

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPORCU SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

**KADIN SPORCULARDA NORDİK HAMSTRİNG
EGZERSİZİNİN SPRINT KOŞUSU VE KUVVET-HIZ
PROFİLİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Öğrencinin
Yusuf ALADAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

2023-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPORCU SAĞLIĞI ANABİLİM DALI

KADIN SPORCULARDA NORDİK HAMSTRİNG
EGZERSİZİNİN SPRINT KOŞUSU VE KUVVET-HIZ
PROFİLİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Öğrencinin
Yusuf ALADAĞ

YÜKSEK LİSANS

DANIŞMAN
Doç. Dr. Emel Çetin ÖZDOĞAN

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2023-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Sporcu Sağlığı Anabilim Dalı Sporcu Sağlığı Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. .../...../.....

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Emel ÇETİN ÖZDOĞAN
Akdeniz Üniversitesi

.....

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı)
(Üniversite)

.....

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı)
(Üniversite)

.....

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı)
(Üniversite)

.....

Üye :
(Ünvanı, Adı Soyadı)
(Üniversite)

.....

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Öğrencinin
Yusuf ALADAĞ
İmza

Tez Danışmanı
Doç.Dr. Emel ÇETİN ÖZDOĞAN
İmza

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitim sürecinin başından bu çalışmanın sonuçlanmasına kadar geçen süreçte bütün bilgi ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan, öğreten ve öğretmekten keyif alan, bu akademik yola çıkmamı sağlayan sayın danışmanım Doç. Dr. Emel ÇETİN ÖZDOĞAN'a çok teşekkür ederim.

Eğitim sürecim boyunca bilgilerini esirgemeyen çok kıymetli Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinden Sn. Prof. Dr. Abdurrahman AKTOP, Sn. Prof. Dr. Y. Gül ÖZKAYA, Sn. Prof. Dr. Alpay GÜVENÇ, Sn. Doç. Dr. K. Alparslan ERMAN, Sn. Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU, Sn. Dr. Öğr. Üyesi Neşe TOKTAŞ hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Kendimizi geliştirmemiz, bilimden faydalanmamız ve elde ettiğimiz bilgilerle sporcularımıza daha faydalı olabilmemiz adına bize ilk günden itibaren destek olan ve bize sınırsız imkan sunan il müdürlerimiz Sn. Prof. Dr. Burhanettin HACICAFEROĞLU ve Sn. Yavuz GÜRHAN'na teşekkür ederim.

Üniversiteye başladığımdan itibaren hayatımın her aşamasında hiçbir desteğini esirgemeyen, her soruma bir çözüm bulan adımlarını takip ettiğim çok sevgili Sn. Uzm. Fzt. Ömer HEKİM'e sonsuz teşekkür ederim.

Beni bugünlere getiren, hayatım boyunca koşulsuz destekleyen, emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim annem ve babama teşekkür ederim.

Son olarak hayatın ve bu sürecin getirdiği her şeyi birlikte yaşadığım, en büyük destekçim, yol arkadaşım, sevgili eşim Serpil ALADAĞ'a çok teşekkür ederim.

ÖZET

Amaç: Nordik hamstring egzersizi (NHE) yüksek eksantrik kuvvet gereksinimi ve hamstring kaslarında ortaya çıkardığı adaptasyonlarla yaralanma önleme ve yüksek performans için antrenman programlarında kullanılan bir egzersiz modelidir. Literatürdeki çalışmaların çoğu futbol sporuyla ilgilenen erkekler üzerinde yapılmıştır. Bu projenin amacı 6 haftalık NHE protokolünün kadın sporcularda sprint performanslarını artırıp artırmayacağını, kuvvet-hız (F-V) profilini iyileştirip iyileştirmeyeceğini göstermektir.

Yöntem: Çalışmamıza Türkiye Kadınlar Hentbol Liginde profesyonel olarak mücadele eden 9 kadın sporcu (Kontrol:4, Egzersiz:5) katılmıştır. Sporcuların 30m sprint koşu ölçümleri alınmıştır. 30m sprint 5m aralıklara bölünmüş ve baştan sona video kaydına alınmıştır. Ardından 6 haftalık NHE girişimi deney grubuyla uygulanmıştır. Girişim sonrası son ölçümler alınmıştır. Sprintin 0-5m ve 5-10m aralığında Kinovea programı ile kalça diz ve take off açılarına tamamında ise MySprint programıyla F-V profiline bakılmıştır.

Bulgular: Araştırmaya katılan egzersiz grubunda girişim öncesi ve sonrası karşılaştırmalarında sprint parametrelerinden kalça açısı ve adım uzunluğu parametrelerinde anlamlı fark ortaya çıkmıştır($p<0.05$). Araştırmaya katılan girişim grubu sporcularının öncesi ve sonrası ölçümleri karşılaştırıldığında F_0 (N), F_0 (N/Kg), DRF, FV ve RF 10m koşu parametrelerinde anlamlı fark ortaya çıkmıştır($p<0.05$). Gruplar arası karşılaştırmalarda anlamlı sonuç gözlenmemiştir($p>0.05$).

Sonuç: Sonuç olarak NHE ani hızlanma gerektiren saha içi sporlarda performansı artırmaya yardımcı olmak ve F-V profilini iyileştirmek için yardımcı bir egzersiz modalitesi olarak antrenman programlarına eklenebilir.

Anahtar Kelimeler: nordik hamstring egzersizi, sprint, kuvvet-hız profili

ABSTRACT

Objective: Nordic hamstring exercise (NHE) is an exercise model used in training programs for injury prevention and high performance with its high eccentric strength requirement and adaptations in hamstring muscles. Most of the studies in the literature have been done on men who are interested in football. The aim of this project is to show whether the 6-week NHE protocol can improve sprint performance and improve the strength-velocity (F-V) profile in female athletes.

Method: 9 female athletes (Control: 4, Exercise: 5) who competed professionally in the Turkish Women's Handball League participated in our study. 30m sprint running measurements of the athletes were taken. The 30m sprint was divided into 5m intervals and videotaped from start to finish. Then, the 6-week NHE intervention was applied with the experimental group. The last measurements were taken after the intervention. In the 0-5m and 5-10m range of the sprint, the Kinovea program and the hip, knee and take-off angles were examined with the MySprint program, and the F-V profile was examined.

Results: In the exercise group participating in the study, there was a significant difference in the sprint parameters of the hip angle and stride length parameters in the comparisons before and after the intervention ($p<0.05$). When the before and after measurements of the intervention group athletes participating in the study were compared, there was a significant difference in the F0 (N), F0 (N/Kg), DRF, FV and RF 10m running parameters ($p<0.05$). No significant results were observed in the comparisons between groups ($p>0.05$).

Conclusion: As a result, NHE can be added to training programs as an auxiliary exercise modality to help improve performance and F-V profile in field sports that require rapid acceleration.

Key words: nordic hamstring exercise, sprint, force-velocity profile

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLolar DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Hamstring Anatomisi ve Mimarisi	4
2.2. Nordik Hamstring Egzersizi	4
2.3. Sprint	5
2.4. Kuvvet	6
2.5. Kuvvet-Hız-Güç (F-V-P) İlişkisi	6
3. GEREÇ ve YÖNTEM	10
3.1. Deneysel Yaklaşım	10
3.2. Araştırma Grubu	11
3.3. Uygulanan Testler	11
3.3.1. Antropometrik Ölçümler	11
3.3.2. F-V-P Profilinin Belirlenmesi	12
3.3.3. Kinematik Analiz	13
3.4. NHE uygulaması	13
3.5. İstatistiksel Analiz	14
	iii

4. BULGULAR	15
4.1. Araştırmaya dahil edilen sporcuların fiziksel özellikleri	15
4.2. Araştırmaya dahil edilen sporcuların antropometrik özellikleri	15
4.3. Araştırmaya dahil edilen sporcuların 30 m koşu değerleri	16
4.4. Araştırmaya katılan sporcuların koşu kinematik verileri	17
4.5. Araştırmaya Katılan Sporcuların F-V-P Profili	18
5. TARTIŞMA	22
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	25
KAYNAKLAR	26
ÖZGEÇMİŞ	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. F-V dengesizlik kategorileri ve % eşik değerleri	9
Tablo 4.1. KG ve EG’nda bulunan sporcuların fiziksel özellikleri	15
Tablo 4.2. KG ve EG’nda bulunan sporcuların antropometrik özellikleri	15
Tablo 4.3. Araştırmaya katılan sporcuların 30m bölünmüş koşu performans süreleri	16
Tablo 4.4.1. Araştırmaya katılan sporcuların 5m ve 10m’de θ_{d-eks} , $\theta_{k-fleks}$, $\theta_{take-off}$ değerleri	17
Tablo 4.4.2. Araştırmaya katılan sporcuların 5m ve 10m’de AU değerleri	17
Tablo 4.5. Araştırmaya katılan sporcuların F-V-P profil verileri	19

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Kasın kasılma hareketinde kısıalma hızının ve güç gelişim ilişkisi	7
Şekil3.1. Araştırmanın iş akış şeması	11
Şekil 3.2. Paralaksın düzeltilmesi için kullanılan kamera ve direklerin yerleşim şeması	12
Şekil 3.3. 6 haftalık NHE protokolü	14



SİMGELER ve KISALTMALAR

NHE	: Nordik Hamstring Egzersizi
BFub	: Biceps Femoris Uzun Başı
V Max	: Maksimum Hız
F0(N)	: Teorik Maksimum Kuvvet
V0	: Maksimum Hız Kapasitesi
Pmax (W)	: Maksimum Yatay Güç Çıkışı
DRF	: Hıza Rağmen Kuvvet Üretme Yeteneği
FV	: Kuvvet Hız Dengesizliği
RF10m	: İlk 10 Metredeki Kuvvet Oranı
RFPeak	: Sprint Başında Toplam Kuvvet Ölçümü Oranı
PA	: Pennasyon Açısı
KK	: Kas Kesiti
FU	: Fasikül Uzunluğu
θ_{d-eks}	: Diz Açısı
$\theta_{k-fleks}$	: Kalça Açısı
$\theta_{take-off}$	: Take off Açısı
AU	: Adım Uzunluğu
EMG	: Elektromiyografi

1. GİRİŞ

Birçok spor dalında performansı en iyi şekilde ortaya çıkarılmasında sprint ve sıçrama yeteneği önemli rol oynamaktadır. Bir sporcunun hızlanma kapasitesi, büyük ölçüde artan hız ile toplam kuvvet vektörüne göre yüksek bir yatay kuvvet bileşeni üretme ve sürdürme yeteneği ile belirlenirken, sıçrama yeteneği dikey sıçrama performansı ile belirlenmektedir (Lahti ve ark., 2020).

İnsan günlük yaşam aktiviteleri, kasların vücut kütlelerini veya bireysel ekstremitelerini hızlandırmak için belirli bir güç üretmesini gerektirir. Spor performansı bağlamında, yüksek miktarda güç çıkışı üretme olanağı, gerçekten seçkin sporcuları sadece iyi olanlardan ayıran özelliktir (Giroux ve ark., 2016).

Kasın kuvvet-hız (F-V) özelliği, fiziksel performansı belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle, kasın mekanik performansını belirlemek için F-V özelliklerinin uygun bir şekilde değerlendirilmesi esastır (Yamauchi ve Ishii, 2007).

İskelet kasının hem hız hem de kuvvet üretme yeteneği birlikte düşünüldüğünde F-V ilişkisi güç üretme ve bu gücü maksimum seviyeye çıkarma yeteneğini ortaya koyar. Maksimum güç (Pmax) terimi bir hareket ya da kas kasılması sırasında ortaya çıkan kuvvet ve hızın maksimum bileşimini gösterir (Newton ve Krammer, 1994).

Nordik hamstring egzersizi (NHE) saha tabanlı bir partner egzersizi olup, özel bir ekipman gerektirmedikten sahada kolayca uygulanabilir bir egzersiz modelidir. Partner, egzersiz yapanın ayaklarının yerle temas halinde olmasını sağlar ve egzersiz boyunca bireyin ayak bileklerinden baskı uygular (Van der Horst ve ark., 2015, Al Attar ve ark., 2017, Mjølunesve ark., 2004). NHE diz çökmüş bir pozisyondan öne doğru yavaşça düşerken harekete karşı direnen hamstring kaslarında eksantrik fazda yüklenmeyi en üst düzeye çıkaran, yüksek kas kuvvetini uyaran eksantrik, vücut ağırlıklı bir egzersizdir (Igave ark., 2012, Al Attar ve ark., 2017). Sporcu başlangıç konumuna geri dönmek ve hamstring kaslarındaki konsentrik kasılmayı önlemek için kolları kullanır (Mendiguchia ve ark., 2013, Van der Horst ve ark., 2015). NHE sırasında her iki diz ekleminde hamstring kas aktivasyonu, geleneksel hamstring egzersizlerine göre daha fazla eksantrik kas kuvveti

gerektirir. Gövde ve kalça kasları da büyük oranda izometrik olarak kasılır (Naroueive ark., 2018, Mjølunes ve ark., 2004). Yapılan çalışmalarda, eksantrik egzersizler için gerekli olan metabolik enerji harcamasının, konsentrik olarak yapılan aynı egzersizden yaklaşık dört kat daha düşük olduğu gösterilmiştir (Hody ve ark., 2019). NHE'nin yüksek eksantrik kuvvet gereksinimi sprint için gerekli olan yüksek eksantrik hamstring kas kuvveti ile benzerdir (Morin ve ark., 2015).

Higashihara ve ark'larının sprint sırasında yaptıkları elektromiyografi (EMG) çalışmasına göre swing fazı sonlarında ve stand fazı başlarında biceps femoris uzun başında (BFub) yoğun aktivasyon gözlenmiş ve NHE'nin sprint hızına olumlu etki edebileceği söylenmiştir. İzole NHE protokolü sprint performansı için gerekli olduğu düşünülen eksantrik hamstring kuvvetini artırır (Morin ve ark., 2015). Eksantrik hamstring egzersizleri ve pliometrik antrenmanı içeren 7 haftalık bir kuvvet antrenmanı programının, 5m sprint performansını %1,6 oranında geliştirdiği ortaya konmuştur (Mendiguchia ve ark., 2015). Krommes ve arkadaşlarının sezon öncesi uyguladıkları 10 haftalık basit bir NHE protokolünden sonra da 5m sprint performansında olumlu değişiklikler gözlenmiştir (Krommes ve ark., 2017).

Hamstringler aynı anda iki eklemden hareket ortaya çıkaran biartiküler kaslardır (Schacheve ark., 2012). NHE ile 8 haftalık protokole yanıt olarak biceps femoris uzun başının (BFub) kas yapısındaki değişiklikleri ve bunu izleyen 4 haftalık bir istirahat dönemini irdeleyen bir çalışmada, BFub'un Fasikül Uzunluğunun (FU) ve Kas kesitinin (KK) önemli bir artış ve Pennasyon Açısının (PA) önemli bir düşüşle sonuçlandığı bildirilmiştir. Ek olarak, istirahat döneminden sonra FU ve KK'da önemli bir azalma PA'da önemli bir artış bulunmuştur. (D. Alonso-Fernandez ve ark., 2017). Presland ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada özellikle 2 hafta içerisinde gelişen BFub'daki mimari değişiklikler NHE'nin kas mimarisi üzerindeki etkilerini net bir şekilde ortaya koymuştur. Tam diz ekstansiyonuna yakın pozisyonlarda BFub maksimum gerime ulaşır ve kuvvet üretme kapasitesi düşer. NHE'nin ortaya çıkardığı kas mimarisindeki değişimler bu gerime dayanmasına ve özellikle eksantrik kuvvet üretme kapasitesine katkı sağlar (Presland ve ark., 2018).

Bu nedenle çalışmanın amacı NHE'nin kısa mesafe (30 m) sprint koşu parametreleri (adım uzunluğu, take-off açısı, kalça ekstensiyon-fleksiyon açısı) ve F-V profili üzerine etkisini kinematik açıdan incelemektir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hamstring Anatomisi ve Mimarisi

Semitendinosus, semimembranosus ve biceps femoris kasları hamstring kas grubunu oluşturur. Pelvisten başlayıp arkaya doğru femur uzunluğu boyunca devam eden hamstring kaslarının biceps femoris kasının kısa başı hariç hepsi hem femoroasetabular hem de tibiofemoral eklemleri geçer. Biceps femorisin kısa başı, femoral linea aspera'nın lateral kenarından başladığı için femoroasetabular eklemi kat edemez. Biceps femorisin kısa başının aksine, diğer tüm hamstring kasları iskiyal tüberoziteden orijin alırlar. Biceps femoris ve semitendinosus kaslarının proksimal, uzun başı, iskiyal tüberositeden yaklaşık 7 cm uzanan bir aponevroz ile birbirine bağlanır. Distal hamstringler, popliteal fossanın superolateral (biceps femoris) ve superomedial (semimembranosus ve semitendinosus) sınırlarını oluşturur. Gastroknemius kası ise popliteal fossanın alt sınırını oluşturur (Rodgers ve ark., 2022).

Hamstring kasının parçası olan BFub daha kısa lifler içerir. Semimembranosus, BFub ile benzer bir kas mimarisine sahiptir. Ancak farklı yapışma yerlerinden dolayı farklı moment kollarına sahiptir (Kellis ve ark., 2018). Son araştırma bulguları hamstring kas grubu liflerinin paralel bir dizilime sahip olmadıklarını aksine kas liflerinin diziliminde farklılıklar olduğunu, aponevroza belli bir PA ile bağlandıklarını ortaya koymuştur (Kellis ve ark., 2012). PA ile ilgili literatürde farklı bilgiler mevcuttur. Örneğin BFub PA'sının 0°-28° arasında değiştiği bildirilmiştir. Benzer şekilde bazı çalışmalar BFub'un PA'sının 12°'ye kadar ulaştığını göstermiştir (Kellis ve ark., 2018, Ward ve ark., 2009).

2.2. Nordik Hamstring Egzersizi (NHE)

NHE saha tabanlı bir partner egzersizi olup, özel bir ekipman gerektirmediğinden sahada kolayca uygulanabilir bir egzersiz modelidir. Partner, egzersiz yapanın ayaklarının yerle temas halinde olmasını sağlar ve egzersiz boyunca bireyin ayak bileklerinden baskı uygular (Van der Horst ve ark., 2015, Al Attar ve ark., 2017, Mjølunes ve ark., 2004).

NHE diz çökmüş bir pozisyondan öne doğru yavaşça düşerken harekete karşı direnen hamstring kaslarında eksantrik fazda yüklenmeyi en üst düzeye çıkaran, yüksek kas kuvvetini uyaran eksantrik, vücut ağırlıklı bir egzersizdir (Iga ve ark., 2012, Al Attar ve ark., 2017). Sporcu başlangıç konumuna geri dönmek ve hamstring kaslarındaki konsantrik kasılmayı önlemek için kolları kullanır (Mendiguchia ve ark., 2013, Van der Horst ve ark., 2015).

NHE sırasında her iki diz ekleminde hamstring kas aktivasyonu, geleneksel hamstring egzersizlerine göre daha fazla eksantrik kas kuvveti gerektirir. Gövde ve kalça kasları da büyük oranda izometrik olarak kasılır (Naroueive ark., 2018, Mjølunesve ark., 2004).

Yapılan çalışmalarda, eksantrik egzersizler için gerekli olan metabolik enerji harcamasının, konsantrik olarak yapılan aynı egzersizden yaklaşık dört kat daha düşük olduğu gösterilmiştir (Hody ve ark., 2019).

NHE'nin yüksek eksantrik kuvvet gereksinimi sprint için gerekli olan yüksek eksantrik hamstring kas kuvveti ile benzerdir (Morin ve ark., 2015).

2.3. Sprint

Birçok spor dalında performansı en iyi şekilde ortaya çıkarılmasında sprint ve sıçrama yeteneği önemli rol oynamaktadır. Bir sporcunun hızlanma kapasitesi, büyük ölçüde artan hız ile toplam kuvvet vektörüne göre yüksek bir yatay kuvvet bileşeni üretme ve sürdürme yeteneği ile belirlenirken (Lahti ve ark., 2020), sıçrama yeteneği dikey sıçrama performansı ile belirlenmektedir.

İnsan günlük yaşam aktiviteleri, kasların vücut kütlelerini veya bireysel ekstremitelerini hızlandırmak için belirli bir güç üretmesini gerektirir. Spor performansı bağlamında, yüksek miktarda güç çıkışı üretme olanağı, gerçekten seçkin sporcuları sadece iyi olanlardan ayıran özelliktir (Giroux ve ark., 2016).

2.4. Kuvvet

Sporda kuvvet bir direnci yenmeye veya karşılamaya yönelik kaslar tarafından ortaya çıkarılan bir etkidir. Fizyolojik açıdan bakıldığında kasların kasılmasıyla ortaya çıkan gerilim olarak tarif edilir. Fizikte ise maddenin şeklini, konumunu ve hareketlerini değiştirebilen bir etki olarak ele alınır (Muratlı ve ark.,2007).

Bir dirençle karşılaşan kasın kasılabilme yeteneği olarak ele alınan kuvvet kas sisteminin genel özelliklerinden biri sayılır. Somut bir motorik görevi yerine getirebilmek için kişinin istemli bir şekilde yaptığı hareketin bir özelliğidir ve bu özellik performansın temel parçalarındandır (Muratlı ve Hindistan, 2018).

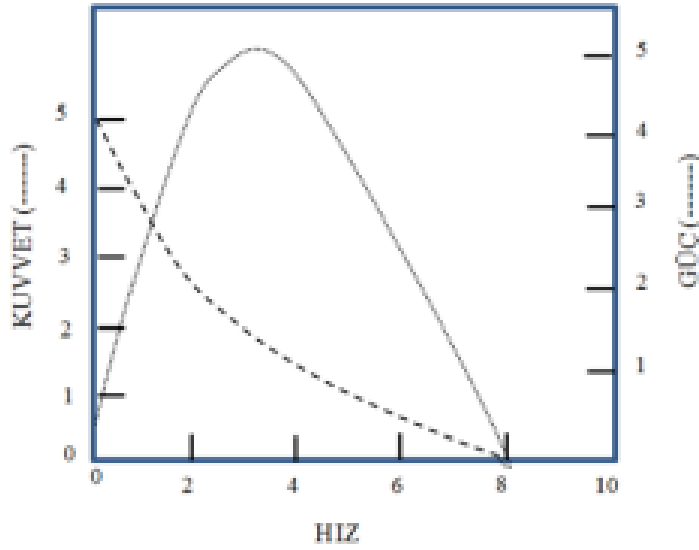
2.5. Kuvvet-Hız-Güç (F-V-P) Profili

Bir iskelet kasının hareketi ortaya çıkarma hızı ve kuvvet üretme yeteneği F-V ilişkisiyle tanımlanmaktadır. Belirli bir seviyede kas aktivasyonu ile gerçekleşen kasın artmış kısılma hızı kaslar tarafından üretilen kuvveti kademeli olarak düşürdüğü düşünülmektedir (Hill, 1938).

İskelet kasının hem hız hem de kuvvet üretme yeteneği birlikte düşünüldüğünde F-V ilişkisi güç üretme ve bu gücü maksimum seviyeye çıkarma yeteneğini ortaya koyar. Maksimum güç (Pmax) terimi bir hareket ya da kas kasılması sırasında ortaya çıkan kuvvet ve hızın maksimum bileşimini gösterir (Newton ve Krammer, 1994). F-V ve güç hız (P-V) ilişkileri (yani PFV) performansın mekanik belirleyicileri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Fiziksel performansı belirleyen en önemli faktörlerden biri olan kasın F-V özelliğinin, kasın mekanik performansını belirlemek için uygun bir şekilde değerlendirilmesi esastır (Yamauchi ve Ishii, 2007). Aynı zamanda sportif performans için önemli olan kasın güç üretme yeteneği ve bunun ortaya çıkmasında yine F-V özelliği önemini korumaktadır (Pazin ve ark., 2013; Smilios ve ark., 2012; Toji ve Kaneko, 2004). Hareket ve hız arttıkça kasın kasılma hızı kuvvet ve hız arasındaki ters ilişkiden dolayı artar. Sonuçta ise hareket

sırasındaki oluşacak kuvvet azalır. Aynı şekilde, direnç arttıkça eş zamanlı kasılma sırasında güç üretme kabiliyeti artarak kasın kasılma hızında da bir azalma sağlanmaktadır. İzole edilmiş kas üzerinde F-V ilişkisi için gözlemlenen hiperbolik fonksiyona göre, kas gücü üreten kapasite, hız arttıkça azalır (Şekil 2.1). Bu da maksimum güç çıktısının üretilmesine karşılık gelen her iki parametrenin optimal dengeye ulaşmasına neden olur. Eklem rotasyonlarını içeren durumlarda F-V ilişkisi lineerdir (Giroux ve ark., 2014).



Şekil 2.1. Kasın kasılma hareketinde kılma hızının ve güç gelişim ilişkisi (Muratlı ve ark., 2005).

Sporcunun F-V dengesinin tanımlanması ve varsa F-V dengesizliğinin ($F-V_{imb}$) belirlenmesi ve bu dengesizliği giderecek şekilde antrenman programının düzenlenmesi son zamanlarda uygulanan tekniklerden biridir (Jiménez-Reyes ve ark., 2017; Jiménez-Reyes ve ark., 2019; Samozino ve ark., 2014). Örneğin kuvvet eksikliği durumunda, antrenman programı öncelikli olarak kuvvet özelliğini (F_0) artırarak FV_{imb} 'ı azaltmak ve P_{max} 'ı arttırmak amacıyla planlanmaktadır (Samozino ve ark., 2012). Teoride (Samozino ve ark., 2014) ve yapılan çalışmalarda (Morin and Samozino, 2016), böyle bir antrenman yaklaşımının FV_{imb} 'ın azalmasına ve dolayısıyla sıçrama performansının artmasına neden olabileceği gösterilmiştir. F eksikliği olan sporcularda (F_{def}) kuvvet özelliğini arttıracak yönde, hız eksikliği olan sporcularda (V_{def}) hız özelliğini geliştirici antrenman

programlarının uygulanması FV_{imb} 'ın giderilmesinde etkin rol oynamaktadır (Jiménez-Reyes ve ark., 2017).

Bir IOS uygulaması olan MySprint ile kolayca belirlenen bu parametreler aşağıda açıklanmış, F-V dengesizliğini tanımlayan kategoriler ise Tablo 2.1. 'de verilmiştir.

V Max: Sprint sırasında ulaşılan maksimum hız.

F0(N): Teorik olarak üretilen maksimal kuvvet.

V0: Sporcunun sprint koşusu maksimum hız kapasitesi. Gerçek maksimum hızdan biraz daha yüksek. Harekete karşı iç ve dış mekanik dirençlerin sıfır olması durumunda sporcunun ulaşabileceği teorik maksimum koşu hızını temsil eder. Aynı zamanda çok yüksek çalışma hızlarında yatay kuvvet üretebilme yeteneğini de de temsil eder.

Pmax (W): Maksimum yatay güç çıkışı.

DRF: Sporcunun artan koşu hızına rağmen net bir yatay kuvvet üretimini sürdürebilme yeteneği. Eğim ne kadar negatif olursa, hızlanma sırasında uygulanan kuvvetin etkinliğinin kaybı o kadar hızlı olur.

FV: Kuvvet hız dengesizliği. 100'ün altındaki değerler kuvvet eksikliğini, 100'ün üzerindeki değerler ise hız eksikliğini ifade eder. 90-100 arasındaki değer dengeli bir kuvvet hız profilini temsil eder.

RF_10m: İlk 10 metrede kuvvet oranı. Kuvvet oranı = Yatay Kuvvet/ Toplam Kuvvet. RF ne kadar büyük olursa, kuvvet çıktısı zemine yatay olarak o kadar etkili bir şekilde uygulanır.

RF Peak: Kuvvet uygulamasının teorik olarak maksimum etkinliği. Sprint başlangıcında ileri hareket yönüne yönlendirilen toplam kuvvet üretimi oranının doğrudan ölçümünü ifade eder.

Tablo 2.1. F-V dengesizlik kategorileri ve % eşik değerleri

F-V dengesizlik kategorileri	Optimal eşik değeri (%)
Yüksek kuvvet eksikliği	<60
Düşük kuvvet eksikliği	60-90
Dengeli	>90-110
Düşük hız eksikliği	>110-140
Yüksek hız eksikliği	>140

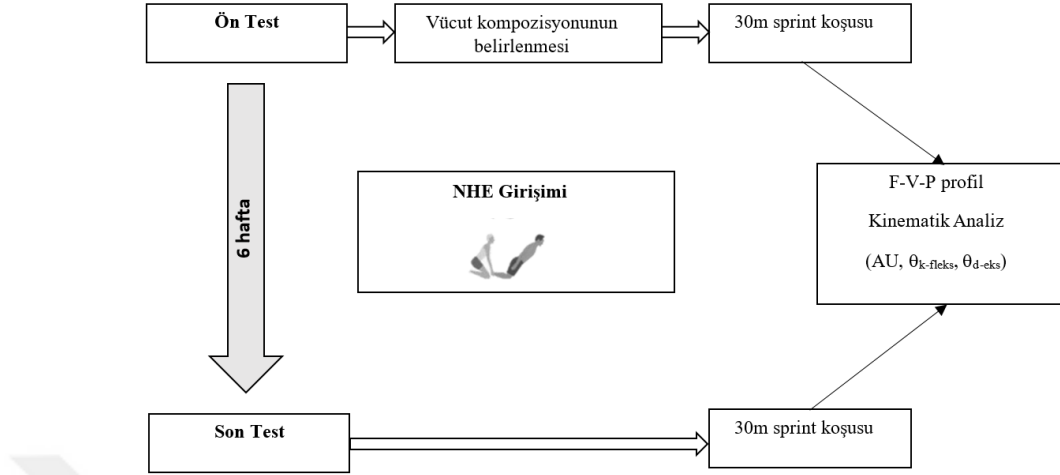
3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Deneysel Yaklaşım

Çalışma Türkiye Hentbol Süper Liginde profesyonel olarak oynayan Konyaaltı Belediye Spor takımından 16-28 yaş aralığında, 10 çalışma grubu ve 10 kontrol grubu olmak üzere toplam 20 sporcu dahil edilmiştir. Ancak girişimin uygulanması sırasında 7 sporcunun Covid-19'a yakalanması, 2 sporcunun yaralanması ve 2 sporcunun egzersiz protokolüne uyum göstermemesinden dolayı toplamda 11 sporcu dışlanmıştır.

Çalışma egzersiz öncesi ve sonrası ölçümler ve NHE süreci olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirildi (Şekil 3.1). İlk olarak ön ölçümde sporcuların demografik bilgileri, vücut kompozisyon ölçümleri belirlendi. Ardından bir ısınma protokolü ve sonrasında F-V-P profilini belirlemek için 30m sprint koşu testi yapıldı. Sprint koşusu sırasında 0-10m mesafesi adım parametrelerinin kinematik analizi için kayıt altına alındı. Benzer test protokolü egzersiz uygulaması sonrasında tekrar edildi. NHE uygulaması takımın rutin antrenmanı sonrası yaptıkları soğuma bölümünde giderek artan yoğunlukla uygulanmıştır(Çizelge 1). Bu egzersiz sırasında bir fizyoterapist egzersizin doğru yapılıp yapılmadığını, protokole sadık kalınıp kalınmadığını denetlemiştir.

Çalışma Türkiye Kadınlar Hentbol Süper Ligi devam ederken yapılmıştır. Bütün sporcular takım antrenörleri tarafından aynı antrenman programına tabi tutulmuştur. Araştırma grubundaki sporcular diğer sporculardan farklı olarak sadece NHE yapmışlardır.



Şekil 3.1. Araştırmanın iş akış şeması

3.2. Araştırma Grubu

Çalışma 9 sporcunun (yaş: 21.54 ± 4.46 yıl, boy: 1.72 ± 0.06 m, ağırlık: 67.27 ± 8.34 kg) egzersiz seanslarına %76 uyumu ile tamamlanmıştır. Sporcular çalışma hakkında bilgilendirilmiş ve randomize olarak Egzersiz (EG(N=5); yaş: 21.00 ± 5.56 yıl, boy: 1.74 ± 0.02 m, ağırlık: 70.68 ± 9.83 kg) ve Kontrol (KG(N=4); yaş: 24.25 ± 7.67 yıl, boy: 1.69 ± 0.06 m, ağırlık: 65.40 ± 8.25 kg) gruplarına ayrılmıştır.

Araştırmamız Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmış (Karar No: KAEK-5) ve Helsinki bildirgesine uygun olarak yürütülmüştür.

3.3. Uygulanan Testler

3.3.1. Antropometrik Ölçümler

Boy uzunluğu: Sporcu ayakları çıplak şekilde düz bir zeminde duvar skalasına doğru bir açıda durmuştur. Deneğin ağırlığı iki ayağına eşit dağıtılmış, topuklar birleşik ve duvar skalasına temasta, baş frankfort planında, kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumdadır. Ölçüm sırasında denekten derin bir nefes alması ve dik pozisyonunu

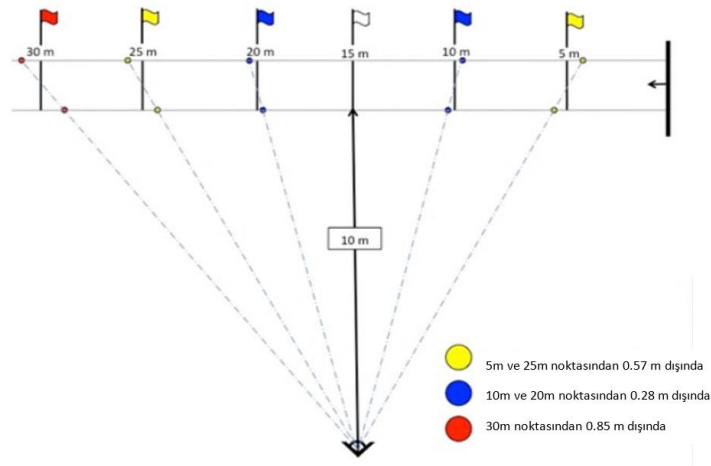
topukları yerden ayrılmaksızın tutması istenmiştir. Başın en üst noktasından saçlar yeterli miktarda sıkıştırılarak ölçüm 1mm'ye kadar not edilmiştir (Özer, 1993).

Vücut ağırlığı: Katılımcılar üzerlerinde atlet ve şort ile basküle çıkarılarak ve ölçüm yapılmıştır. Değerler kg cinsinden kaydedildi (Özer, 1993).

Beden yağ yüzdesi, Beden kitle İndeksi (BKİ) ve kas kütlesi: Bioelektrik impedans yöntemiyle belirlendi (Tanita body composition analyzer TBF-300).

3.3.2. F-V-P Profilinin Belirlenmesi

F-V profili için 30m sprint performans değerleri, beş metre aralıklarla yerleştirilmiş (5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m) işaretlerin bulunduğu bir zeminde yapıldı. Katılımcılar başlangıç çizgisinin gerisinde yüksek çıkış ile performanslarını tamamladılar. Katılımcıların koşuya başlamak için tercih edilen ayağı bağımsız olarak seçmelerine izin verildi. “Çık” işaretinden sonra istedikleri zaman olabildiğince hızlı koşmaları talimatı verildi. Tüm katılımcılar kendi ayakkabıları ile koşuyu gerçekleştirdi. Koşu performansı saniye cinsinden, 240 fps kare hızında bir iPhone X kullanılarak (MySprint) uygulaması ile kayıt edildi. Kayıt cihazı 1 metre yüksekliğinde bir tripod üzerinde, koşu alanının ortasına gelecek şekilde dik 10 m mesafede yerleştirildi (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Paralaksın düzeltilmesi için kullanılan kamera ve direklerin yerleşim şeması

Performans kaydı tamamlandıktan sonra, MySprint uygulaması ile F-V-P profili parametreleri (V max, F0, V0, Pmax, DRF, FV, RF 10m, RF Peak) belirlendi (Morin ve Samozino, 2016; P. Samozino ve ark., 2014).

3.3.3. Kinematik Analiz

F-V profili için yapılan 30 m sprint koşusu kinematik analiz değerlendirmelerini yapmak amacıyla kayıt altına alındı. Kayıt için üç adet kamera kullanıldı. Birinci kamera ilk 5m'yi, ikinci kamera ikinci 5 m'yi ve üçüncü kamera 30 m'yi görecektir şekilde bir tripod üzerine yerleştirildi. Kayıtlar değerlendirilmek üzere bilgisayara aktarılarak, Kinovea 0.9.5 kinematik analiz programıyla analiz edildi.

Adım uzunluğu(AU): Sporunun koşu sırasında dayanma ayağının yerle son temas noktasından savrulan ayağının ilk temas noktasına kadar olan mesafe olarak ölçülmüştür.

Kalça Fleksiyon Açısı($\theta_{k-fleks}$): Sporunun koşu sırasında dayanma bacağı yerle temas halindeyken savurma bacağının ulaşabildiği en düşük kalça fleksiyon açısı, diz-kalça-aksillar bölge arasındaki açı olarak ölçülmüştür.

Diz Ekstansiyon Açısı(θ_{d-eks}): Koşu sırasında dayanma bacağı yerle temas halindeyken sporunun savurma bacağı ile ulaşabildiği en yüksek açı, kalça-diz-ayak bileği arasındaki, olarak kaydedilmiştir.

Take-off Açısı($\theta_{take-off}$): Take-off açısı, koşu sırasında ayağın yerle temasının kesilmesinden önce vücut ağırlık merkezinden son temas noktasına uzanan eksenin yerle olan açısı olarak belirlendi.

3.4. NHE Uygulaması

Çalışmamızın ilk ölçümleri alındıktan sonra Seymore ve arkadaşlarının 2017 yılında uyguladıkları 6 haftalık egzersiz protokolü uygulanmıştır. Protokol antrenman seansının

sonunda ve soğuma bölümünün hemen öncesinde yapılmıştır. Bu sayede gecikmiş ağrı sendromundan kaçınılmaya çalışılmıştır.

	Hafta-1	Hafta-2	Hafta-3	Hafta-4	Hafta-5	Hafta-6
Haftalık tekrar sayıları	 2x5	 2x6  2x6	 3x6  3x7  3x8	 3x8  3x9  3x10	 3x12  3x10  3x8	 3x12  3x10  3x8

Şekil 3.3. 6 haftalık NHE protokolü(set x tekrar)

Bu protokol giderek artan yoğunlukla hem egzersizin olumsuz etkilerini önleyecek hem de beklenen değişimlerin oraya çıkmasını sağlayacaktır. Bu protokolle 6 haftada toplamda 15 egzersiz seansı ve 358 kere NHE yapılmıştır.

3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışma sonuçları “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) Version 23.0 (SPSS inc., Chicago, IL, ABD) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunlukları “Shapiro-Wilk testi ile sınanmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada normal dağılıma uymadığı için “Mann Whitney U Testi” kullanılmıştır. Grup içi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarda normal dağılıma uymadığı için “Wilcoxon Testi” kullanılmıştır. Sonuçlar %95’lik güven aralığında değerlendirilmiş, “p” değerinin 0.05’ten küçük olması anlamlı kabul edilmiştir. Örneklem büyüklüğü ve güç hesaplamaları “GPower (ver 3.1.9.2)” programıyla yapıldı. Hesaplamalar Timmins ve ark.’larının 2016 yılında yaptıkları çalışmadaki gruplar arası BFub FU değerlerindeki ortalama göre yapılmıştır. Deney grubu ortalaması 10.45, standart sapma 0.8 alınmış, kontrol grubu ortalaması 11.85, standart sapma 1 alınmıştır. Anlamlılık düzeyi 0.05, güç 0.95 olarak belirlenmiş ve etki büyüklüğü 1.54 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre minimum toplam örneklem büyüklüğü 20 kişi olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Araştırmaya dahil edilen sporcuların fiziksel özellikleri

Araştırmaya egzersiz ve kontrol grubu olmak üzere iki grup halinde dahil edilen sporcuların yaş, boy, ağırlık ve beden kitle indeksini içeren fiziksel özellikleri Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. KG ve EG'nda bulunan sporcuların fiziksel özellikleri

	KG Ort $\pm$ SS	EG Ort $\pm$ SS	p
Yaş (yıl)	24.25 $\pm$ 7.67	21.00 $\pm$ 5.56	0.459
Boy (m)	1.69 $\pm$ 0.06	1.74 $\pm$ 0.02	0.219
Ağırlık (kg)	65.40 $\pm$ 8.25	70.68 $\pm$ 9.83	0.462
BKİ (kg/m ²)	22.65 $\pm$ 1.09	23.34 $\pm$ 2.94	0.624

Yaş, boy, ağırlık ve beden kitle indeksi parametreleri açısından kontrol ve egzersiz grubu arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

4.2. Araştırmaya Katılan Sporcuların Antropometrik Özellikleri

Araştırmaya dahil edilen sporcuların vücut kompozisyonlarını gösteren ölçümler Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. KG ve EG'nda bulunan sporcuların antropometrik özellikleri

	KG Ort. $\pm$ SS	EG Ort $\pm$ SS	p
Yağ oranı (%)	23.52 $\pm$ 0.66	22.76 $\pm$ 4.90	0.624
Yağ kütlesi (kg)	15.32 $\pm$ 1.57	16.36 $\pm$ 5.52	0.624
Yağsız vücut kütlesi	50.07 $\pm$ 6.70	54.32 $\pm$ 5.75	0.176
Kas kütlesi (kg)	47.55 $\pm$ 6.38	51.58 $\pm$ 5.49	0.176
Toplam vücut sıvısı (kg)	35.45 $\pm$ 3.68	42.36 $\pm$ 8.43	0.065
Toplam vücut sıvısı (%)	54.32 $\pm$ 1.41	54.58 $\pm$ 3.50	0.624
Kemik kütlesi	2.56 $\pm$ 0.37	2.82 $\pm$ 0.20	0.271
Bazal metabolizma hızı	6443.33 $\pm$ 810.65	7010.25 $\pm$ 550.49	0.289

Antropometrik özellikleri açısından EG ve KG arasında anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

4.3. Araştırmaya Katılan Sporcuların 30m Koşu Değerleri

Araştırmaya katılan sporcuların 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m bölünmüş koşu performans süreleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Araştırmaya katılan sporcuların 30m bölünmüş koşu performans süreleri

Koşu Mesafesi	Egzersiz öncesi		Egzersiz sonrası		KG p	EG p	KG-EG p
	KG	EG	KG	EG			
	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)			
5m	1.259 (0.068)	1.281 (0.037)	1.407 (0.158)	1.386 (0.197)	0.273	0.138	0.624
10m	2.294 (0.021)	2.329 (0.063)	2.400 (0.042)	2.393 (0.093)	0.066	0.144	1.000
15m	3.198 (0.022)	3.272 (0.062)	3.263 (0.047)	3.299 (0.079)	0.109	0.080	0.806
20m	4.077 (0.013)	4.168 (0.065)	4.081 (0.029)	4.158 (0.075)	0.068	0.223	0.461
25m	4.994 (0.052)	5.080 (0.045)	4.913 (0.056)	5.020 (0.095)	0.068	0.225	0.624
30m	5.937 (0.201)	5.999 (0.294)	5.797 (0.050)	5.932 (0.640)	0.144	0.715	1.000

Araştırmaya katılan sporcuların 30m ve bölünmüş koşu performans süre verilerinde grup içi, gruplar arası ve egzersiz öncesi, egzersiz sonrası karşılaştırmalarında anlamlı fark gözlenmemiştir($p>0.05$).

4.4. Araştırmaya Katılan Sporcuların Koşu Kinematik verileri

Araştırmaya katılan sporcuların 5m ve 10m'ye ait kinematik verilerinden bazı açı değerleri (θ_{d-eks} , $\theta_{k-fleks}$, $\theta_{take-off}$, AU) Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4.1. Araştırmaya katılan sporcuların 5m ve 10m’de θ_{d-eks} , $\theta_{k-fleks}$, $\theta_{take-off}$ değerleri

Parametreler		Egzersiz öncesi		Egzersiz sonrası		KG		
		KG	EG	KG	EG	KG	EG	KG-EG
		Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)	p	p	p
5m	θ_{d-eks} (°)	101.32 (4.53)	92.61 (6.92)	93.42 (5.54)	91.55 (6.63)	0.273	0.893	0.221
	$\theta_{k-fleks}$ (°)	94.62 (6.12)	93.30 (7.09)	88.90 (2.87)	85.49 (8.02)	0.144	0.043*	0.624
	$\theta_{take-off}$ (°)	60.55 (1.46)	60.99 (2.57)	64.87 (3.42)	64.71 (2.69)	0.144	0.138	0.806
10m	θ_{d-eks} (°)	92.32 (7.06)	91.03 (6.30)	93.95 (8.24)	93.15 (5.43)	0.715	0.686	0.806
	$\theta_{k-fleks}$ (°)	95.60 (2.33)	95.60 (8.94)	95.30 (2.50)	92.75 (7.71)	1.000	0.225	0.327
	$\theta_{take-off}$ (°)	97.48 (6.89)	91.67 (8.54)	100.91 (3.15)	94.95 (9.12)	0.144	0.080	1.000

*p<0.05

KG: Kontrol Grubu, EG: Egzersiz Grubu, θ_{d-eks} : diz ekstensiyon açısı, $\theta_{k-fleks}$: kalça fleksiyon açısı, $\theta_{take-off}$: takeoff açısı

Araştırmaya katılan sporcuların θ_{d-eks} , $\theta_{k-fleks}$, $\theta_{take-off}$ değerleri açısından gruplar arası fark gözlenmemiştir(p>0.05). Araştırmaya katılan egzersiz grubu sporcularının θ_{d-eks} ve $\theta_{take-off}$ değerleri egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası grup içi karşılaştırmalarında anlamlı fark gözlenmemiştir (p>0.005). EG sporcularının $\theta_{k-fleks}$ değerleri egzersiz öncesi ve egzersiz sonrası grup içi 0-5m karşılaştırmasında anlamlı fark gözlenmiştir(p<0.05).

Tablo 4.4.2. Araştırmaya katılan sporcuların 5m ve 10m’de AU değerleri

Parametreler		Egzersiz öncesi		Egzersiz sonrası		KG	EG	KG-EG
		KG	EG	KG	EG	KG	EG	KG-EG
		Ort.(SS)	Ort.(SS)	Ort.(SS)	Ort.(SS)	p	p	p
AU(cm) A U(m)	5m	128.47(7.93)	127.22(10.51)	139.24(10.22)	135.39(11.34)	0.68	0.043*	0.462
	10m	56.55 (2.88)	57.07(2.07)	59.63 (0.85)	58.14 (1.17)	0.68	0.345	0.624

*p<0.05

KG: Kontrol Grubu, EG: Egzersiz Grubu

Araştırmaya katılan sporcuların AU değerleri KG ve EG arasında anlamlı fark gözlenmezken, EG'nin egzersiz öncesi-sonrası ortalama değeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark belirlenmiştir($p<0.05$). EG grubu NHE uygulaması sonrası 5m mesafede AU değerlerini %6.42 arttırmışlardır.

4.5. Araştırmaya Katılan Sporcuların F-V-P Profili

Araştırmaya katılan sporcuların F-V-P profil parametreleri Tablo 4.5.'te verilmiştir.



Tablo 4.5. Araştırmaya katılan sporcuların F-V-P profil verileri

Parametreler	KG		Grup içi p değeri	EG		Grup içi p değeri	Gruplararası p değeri
	Egzersiz Öncesi Ort. (SS)	Egzersiz Sonrası Ort. (SS)		Egzersiz Öncesi Ort. (SS)	Egzersiz Sonrası Ort. (SS)		
Vmax (m/sn)	5.435 (0.162)	5.92 (0.37)	0.068	5.398 (0.341)	5.69 (0.59)	0.144	0.462
F0 (N)	852.89 (235.83)	579.72 (197.32)	0.144	840.43 (148.29)	678.54 (238.02)	0.043*	0.462
F0 (N/Kg)	12.89 (2.00)	8.97 (3.29)	0.144	11.94 (1.89)	9.38 (2.14)	0.043*	0.462
V0 (m/sn)	5.51 (0.16)	6.06 (0.42)	0.068	5.47 (0.356)	5.79 (0.60)	0.138	0.462
Pmax (W)	1173.56 (314.69)	864.22 (237.86)	0.273	1145.54 (186.53)	990.63 (361.04)	0.225	0.462
Pmax (W/kg)	17.77 (2.78)	13.33 (3.94)	0.273	16.25 (2.07)	13.68 (3.60)	0.225	0.624
DRF (%)	0.22 (0.03)	0.15 (0.06)	0.144	0.21 (0.04)	0.16 (0.03)	0.043*	0.462
FV	155.05 (44.48)	97.58 (39.85)	0.144	154.71 (33.01)	117.00 (41.40)	0.043*	0.624
RF_10m	0.21 (0.01)	0.24 (0.02)	0.144	0.22 (0.02)	0.23 (0.02)	0.043*	0.462
RF Peak	0.545 (0.02)	0.49 (0.06)	0.273	0.53 (0.02)	0.50 (0.06)	0.345	0.624

*p<0.05

KG: Kontrol Grubu, EG: Egzersiz Grubu, F0: teorik maksimal kuvvet, V0: teorik maksimal hız, Pmax: maksimal güç, DRF: kuvvet üretme yeteneği, FV: kuvvet-hız profili, RF_10m: ilk 10m’de üretilen kuvvet oranı, RF Peak: uygulanan kuvvetin teorik maksimum değeri

Araştırmaya katılan EG sporcularının egzersiz öncesi-sonrası F-V-P profil parametreleri ortalama değerleri; F0, DRF, FV ve RF_10m parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklı ortaya çıkmıştır(p<0.05). 6 haftalık NHE sonrası EG’nin F-V profili, %32’lik iyileşmeyle, “yüksek hız eksikliği” kategorisinden “düşük hız eksikliği” kategorisine değişmiştir(p<0.05). Yine EG grubunda F0’da ve DRF’de sırasıyla %24’lük ve %31’lik bir azalma meydana gelmiştir (p<0.05).

5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın birincil amacı 6 hafta yapılan NHE'nin 30m sprint koşusu sırasında adım parametrelerine etkisini belirlemek iken, ikinci amacı F-V profili değişkenlerini iyileştirmede etkisini belirlemektir.

Egzersiz öncesi yapılan testlerden elde edilen verilere bakıldığında, KG ve EG ortalama değerleri arasında gerek adım parametreleri ve gerekse F-V-P profil parametreleri açısından istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmemiştir. 6 haftalık NHE egzersizi sonrası EG'de koşunun ilk 5m'sinde $\theta_{k-fleks}$ değeri %9.1 azalarak ve AU değeri de %6.42 artarak istatistiksel olarak anlamlı olmasa da 30m koşu performansını olumlu etkilemiş, F-V profilini de iyileştirmiştir. Morin ve ark. göre (2015), sprint mekaniğinde, hamstring kasları salınım aşamasında diz ekstansiyonunu yavaşlatır ve ardından kalça ekstansiyonu yoluyla duruş aşamasında yatay kuvvetler oluşturur. Diz ekstansiyonunu yavaşlatma fonksiyonu hamstring kaslarında eksantrik yüklenmeyi ortaya çıkarır. Özellikle BFub kasındaki eksantrik kuvvet gereksinimi NHE ile ortaya çıkan eksantrik kuvvetle benzerdir. Eksantrik hamstring kuvvetinde artma ve nöromüsküler aktivite, sprint performansını artırabilir (Morin ve diğerleri, 2015). Çeşitli egzersiz yöntemleri ile elde edilen eksantrik hamstring kuvvetindeki kazanımlar, daha önce futbolcularda sprint performansı üzerinde umut verici etkiler göstermiştir (Askling, Karlsson ve Thorstensson, 2003; Mendiguchia ve ark., 2015).

Bu araştırmada uygulanan 6 haftalık NHE protokolünün hamstring kaslarında ortaya çıkardığı düşünülen mimari değişimler ve eksantrik kuvvet artışı, sprint koşu sırasında kalçanın daha fazla fleksiyona gitmesiyle adım uzunluğunu artırmış olabilir. Artmış adım uzunluğu ve yüksek açılardaki yatay kuvvet oluşturabilme yeteneği sprint hızına olumlu etki göstermiş olabilir.

Freeman ve ark.'nın (2019) 4 haftalık NHE ile doğrudan sprint antrenmanını karşılaştırdığı çalışmada, sprint grubu ve NHE grubu arasında eksantrik kuvvet kazancı olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Bu da araştırmacılara eksantrik kuvvet kazanımı ve koşu hızını artırmak için bir antrenman programı oluştururken sprint antrenmanı ya da NHE'yi birbirine alternatif olarak kullanılabileceğini düşündürmüştür.

Literatüre bakıldığında hem sprint hızına etkisi hem de hamstring yaralanmalarını önlemedeki olumlu sonuçları nedeniyle NHE, sprint içeren veya hamstring kaslarında eksantrik kuvvet ortaya çıkaran spor dallarında antrenman programlarına eklenebileceğini düşündürmektedir.

Ditroilo ve ark. (2013)'nın yaptığı bir çalışmada NHE ve izokinetik dinamometre cihazıyla yapılan eksantrik antrenman sırasında biceps femoris kasının EMG aktivitesine bakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre NHE sırasında ortaya çıkan EMG aktivitesi izokinetik dinamometre cihazıyla yapılan antrenmanda ölçülen EMG aktivitesinin ortalama iki ile üç katı arasındadır. Gözlemledikleri bu sonuç Morin ve ark.'nın sprintte ihtiyaç duyulan eksantrik kuvvetin NHE ile benzer olduğu hipoteziyle örtüşüyor olabilir. Ayrıca NHE'nin izokinetik dinamometre cihazına göre çok daha düşük maliyetli, kolay uygulanabilir ve antrenmana eklenebilecek bir saha egzersizi olması daha avantajlı hale getirmektedir.

6 haftalık NH egzersizinin FV profili üzerine etkisi değerlendirildiğinde, sporcuların FV profillerinin ”yüksek hız eksikliği” seviyesinden “*optimal*” düzeye doğru iyileşme gösterdiği belirlenmiştir. Bu F0'da azalma ve V0'da artış ve DRF de azalma ile gerçekleşmiştir. Diğer taraftan başlangıç ivmelenme evresinde (5m) uygulanan NHE antrenmanı sonrasında koşu performansında gelişme görülmemesi F0'da meydana gelen azalmadan kaynaklanabileceği söylenemez. Çünkü katılımcılar uygulanan egzersiz sırasında rutin haftalık antrenmanlarına devam etmekteydiler. Antrenman etkisi de bu sonucu ortaya çıkarmış olabilir. Ancak uygulanan NHE protokolü sonrasında F0'da azalma ve istatistiksel olarak anlamlı olmasa bile V0'da artma meydana gelmiştir. V0'da meydana gelen artış 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m sprint performanslarına olumlu etki etmemiştir.

FV profilinin temel amacı F0 ve V0 arasındaki dengeyi belirlemek (optimal düzeyde kalmasını sağlamak) ve varsa dengesizlik durumunda uygun antrenmanla optimum profile sporcuyla hazırlamaktır. Asıl hedef sprint sonrasında yatay F0'i arttırmak ve performansı iyileştirmektedir. Bu çalışmada yatay F0 değerinde istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiş, ancak EG grubunun elde ettikleri bu artışı (RF_10m değerinde artış gerçekleşmiş) yatay yönde sürdüremedikleri, DRF'deki azalma ile ortaya

çıkılmaktadır. 10-20 m'ye kadar olan sprint mesafelerinde performans ve maksimal yatay kuvvet üretimi arasındaki ilişkinin yüksek olduğu belirtilmesine rağmen (Morin ve ark., 2011), bu çalışmada elde edilen sonuçlar bunu karşılamamaktadır. Bu tek başına NHE'nin yeterli olmamasından ya da uygulama süresinin az olmasından kaynaklanabilir. Bu çalışmada FV dengesizliğine odaklanılmamış, ancak NHE'nin sprintin ilk ivmelenme evresinde ve dolayısıyla, F0 üzerinde de etkili olabileceği üzerinde durulmuştur.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmamızın sonuçlarına göre 6 haftalık NHE programı bazı koşu parametrelerini olumlu olarak etkilemiştir. Literatüre bakıldığında gerek yaralanma önleme etkisinden gerekse koşu parametrelerine olumlu etkisinden dolayı kısa sprintler içeren ve hamstring yaralanmalarıyla sıklıkla karşılaşılan spor branşlarında antrenman programlarına dahil edilmesini öneriyoruz.



KAYNAKLAR

Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2017 May;47(5):907-916. doi: 10.1007/s40279-016-0638-2. PMID: 27752982.

Alonso-Fernandez D, Docampo-Blanco P, Martinez-Fernandez J. Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with Nordic hamstring exercise. *Scand J MedSci Sports.* 2017. doi:10.1111/sms.12877.

Bencke J, Curtis D, Krogshede C, Jensen LK, Bandholm T, Zebis MK. Biomechanical evaluation of the side-cutting manoeuvre associated with ACL injury in young female handball players. *KneeSurg Sports TraumatolArthrosc.* 2013 Aug;21(8):1876-81. doi: 10.1007/s00167-012-2199-8. Epub 2012 Sep 12. PMID: 22968624.

Ditroilo M, De Vito G, Delahunt E. Kinematic and electromyographic analysis of the Nordic Hamstring Exercise. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013 Oct;23(5):1111-8. doi: 10.1016/j.jelekin.2013.05.008. Epub 2013 Jun 25. PMID: 23809430.

Freeman BW, Young WB, Talpey SW, Smyth AM, Pane CL, Carlon TA. The effects of sprint training and the Nordic hamstring exercise on eccentric hamstring strength and sprint performance in adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Jul;59(7):1119-1125. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08703-0. PMID: 31332988.

Giroto N, HespanholJunior LC, Gomes MR, Lopes AD. Incidence and risk factors of injuries in Brazilian elite handball players: A prospective cohort study. *Scand J MedSci Sports.* 2017 Feb;27(2):195-202. doi: 10.1111/sms.12636. Epub 2015 Dec 10. PMID: 26661576.

Giroux C, Rabita G, Chollet D, Guilhem G. Optimal Balance Between Force and Velocity Differs Among World-Class Athletes. *J ApplBiomech.* 2016 Feb;32(1):59-68. doi: 10.1123/jab.2015-0070. Epub 2015 Sep 23. PMID: 26398964.

Giroux, C., Rabita, G., Chollet, D., Guilhem, G. (2014). What is the best method for assessing lower force-velocity relationship ? *International Journal of Sports Medicine*, 36(2), 143–149. doi:10.1055/s-0034-1385886.

Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc R Soc London B Biol Sci* 126: 136–195, 1938.

Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Front Physiol*. 2019 May 3;10:536. doi: 10.3389/fphys.2019.00536. PMID: 31130877; PMCID: PMC6510035.

Iga J, Fruer CS, Deighan M, et al. ‘Nordic’ hamstrings exercise: engagement characteristics and training responses. *Int J Sports Med*. 2012;33(12):1000–4.

Jiménez-Reyes P, Samozino P, Morin J-B (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual Adaptation Kinetics. *Plos One* 14(5): e0216681. doi:10.1371/journal.pone.0216681.

Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7(jan). doi:10.3389/fphys.2016.00677.

Kaçoğlu C, Yıldırım U. The acute effects of isometric preconditioning contraction on jumping performance. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*. 2017;8(3): 183-19

Kellis E. Intra- and Inter-Muscular Variations in Hamstring Architecture and Mechanics and Their Implications for Injury: A Narrative Review. *Sports Med*. 2018 Oct;48(10):2271-2283. doi: 10.1007/s40279-018-0975-4. PMID: 30117053.

Krommes K, Petersen J, Nielsen MB, Aagaard P, Hölmich P, Thorborg K. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study. *BMC Res Notes*. 2017 Dec 4;10(1):669. doi: 10.1186/s13104-017-2986-x. PMID: 29202784; PMCID: PMC5716363.

Lahti J, Huuhka T, Romero V, Bezodis I, Morin JB, Häkkinen K. Changes in sprint performance and sagittal plane kinematics after heavy resisted sprint training in Professional soccer players. *PeerJ*. 2020 Dec 15;8:e10507. doi: 10.7717/peerj.10507. PMID: 33362970; PMCID: PMC7747683.

Lahti J, Jimenez-Reyes P, Cross MR, Samozino P, Chassaing P, Simond-Cote B, Ahtiaien J, Morin JB. Individual sprint force-velocity profile adaptation to in-season assisted and resisted velocity-based training in Professional rugby, *Sports* 2020, 8, 74; doi:10.3390/sports8050074

Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med*. 2013 Apr;47(6):359-66. doi: 10.1136/bjsports-2012-091250. Epub 2012 Aug 3. PMID: 22864009.

Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Morin JB, Samozino P, Edouard P, Alcaraz PE, Esparza-Ros F, Mendez-Villanueva A. Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Dec;25(6):e621-9. doi: 10.1111/sms.12388. Epub 2014 Dec 30. PMID: 25556888.

Mjølsnes R, Arnason A, Østhaugen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2004 Oct;14(5):311-7. doi: 10.1046/j.1600-0838.2003.367.x. PMID: 15387805.

Morin, J. B., Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individual size and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. doi:10.1123/ijsp.2015-0638.

Morin JB, Edouard P, Samozino P. Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:1680–1688. PubMed doi:10.1249/MSS.0b013e318216ea37

Morin JB, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, Brughelli M, Mendiguchia J. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front Physiol.* 2015 Dec 24;6:404. doi: 10.3389/fphys.2015.00404. PMID: 26733889; PMCID: PMC4689850.

Narouei S, Imai A, Akuzawa H, Hasebe K, Kaneoka K. Hip and trunk muscles activity during nordic hamstring exercise. *J Exerc Rehabil.* 2018 Apr 26;14(2):231-238. doi: 10.12965/jer.1835200.600. PMID: 29740557; PMCID: PMC5931159.

Newton Ru, Kraemer W.J. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *J. Strength Cond. Res.* ,16(5):20–31.

Özer K. Antropometri, Sporda morfolojik planlama, Kazancı Matbaacılık, 1993, İstanbul.

Pazin, N., Berjan, B., Nedeljkovic, A., Markovic, G., Jaric, S. (2013). Power output in vertical jumps: does optimum loading depend on activity profiles? *European Journal of Applied Physiology*, 113(3), 577–589. doi:10.1007/s00421-012-2464-z.

Presland JD, Timmins RG, Bourne MN, Williams MD, Opar DA. The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long head architectural adaptation. *Scand J Med Sci Sports.* 2018 Jul;28(7):1775-1783. doi: 10.1111/sms.13085. Epub 2018 May 8. PMID: 29572976.

Rodgers CD, Raja A. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Hamstring Muscle. 2022 Jan 29. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan–. PMID: 31536294.

Samozino, P., Edouard, P., Sangnier, S., Brughelli, M., Gimenez, P., Morin, J. B., (2014). Force-velocity profile: Imbalance determination and effect on lower limb ballistic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(6), 505- 510.

Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements-altius: citius or fortius? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(2), 313–322. doi:10.1249/mss.0b013e31822d757a.

Schache AG, Dorn TW, Blanch PD, Brown NA, Pandy MG. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *MedSci Sports Exerc.* 2012 Apr;44(4):647-58. doi: 10.1249/MSS.0b013e318236a3d2. PMID: 21912301.

Seymore KD, Domire ZJ, DeVita P, Rider PM, Kulas AS. The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *Eur J Appl Physiol.* 2017 May;117(5):943-953. doi: 10.1007/s00421-017-3583-3. Epub 2017 Mar 9. PMID: 28280975.

Smilios, I., Sotiropoulos, K., Christou, M., Douda, H., Spaias, A., ve Tokmakidis, S. P. (2012). Maximum power training load determination and its effects on load-power relationship, maximum strength and vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res.*, 27(5), 1. doi:10.1519/jsc.0b013e3182654a1c.

Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med.* 2016 Dec;50(24):1524-1535. doi: 10.1136/bjsports-2015-095362. Epub 2015 Dec 16. PMID: 26675089.

Toji, H., Kaneko, M. (2004). Effect of multiple-load training on the force- velocity relationship. *J. Strength Cond. Res.*, 18(4), 792. doi:10.1519/13933.1.

Van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2015 Jun;43(6):1316-23. doi: 10.1177/0363546515574057. Epub 2015 Mar 20. PMID: 25794868.

Ward SR, Eng CM, Smallwood LH, Lieber RL. Are current measurements of lower extremity muscle architecture accurate? *ClinOrthopRelatRes.* 2009 Apr;467(4):1074-82. doi: 10.1007/s11999-008-0594-8. Epub 2008 Oct 30. PMID: 18972175; PMCID: PMC2650051.

Wedderkopp N, Kaltoft M, Lundgaard B, Rosendahl M, Froberg K. Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J MedSci Sports*. 1999 Feb;9(1):41-7. doi: 10.1111/j.1600-0838.1999.tb00205.x. PMID: 9974196.

Yamauchi, J., Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J. Strength Cond. Res.*, 21(3), 703–709.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Yusuf	Uyruğu	TC
Soyadı	ALADAĞ	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum	Mezuniyet yılı
Lise	
Lisans	
Enstitüsü	
Doktora	

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)

Burslar-Ödüller:**Yayınlar ve Bildiriler:**