içermesi gerektiği de ifade edilmiştir. Ön yüklenme protokolleri, yüksek şiddetli ağırlık kaldırışları ile dinamik kasılmalar, izometrik kasılmalar, elektriksel uyarılar, vibrasyon ile yapılan kasılmalar ve pliometrik egzersizler içermektedir (22,37,153,166-177).

2.2.1. Fizyolojik Mekanizmalar

Aktivasyon sonrası potansiyasyonun ortaya çıkmasına sebep olan fizyolojik mekanizmalar ön yüklenme egzersizleri sayesinde devreye girmektedir. İlk olarak yapılan ön yüklenme uyarısının, miyozin hafif zincir fosforilasyonunun gerçekleşmesini sağlayarak sarkomerdeki etkileşimleri kolaylaştıran ve aktinin ince filamentlerine daha erken ulaştırdığı Ca+2 iyonu hassasiyetini arttırdığı bildirilmiştir. İkinci mekanizma, omurilikten gelen uyarıların sinaptik kavşakta uyarılma potansiyellerinin iletkenliğindeki artış olarak görülmektedir. Üçüncü ve son mekanizmanın ise kastaki pennasyon açısının azalmasıyla kas fibrilinden tendona gücün aktarılması olduğu ifade edilmektedir. Bu sayede kuvvet ve güç artışıyla performans artışı yaşandığına dair teoriler ortaya atılmıştır (151,156,158,160,163,166,178-180).

2.2.1.1. Miyozin Düzenleyici Hafif Zincir Fosforilasyonu

Miyozin iki ağır ve dört hafif zincirden oluşan bir hekzamerdir. Her ağır zincirin amino terminali miyozin başı olarak adlandırılmaktadır. Ağır zincirlerin her birinde iki düzenleyici hafif zincir bulunmaktadır. Hafif zincirler ise fosfat molekülleri için özel bağlanma yerine sahiptir. Fosforilasyon, fosfat grubunun bir veya iki tanesinin bir moleküle bağlanmasıdır (153,157,181). Aktivasyon sonrası potansiyasyon mekanizmasının, miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonu üzerine etkileri olduğu ifade edilmektedir (160,166,179). Fosforilasyon ise hafif zincir kinaz enzimi ile gerçekleşmektedir. Fosfat bileşiğini katalize eden hafif zincir kinaz enzimleri, kas kasılmasıyla beraber sarkoplazmik retikulum tarafından salgılanan Ca+2 iyonunun troponin C'ye bağlanmasıyla aktive olmaktadır. Kinazlar, düzenleyici hafif zincirlerin fosforilasyonuna neden olan kalmodulin (148 amin asidinden oluşan protein) konsantrasyonunu arttıran Ca+2 salınımı ile harekete geçmektedir (157,182,183). Hücre zarı, sitoplazma ve organellerde serbest halde ve bol miktarda bulunan kalmodulin, çabuk okside olması sebebiyle kolaylıkla parçalanan amin asitlerini (triptofan ve sistein) taşımaz. Kükürt taşıyan sistein, sülfür bağı kurulmasına neden olmaktadır. Kalmodulin ise sistein taşımadığı için sülfür bağları kurulmaz. Bu süreçlerin tamamı aktin ve miyozini Ca+2'ye oldukça duyarlı yapar. Miyozin başının yapısını değiştiren düzenleyici hafif zincir fosforilasyonunun, kalın filamentten de

uzaklaşmasına sebep olarak sonraki kas kasılmalarını arttırdığı öne sürülmektedir. Miyozin başında meydana gelen yapısal değişiklik ise miyozin çapraz köprülerinin bağlanma hızını ve etkileşim olasılığını arttırarak kuvvet üreten bir duruma geçiş hızını arttırmaktadır (153,157,160,166,179,181). Hafif zincir fosforilasyonu sayesinde aktin ve miyozin etkileşimindeki Ca+2 duyarlılığı, Ca+2 konsantrasyonu azalsa bile öncekine göre daha fazla olmaktadır. Böylelikle güç üretimi önceki düzeylerden daha fazla meydana gelmektedir (153,157,184).

2.2.1.2. H Refleks (Sinaptik Kavşak ve Spinal Kort Geçirgenliği)

İndüklenmiş tetanik izometrik bir kasılmanın hayvanlar üzerinde yapılan deney sonucunda, uyarım potansiyellerinin iletimini omurilikteki sinaptik kavşaklar boyunca arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durumun kasılmadan sonraki birkaç dakika daha devam ettiği ve dolayısıyla ikinci kasılmada sinaptik potansiyellerde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Tetanik bir kasılmadan sonra artan sinaptik potansiyel, büyük motor nöronlardaki iletim arızalarını çözmekle beraber motor nöronlarda dikkate değer bir aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerine sebep olmaktadır. Ön yüklenme sonucunda hızlı kasılan kas liflerinin katkısını arttıran yüksek dereceli motor nöronların harekete katılmasında artış olacaksa patlayıcı aktivite performansı olumlu etkilenebilir. Dolayısıyla araştırmalarda ön yüklenme sonrasında motor nöron katılımı, merkezi sinir sisteminin işlevini ve motor nöronların uyarılabilirliğini değerlendirmeyi sağlayan H-refleks ile ölçülmüştür (153,185,186). H-refleksi, presinaptik veya postsinaptik düzeyde afferentler kanalıyla motor nöron uyarılabilirliği değişimlerini takip etmek için elektromiyografi yoluyla kas liflerinde kaydedilmektedir. İnsanlarda aktivitelere bağlı olarak yaşanan nöromüsküler yanıtları incelemek ve değerlendirmek için faydalı görülmektedir (153,157,187,188). H-refleks genliğinde yaşanan bir artış, sinaptik bağlantılardaki iletimin iyileştirildiğini ve ilave motor ünitelerin aktive olduğunu gösterebilmektedir. Böylelikle mekanik çıktılarda artış yaşanabilmektedir. Ön yüklenme sonrası H-refleks genliğinde yaşanan artış ön yüklenme sonrası kuvvet ve kuvvet gelişimindeki artışı açıklayabilir. Konuyla ilgili yapılan bir araştırmada, H-refleks genliğinin ön yüklenme öncesi ve sonrası durumu araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Ön yüklenmeden 1 dakika sonra H-refleks genliği düşüş yaşamıştır. Ancak 5-13 dakika arasında ise %20 oranında bir artış ile birlikte güçlenmenin ortaya çıktığı bildirilmiştir (153,185,189).

2.2.1.3. Pennasyon Açısı (Kastaki Pennat Açı)

Pennasyon açısı, kuvvetin kemik ve tendonlara aktarımını, kas liflerinin bağ doku ve tendonlar ile ilişkili olarak yönünü yansıtması sebebiyle etkilemektedir. Pennasyon açısının daha küçük olması, gücün kaslardan tendonlara avantajlı bir şekilde iletilmesini sağlamaktadır. Örneğin tendona paralel açıda olan kas liflerinin pennasyon açısı 0 (sıfır) derece olarak kabul edilmektedir. Pennasyon açının sıfır derece olması demek kas kasılma kuvvetinin %100'ünün iletildiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla pennasyon açısı sıfır dereceden ne kadar uzaklaşırsa kuvvet iletimi o kadar azalmaktadır (160,166,178,190). Ön yüklenme kasılmaları sonucunda kastaki pennasyon açının azalmasıyla kas liflerinden tendona doğrudan kuvvet ve güç aktarımı olmaktadır. Bu nedenle, pennasyon açısının aktivasyon sonrası potansiyasyonun ortaya çıkmasına sebep olan fizyolojik mekanizmalardan birisi olduğu ifade edilmektedir (157,163,191).

2.2.2. Ön Yüklenmeyi Etkileyen Faktörler

Ön yüklenmenin, aktivasyon sonrası potansiyasyon mekanizmalarını harekete geçirip kas gücünde akut artışlara neden olduğu yapılan çalışmalarda raporlanmıştır. Ancak aktivasyon sonrası potansiyasyonun optimal düzeyde gerçekleşebilmesi için ön yüklenmeyi etkileyen faktörlerin farkında olunması gerekmektedir. Bu faktörler sırasıyla; ön yüklenme egzersizinin türü, şiddeti, hacmi, yorgunluk ve toparlanma süresi, kişinin cinsiyeti, yaşı, antrenman düzeyi, kas lifi tipidir (153,178). Seitz ve Haff (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, pliometrik egzersizler, ön yüklenme amacıyla kullanılan egzersiz türleri arasında en etkili yöntem olarak raporlanmıştır. Çalışmada değerlendirilen diğer yöntemler ise orta-yüksek şiddetli geleneksel egzersizler ve maksimal izometrik istemli kasılmalardır (151,163,164).

Ön yüklenme egzersizinin şiddeti ve hacmi, aktivasyon sonrası potansiyasyonu etkileyen faktörlerden birisidir. Literatür incelendiğinde, ön yüklenme protokollerinde çoğunlukla 1 TM'nin %85 ve üzeri egzersiz şiddeti kullanıldığı görülmektedir. Aktivasyon sonrası potansiyasyon mekanizmalarının aktive olması için maksimale yakın ya da maksimal egzersiz şiddetinin uygulanmasına gerek olduğu ifade edilmektedir (153,160,192-194).

Egzersizin hacmi ise şiddeti ile bağlantılıdır. Seitz ve Haff (2016) yaptıkları araştırmanın sonuçlarında, egzersiz şiddeti ve hacminin bireylerin düzeyine göre değişebileceğini ifade etmiştir. Araştırmada kendi ağırlığının 1,75 katını kaldırabilen erkekler ve 1,5 katını kaldırabilen kadınlar güçlü, kaldıramayanlar ise zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Güçlü olarak sınıflandırılmış bireyler egzersiz şiddeti maksimale yakın ve tek setli, zayıf olarak sınıflandırılmış bireyler ise egzersiz şiddeti maksimal altı ve çok setli yüklenmeler ile optimal aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri göstermiştir (153,195).

Kas yorgunluğu ile aktivasyon sonrası potansiyasyonun eş zamanlı oluştuğu bilinmektedir. Yorgunluğun zamanla ortadan kalkmasıyla aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin bir süre daha devam etmesi optimal performansa ulaşılmasına neden olur. Ön yüklenmeden sonra yorgunluğun minimum seviyeye, aktivasyon sonrası potansiyasyonun ise maksimum seviyeye geldiği zaman periyoduna "fırsat penceresi" adı verilmektedir (158,175,196-199). Fırsat penceresini yakalayabilmek için toparlanma süresi çok önemlidir. Toparlanma süresi, yorgunluğun giderilmesini sağlayacak uzunlukta ve aktivasyon sonrası potansiyasyondan en yüksek verim alınacak şekilde ayarlanmalıdır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalarda, ön yüklenme ile ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin 20 dakika boyunca devam ettiği belirtilmiştir. Ancak aktivasyon sonrası potansiyasyondan en yüksek verimin 3-8 dakika toparlanma süresi içerinde alınabileceği ifade edilmektedir (153,178,200). Başka bir çalışmanın sonuçlarında, antrenmanlı bireylerde optimal aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin 3-7 dakika toparlanma süresi içerisinde alınabileceği raporlanmıştır (39).

Cinsiyet ve yaş, ön yüklenmeyi etkileyen faktörler arasındadır. Konuyla ilgili yapılan bazı çalışmalarda, cinsiyete göre aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri ile alakalı bir farklılık görülmediği bildirilmiştir (39,163,175,201). Yaşa göre aktivasyon sonrası potansiyasyon farklılıklarının araştırıldığı bir çalışmada, adölesan ve yetişkin bireyler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, yetişkinlerde aktivasyon sonrası potansiyasyonun daha yüksek düzeyde gerçekleştiği raporlanmıştır (175,202). Yetişkinlerde daha fazla tip II kas liflerinin bulunması, daha fazla motor ünitenin aktive olması ve harekete katılması bu durumun nedeni olarak görülmektedir (203).

Antrenman düzeyi, yorgunluğa gösterilen dirençle bağlantılı olarak aktivasyon sonrası potansiyasyonu etkileyen faktörler arasındadır. Konuyla ilgili literatür incelendiğinde yapılan çalışmaların sonuçlarına göre, iyi antrene olmuş sporcuların yani iyi seviyede antrene kişiler, aktivasyon sonrası potansiyasyon yanıtlarını rekreasyonel olarak formda olan kişilere göre daha yüksek seviyede göstermektedir (39,163,204-207).

Son olarak, ön yüklenme sonrası aktivasyon sonrası potansiyasyonu etkileyen faktörler arasında kas lifi tipi yer almaktadır. Yapılan çalışmaların sonucunda, tip I kas lifine kıyasla ağırlıklı olarak tip II kas lifine sahip kişilerde daha iyi aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri görüldüğü bildirilmiştir. Bunun sebebi, yüksek şiddetli ön yüklenme sonrası miyozin düzenleyici hafif zincir fosforilasyonunun tip II kas liflerinde daha fazla gerçekleşmesi ile daha fazla motor ünitenin aktive olması olarak belirtilmiştir (153,167,175,179,204,206,208,209).

2.2.3. Ön Yüklenme Yöntemleri

Ön yüklenme sonrasında yapılacak aktivitede (sıçrama, sprint vs.) aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri görebilmek için aktiviteye biyomekanik yönden benzeyen egzersizler ön yüklenme programında tercih edilmelidir. Geleneksel ağırlık yöntemi, kompleks antrenman, izometrik maksimum istemli kasılma ve pliometrik egzersizler ön yüklenme programlarında aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır (163,210). Ön yüklenmede ağırlık yöntemi, aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmak amacıyla geleneksel yüksek (1 TM'nin %80-95) ve orta (1 TM'nin %60-80) şiddetli olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompleks antrenman yöntemi ise hem güç hem de kuvveti aynı sezon içerisinde geliştirmeyi hedefleyen bir yöntem olarak bilinmektedir. Yüksek şiddetli bir egzersizin ardından biyomekanik olarak sonraki aktiviteye benzeyen bir egzersizin yapılmasıdır. Yine yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi olan maksimum istemli kasılmalar, maksimale yakın (>%80) dinamik ve izometrik kasılmalardan oluşmaktadır (163,210,211).

Pliometrik egzersizler ise vücut ağırlığı kullanılarak yapılan sıçrama ve atlamalardan oluşmaktadır. Fiziksel bir ön yüklenme şekli olarak ifade edilmektedir

(163,212). Yapılan bir meta analiz çalışmasında pliometrik egzersizlerin, ön yüklenme sonrasında aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmak amacıyla kullanılan geleneksel direnç egzersizlerine kıyasla daha az yorgunluğa sebep olacağı belirtilmektedir. Dolayısıyla yorgunluk ve aktivasyon sonrası potansiyasyon arasındaki ilişkiden kaynaklanan daha büyük bir etkinin ortaya çıkması söz konusu olmaktadır (195).

2.2.4. Sprint

Sprint, ön yüklenmeden sonra ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini görebilmek amacıyla sık kullanılan bir performans parametrelerindendir. Sporcuların, kısa mesafede (20-100 metre) maksimum performans ortaya koyabilmesi için mümkün olan en yüksek güç çıktısıyla koşması gerekmektedir. Kas gücüne dayanan sprint testi, en fazla 10-15 saniye içerisinde sergilenen bir performans testi olduğu için kolay bir ölçüm aracı olarak görülmektedir. Birçok bireysel ve takım sporunun, sprint performansı gerektirmesi sebebiyle evrensel bir niteliğe sahip olduğu ifade edilmektedir (204). Yapılan çalışmalarda, ön yüklenme uygulamaları ile ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin 20 dakika boyunca devam ettiği belirtilmiştir. Ancak aktivasyon sonrası potansiyasyondan en yüksek verimin 3-8 dakika toparlanma süresi içerinde alınabileceği ifade edilmektedir (153,178,200). Ön yüklenme uygulamalarından sonra ortaya çıkan yorgunluk, aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini 4 dakikadan önceki sürelerde baskılamaktadır. Bununla birlikte 8 dakikanın üzerindeki toparlanmalarda ise aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin yavaş yavaş ortadan kaybolma riski vardır. Dolayısıyla en ideal ve maksimum aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi elde edebilmek için yorgunluk etkilerinin kaybolduğu ve aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin devam ettiği avantajlı zaman aralığını yakalamak gerekmektedir. Başka bir çalışmanın sonuçlarında, antrenmanlı bireylerde optimal aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin 3-7 dakika toparlanma süresi içerisinde alınabileceği raporlanmıştır (39,163,195,213).

Chatzopoulos ve arkadaşlarının 15 erkek sporcu ile yaptıkları çalışmada, ön yüklenme protokolü uygulandıktan sonra 3. ve 5. dakikalarda 30 metre sprint testi yapılmış ve sürat performansı değerlendirilmiştir. Ön yüklenmeden sonra 3. dakikada

yapılan sprint testi sonucunda 30 metre sürat performansında herhangi bir değişiklik olmadığı, ancak 5. dakikada yapılan sprint testi sonucunda 10 metre sprint zamanında %3, 30 metre sprint zamanında ise %2 gelişim olduğu raporlanmıştır (163,214).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada katılımcıların rastgele ve dengeli bir şekilde tüm protokolleri uyguladığı randomize çapraz araştırma tasarımı kullanılmıştır. Çapraz tasarım, deney birimlerine iki ya da ikiden fazla denemenin tamamı belirli bir sıra dahilinde uygulanıncaya dek devam eden bir deney tasarımı türüdür (215,216).

3.2. Katılımcılar

Spor yaşı en az 7 yıl olan 4 futbol, 4 futsal, 2 hentbol, 2 atletizm (kısa mesafe koşucusu), 1 basketbol, 1 rugby ve 1 çim hokeyi branşlarından olmak üzere toplam 15 sporcu gönüllülük esasına dayalı olarak araştırmaya katılmıştır. Katılımcılar, araştırmaya gönüllü katılabilmeleri için bilinen bir kas-iskelet yaralanması ve kardiyovasküler bir rahatsızlığı olup olmadığını "Sporcu Bilgi ve Ölçüm Formu" ile beyan etmiştir. Her katılımcıya "Bilgilendirilmiş Onam Formu" imzalatılmıştır. Çalışmanın onayı Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Etik Kurulu'ndan alınmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları

Veri toplama aracı olarak; araştırmacı tarafından oluşturulan, katılımcıların tanımlayıcı özelliklerini belirlemek ve ölçüm sonuçlarını kayıt altına almak için "Sporcu Bilgi ve Ölçüm Formu" kullanılmıştır.

Antropometrik Ölçümler

Boy Ölçümleri: Katılımcıların boy uzunlukları ± 1 mm. hassasiyete sahip Holtain marka (Holtain Ltd., Crymych, Dyfed, UK) boy ölçer ile tespit edilmiştir. Her katılımcının boyu ölçülerek cm. cinsinde kayıt altına alınmıştır.

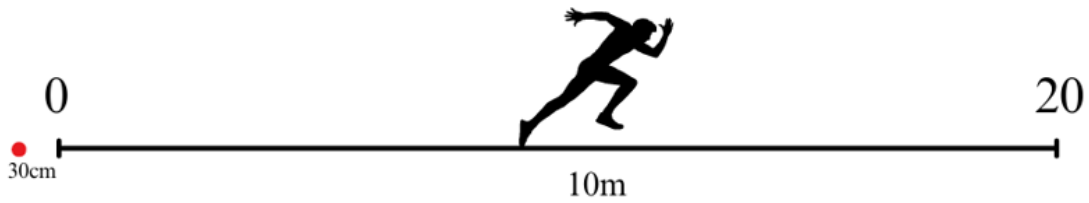
Vücut Ağırlığı, Beden Kitle İndeksi ve Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümleri: Sporcuların vücut ağırlığı, beden kitle indeksi ve vücut yağ yüzdeleri Tanita marka

biyoelektrik impedans analizörü (BC-310, Tanita Corp., Tokyo, Japan) ile ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

Performans Ölçümleri

Isınma Protokolü: Mesane ve bağırsakların boşaltılmasının ardından katılımcılara Ebben ve Petushek ile Anthony ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalardan modifiye edilmiş standart bir ısınma protokolü uygulanmıştır. Isınma protokolü; 3 dakikalık şiddetini kendileri ayarlayabildikleri düşük yoğunluklu koşudan, sprint ve pliometrik egzersizlerde kullanılan kasların gerilmesini sağlayan dinamik esnemelerden oluşmaktadır. Dinamik esnemeler; 10 vücut ağırlığı squatı, 10 metre ileri, 10 metre geri lunge alıştırmasından oluşmaktadır. Bu ısınma yöntemi, katılımcıların aşina olduğu ve önceki çalışmalarla uyumlu olduğundan seçilmiştir (37,217).

Sprint Performansı Ölçümü: Katılımcıların sprint performansı, başlangıç noktası, 10 ve 20 metrede konumlandırılan fotoseller (Microgate, Bolzano, İtalya) kullanılarak ölçülmüştür. Katılımcılar, kendilerini hazır hissettiklerinde başlangıç noktasının 30 cm. gerisinde bulunan alanda, dizinin biri önde diğeri arkada statik olarak ayakta bekleyecek şekilde duruş pozisyonu alarak 3 saniyelik geri sayımla beraber sprinte başlamıştır. Geri sayım, katılımcıların yeterince odaklandıklarını ve maksimum eforu sergilemeye hazır olduklarından emin olmak için kullanılmıştır. Hiçbir şekilde sallanmaya ve benzer hareketlere izin verilmemiştir. Katılımcılardan bitiş çizgisini yavaşlamadan geçmeleri istenmiştir. Katılımcılar, bitiş çizgisine yaklaşırken yavaşlamamaları için sözlü olarak teşvik edilmiştir. Sprint performansı, maksimal performansın sergilenmesi istenerek 1 kez ölçülmüş ve süreler sporcu ölçüm formuna kaydedilmiştir (37,41).



Şekil 3.1. Sprint performansı ölçümü

3.4. Araştırmanın Planlanması ve Verilerin Toplanması

Kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yükleme protokollerinin sprint performansına etkilerini incelemek amacıyla katılımcıların rastgele ve dengeli bir şekilde tüm protokolleri uyguladığı randomize çapraz araştırma tasarımı kullanılmıştır. Bu çalışma 2 haftalık 6 seansta tamamlanmıştır. İlk hafta alıştırma haftası olarak isimlendirilmiştir. Pazartesi, çarşamba ve cuma günleri katılımcılar, deneysel yöntemlere alıştırma çalışmalarına ve referans sprint testi ölçümüne katılmıştır. Pazartesi günü saat 10:00'da sprint testi prosedürleri tanıtılmıştır. Tüm prosedürler, herkes doğru ve standart şekilde yapana kadar gösterilip uygulanmıştır. Çarşamba günü saat 10.00'da katılımcılara kan akışı kısıtlama yöntemine uyum protokolü uygulanmıştır. Her katılımcıya, bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı uygulanarak pliometrik sıçramalar yaptırılmıştır. Cuma günü saat 10.00'da katılımcılardan mesane ve bağırsaklarının boşaltılması ve hazır bulunmaları istenmiştir. Ardından antropometrik ölçümler yapılmış ve kayıt altına alınmıştır. Katılımcılar daha sonra ısınma protokolünü uygulamış ve referans sprint testine katılmıştır. Araştırmanın tüm seansları, son test gününe kadar günlük değişimleri kontrol altına alabilmek için standart olarak saat 10.00'da başlatılmıştır. Tüm aktiviteler sonrası en az 48 saat ara verilmiştir. Ayrıca katılımcıların 48 saat içerisinde kafein ve alkol içeren yiyecek içeceklerden uzak durmaları, yorucu herhangi bir aktivite yapmamaları gerektiği de söylenmiştir. Tüm bu uygulamalar alıştırma haftasında tamamlanmıştır. Alıştırma haftasından sonraki hafta uygulama haftası olarak isimlendirilmiştir. Uygulama haftasında ölçümler yapılmadan önce sporcular rastgele ve eşit bir şekilde 3 gruba (A,B,C) ayrılmıştır. Tüm gruplar farklı günlerde tüm ön yükleme protokollerini uygulamıştır. Katılımcılar tüm seanslarda, referans sprint testinden önce olduğu gibi mesane ve bağırsaklarını boşaltarak hazır bulunmuştur. Kan akışı kısıtlama yapılacak grup, önce ısınma protokolünü daha sonra kan akışı kısıtlama uyum protokolünü tamamlamıştır. Kan akışı kısıtlama yapılmayacak grup ise sadece ısınma protokolünü tamamlamıştır. Uygulama haftasında tüm gruplar pazartesi, çarşamba ve cuma günleri uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinden 5 dakika sonra sprint testlerine katılmıştır.

Tablo 3.1. Araştırma planı

ARAŞTIRMA PLANI					
ALIŞTIRMA HAFTASI (1. Hafta)		UYGULAMA HAFTASI (2. Hafta)			
		Yöntem	Pazartesi	Çarşamba	Cuma
Pazartesi	Sprint Testi Alıştırmaları	Kak-p	A	B	C
Çarşamba	Kan Akışı Kısıtlama Uyum Çalışmaları	Ap	B	C	A
Cuma	Referans Sprint Ölçümleri	Kak-ap	C	A	B

Uygulama haftasında randomize ve eşit bir şekilde üç farklı grup (A,B,C) oluşturulmuştur. Pazartesi, çarşamba ve cuma günleri tüm katılımcılar, tüm ön yüklenme protokollerinin uygulamasına katılmıştır.

Kak-p: Kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar
Ap: Ağırlık yeleği ile pliometrik sıçramalar
Kak-ap: Kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile pliometrik sıçramalar

Tablo 3.2. Ön yüklenme programı

ÖN YÜKLENME PROGRAMI							
Yöntem	Basınç	Ağırlık	Isınma Protokolü	Egzersiz	Tekrar	Set	Dinlenme
Kak-p	Lop %80	Yok	3dk Koşu 10 Squat 10m İleri Lunge 10m Geri Lunge	Çift Ayak Öne Sıçrama	15 Tekrar	3 Set	Setler Arası 30 Saniye
Ap	Yok	%10					
Kak-ap	Lop %80	%10					

Kan Akışı Kısıtlama Protokolü

Kan akışı kısıtlama için Occlusion Caff Pro® marka cihaz kullanılmıştır. Basınç kontrolü el ile manuel olarak sağlandığından cihazın pompası, manşonu ve manometresi bulunmaktadır. Cihazın fiziki boyu 85 cm olup 7 cm genişliğe sahiptir. Ayrıca genişliği ayarlanabilmektedir. Katılımcılardan uzuv oklüzyon basıncı ölçülmeden önce 15 dakika boyunca sırtüstü pozisyonda sessiz bir şekilde dinlenmeleri istenmiştir. Cihazın manşonları iki bacağın proksimaline (vücuda en yakın bölümüne) takılmıştır. Literatür incelendiğinde, alt ekstremite için 5-23 cm genişliğinde manşonların kullanıldığı görülmektedir. Daha geniş manşonlar, daha az

basınç ile kan akışını kısıtlasa da daha yüksek algılanan efor ile ilişkili olduğu için kullanılan manşonun genişliği 7 cm olacak şekilde ayarlanmıştır (218-220).

Uzuv oklüzyon basıncının belirlenmesi için kullanılan el tipi vasküler doppler (The Occlusion Cuff Vascular Doppler) probu ayak bileğindeki posterior tibial arter üzerine yerleştirilmiştir. Femoral arter bulunduğu bölge bakımından elverişli olmadığı için nabzın posterior tibial arterden kontrol edilmesi uygun görülmüştür. Manşon, arteriyel nabzın algılanmadığı minimum basınca kadar şişirilmiş ve bu basınç seviyesi uzuv oklüzyon basıncı olarak kabul edilmiştir (68,221,222).

Bu çalışmada, en yaygın kullanım biçimi olarak uzuv oklüzyon basıncının %80'i hesaplanmış ve kan akışı kısıtlamalı ön yüklenme protokollerin uygulanmasında bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı olarak kullanılmıştır (146,223).

Kan Akışı Kısıtlama Uyum Protokolü

Her test günü ısınma protokolünden sonra, bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı ile kan akışını kısıtlamadan önce periferik ve merkezi dolaşımın uyarılmasını sağlamak için bir uyum protokolü uygulanmıştır. Isınma protokolü tamamlandıktan sonra katılımcılar ayakta anatomik pozisyonda durmuştur. Katılımcıların her iki bacağının proksimaline Occlusion Cuff Pro® cihazın manşonları takılmıştır. Cihaz başlangıçta 50 mmHg basınca denk olacak şekilde ayarlanmış ve 30 saniye boyunca kan akışı bu şekilde kısıtlanmıştır. Daha sonra 10 saniye dinlenme verilmiştir. Basınç, bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncına ulaşana kadar 10-20 mmHg arasında arttırılmıştır. Her arttırmada 30 saniye uygulama 10 saniye dinlenme verilmiştir. Bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncına ulaşıldıktan 30 saniye sonra manşonlar sökülmüş ve 1 dakika dinlendikten sonra ön yüklenme protokolü uygulamalarına geçilmiştir (224-226).



Şekil 3.2. Kan akışı kısıtlama

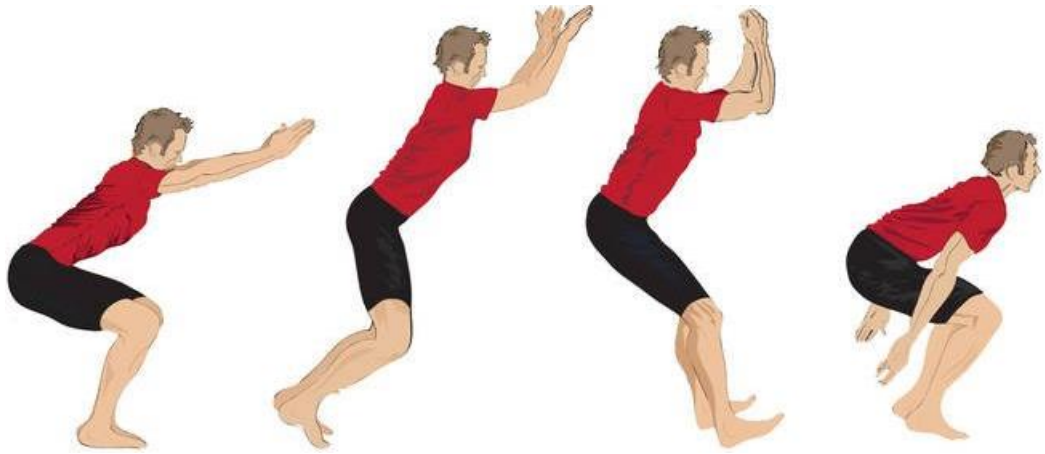
Ön Yüklenme Protokolü

Pliometrik egzersizler, kasları en kısa sürede maksimum güç üretebilme düzeyine getirecek patlayıcı hareketlerden oluşmaktadır (227,228). Daha önce yapılan araştırmalarda, pliometrik egzersizlerden 5 dakika sonra sıçrama performansının iyileştiği tespit edilmiştir (229-231).

Till ve Coke tarafından genç futbolcular ile yapılan bir araştırmada, aktivasyon sonrası potansiyasyonun sürat performansına etkisi incelenmiştir. Tek set olmak üzere 5 tekrar tuck jump ön yüklenme uygulamasından 4,5 ve 6 dakika sonra 10 metre sürat testleri yapılmıştır. Ancak çalışmada 10 metre sürat performansında istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığı raporlanmıştır. Böyle bir sonucun nedeni olarak, uygulanan tek set 5 tekrar tuck jump uygulamasının bir aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturabilecek düzeyde olmadığı belirtilmiştir. Çalışmada daha yüksek şiddetli pliometrik egzersizlerin seçilmesi ve tekrar sayılarının arttırılması neticesinde aktivasyon sonrası potansiyasyonun sürat performansını arttırabileceği ifade edilmiştir (159,163,169).

Ön yüklenme protokolü tasarlanırken sprint performansında bir gelişim hedefleniyorsa biyomekanik olarak sprinte benzeyen ve harekete dahil olan benzer kas gruplarına yönelik bir pliometrik egzersiz seçimi yapmak daha fazla gelişime neden olabileceği düşünüldüğünden önemli görülmektedir. Sprintin ilk hızlanma aşaması maksimal yatay darbeler gerektirirken, dikey kuvvet oluşumunu da en aza indirmektedir (163,169,232). Bu araştırmada çift ayak öne sıçrama egzersizi (double leg bound), yatay düzlemde gerçekleşen pliometrik egzersizlerden olduğu için ön yüklenme protokolü için tercih edilmiştir. Çift ayak öne sıçrama, mümkün olduğunca hızlı ve patlayıcı bir şekilde gerçekleştirilen ileri sıçrama hareketidir (37,163).

Ön yüklenme protokollerinde uygulanacak çift ayak öne sıçrama (double leg bound), 15 tekrar ve 3 set olarak uygulanacaktır. Bu da toplamda her ön yüklenme protokolü için 45 tekrar olacaktır. Setler arası dinlenme ise 30 saniye olacaktır. Zaten kan akışı kısıtlama yöntemi düşük direnç veya hiç direnç olmadan yapıldığında ideal yapının 4 set 75 tekrardan oluştuğu belirtilmektedir. Kan akışı kısıtlama ile alakalı bir çalışmada 3-4 set, 15-25 tekrar ve 30-45 saniye dinlenmeden oluşan bir antrenman önerisi verilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada, hem aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi elde edebilmek hem de kan akışı kısıtlama uygulamaları için önerilen ideal yapı göz önünde bulundurulduğunda, ön yüklenme protokolleri çok setli, arttırılmış tekrarlardan oluşturulmuştur (9,159,163,169,195).



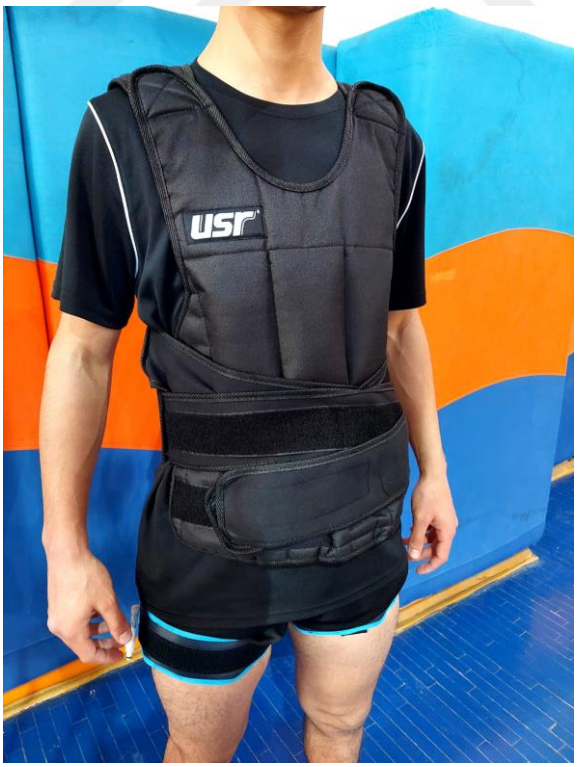
Şekil 3.3. Çift ayak öne sıçrama

Ağırlık Yeleği Kullanımı

Sporcunun ısınmasına bir pliometrik egzersizin dahil edilmesi ön yükleme etkisi oluşturan pratik bir yaklaşımdır (37). Benzer şekilde, ilave ağırlık ile sıçramaların sonraki sıçrama performansını arttırdığı gösterilmiştir (37,38).

Ağırlık yelekleri, yükün bireyin kütle merkezine yakın bir yerde eşit olarak dağılmasını sağlayan, zemin reaksiyon kuvvetleri ve güç üretme yeteneğini artıran giyilebilir bir direnç ekipmanıdır (233). Bu yüzden ağırlık yeleği ön yüklenme etkisini arttırmak amacıyla kullanılmıştır (37,234,235). Yapılan çalışmalarda vücut ağırlığının %10'u kadar ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik sıçramaların, aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmak, böylelikle sprint ve ivmelenme performansını arttırmak için etkili bir yöntem olduğu ortaya konmuştur (37,41).

Ek ağırlık ile yapılan pliometrik egzersizlerden oluşan ön yüklenme protokolünde ağırlık yeleği vücut ağırlığının %10'una denk olacak şekilde ayarlanacaktır.



Şekil 3.4. Ağırlık yeleği

3.5. Verilerin Analizi

Veriler, SPSS 22 istatistik programı ile analiz edilmiştir. Aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler, tanımlayıcı istatistik olarak verilmiştir. Verilerin normallik testleri istatistiksel testlerden biri olan Shapiro-Wilk testi kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca histogram, kutu-çizgi ve Q-Q plot grafikleri ile incelenmiştir. Tekrarlı ölçüm verileri arasındaki farklara ise tekrarlı ölçümler tek yönlü anova testi ile bakılmıştır. Farkların hangi protokollerden kaynaklandığını belirlemek için Bonferroni Post-hoc testi kullanılmıştır. Eta kare (η^2) değeri, etki büyüklüğünü ifade etmek için kullanılmıştır. Etki büyüklüğü; etki yok ≤ 0.039; minimum = 0.04-0.24; orta = 0.25-0.63; güçlü ≥ 0.64 sınıflandırmasına göre ifade edilmiştir (236,237). Referans sprint testi ile ön yüklenme protokollerinden sonra yapılan sprint testleri arasındaki farkların pratik önemini ortaya koymak için etki büyüklüğü ve yüzdelik değişimler verilmiştir. Etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla Cohen d testine başvurulmuştur. Etki büyüklüğü sınıflandırması, Hopkins'in 2002 yılında ortaya koyduğu sınıflandırma tablosuna göre yapılmıştır (238,239). Ölçümler arası yüzdelik değişimler (%Δ), Şekil 3.5.'de ki formül kullanılarak hesaplanmıştır (240,241). Çalışmada güvenirlik düzeyi %95, anlamlılık düzeyi p=0,05 esas alınarak yorumlanmıştır.

$$\%\Delta = \frac{\text{Ön Test} - \text{Son Test}}{\text{Ön Test}} \times 100$$

Şekil 3.5. Yüzdelik değişim formülü

4. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmaya katılan sporculara ait tanımlayıcı istatistik bulguları ve kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinden sonra yapılan sprint testlerinden elde edilen verilerin analizlerine yer verilmiştir. Uygulanan protokoller ve yapılan testler sonucunda elde edilen bulgular tablolar halinde gösterilmiştir.

Katılımcılara ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Sporculara ait tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	N	$\overline{X}$	SS	Min.	Maks.
Yaş (yıl)	15	20,13	0,99	19	22
Boy (cm)	15	178,89	4,58	174	190
Ağırlık (kg)	15	73,87	10,09	63,4	103,4
Beden Kitle İndeksi (BKİ)	15	23,05	2,70	19,92	31,56
Vücut Yağ Yüzdesi (%VYY)	15	11,53	4,58	3	20,8
Spor Yaşı (yıl)	15	9,13	2,06	7	15
Uzuv Oklüzyon Basıncı (mmHg)	15	186,06	11,88	171	208
Bireyselleştirilmiş LOP (mmHg)	15	148,85	9,50	136,8	166,4

Çalışmaya ortalaması 20,13±0,99 yaş, 9,13±2,06 spor yaşı, 178,89±4,58 cm boy ve 73,87±10,09 kg vücut ağırlığı değerlerine sahip olan 15 sporcu katılmıştır. Ayrıca sporculara ilişkin ortalama BKİ değeri 23,05±2,70 ve VYY değeri 11,53±4,58 olarak tespit edilmiştir. Uzuv oklüzyon basıncı ile bireyselleştirilmiş uzuv oklüzyon basıncı ortalamaları sırasıyla; 186,06±11,88 ve 148,85±9,50 mmHg olarak tespit edilmiştir.

Farklı ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırma bulguları Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırılması

Değişken	Protokoller	$\overline{X} \pm$ SS	F	P	η^2	Bonferroni
10 Metre Sprint (sn)	Referans Test	1.892±0.080	74.418	.001*	.842	1-2* 1-3* 1-4* 2-4* 3-4*
	Kak-p	1.854±0.071				
	Ap	1.858±0.064				
	Kak-ap	1.828±0.061				

*p<0.05; Etki Büyüklüğü (Eta Kare: η^2): Etki Yok ≤ 0.039; Minimum = 0.04-0.24; Orta = 0.25-0.63; Güçlü ≥ 0.64

Tablo 4.2.'de tekrarlı ölçümler tek yönlü anova testi ile farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından karşılaştırılmaları yapılmış ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bulgulara göre, ön yüklenme protokolleri arasında sporcuların 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$; $\eta^2=0.842$). Anlamlı farklılıkların kaynaklandığı protokollerin tespiti amacıyla yapılan Bonferroni testi sonucunda, tüm ön yüklenme protokollerinden sonra yapılan sprint testi verileri ile referans sprint testi verisi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) sonra yapılan sprint testi sonucu ile sadece kan akışı kısıtlamalı (kak-p) ve sadece ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) sonra yapılan sprint testi sonuçları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) sonra yapılan sprint testi sonucu lehine olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

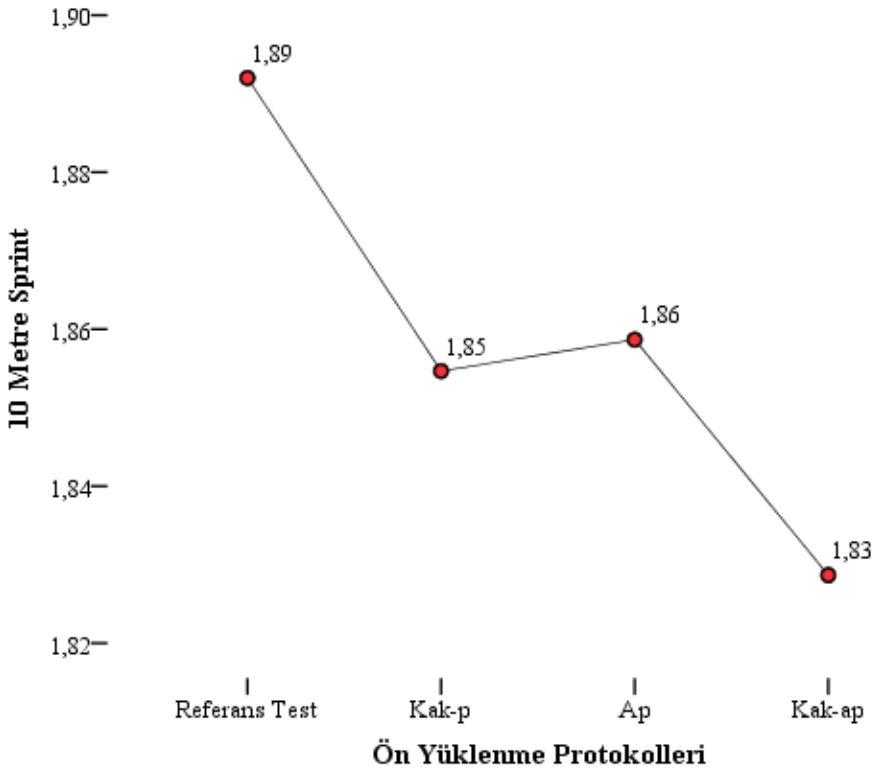
Farklı ön yüklenme protokollerinden sonra ölçülen sprint testleri ile referans testin, 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin pratik önemine yönelik bulgular Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemi

	Protokoller	Referans Test $\overline{X} \pm SS$	Son Test $\overline{X} \pm SS$	%Δ	Cohen d
10 Metre Sprint (sn)	Kak-p	1.892±0.080	1.854±0.071	2.00	0.50
	Ap	1.892±0.080	1.858±0.064	1.80	0.47
	Kak-ap	1.892±0.080	1.828±0.061	3.38	0.90

*p<0.05; Etki Büyüklüğü (Cohen d): Önemsiz < 0.2; Küçük = 0.2-0.59; Orta = 0.60-1.19; Büyük = 1.20-1.99; Çok Büyük = 2.0-3.99; Mükemmele Yakın > 4.0

Tablo 4.3.'te farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemine yönelik bulgulara yer verilmiştir. Bulgulara göre, farkların etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla hesaplanan Cohen d katsayısına göre sırasıyla kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalardan (kak-p) ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) oluşan ön yüklenme protokollerinin 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin küçük olduğu tespit edilmiştir (d=0.50, %Δ=2.00; d=0.47, %Δ=1.80). Ancak kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolünün 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini orta düzeyde etkilediği bulunmuştur (d=0.90, %Δ=3.38).



Şekil 4.1. Ön yüklenme protokollerinden sonra 10 metre sprint süreleri

Şekil 4.1.'de farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 10 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından karşılaştırılmalarına ait grafik verilmiştir. Grafiğe göre, tüm ön yüklenme protokolleri referans test ile karşılaştırıldığında 10 metre sprint süresini azaltmaktadır. Yani sprint performansını arttırmaktadır. Ancak kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolü, kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalardan (kak-p) ve sadece ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) oluşan ön yüklenme protokollerine göre sprint performansını daha fazla arttırma hususunda olumlu yönde ayrışmaktadır.

Farklı ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırma bulguları Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin karşılaştırılması

Değişken	Protokoller	$\overline{X} \pm$ SS	F	P	η^2	Bonferroni
20 Metre Sprint (sn)	Referans Test	3.226±0.115	69.756	.001*	.833	1-2* 1-3* 1-4* 2-4* 3-4*
	Kak-p	3.161±0.104				
	Ap	3.164±0.092				
	Kak-ap	3.098±0.078				

*p<0.05; Etki Büyüklüğü (Eta Kare: η^2): Etki Yok ≤ 0.039; Minimum = 0.04-0.24; Orta = 0.25-0.63; Güçlü ≥ 0.64

Tablo 4.4.'te tekrarlı ölçümler tek yönlü anova testi ile farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından karşılaştırılmaları yapılmış ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Bulgulara göre, ön yüklenme protokolleri arasında sporcuların 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$; $\eta^2=0.833$). Anlamlı farklılıkların kaynaklandığı protokollerin tespiti amacıyla yapılan Bonferroni testi sonucunda, tüm ön yüklenme protokollerinden sonra yapılan sprint testi verileri ile referans sprint testi verisi arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir şekilde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) sonra yapılan sprint testi sonucu ile sadece kan akışı kısıtlamalı (kak-p) ve sadece ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) sonra yapılan sprint testi sonuçları arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Bu farklılıkların, kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) sonra yapılan sprint testi sonucu lehine olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

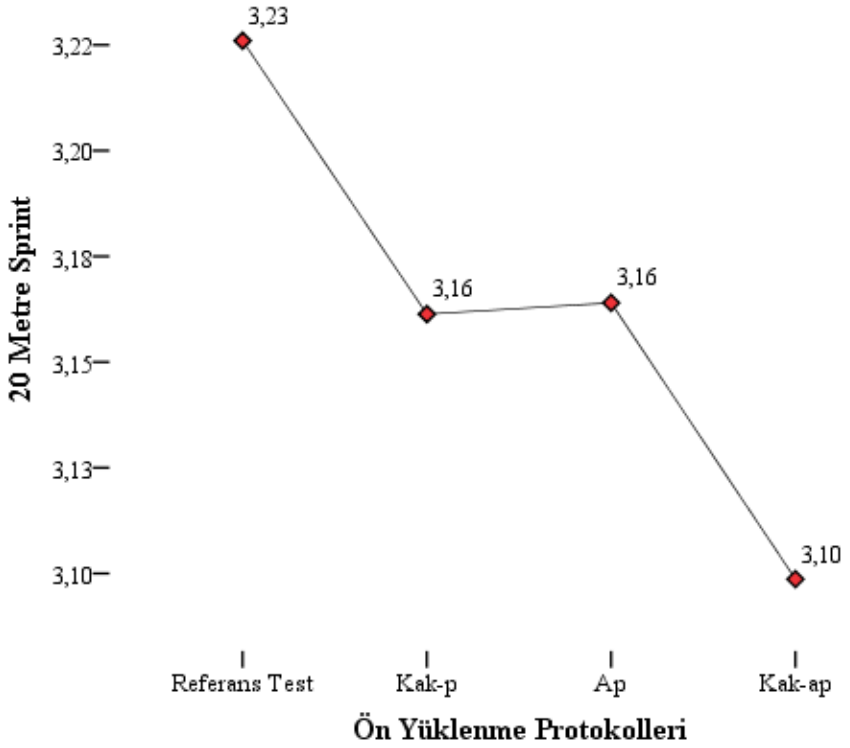
Farklı ön yüklenme protokollerinden sonra ölçülen sprint testleri ile referans testin, 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin pratik önemine yönelik bulgular Tablo 4.5.'te verilmiştir.

Tablo 4.5. Ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemi

	Protokoller	Referans Test $\overline{X} \pm SS$	Son Test $\overline{X} \pm SS$	%Δ	Cohen d
20 Metre Sprint (sn)	Kak-p	3.226±0.115	3.161±0.104	2.01	0.59
	Ap	3.226±0.115	3.164±0.092	1.92	0.59
	Kak-ap	3.226±0.115	3.098±0.078	3.96	1.30

*p<0.05; Etki Büyüklüğü (Cohen d): Önemsiz < 0.2; Küçük = 0.2-0.59; Orta = 0.60-1.19; Büyük = 1.20-1.99; Çok Büyük = 2.0-3.99; Mükemmele Yakın > 4.0

Tablo 4.5.'te farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin pratik önemine yönelik bulgulara yer verilmiştir. Bulgulara göre, farkların etki büyüklüğünü belirlemek amacıyla hesaplanan Cohen d katsayısına göre sırasıyla kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalardan (kak-p) ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) oluşan ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin küçük olduğu tespit edilmiştir (d=0.59, %Δ=2.01; d=0.59, %Δ=1.92). Ancak kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolünün 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin büyük olduğu bulunmuştur (d=1.30, %Δ=3.96).



Şekil 4.2. Ön yüklenme protokollerinden sonra 20 metre sprint süreleri

Şekil 4.2.'de farklı ön yüklenme protokollerinin sporcuların 20 metre sprint performansı üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından karşılaştırılmalarına ait grafik verilmiştir. Grafiğe göre, tüm ön yüklenme protokolleri referans test ile karşılaştırıldığında 20 metre sprint süresini azaltmaktadır. Yani sprint performansını arttırmaktadır. Ancak kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolü, kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalardan (kak-p) ve sadece ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (ap) oluşan ön yüklenme protokollerinden sprint performansını daha fazla arttırma hususunda olumlu yönde ayrışmaktadır.

5. TARTIŞMA

Kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, sporcular rastgele ve dengeli bir şekilde randomize çapraz araştırma tasarımı kullanılarak uyum çalışmalarını (1 haftalık 3 seans) ve ön yüklenme protokollerini (1 haftalık 3 seans) toplam 2 haftalık 6 seansta tamamlamıştır. Araştırmaya katılan 15 erkek sporcu, uygulama haftasında (1 haftalık 3 seans) pazartesi, çarşamba ve cuma günleri farklı ön yüklenme protokollerini uyguladıktan 5 dakika sonra sprint testlerine katılmıştır. Elde edilen bulgular, bu bölümde literatür temelli olarak yorumlanmış ve tartışılmıştır.

Literatür incelendiğinde, ön yüklenmenin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ancak giderek artmakta olduğu görülmektedir. Chatzopoulos ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada katılımcılara ön yüklenme olarak 1 TM'nin %90'ı ile 10 tekrardan oluşan tek set squat yaptırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 3. ve 5. dakikalarda sprint performansları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Ön yüklenmeden sonra 3. dakikada ölçülen sprint performanslarında herhangi bir değişiklik olmadığı, ancak 5. dakikada ölçülen 10 metre sprint zamanında %3, 30 metre sprint zamanında ise %2 gelişim olduğu raporlanmıştır (214). Bevan ve arkadaşları, 16 profesyonel rugby oyuncusu ile yaptıkları çalışmada ön yüklenme protokolü olarak 1 TM'nin %91'i ile 3 sırt squat yaptırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 5 metre sprint performansı %5, 10 metre sprint performansı ise %8 gelişim göstermiştir (242). Bevan ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada katılımcılara ön yüklenme olarak 1 TM'nin %91'i ile 3 tekrardan oluşan tek set squat yaptırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 10 metre sprint sürelerine bakıldığında aktivasyon sonrası potansiyasyonun olumlu etkileri görülmüştür (194). Comyns, Harrison ve Hennessy, yaptıkları çalışmada profesyonel rugby oyuncularına ön yüklenme protokolü olarak maksimal 3 tekrardan oluşan squat uygulamıştır. Ön yüklenme protokolü uygulandıktan 4 dakika sonra ölçülen 30 metre sprint performansında gelişim olduğu raporlanmıştır (243). DeRenne, yaptığı çalışmada 1 TM'nin %90'ı ile 10 tekrardan oluşan tek set sırttan squatlar içeren ön yüklenme protokolünden 5 dakika sonra olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi ile 10

metre sprint performansının arttığını tespit etmiştir (244). Crewther ve arkadaşları, rugby oyuncularında yaptıkları çalışmada ön yüklenme protokolü olarak 3 TM sırt squat yaptırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 5 metre sprint performansı %2,6 gelişim gösterirken 10 metre sprint performansı %1,8 gelişim göstermiştir (245). Okuno ve arkadaşları, hentbol oyuncuları ile yaptıkları çalışmada uygulanan ön yüklenmelerden sonra sprint performansında artış yaşandığını tespit etmiştir (246). Seitz, Trajano ve Haff, yaptıkları çalışmada rugby oyuncularına ön yüklenme protokolü olarak 1 TM'nin %90'ı ile 3 tekrardan oluşan tek set squat egzersizi uygulatmıştır. Ön yüklenme protokolü uygulandıktan 7 dakika sonra ölçülen 20 metre sprint performanslarında gelişim olduğu raporlanmıştır. Ayrıca sporcuların ortalama hız ve ortalama hızlanma değerleri, referans değerler ile karşılaştırıldığında iyileşme olduğu görülmüştür (247). Byrne, Kenny ve O'Rourke, yaptıkları çalışmada kontrol, dinamik ısınma ve dinamik ısınma + 3 derinlik sıçraması olarak yapılan ön yüklenme protokollerinin 20 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini karşılaştırmıştır. Toparlanma olarak 1 dakika süre verilmiştir. Dinamik ısınma ile 3 derinlik sıçramasından oluşan ön yüklenmeden 1 dakika sonra ölçülen 20 metre sprint performansı %2,93 gelişim göstermiştir (248). Evetovich, Conley ve McCawley, futbolcular ile yaptıkları çalışmada, uygulanan ön yüklenme protokolünden sonra ölçülen sprint performansının geliştiğini raporlamıştır (249). Sanchez-Sanchez ve arkadaşları, 8 ulusal ve 8 bölgesel lig futbolcusu ile yaptıkları çalışmada, farklı ön yüklenme protokollerinin tekrarlı sprint performanslarına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemiştir. Ön yüklenme protokolü olarak 1 TM'nin %60 ve %90 şiddetinde squat yaptırılmıştır. Çalışma sonucunda, en yüksek aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi ile sprint performansındaki gelişim 1 TM'nin %90'ı ile ortaya çıkmıştır. Ayrıca ulusal lig futbolcularında daha fazla sprint gelişimi meydana gelmiştir (250). Byrne ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada, ön yüklenme protokolü olarak 3 tekrar tek set drop jump yaptırmıştır. Çalışmanın sonucunda, 15. saniyede 20 metre sprint performansı gelişmiştir (251). Bu çalışmaların sonuçları ile ön yüklenme protokollerinin uygulanmasıyla ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyonun sprint performansını geliştirdiği ortaya konulmuştur.

Literatürde bu sonuçları desteklemeyen çalışmalarda mevcuttur. Till ve Coke tarafından genç futbolcular ile yapılan bir araştırmada, aktivasyon sonrası potansiyasyonun sürat performansına etkisi incelenmiştir. Tek set olmak üzere 5 tekrar

tuck jump ön yüklenme uygulamasından 4,5 ve 6 dakika sonra 10 metre sürat testleri yapılmıştır. Ancak çalışmada 10 metre sürat performansında istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığı raporlanmıştır. Böyle bir sonucun nedeni olarak, uygulanan tek set 5 tekrar tuck jump uygulamasının bir aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturabilecek düzeyde olmadığı ileri sürülmüştür. Çalışmada daha yüksek şiddetli pliometrik egzersizlerin seçilmesi ve tekrar sayılarının arttırılması neticesinde aktivasyon sonrası potansiyasyonun sürat performansını arttırabileceği belirtilmiştir (159,169). Crewther ve arkadaşları, yarı elit rugby oyuncuları ile yaptıkları çalışmada 3 maksimal squat egzersizini ön yüklenme protokolü olarak uygulatmıştır. Ön yüklenme protokolü uygulandıktan sonra 15 saniye, 4, 8, 12 ve 16. dakikalarda 5 ve 10 metre sprint performansı ölçülmüştür. Sonuç olarak, sprint performansında istatistiksel olarak anlamlı değişim yaşanmamıştır (245). Lim ve Kong, yaptıkları çalışmada iyi antrenmanlı 13 erkek sporcuya ön yüklenme protokolü olarak izometrik diz ekstansiyonu (3 tekrar), izometrik squat ve 1 TM'nin %90'ı ile dinamik squat (3 tekrar) uygulatmıştır. Toparlanma süresi olarak 4 dakika verildikten sonra 10, 20 ve 30 metre sprint testleri yapılmıştır. Sonuç olarak, sprint performansları üzerinde ön yüklenme protokolünden kaynaklı aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşmamıştır. Dolayısıyla sprint performansları gelişim göstermemiştir (252). Kopp ve DeBeliso, rekreasyonel olarak direnç antrenmanlarına katılan 20 erkek bireye maksimal 5 tekrardan oluşan squat ve deadlift (yerden ağırlık kaldırma) egzersizlerini süper set şeklinde yaptırmıştır. Toparlanma süresi olarak verilen 8 dakikanın ardından yapılan 36,6 metre sprint testi sonucuna göre sprint performansında herhangi bir değişim görülmemiştir (253). Carbone ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada direnç egzersizlerinden oluşan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası etkisini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Amatör rugby oyuncusu olan 17 erkek sporcu çalışmaya katılmıştır. Hip thrust ve squat egzersizleri 1 TM'nin %85'i şiddetinde olacak şekilde 3'er tekrardan oluşan 3 seti ön yüklenme protokolü olarak tamamlamıştır. Ön yüklenmeden 8 dakika sonra yapılan sprint testi sonuçlarına göre, 5 metre ve 10 metre sprint performanslarında herhangi bir gelişim tespit edilmemiştir (254). Sönmez, pliometrik egzersizlerle uygulanan farklı ön yüklenmelerin sürat performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemek amacıyla 22 erkek sporcuya farklı 2 gün içinde 10 tekrardan oluşan tek set ve 10'ar tekrardan oluşan 3 set tuck jump egzersizini uygulatmıştır. Ön yüklenmelerden sonra 15. saniye, 2, 4, 8, 12 ve 16. dakikalarda ara zamanlı olarak 30 metre sprint testi yapılmıştır. Sonuç

olarak, 10,20 ve 30 metre sprint performansında herhangi bir değişiklik meydana gelmemiştir. Çalışmada kullanılan tuck jump egzersizinin biyomekanik olarak sprinte benzemediği ve yeterli motor üniteyi devreye sokamamasından dolayı aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin oluşmadığı düşünülmektedir. Ayrıca yorgunluğunda aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini engellemiş olabileceği belirtilmiştir (163). Bu çalışmalar ise ön yüklenme protokollerinin uygulanmasıyla ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin sprint performansını geliştirmediğini raporlamıştır.

Yapılan araştırmalara göre aktivasyon sonrası potansiyasyonu kişinin antrenman düzeyi, spor yaşı, kronolojik yaşı, cinsiyeti ve kas lifi tipi etkileyebilmektedir. Ayrıca ön yüklenme protokolü olarak seçilen yüklenmenin türü, toparlanma için verilen süre ve protokolün oluşturduğu yorgunluk düzeyi gibi birçok faktör aktivasyon sonrası potansiyasyondan olumlu etkiler elde edebilmek için önemli görülmektedir (39,159,161,167,180,195,205,208,252,255).

Ön yüklenme protokollerinden sonra aktivasyon sonrası potansiyasyonun sprint performansına olumlu etkisinin bulunduğu ve bulunamadığı birçok çalışmanın varlığı ile her ne kadar çelişkili sonuçlar ortaya çıkmış gibi görünse de ön yüklenme protokollerinin aktivasyon sonrası potansiyasyonu etkileyen faktörler dikkate alınarak tasarlandığında olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin elde edilebildiği araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışmalarda, ön yüklenme protokolü olarak genelde yüksek şiddetli geleneksel antrenmanlar tercih edilmiştir. Bilimsel bulgular, yüksek şiddetli egzersizlerin üst düzey aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi elde edebilmek için gerekli olduğunu göstermektedir (256,257). Çünkü aktivasyon sonrası potansiyasyonun arkasındaki fizyolojik mekanizmalardan biri olan kas aktivasyonunun oluşumunda yüksek şiddetli egzersizlerin elverişli olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden ön yüklenme protokollerinde çoğunlukla 1 TM'nin %80-100'ü arasındaki yüklenmeler kullanılmaktadır (27,156,258). Ancak MacIntosh ve arkadaşları, yüksek şiddetli geleneksel egzersizlerden dolayı ortaya çıkan yoğun yorgunluğun aktivasyon sonrası potansiyasyonun atletik performansa etkisini sınırlayabileceğini ve hatta performansı düşürebileceğini savunmaktadır (259).

Bununla birlikte yüksek şiddetli geleneksel egzersizler sporcuların ön yüklenme esnasında yaralanma riskini arttırmaktadır (23,160). Antrenörler, ön yüklenme protokolü ile aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmak için müsabaka öncesi sporcuyu yüksek yüklere sokarak hem sakatlık riskini göze almakta hem de bu etkiyi oluşturabilmek için bir yerden bir yere taşınması zor yüklere ihtiyaç duymaktadır. Yüksek yüklerin müsabaka alanına götürülüp ön yüklenme protokollerinde kullanılması kullanışlı olmamakta ve aktivasyon sonrası potansiyasyon çalışmalarının bir sınırlılığı olarak görülmüştür. Dolayısıyla alternatif yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır (24,37,260).

Sporun ve sportif performansın önemi her geçen gün hızla artmaktadır. Dolayısıyla ön yüklenme prokolleri yoluyla aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinden risk almadan en yüksek verimin nasıl alınabileceği ile ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, yukarıdaki riskleri azaltmak ve aynı zamanda aktivasyon sonrası potansiyasyondan mümkün olan en yüksek verimi de almak için tavsiye edildiği gibi ön yüklenme protokollerine yüksek şiddetli geleneksel yüklenmelerden farklı yöntemler dahil edilmiştir (27). Sporcunun ısınmasına bir pliometrik egzersizin dahil edilmesi aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturan pratik bir yaklaşımdır (26). Benzer şekilde, ağırlıklı sıçramaların da sonraki performansı arttırdığı raporlanmıştır (37,38). Wilson ve arkadaşlarının yaptığı meta-analizde, çok ağır yükler ile yapılan yüklenmelerin olmadığı ön yüklenme protokolleriyle de aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin ortaya çıkarılabileceği savunulmuştur (39). Bu yüzden bazı çalışmalarda ağırlık yelekleri ön yüklenme protokollerinde kullanılarak çeşitli performans parametreleri ve sprint üzerinde aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmıştır (37,40,41). Turner ve arkadaşları, en az 2 yıl pliometrik sıçrama deneyimine sahip olan 23 erkek ile yaptıkları çalışmada sadece vücut ağırlığı ve vücut ağırlığının %10'una ayarlanmış ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik sıçramalardan oluşan ön yüklenme protokollerinin, sprint ve ivmelenme performansı üzerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan sonra 10 metre aralıklarla ölçülen 20 metre sprint performansı 4. dakikada 10 metre için %2.2; 20 metre için %2,3; 8. dakika da ise 10 metre için %2.9; 20 metre için %2,6 artmıştır. Ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan oluşan ön yüklenme protokolü ile sadece pliometrik sıçramalar içeren

ön yüklenme protokolünün, 10 metre sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri karşılaştırıldığında, en yüksek gelişim sağlayan etkinin ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan oluşan ön yüklenme protokolünden kaynaklandığı raporlanmıştır. Dolayısıyla sadece pliometrik sıçramalardan oluşan ön yüklenmenin kontrol grubuna kıyasla daha fazla aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmasının yanısıra ağırlık yeleği dahil edildiğinde en yüksek etkiye ulaşılmıştır (37). Piper ve arkadaşları, direnç antrenmanı deneyimine sahip üniversite öğrencileri ile yaptıkları çalışmada, farklı ön yüklenme protokollerinin sıçrama ve sprint performansına etkisini incelemiştir. Önce standart bir ısınmanın ardından katılımcıların 20 metre sprint performansı ölçülmüştür. Daha sonra dört farklı protokolden birini uyguladıktan sonra 20 saniye, 4, 8, 12, 16 ve 20. dakikalarda 10 metre aralıklara ölçülen 20 metre sprint performanslarını sergilediler. Çalışma sonucunda katılımcının vücut ağırlığının %10'una ayarlanmış bir ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan sonra 10 metre için hiçbir zaman noktasında gelişim görülmemişken 8. dakikada ölçülen 20 metre sprint süresi istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde gelişmiştir (40). Yapılan bu çalışmaların sonuçları, ön yüklenme protokolü olarak vücut ağırlığının %10'una ayarlanmış ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik sıçramaların sprint performansına olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri açısından yaptığımız çalışmanın sonuçlarını desteklemektedir.

Yapılan yeni araştırmalar ise kan akışı kısıtlamalı egzersizlerin aktivasyon sonrası potansiyasyonun arkasındaki önemli fizyolojik mekanizmalardan biri olan kas aktivasyonunu arttırabileceğini bildirmiştir (27-31). Aynı zamanda yüksek yüklere ihtiyaç duyulmadan kas aktivasyonunu arttırabildiği için yüksek yüklerden kaynaklanan yaralanma riskini azaltmaya da olanak tanımaktadır (27,32).

Literatür incelendiğinde, kan akışı kısıtlama yönteminin ön yüklenme protokollerinde kullanıldığı az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır. Yapılan bazı araştırmalarda kan akışı kısıtlama yöntemi ön yüklenme protokollerine dahil edilerek uygulanmış ve ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyonun atletik performansı arttırdığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmaların amacı sprint performansı üzerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini incelemeye yönelik değildir (27,33-36). Yasuda ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada kan akışı kısıtlama yönteminin egzersize dahil edilmesiyle aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisini ortaya çıkaran fizyolojik

mekanizmaları aktive edebileceğini bildirmiştir (36). Doma ve arkadaşları, antrenmanlı 18 erkek ile yaptıkları çalışmada kan akışı kısıtlamalı lunge egzersizlerinden oluşan ön yüklenmenin dikey sıçrama performansı üzerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda kan akışı kısıtlamalı lunge egzersizlerinden oluşan ön yüklenme protokolü uygulandıktan sonra 6-15 dakika içerisinde sıçrama yüksekliği %4.5±0.8 artmıştır. Ön yüklenme protokolünün dikey sıçrama performansı üzerine 9. dakikada büyük, 15. dakikada ise orta düzeyde aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi olduğu raporlanmıştır (33). Wilk ve arkadaşları, kuvvet antrenmanlarına devam eden sağlıklı 10 erkek ile yaptıkları çalışmada kan akışı kısıtlamalı direnç egzersizlerinden (bench press) sonra güç çıkışı üzerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda kan akışı kısıtlamanın aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturmada ve güç çıkışının geliştirilmesinde faydalı olduğu belirtilmiştir (34). Lauber ve arkadaşları, kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli egzersizlerin, yüksek şiddetli egzersizler sonucunda ortaya çıkan kas hipertrofisi ve güç kazanımlarını raporlayan çalışmaların varlığını öne sürerek yaptıkları çalışmada, kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli direnç egzersizlerinin akut fizyolojik etkilerini araştırdılar. Çalışma sonucunda kan akışı kısıtlamalı olarak uygulanan düşük şiddetli direnç egzersizinin kas aktivasyonu ve metabolik birikimde artışa sebep olduğu bildirilmiştir. Bu yüzden, kan akışı kısıtlama yönteminin kas adaptasyonlarını kolaylaştırmak için uygulanabileceği bildirilmiştir (261).

Literatürdeki bu sonuçların yanısıra Miller ve arkadaşları, rekreasyonel olarak aktif olan 20 erkek birey ile yaptıkları çalışmada uygulanan protokollere kan akışı kısıtlamanın eklenmesi ile sıçrama yükseliğinde olumlu etkiler oluşsa da istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların ortaya çıkmadığını raporlamıştır (35).

Tüm bu sonuçların aksine Cleary ve Cook, en az 2 yıl rekreasyonel olarak haftada 3 gün direnç egzersizleri yapan üniversite öğrencileri ile yaptıkları çalışmada kan akışı kısıtlamalı yüksek direnç, düşük hacim ve düşük direnç, yüksek hacimli squat egzersizlerinden oluşan ön yüklenme protokolleri uygulandıktan sonra dikey sıçrama performansı üzerine negatif etki yaptığını raporlamıştır. Çalışmada, aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşturamama ve hatta dikey sıçrama performansının negatif etkilenmiş olmasının sebebi yorgunluğun aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin önüne geçmesi olarak belirtilmiştir. Yorgunluğun aktivasyon sonrası potansiyasyonun

önüne geçmediğinden emin olmak için uygun protokollerin oluşturulmasının önemli olduğu vurgulanmıştır (262).

Yapılan bu araştırmaların sonuçlarına göre, kan akışı kısıtlamalı ön yüklenme protokollerinin aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşumunda rol oynadığı ve performansı arttırma potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışma bulguları, tespit edilen bu sonuçlar ışığında değerlendirildiğinde, 10 ve 20 metre sprint performanslarındaki artışın kan akışı kısıtlamalı ön yüklenme protokolü ile ortaya çıkan aktivasyon sonrası potansiyasyonun etkisinden kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmada, kan akışı kısıtlama ve ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik egzersizlerden oluşan ön yüklenme protokolü ise daha yoğun kasılmalar ile aktivasyon sonrası potansiyasyon için gerekli olan fizyolojik mekanizmaları aktive etmek amacıyla uygulanmıştır. Kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolü, diğer protokollere göre hem 10 metre hemde 20 metre sprint performansında daha fazla artışa yol açmıştır.

Literatürde kan akışı kısıtlama ve ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik egzersizlerden oluşan ön yüklenme protokolünü uygulayan ve bu protokolün sprint performansına etkilerini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ön yüklenme protokolü olarak vücut ağırlığının %10'una ayarlanmış ağırlık yeleği kullanılarak yapılan pliometrik sıçramaların sprint performansına olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri ile kan akışı kısıtlamalı ön yüklenme protokollerinin aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi oluşumunda rol oynadığı ve performansı arttırabilme potansiyeline sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda kombine olarak uygulanan ön yüklenme protokolünün daha etkili bir şekilde fizyolojik mekanizmaları aktive ederek daha fazla aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisine neden olduğu söylenebilir (33-37,40,41,261).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerinin incelenmesi amacıyla yapılan bu çalışmanın sonucunda, araştırmada uygulanmış olan tüm ön yüklenme protokollerinin sporcuların 10 ve 20 metre sprint performansları üzerinde olumlu aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yani ön yüklenme protokolleri uygulandıktan sonra ölçülen sprint performanslarında artış görülmüştür. Ancak kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolünün sprint performansları üzerindeki aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisinin, diğer protokollere göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Yani sprint performanslarındaki en büyük artışların kan akışı kısıtlamalı ve ağırlık yeleği ile yapılan pliometrik sıçramalardan (kak-ap) oluşan ön yüklenme protokolünden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Sahada ise sprint performansını arttırmak amacıyla yüksek dirençler kullanmadan, şiddeti azaltarak ve eklemleri daha düşük streslere maruz bırakarak aktivasyon sonrası potansiyasyon kazanımları elde etmek için ön yüklenme protokollerine kan akışı kısıtlama yöntemi uzman kişiler tarafından dahil edilebilir. Ayrıca ağır ekipmanların sporcuların müsabakaya çıkacağı sahaya taşınması gerekmeyecek ve güçlü bir alternatif olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmanın sınırlılıkları dikkate alınarak gelecek çalışmalar için şunlar önerilebilir;

- Bu çalışma 15 erkek katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Gelecekte yapılması planlanan çalışmalar, kadın katılımcılar dâhil edilerek yapılabilir. Cinsiyete göre meydana çıkabilecek farklılıklar araştırılabilir.
- Çoğunluğu takım sporcusu olmak üzere birkaç bireysel sporlar ile ilgilenen sporcu araştırmaya katılmıştır. Dolayısıyla aynı branşı yapan sporculardan oluşan örneklem grubu ile araştırma tekrarlanabilir.
- Aynı ön yüklenme protokollerinin aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisi farklı performans parametreleri üzerinde test edilebilir.

- Gelecek çalışmalarda pliometrik egzersiz olarak sprinte biyomekanik olarak daha fazla benzeyen (alternate leg bound vb.) farklı bir pliometrik egzersiz kullanılabilir.
- Kan akışı kısıtlamalı düşük şiddetli yapılan ön yüklenme protokolleri ile yüksek şiddetli egzersizlerden oluşan ön yüklenme protokollerinin hem sprint performansına hemde çeşitli performans parametrelerine aktivasyon sonrası potansiyasyon etkileri karşılaştırılabilir.
- Bu çalışmada yapılan ön yüklenme protokollerinin sprint performansına olan maksimum aktivasyon sonrası potansiyasyon etkisine ulaşmak hedeflendiği için ön yüklenme protokolünden 5 dakika sonra tek ölçüm alınmıştır. Prosedür gereği ön yüklenme protokolünden sonra sprint ölçümlerinin tekrarlanamaması ve sınıf içi korelasyon katsayısının hesaplanamaması bir sınırlılık olarak düşünülebilir. Bu yüzden aynı ön yüklenme protokolleriyle farklı dakikalarda tekrarlı ölçümler içeren çalışmalar yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Sato Y. The history and future of KAATSU training, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2005, 1(1): 1-5.

2. Paton CD, Addis SM, Taylor LA. The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion, *European Journal of Applied Physiology*, 2017, 117: 2579-2585.

3. Loenneke JP, Fahs CA, Wilson JM, Bemben MG. Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory, *Medical Hypotheses*, 2011, 77(5): 748-752.

4. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Abe T, Bemben MG. The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling, *Medical Hypotheses*, 2012, 78(1): 151-154.

5. Fahs CA, Loenneke JP, Rossow LM, Tiebaud RS, Bemben MG. Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise, *Journal of Trainology*, 2012, 1(1): 14-22.

6. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes, *European Journal of Applied Physiology*, 2002, 86(4): 308-314.

7. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, Meguro K, Sato Y, Nagata T. Use and safety of KAATSU training: results of a national survey, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2006, 2(1): 5-13.

8. Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *Journal of Applied Biomechanics*, 2006, 22(2): 112-119.

9. Şahin Z. Kan Akımı Kısıtlaması ile Uygulanan Kuvvet Antrenmanlarının Taekwondo Sporcularının Bacak Kuvveti Gelişimine Etkisinin İncelenmesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, 2021.

10. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy, *Strength & Conditioning Journal*, 2009, 31(3): 77-84.

11. Kim D, Loenneke JP, Ye X, Bemben DA, Beck TW, Larson RD, Bemben MG. Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training, *Muscle & Nerve*, 2017, 56(6): E126-E133.

12. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Libardi CA, Damas F, Roschel H. 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*, 2018, 48(2): 361-378.

13. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy, *Sports Medicine*, 2015, 45: 187-200.

14. Yamanaka T, Farley RS, Caputo JL. Occlusion training increases muscular strength in division IA football players, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2012, 26(9): 2523-2529.

15. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development, *Sports Medicine*, 2015, 45(3): 313-325.

16. Pişkin N.E. Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının İzokinetik Kas Kuvveti Kas Kalınlığı ve Atletik Performans Üzerine Etkisi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora tezi, Niğde: Ömer Halisdemir Üniversitesi, 2022.

17. Jessee MB, Buckner SL, Mouser JG, Mattocks KT, Dankel SJ, Abe T, Bell ZW, Bentley JP, Loenneke JP. Muscle adaptations to high-load training and very low-load training with and without blood flow restriction, *Frontiers in Physiology*, 2018, 9: 1448.

18. Cook SB, Scott BR, Hayes KL, Murphy BG. Neuromuscular adaptations to low-load blood flow restricted resistance training, *Journal of Sports Science & Medicine*, 2018, 17(1): 66-73.

19. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis, *British Journal of Sports Medicine*, 2017, 51(13): 1003-1011.

20. Formiga MF, Fay R, Hutchinson S, Locandro N, Ceballos A, Lesh A, Buscheck J, Meanor J, Owens JG, Cahalin LP. Effect of aerobic exercise training with and without blood flow restriction on aerobic capacity in healthy young adults: a systematic review with meta-analysis, *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2020, 15(2), 175.

21. Castilla-López C, Molina-Mula J, Romero-Franco N. Blood flow restriction during training for improving the aerobic capacity and sport performance of trained athletes: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Exercise Science & Fitness*, 2022, 20: 190-197.

22. Esformes JI, Keenan M, Moody J, Bampouras TM. Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, 25: 143-148.

23. Lorenz D. Postactivation potentiation: An introduction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2011, 6(3): 234-240.

24. Türkdoğan H.E. Kan Akımı Kısıtlayıcı Yöntem ile Yapılan Skuat Hareketinin Sıçrama Performansı Üzerine Akut Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, 2019.

25. Thomas K, West DJ, Howatson G, Goodall S. Heavy-resistance exercise-induced increases in jump performance are not explained by changes in neuromuscular function, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2017, 27(1): 35-44.

26. Docherty D, Hodgson MJ. The application of postactivation potentiation to elite sport, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007, 2(4): 439-444.

27. Tian H, Li H, Liu H, Huang L, Wang Z, Feng S, Peng L. Can blood flow restriction training benefit post-activation potentiation? a systematic review of controlled trials, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(19): 11954.

28. Amani-Shalamzari S, Farhani F, Rajabi H, Abbasi A, Sarikhani A, Paton C, Bayati M, Berdejo-del-Fresno D, Rosemann T, Nikolaidis PT, Knechtle B. Blood flow restriction during futsal training increases muscle activation and strength, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 614.

29. Chen YT, Hsieh YY, Ho JY, Lin JC. Effects of running exercise combined with blood flow restriction on strength and sprint performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2021, 35(11): 3090-3096.

30. Burkhardt M, Burkholder E, Goetschius J. Effects of blood flow restriction on muscle activation during dynamic balance exercises in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 2021, 30(6): 870-875.

31. Killinger B, Lauver JD, Donovan L, Goetschius J. The effects of blood flow restriction on muscle activation and hypoxia in individuals with chronic ankle instability, *Journal of Sport Rehabilitation*, 2019, 29(5): 633-639.

32. Whipple MT, Erickson RA, Donnenwerth JJ, Peterson AR. Blood flow restriction in exercise and rehabilitation, *ACSM's Health & Fitness Journal*, 2021, 25(5): 6-9.

33. Doma K, Leicht AS, Boullosa D, Woods CT. Lunge exercises with blood-flow restriction induces post-activation potentiation and improves vertical jump performance, *European Journal of Applied Physiology*, 2020, 120: 687-695.

34. Wilk M, Krzysztofik M, Filip A, Szkudlarek A, Lockie RG, Zajac A. Does post-activation performance enhancement occur during the bench press exercise under blood flow restriction, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(11): 3752.

35. Miller RM, Keeter VM, Freitas ED, Heishman AD, Knehans AW, Bemben DA, Bemben MG. Effects of blood-flow restriction combined with postactivation potentiation stimuli on jump performance in recreationally active men, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2018, 32(7): 1869-1874.

36. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T, Iida H, Imuta H, Sato Y, Yamasoba T, Nakajima T. Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2014, 24(1): 55-61.

37. Turner AP, Bellhouse S, Kilduff L, Russell M. Postactivation potentiation of sprint acceleration performance using plyometric exercise, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2015, 29(2): 343-350.

38. Burkett LN, Phillips WT, Ziuraitis J. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2005, 19(3): 673-676.

39. Wilson JM, Duncan NM, Marin PJ, Brown LE, Loenneke JP, Wilson SMC, Jo E, Lowery RP, Ugrinowitsch C. Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(3): 854-859.

40. Piper AD, Joubert DP, Jones EJ, Whitehead MT. Comparison of post-activation potentiating stimuli on jump and sprint performance, *International Journal of Exercise Science*, 2020, 13(4): 539.

41. Bright TE, Hughes J, Handford MJ, Anniss B, Westwood CS. The Acute Effects of Weighted Vest Protocols on 20-Metre Sprint Performance in Youth Soccer Players, *International Journal of Strength and Conditioning*, 2022, 2(1): 1-10.

42. Sato Y. History and recent progress of KAATSU resistance training, *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2004, 21: 209-213.

43. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1997, 77(1): 189-191.

44. Abe T, Fujita S, Nakajima T, Sakamaki M, Ozaki H, Ogasawara R, Sugaya M, Kudo M, Kurano M, Yasuda T, Sato Y, Ohshima H, Mukai C, Ishii N. Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO2max in young men, *Journal of Sports Science Medicine*, 2010, 9(3): 452-458.

45. Fujita T, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2008, 4(1): 1-8.

46. Şahin D. Vücut Geliştirmecilerde Kan Akımı Kısıtlama Antrenmanlarının Hipertrofi Göstergeleri Üzerine Akut Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi, 2022.

47. Demirci S. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Sonrası Kan Akımı Kısıtlamalı Pliometrik Eğitimin Kas Kuvveti ve Fonksiyon Üzerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 2019.

48. Boyanmış A.H. Taekwondocularda Pliometrik ve Kan Akımı Kısıtlama Antrenmanlarının Kuvvet Gelişimine Etkisi, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Mersin: Mersin Üniversitesi, 2018.

49. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training, *Journal of Applied Physiology*, 2006, 100(5): 1460-1466.

50. Escamilla R, Wickham R. Exercise-based Conditioning and Rehabilitation. In: Kolt GS, Snyder-Mackler L (eds). *Physical Therapies in Sports and Exercise*, 1st ed. London, Churchill Livingstone, 2003: 143-164.

51. ACSM. Progression models in resistance training for healthy adults, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2009, 41(3): 687-708.

52. Nicholas AR, Brent AA, Trammy KE. Progression models in resistance training for healthy adults, *Medicine Science in Sports Exercise*, 2009, 41(3): 687-708.

53. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size, *European Journal of Applied Physiology*, 2011, 111: 2525-2533.

54. Suga T, Okita K, Takada S, Omokawa M, Kadoguchi T, Yokota T, Hirabayashi K, Takahashi M, Morita N, Horiuchi M, Kinugawa S, Tsutsui H. Effect of multiple set on intramuscular metabolic stress during low-intensity resistance exercise with blood flow restriction, *European Journal of Applied Physiology*, 2012, 112: 3915-3920.

55. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, Naimo MA. Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(11): 3068-3075.

56. Lowery RP, Joy JM, Loenneke JP, de Souza EO, Machado M, Dudeck JE, Wilson JM. Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme, *Clinical Physiology and Functional İmaging*, 2014, 34(4): 317-321.

57. de Oliveira MFM, Caputo F, Corvino RB, Denadai BS. Short-term low-intensity blood flow restricted interval training improves both aerobic fitness and muscle strength, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2016, 26(9): 1017-1025.

58. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2016, 19(8): 669-675.

59. Yasuda T, Meguro M, Sato Y, Nakajima T. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2017, 13(1): 1-9.

60. Amani-Shalamzari S, Rajabi S, Rajabi H, Gahreman DE, Paton C, Bayati M, Rosemann T, Nikolaidis PT, Knechtle B. Effects of blood flow restriction and exercise intensity on aerobic, anaerobic, and muscle strength adaptations in physically active collegiate women, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 810.

61. Centner C, Lauber B, Seynnes OR, Jerger S, Sohnius T, Gollhofer A, König D. Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training, *Journal of Applied Physiology*, 2019, 127(6): 1660-1667.

62. Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: a systematic review and meta-analysis, *Sports Medicine*, 2019, 49: 95-108.

63. Centner C, Lauber B. A systematic review and meta-analysis on neural adaptations following blood flow restriction training: what we know and what we don't know, *Frontiers in Physiology*, 2020, 11: 887.

64. Davids CJ, Næss TC, Moen M, Cumming KT, Horwath O, Psilander N, Ekblom B, Coombes JS, Peake J, Raastad T, Roberts LA. Acute cellular and molecular responses and chronic adaptations to low-load blood flow restriction and high-load resistance exercise in trained individuals, *Journal of Applied Physiology*, 2021, 131(6): 1731-1749.

65. Teixeira EL, de Salles Painelli V, Schoenfeld BJ, Silva-Batista C, Longo AR, Aihara AY, Cardoso FN, Peres BDA, Tricoli V. Perceptual and neuromuscular responses adapt similarly between high-load resistance training and low-load resistance training with blood flow restriction, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2022, 1-7.

66. Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Kadoguchi T, Sato T, Takahashi M, Yokota T, Hirabayashi K, Morita N, Horiuchi M, Kinugawa S, Tsutsui H. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions, *Journal of Applied Physiology*, 2012, 113(2): 199-205.

67. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ, McGLynn ML, Kushnick MR. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2011, 21(5): 653-662.

68. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Manoel Neves JR, Ahiara AY, Correa Fernandes ADR, Tricoli V. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2012, 44(3): 406-412.

69. Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, Kearns CF, Inoue K, Koizumi K, Ishii N. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2005, 1(1): 6-12.

70. Gürel G. Venöz Kan Akımı Kısıtlaması ile Uygulanan Ağırlık Antrenmanının Kas Hipertrofisi ve Kuvvetine Etkisinin Araştırılması, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora tezi, Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi, 2013.

71. Bompa TO, Haff G. *Periodization Theory and Methodology of Training*, 5th ed. 2009.

72. Bompa TO, Haff G. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Çeviri: Bağırgan T. *Dönemleme: Antrenman Kuramı ve Yöntemi*, 5. Baskı. Ankara, Spor Yayınevi ve Kitabevi, 2015.

73. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. *Science and Practice of Strength Training*, 2nd ed. 2006.

74. MacDougall JD, Elder GCB, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1980, 43(1): 25-34.

75. McCall GE, Byrnes WC, Dickinson A, Pattany PM, Fleck SJ. Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia and capillary density in college men after resistance training, *Journal of Applied Physiology*, 1996, 81(5): 2004-2012.

76. Ramis TR, de Lemos Muller CH, Boeno FP, Teixeira BC, Rech A, Pompermayer MG, Medeiros NS, Oliveira AR, Pinto RS, Ribeiro JL. Effects of traditional and vascular restricted strength training program with equalized volume on isometric and dynamic strength, muscle thickness, electromyographic activity, and endothelial function adaptations in young adults, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2020, 34(3): 689-698.

77. Takarada Y, Tsuruta T, Ishii N. Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion, *The Japanese Journal of Physiology*, 2004, 54(6): 585-592.

78. Yasuda T, Abe T, Sato Y, Midorikawa T, Kearns CF, Inoue K, Ryushi T, Ishii N. Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2005, 1: 65-70.

79. Nielsen JL, Aagaard P, Prokhorova TA, Nygaard T, Bech RD, Suetta C, Frandsen U. Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage, *The Journal of Physiology*, 2017, 595(14): 4857-4873.

80. Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion, *Journal of Applied Physiology*, 2000, 88(1): 61-65.

81. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health, *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 2009, 37(2): 78-85.

82. Hasani M, Karimi M, Sharifian M. 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*, 2018, 2(1): 18-29.

83. Reeves GV, Kraemer RR, Hollander DB, Clavier J, Thomas C, Francois M, Castracane VD. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion, *Journal of Applied Physiology*, 2006, 101(6): 1616-1622.

84. Kawada S, Tachi C, Ishii N. Content and localization of myostatin in mouse skeletal muscles during aging, mechanical unloading and reloading, J*ournal of Muscle Research Cell Motility*, 2001, 22(8): 627-633.

85. Tortoriello DV, Sidis Y, Holtzman DA, Holmes WE, Schneyer AL. Human follistatin-related protein: a structural homologue of follistatin with nuclear localization, *Endocrinology*, 2001, 142(8): 3426-3434.

86. Bagheri R, Rashidlamir A, Attarzadeh Hosseini SR. 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*, 2018, 12(6): 28-33.

87. Rolnick N, Schoenfeld BJ. Blood flow restriction training and the physique athlete: a practical research-based guide to maximizing muscle size, *Strength & Conditioning Journal*, 2020, 42(5): 22-36.

88. Yanagisawa O, Fukutani A. Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on intramuscular hemodynamics, oxygenation level and water content, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2017, 58(6): 793-801.

89. Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2010, 24(10): 2857-2872.

90. Lang F. Mechanisms and significance of cell volume regulation, *Journal of The American College of Nutrition*, 2007, 26(5): 613-623.

91. Nielsen JL, Aagaard P, Bech RD, Nygaard T, Hvid LG, Wernbom M, Suetta C, Frandsen U. Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction, *The Journal of Physiology*, 2012, 590(17): 4351-4361.

92. Ilett MJ, Rantalainen T, Keske MA, May AK, Warmington SA. The effects of restriction pressures on the acute responses to blood flow restriction exercise, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 1018.

93. Reis JF, Fatela P, Mendonca GV, Vaz JR, Valamatos MJ, Infante J, MilHomens P, Alves FB. Tissue oxygenation in response to different relative levels of blood-flow restricted exercise, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 407.

94. Copithorne DB, Rice CL. The effect of blood flow occlusion during acute low-intensity isometric elbow flexion exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 2019, 119(3): 587-595.

95. Wernbom M, Aagaard P. Muscle fibre activation and fatigue with low- load blood flow restricted resistance exercise-An integrative physiology review, *Acta Physiologica*, 2020, 228(1): e13302.

96. Fujita S, Abe T, Drummond MJ, Cadenas JG, Dreyer HC, Sato Y, Volpi E, Rasmussen BB. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis, *Journal of Applied Physiology*, 2007, 103(3): 903-910.

97. Kawada S, Ishii N. Changes in skeletal muscle size, fibre-type composition and capillary supply after chronic venous occlusion in rats, *Acta Physiologica*, 2008, 192(4): 541-549.

98. Ersoy G. *Fiziksel Uygunluk Spor ve Beslenme ile İlgili Temel Öğretiler*, 2. Baskı. Ankara, Ata Ofset Matbaacılık, 2016.

99. Gundermann DM, Walker DK, Reidy PT, Borack MS, Dickinson JM, Volpi E, Rasmussen BB. Activation of mTORC1 signaling and protein synthesis in human muscle following blood flow restriction exercise is inhibited by rapamycin, *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 2014, 306(10): 1198-1204.

100. Aufricht C. Heat-shock protein 70: molecular supertool, *Pediatric Nephrology*, 2005, 20(6): 707-713.

101. Petrof EO, Ciancio MJ, Chang EB. Role and regulation of intestinal epithelial heat shock proteins in health and disease, *Chinese Journal of Digestive Diseases*, 2004, 5(2): 45-50.

102. Moseley P. Stress proteins and the immune response, *Immunopharmacology*, 2000, 48(3): 299-302.

103. Pockley AG. Heat shock proteins in health and disease: therapeutic targets or therapeutic agents, *Expert Reviews in Molecular Medicine*, 2001, 3(23): 1-21.

104. Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, Timmerman KL, Fujita S, Abe T, Dhanani S, Volpi E, Rasmussen BB. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men, *Journal of Applied Physiology*, 2010, 108(5): 1199-1209.

105. Kawada S, Ishii N. Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2005, 37(7): 1144-1150.

106. de Queiros VS, Dantas M, Neto GR, da Silva LF, Assis MG, Almeida-Neto P F, Dantas SPM, Cabral BGAT. Application and side effects of blood flow restriction technique: a cross-sectional questionnaire survey of professionals, *Medicine*, 2021, 100(18): e25794.

107. Cook CJ, Kilduff LP, Beaven CM. Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, 9(1): 166-172.

108. Behringer M, Behlau D, Montag JC, McCourt ML, Mester J. Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2017, 31(9): 2462-2472.

109. Bjørnsen T, Wernbom M, Løvstad A, Paulsen G, D'Souza RF, Cameron-Smith D, Flesche A, Hisdal J, Berntsen S, Raastad T. Delayed myonuclear addition, myofiber hypertrophy, and increases in strength with highfrequency low-load blood flow restricted training to volitional failure, *Journal of Applied Physiology*, 2019, 126(3): 578-592.

110. Razeke MK, Iri AR, Amani AR. Effect of five weeks of plyometric training in lower limb with and without blood flow restriction on anaerobic power, muscle strength, agility, speed, limb circumference, body composition in young male volleyball players, *In International Conference of Sport Science-AESA*, 2020, 3: 20.

111. Pişkin NE, Aktuğ ZB, İbiş S, Aka H. 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*, 2022, 19(1): 69-83.

112. Loenneke JP, Wilson JM., Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training, *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 2011, 21(4), 510-518.

113. da Cunha Nascimento D, Petriz B, da Cunha Oliveira S, Vieira DCL, Funghetto SS, Silva AO, Prestes J. Effects of blood flow restriction exercise on hemostasis: a systematic review of randomized and non-randomized trials, *International Journal of General Medicine*, 2019, 12: 91-100.

114. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, CiriloSousa M S. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress, *Journal of Sports Sciences*, 2018, 36(1): 104-110.

115. Amorim S, Gaspar AP, Degens H, Cendoroglo MS, de Mello Franco FG, RittiDias RM, Cucato GG, Rolnick N, Janot de Matos LDN. 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 and Disease*, 2022, 16(9): 85.

116. Margovsky AI, Lord RSA, Chambers AJ. The effect of arterial clamp duration on endothelial injury: an experimental study, *Australian and New Zealand journal of surgery*, 1997, 67(7): 448-451.

117. Fujita T, Brechue WF, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow, *International Journal of KAATSU Training Research*, 2008, 4(1): 1-8.

118. Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, Morrison S. Blood flow restriction training, *Journal of Athletic Training*, 2021, 56(9): 937-944.

119. Behringer M, Behlau D, Montag JC, McCourt ML, Mester J. Lowintensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2017, 31(9): 2462-2472.

120. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bemben MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis, *European Journal of Applied Physiology*, 2012, 112(5): 1849-1859.

121. Park S, Kim JK, Choi HM, Kim HG, Beekley MD, Nho H. Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes, *European Journal of Applied Physiology*, 2010, 109(4): 591-600.

122. Akkoç O, Gözübüyük ÖB. Klasik hipertrofi ile kan akışı sınırlandırılarak yapılan antrenmanların kas kuvveti ve kalınlığı açısından karşılaştırılması, *Spor Bilimleri Dergisi*, 2019, 30(4): 158-167.

123. Sieljacks P, Degn R, Hollaender K, Wernbom M, Vissing K. Non-failure blood flow restricted exercise induces similar muscle adaptations and less discomfort than failure protocols, *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 2019, 29(3): 336-347.

124. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Sherk VD, Thiebaud RS, Abe T, Bemben DA, Bemben MG. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 2011, 112(8): 2903-2912.

125. Weatherholt AM, VanWye WR, Lohmann J, Owens JG. The effect of cuff width for determining limb occlusion pressure: a comparison of blood flow restriction devices, *International Journal of Exercise Science*, 2019, 12(3), 136-143.

126. Noordin S, McEwen JA, Kragh Jr CJF, Eisen A, Masri BA. Surgical tourniquets in orthopaedics, *The Journal of Bone Joint Surgery*, 2009, 91(12): 2958-2967.

127. Spitz RW, Chatakondi RN, Bell ZW, Wong V, Dankel SJ, Abe T, Loenneke J P. The impact of cuff width and biological sex on cuff preference and the perceived discomfort to blood-flow-restricted arm exercise, *Physiological Measurement*, 2019, 40(5): 055001.

128. Bell ZW, Dankel SJ, Spitz RW, Chatakondi RN, Abe T, Loenneke JP. The perceived tightness scale does not provide reliable estimates of blood flow restriction pressure, *Journal of Sport Rehabilitation*, 2019, 29(4): 516-518.

129. Hughes L, Jeffries O, Waldron M, Rosenblatt B, Gissane C, Paton B, Patterson, SD. Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions, *PeerJ*, 2018, 6: e4697.

130. Manimmanakorn A, Hamlin MJ, Ross JJ, Taylor R, Manimmanakorn N. Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2013, 16(4): 337-342.

131. Biazon T, Ugrinowitsch C, Soligon SD, Oliveira RM, Bergamasco JG, Borghi-Silva A, Libardi CA. The association between muscle deoxygenation and muscle hypertrophy to blood flow restricted training performed at high and low loads, *Frontiers in Physiology*, 2019, 446.

132. Hill EC, Housh TJ, Keller JL, Smith CM, Anders JV, Schmidt RJ, Johnson G. O, Cramer JT. Low-load blood flow restriction elicits greater concentric strength than non-blood flow restriction resistance training but similar isometric strength and muscle size, *European Journal of Applied Physiology*, 2020, 120(2): 425-441.

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

134. Luebbers PE, Fry AC, Kriley LM, Butler MS. The effects of a 7- week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2014, 28(8): 2270-2280.

135. Barbosa JBN, Maia TO, Alves PS, Bezerra SD, Moura ECSC, Medeiros AIC, Fuzari HKB, Rocha LG, Marinho PEM. Does blood flow restriction training increase the diameter of forearm vessels in chronic kidney disease patients? a randomized clinical trial, *The Journal of Vascular Access*, 2018, 19(6): 626-633.

136. Christiansen D, Murphy RM, Bangsbo J, Stathis CG, Bishop DJ. Increased FXYD1 and PGC-1 a mRNA after blood flow-restricted running is related to fibre type-specific AMPK signalling and oxidative stress in human muscle, *Acta Physiologica*, 2018, 223(2): e13045.

137. Early KS, Rockhill M, Bryan A, Tyo B, Buuck D, McGinty J. Effect of blood flow restriction training on muscular performance, pain and vascular function, *International Journal of Sports Physical Therapy*, 2020, 15(6): 892-900.

138. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, Abe T, Nielsen JL, Libardi CA, Laurentino G, Neto GR, Brandner C, MartinHernandez J, Loenneke JP. Blood flow restriction exercise: considerations of methodology, application, and safety, *Frontiers in Physiology*, 2019, 533.

139. Loenneke JP, Kearney ML, Thrower AD, Collins S, Pujol TJ. The acute response of practical occlusion in the knee extensors, *The Journal of Strength Conditioning Research*, 2010, 24(10): 2831-2834.

140. Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M, Tricoli V. Effects of strength training and vascular occlusion, *International Journal of Sports Medicine*, 2008, 29(8): 664-667.

141. Buckner SL, Jessee MB, Dankel SJ, Mattocks KT, Mouser JG, Bell ZW, Abe T, Bentley JP, Loenneke JP. Blood flow restriction does not augment low force

contractions taken to or near task failure, *European Journal of Sport Science*, 2020, 20(5): 650-659.

142. Neto GR, Santos HH, Sousa JB, Júnior AT, Araújo JP, Aniceto RR, Sousa MS. Effects of high-intensity blood flow restriction exercise on muscle fatigue, *Journal of Human Kinetics,* 2014, 41: 163-172.

143. Farup J, De Paoli F, Bjerg K, Riis S, Ringgard S, Vissing K. Blood flow restricted and traditional resistance training performed to fatigue produce equal muscle hypertrophy, *Scandinavian Journal of Medicine Science in Sports*, 2015, 25(6): 754-763.

144. Umbel JD, Hoffman RL, Dearth DJ, Chleboun GS, Manini TM, Clark BC. Delayed-onset muscle soreness induced by low-load blood flowrestricted exercise, *European Journal of Applied Physiology*, 2009, 107(6): 687-695.

145. Næss TC. Determining the optimal blood flow restriction protocol for maximising muscle hypertrophy and strength, pressure and cuff width: A mini-review, *Journal of Human Sport and Exercise*, 2021, 16(4): 752-759.

146. Murray J, Bennett H, Boyle T, Williams M, Davison K. Approaches to determining occlusion pressure for blood flow restricted exercise training: Systematic review, *Journal of Sports Sciences*, 2021, 39(6), 663-672.

147. McEwen JA, Owens JG, Jeyasurya J. Why is it crucial to use personalized occlusion pressures in blood flow restriction (BFR) rehabilitation, *Journal of Medical and Biological Engineering*, 2019, 39: 173-177.

148. Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Counts BR, Abe T, Loenneke JP. The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: Implications for blood flow restriction research, *Sports Medicine*, 2016, 46(6): 913-921.

149. Kamış O, Aydos L. Resistance exercise with blood flow restriction: a novel training technique to maximize strength and hypertrophy: a brief review, *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi*, 2022, 14(2): 215-219.

150. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii, N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans *Journal of Applied Physiology*, 2000, 88: 2097-2106.

151. Aytaç T. Aktivasyon Sonrası Potansiyasyonun Yön Değiştirme Performansına Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 2020.

152. Blazevich AJ, Babault N. Post-activation Potentiation (PAP) versus post-activation performance enhancement (PAPE) in Humans: historical perspective, underlying mechanisms, and current issues, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 1359.

153. Sarı C. Elektromyostimülasyon ve Yüksek Şiddetli Direnç Egzersizinin Post-Aktivasyon Potansiyel (PAP) Üzerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara: Ankara Üniversitesi, 2021.

154. Bishop D, Middleton G. Effects of static stretching following a dynamic warmup on speed, agility and power, *Journal of Human Sport and Exercise*, 2013, 8(2): 391-440.

155. Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, 24(1): 140-148.

156. Chiu LZ, Fry AC, Weiss LW, Schilling BK, Brown LE, Smith SL. Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003, 17(4): 671-677.

157. Çetin A. Aktivasyon Sonrası Potansiyasyonun Sürat Performansına Etkisinin Sirkadiyen Ritme Göre İncelenmesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 2022.

158. Aslan S.F. Artistik Cimnastikçilerde Atlama Masası Aletinde Yapılan Elle Aşma Hareketine ve Alt Ekstremite Anaerobik Güç Performansına Post Aktivasyon Potansiyelinin Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Bolu: Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2019.

159. Till KA, Cooke C. The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009, 23(7): 1960-1967.

160. Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities, *Sports Medicine*, 2009, 39: 147-166.

161. Robbins DW. Postactivation potentiation and its practical applicability, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2005, 19(2): 453-458.

162. Sale DG. Postactivation potentiation: role in human performance, *Exercise and sport sciences reviews*, 2002, 30(3): 138-143.

163. Sönmez Ç. Farklı Ön Yüklemeli Pliometrik Egzersizlerle Uygulanan Aktivasyon Sonrası Potansiyasyonun Sürat Performansına Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi, 2020.

164. Seitz LB, Haff GG. Application of methods of inducing postactivation potentiation during the preparation of rugby players, *Strength and Conditioning Journal*, 2015, 37(1): 40-9.

165. Garnett R, O'donovan M, Stephens J, Taylor A. Motor unit organization of human medial gastrocnemius, *The Journal of Physiology*. 1979, 287(1): 33-43.

166. Sert V. Post Aktivasyon Potansiyelinin Futbolcularda Performans Üzerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora tezi, Düzce: Düzce Üniversitesi, 2020.

167. Hamada T, Sale DG, MacDougall JD, Tarnopolsky MA. Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles, *Journal of applied physiology*, 2000, 88(6): 2131-2137.

168. French DN, Kraemer WJ, Cooke CB. Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2003, 17(4): 678-685.

169. Mcbride JM, Nimphius S, Erickson TM. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2005, 19(4): 893-897.

170. Weber KR, Brown LE, Coburn JW and Zinder SM. Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2008, 22(3): 726-730.

171. Mitchell CJ, Sale DG. Enhancement of jump performance after a 5 RM squat is associated with postactivation potentiation, *European Journal of Applied Physiology*, 2011, 111(8): 1957-1963.

172. Cochrane DJ, Stannard SR, Firth EC, Rittweger J. Acute whole-body vibration elicits post-activation potentiation, *European Journal of Applied Physiology*, 2010, 108(2): 311-319.

173. Jordan M, Norris S, Smith D, Herzog W. Acute effects of whole-body vibration on peak isometric torque, muscle twitch torque and voluntary muscle activation of the knee extensors, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2010, 20(3): 535-540.

174. Baudry S, Klass M, Duchateau J. Postactivation potentiation of short tetanic contractions is differently influenced by stimulation frequency in young and elderly adults, *European Journal of Applied Physiology*, 2008, 103(4): 449-459.

175. Hendekci D. Genç Futbolcularda İzoinersiyal Dirençle Yapılan Squat Egzersizinin Post Aktivasyon Potansiyeli Etkisinin İncelenmesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Giresun: Giresun Üniversitesi, 2022.

176. Requena B, Gapeyeva H, García I, Ereline J, Pääsuke M. Twitch potentiation after voluntary versus electrically induced isometric contractions in human knee extensor muscles, *European Journal of Applied Physiology*, 2008, 104(3): 463-472.

177. Naclerio F, Chapman M, Larumbe-Zabala E, Massey B, Neil A, Triplett TN. Effects of three different conditioning activity volumes on the optimal recovery time for potentiation in college athletes, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015, 29(9): 2579-2585.

178. Lima LC, Oliveira FB, Oliveira TP, Assumpcao CO, Greco CC, Cardozo AC, Denadai BS. Postactiation potentiation biases maximal ısometric strength assessment, *BioMed Research International*, 2014, 1-7.

179. Hodgson M, Docherty D, Robbins D. Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance, *Sports Medicine*, 2005, 35(7): 585-595.

180. Suchomel TJ, Lamont HS, Moir GL. Understanding vertical jump potentiation: A deterministic model, *Sports Medicine*, 2016, 46(6): 809-828.

181. Szczesna D. Regulatory light chains of striated muscle myosin. Structure, function and malfunction, *Curr Drug Targets Cardiovasc Haematol Disord*, 2003, 3(2): 187-197.

182. Manning DR, Stull JT. Myosin light chain phosphorylation-dephosphorylation in mammalian skeletal muscle, *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 1982, 242(3): C234-C241.

183. Levine RJ, Chantler PD, Kensler RW, Woodhead JL. Effects of phosphorylation by myosin light chain kinase on the structure of Limulus thick filaments, *The Journal of Cell Biology*, 1991, 113(3): 563-572.

184. Szczesna D, Zhao J, Jones M, Zhi G, Stull J, Potter JD. Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca2+ sensitivity of skeletal muscle contraction, *Journal of Applied Physiology*, 2002, 92(4): 1661-1670.

185. Güllich A, Schmidtbleicher D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force, *New Studies in Athletics*, 1996, 11: 67-84.

186. Trimble MH, Harp SS. Postexercise potentiation of the H-reflex humans, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 1998, 30: 933-941.

187. Zehr PE. Considerations for use of the Hoffmann reflex in exercise studies, *European Journal of Applied Physiology*, 2002, 86: 455-468.

188. Gołaś A, Maszczyk A, Zajac A, Mikołajec K, Stastny P. Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports, *Journal of Human Kinetics*, 2016, 52(1): 95-106.

189. Fukunaga T, Ichinose Y, Ito M, Kawakami Y, Fukashiro S. Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo, *Journal of Applied Physiology*, 1997, 82(1): 354-358.

190. Folland JP, Williams AG. Morphological and neurological contributions to increased strength, *Sports Medicine*, 2007, 37(2): 145-168.

191. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Effects of repeated muscle contractions on the tendon structures in humans, *European Journal of Applied Physiology*, 2001, 84(1-2): 162-166.

192. Arias JC, Coburn JW, Brown LE, Galpin AJ. The acute effects of heavy deadlifts on vertical jump performance in men, *Sports*, 2016, 4(2): 22.

193. Bauer P, Sansone P, Mitter B, Makivic B, Seitz LB, Tschan H. Acute effects of back squats on countermovement jump performance across multiple sets of a contrast training protocol in resistance-trained men, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2019, 33(4): 995-1000.

194. Bevan HR, Cunningham DJ, Tooley EP, Owen NJ, Cook CJ, Kilduff LP. Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(3): 701-705.

195. Seitz LB, Haff GG. Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis, *Sports Medicine*, 2016, 46(2): 231-240.

196. Donti O, Tsolakis C, Bogdanis GC. Effects of baseline levels of flexibility and vertical jump ability on performance following different volumes of static stretching and potentiating exercises in elite gymnasts, *Journal of Sports Science and Medicine*, 2014, 13: 105-113.

197. Hall E, Bishop DC, Gee TI. Effect of plyometric training on handspring vault performance and functional power in youth female gymnasts, *PloS One*, 2016, 11(2): e0148790.

198. Matthews MJ, Comfort P, Crebin R. Complex training in ıce hockey: the effects of a heavy resisted sprint on subsequent ıce-hockey sprint performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, 24(11): 2883-2887.

199. Hancock AP, Sparks KE, Kullman EL. Postactivation potentiation enhances swim performance in collegiate swimmers, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015, 29(4): 912-917.

200. Kilduff LP, Bevan HR, Kingsley MI, Owen NJ, Bennett MA, Bunce PJ, Hore AM, Maw JR, Cunningham DJ. Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 21(4): 1134.

201. McCann MR, Flanagan SP. The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(5): 1285-1291.

202. Arabatzi F, Patikas D, Zafeiridis A, Giavroudis K, Kannas T, Gourgoulis V, Kotzamanidis CM. The post-activation potentiation effect on squat jump performance: Age and sex effect, *Pediatric Exercise Science*, 2014, 26(2): 187-194.

203. Bottinelli R, Pellegrino M, Canepari M, Rossi R, Reggiani C. Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: an in vitro study, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1999, 9(2): 87-95.

204. Karaday E. Genç Futbolcularda Isınmada Farklı Yüklerde Yapılan Ön Yüklenmenin Aktif Sıçrama ve Sprint Performansı Üzerine Akut Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, 2018.

205. Chiu LZ, Barnes JL. The fitness-fatigue model revisited: Implications for planning short-and long-term training, *Strength and Conditioning Journal*, 2003, 25(6): 42-51.

206. Xenofondos A, Laparidis K, Kyranoudis A, Galazoulas C, Bassa E, Kotzamanidis C. Post-activation potentiation: Factors affecting it and the effect on performance, *Journal of Physical Education & Sport/Citius Altius Fortius*, 2010, 28(3): 32-38.

207. Seitz LB, de Villarreal ES, Haff GG. The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, 28(3): 706-715.

208. Gouvêa AL, Fernandes IA, César EP, Silva WAB, Gomes PSC. The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on postactivation potentiation studies, *Journal of Sports Sciences*, 2013, 31(5): 459-467.

209. Smith CE, Hannon JC, McGladrey B, Shultz B, Eisenman P, Lyons B. The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance, *Human Movement*, 2014, 15(1): 36-44.

210. Carter J, Greenwood M. Complex training reexamined: Review and recommendations to improve strength and power, *Strength and Conditioning Journal*, 2014, 36(2): 11-19.

211. Sale D. Postactivation potentiation: role in performance, *British Journal of Sports Medicine*, 2004, 38(4): 386-387.

212. Meylan C, Malatesta D. Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players, *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, 23(9): 2605-2613.

213. Rassier D, Macintosh B. Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 2000, 33(5): 499-508.

214. Chatzopoulos DE, Michailidis CJ, Giannakos AK, Alexiou KC, Patikas DA, Antonopoulos CB, Kotzamanidis CM. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007, 21(4): 1278-1281.

215. Armaneri Ö, Armaneri S. Çapraz tasarımın klinik araştırmalarda uygulanması, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2006, 8(3): 51-64.

216. Kuehl RO. *Design of Experiments: Statistical Principles of Research Design and Analysis*, 2nd ed. California, Duxbury Press, 2000: 56-58.

217. Ebben WP, Petushek EJ. Using the reactive strength index modified to evaluate plyometric performance, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, 24(8): 1983-1987.

218. Cerqueira MS, Costa EC, Santos Oliveira R, Pereira R, Brito Vieira WH. Blood flow restriction training: to adjust or not adjust the cuff pressure over an intervention period, *Frontiers in Physiology*, 2021, 12: 678407.

219. Kambič T, Novaković M, Tomažin K, Strojnik V, Jug B. Blood flow restriction resistance exercise improves muscle strength and hemodynamics, but not vascular function in coronary artery disease patients: a pilot randomized controlled trial, *Frontiers in Physiology*, 2019, 10: 656.

220. Rossow LM, Fahs CA, Loenneke JP, Thiebaud RS, Sherk VD, Abe T, Bemben MG. Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2012, 32(5): 331-337.

221. Laurentino GC, Loenneke JP, Mouser JG, Buckner SL, Counts BR, Dankel SJ, Jessee MB, Mattocks KT, Iared W, Tavares LD, Teixeira EL, Tricoli V. Validity of the handheld Doppler to determine lower-limb blood flow restriction pressure for exercise protocols, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2020, 34(9): 2693-2696.

222. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, Tricoli V, Roschel H. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction, *European Journal of Applied Physiology*, 2015, 115: 2471-2480.

223. Clarkson MJ, May AK, Warmington SA. Is there rationale for the cuff pressures prescribed for blood flow restriction exercise? A systematic review, *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 2020, 30(8): 1318-1336.

224. Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, Nakajima T. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults, *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 2010, 33(1): 34-40.

225. Bezerra de Morais AT, Santos Cerqueira M, Moreira Sales R, Rocha T, Galvão de Moura Filho A. Upper limbs total occlusion pressure assessment: Doppler ultrasound reproducibility and determination of predictive variables, *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 2017, 37(4): 437-441.

226. Loenneke JP, Allen KM, Mouser JG, Thiebaud RS, Kim D, Abe T, Bemben MG. Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure, *European Journal of Applied Physiology*, 2015, 115: 397-405.

227. Pancar Z, Biçer M, Özdal M. 12-14 yaş grubu bayan hentbolculara uygulanan 8 haftalık plïometrïk antrenmanların seçïlmiş bazı kuvvet parametrelerine etkisi, *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 2018, 9(1): 18-25.

228. Işıldak K. Pliometrik antrenmanların çabukluk, dikey sıçrama ve durarak uzun atlama performansı üzerine etkisi, *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 2020, 3(1): 36-44.

229. Guerra AM, Caldas CL, Souza LH, Tallis J, Duncan JM, Guimarães-Ferreira L. The effects of physical fitness on postactivation potentiation in professional soccer athletes, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2022, 36(6): 1643-1647.

230. de Villarreal ES, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance, *European Journal of Applied Physiology*, 2007, 100: 393-401.

231. Tobin DP, Delahunt E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, 28(2): 367-372.

232. Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. Interaction of step length and step rate during sprint running, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2004, 36(2): 261-271.

233. Macadam P, Cronin JB, Simperingham KD. The effects of wearable resistance training on metabolic, kinematic and kinetic variables during walking, running, sprint running and jumping: A systematic review, *Sports Medicine*, 2017, 47 (5): 887-906.

234. Faigenbaum AD, McFarland JE, Schwerdtman JA, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Dynamic warm-up protocols, with and without a weighted vest, and fitness performance in high school female athletes, *Journal of Athletic Training*, 2006, 41(4): 357.

235. Thompsen AG, Kackley T, Palumbo MA, Faigenbaum AD. Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2007, 21(1): 52-56.

236. Eryiğit H. Diyet Asit Yükünün Anaerobik Performans Üzerine Akut Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenman ve Hareket Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi, Denizli: Pamukkale Üniversitesi, 2020.

237. Ferguson CJ. An effect size primer: a guide for clinicians and researchers, *Professional Psychology: Research and Practice*, 2009, 40(5): 532-538.

238. Ulupınar S, İnce İ. Spor bilimlerinde etki büyüklüğü ve alternatif istatistik yaklaşımları, *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2021, 19(1): 1-17.

239. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science, *Medicine+ Science in Sports+ Exercise*, 2009, 41(1): 3.

240. Isik O, Ersoz Y, Pazan M, Ocak Y. The effect of motivational music on wingate anaerobic test performance, *Journal of Human Sciences*, 2015, 12(2): 513-520.

241. Isik O, Dogan I. Effects of bilateral or unilateral lower body resistance exercises on markers of skeletal muscle damage, *Biomedical Journal*, 2018, 41(6): 364-368.

242. Bevan HR, Owen NJ, Cunningham DJ, Kingsley MI, Kilduff LP. Complex training in professional rugby players: Influence of recovery time on upper-body power output, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009, 23(6): 1780-1785.

243. Comyns TM, Harrison AJ, Hennessy LK. Effect of squatting on sprinting performance and repeated exposure to complex training in male rugby players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010, 24(3): 610-618.

244. DeRenne C. Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief review, *Strength & Conditioning Journal*, 2010, 32(6): 58-64.

245. Crewther BT, Kilduff LP, Cook CJ, Middleton MK, Bunce PJ, Yang GZ. The acute potentiating effects of back squats on athlete performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2011, 25(12): 3319-3325.

246. Okuno NM, Tricoli V, Silva SB, Bertuzzi R, Moreira A, Kiss MA. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(3): 662-668.

247. Seitz LB, Trajano GS, Haff GG. The back squat and the power clean: Elicitation of different degrees of potentiation, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2014, 9(4): 643-649.

248. Byrne PJ, Kenny J, O'Rourke B. Acute potentiating effect of depth jumps on sprint performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014, 28(3): 610-615.

249. Evetovich TK, Conley DS, McCawley PF. Postactivation potentiation enhances upper-and lower-body athletic performance in collegiate male and female athletes, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2015, 29(2): 336-342.

250. Sanchez-Sanchez J, Rodriguez A, Petisco C, Ramirez-Campillo R, Martínez C, Nakamura FY. Effects of different post-activation potentiation warm-ups on repeated sprint ability in soccer players from different competitive levels, *Journal of Human Kinetics*, 2018, 61: 189.

251. Byrne PJ, Moody JA, Cooper SM, Callanan D, Kinsella S. Potentiating response to drop-jump protocols on sprint acceleration: drop-jump volume and intrarepetition recovery duration, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2020, 34(3): 717-727.

252. Lim JJ, Kong PW. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(10): 2730-2736.

253. Kopp K, DeBeliso M. Post-Activation potentiation of a back squat to Romanian deadlift superset on vertical jump and sprint time, *International Journal of Sports Science*, 2017, 7(2): 34-36.

254. Carbone L, Garzón M, Chulvi-Medrano I, Bonilla D, Alonso D, Benítez-Porres J, Petro JL, Vargas-Molina S. Effects of heavy barbell hip thrust vs back squat on subsequent sprint performance in rugby players, *Biology of Sport*, 2020, 37(4): 325-331.

255. Boullosa D, Beato M, Iacono AD, Cuenca-Fernández F, Doma K, Schumann M, Zagatto AM, Loturco I, Behm DG. A new taxonomy for postactivation potentiation in sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2020, 15(8): 1197-1200.

256. Krzysztofik M, Wilk M. The effects of plyometric conditioning on post-activation bench press performance, *Journal of Human Kinetics*, 2020, 74: 99.

257. Krzysztofik M, Wilk M, Filip A, Zmijewski P, Zajac A, Tufano JJ. Can post-activation performance enhancement (PAPE) improve resistance training volume during the bench press exercise, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(7): 2554.

258. Blagrove RC, Howatson G, Hayes PR. Use of loaded conditioning activities to potentiate middle-and long-distance performance: a narrative review and practical applications, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2019, 33(8): 2288-2297.

259. MacIntosh BR, Taub EC, Dormer GN, Tomaras EK. Potentiation of isometric and isotonic contractions during high-frequency stimulation, *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 2008, 456: 449-458.

260. West DJ, Cunningham DJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP. Influence of ballistic bench press on upper body power output in professional rugby players, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2013, 27(8): 2282-2287.

261. Lauber B, König D, Gollhofer A, Centner C. Isometric blood flow restriction exercise: acute physiological and neuromuscular responses, *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 2021, 13(1): 1-9.

262. Cleary CJ, Cook SB. Postactivation potentiation in blood flow–restricted complex training, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2020, 34(4): 905-910.

8. EKLER

EK-1. Sporcu Bilgi ve Ölçüm Formu

Değerli Katılımcı, aşağıdaki soru ve testlerden toplanan veriler, kan akışı kısıtlamalı pliometrik sıçramalar ile uygulanan farklı ön yüklenme protokollerinin sprint performansına aktivasyon sonrası potansiyasyon etkilerini incelemek amaçlı bilimsel bir araştırma için kullanılacaktır. Sporcu bilgi ve ölçüm formunuzda boş alan kalmamasına ve tüm ölçümlerinizin tamamladığına dikkat ediniz. Sporcu bilgi ve ölçüm formunun tamamen dolduğundan emin olduktan sonra araştırmacıya teslim edebilirsiniz. Desteğiniz için çok teşekkür ederim.

Arş. Gör. Seyfullah ÇELİK
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Spor Bilimleri Fakültesi

ADI SOYADI: CİNSİYET:

DOĞUM TARİHİ: YAŞI:

BRANŞI: SPOR YAŞI:

BOY (cm): KİLO (kg):

VÜCUT YAĞ YÜZDESİ: VKİ:

UZUV OKLÜZYON BASINCI (LOP): PLOP (LOP %80'i):

Bilinen kas-iskelet yaralanmanız var mı? (yuvarlak içerisine alınız/varsa açıklayınız)
EVET / HAYIR …….....

Kardiyovasküler bir rahatsızlığınız var mı? (yuvarlak içerisine alınız/varsa açıklayınız)
EVET / HAYIR ……..…….....

KAK-P: Kan Akışı Kısıtlamalı Pliometrik Sıçramalar		
TESTLER/ÖLÇÜMLER	Ön Test	Son Test
10 Metre Sprint (sn)		
20 Metre Sprint (sn)		
AP: Ağırlık Yeleği ile Pliometrik Sıçramalar		
TESTLER/ÖLÇÜMLER	Ön Test	Son Test
10 Metre Sprint (sn)		
20 Metre Sprint (sn)		
KAK-AP: Kan Akışı Kısıtlamalı ve Ağırlık Yeleği ile Pliometrik Sıçramalar		
TESTLER/ÖLÇÜMLER	Ön Test	Son Test
10 Metre Sprint (sn)		
20 Metre Sprint (sn)		