

Farklı Yüklerde Yapılan Unilateral Squat Hareketinde Çömelleme Derinliği ile Bar Hızı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Mustafa Arslan BAŞAR¹ , Çiğdem BULGAN ERCİN^{2*} , Alper AŞÇI¹ 

¹Haliç Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Orijinal Makale

Gönderi Tarihi: 03.06.2022

Kabul Tarihi: 25.06.2022

DOI:10.47778/ejsse.1125824

Online Yayın: 30.06.2022

Öz

Bu çalışmanın amacı, farklı yüklerde modifiye edilmiş unilateral squat performansında çömelleme derinliği ile bar hızı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmanın örneklem grubunu, Haliç Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan, en az üç yıl boyunca aktif egzersiz yapan, unilateral (tek taraflı) ve bilateral (iki taraflı) egzersiz modellerine hâkim; yaş 22,90±1,28yıl; boy 175,90±5,36cm ve vücut ağırlığı 75,38±7,78kg olan 10 gönüllü erkek sporcu oluşturmuştur. Verilerin toplanmasında, bar hızının tespit edilmesi için doğrusal hız ölçer olarak PUSH Band™ Pro v2.0 ve squat performansı esnasında çömelleme derinliği için üç boyutlu hareket analizi sistemi olan Qualisys Track Manager (QTM) 2020.3 Versiyon (AB, İsveç) kullanılmıştır. Sporcular; modifiye tek bacak squat egzersizi uygulamışlardır. Egzersizi arkadan tutuşta her iki ekstremitede önce ağırlıksız bar da (20kg), ardından random olarak; 1TM'nin %40, %60, %80 yüklerde 5 tekrar yapacak şekilde gerçekleştirmişlerdir. Ölçümlerde, bar üzerine yerleştirilen Push Band aracılığıyla bar hızı hesaplanmış; 3D hareket analiz sistemiyle de farklı yüklerdeki çömelleme derinlikleri hesaplanmıştır. Verilerin istatistiksel analizi, IBM SPSS Versiyon 25 programı kullanılarak; tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ve ikili karşılaştırmalarda T-testi uygulanarak yapılmıştır. Farklı relatif yüklerde bar hızlarının hemen hepsinde anlamlı farklılıklar elde edilmiştir (p<0,05). Yapılan korelasyon analizi sonucunda bar hızı ve çömelleme derinliği arasında anlamlı bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05). Sonuç olarak, farklı yüklerdeki bar hızı değişkenlerinin her iki ekstremitede yüklerin artmasıyla anlamlı değişikliklere sebep olmuştur. Yük miktarı, barı hızını azaltacak yönde etkileyen bir parametre olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Unilateral, Relatif Yük, Bar Hızı, Squat Derinliği

Investigation of the Effect of Unilateral Squat Depth on Bar Velocity at Different Relative Loads

Abstract

The aim of this study was to examine the relationship between unilateral squat depth and bar velocity at different relative loads. Ten male athletes from Halic University School of Physical Education and Sports (the age of 22.90±1.28 years old; a body height of 175.90±5.36cm and a body weight of 75.38±7.78kg) who had been doing active exercises for at least three years and had mastered unilateral (one-sided) and bilateral (two-sided) exercise models, were participated to this study as voluntarily. In data collection, PUSH Band™ Pro v2.0 as linear accelerometer was used to detect bar velocity and Qualisys Track Manager (QTM) 2020.3 Version (EU, Sweden) which is a three-dimensional motion analysis system for squat depth was also used. Athletes; applied a modified single leg squat exercise. The exercise was performed in the back grip. Weightless bar (20kg) was applied on both legs first, then randomly; they performed 5 repetitions of 1TM at 40%, 60%, 80% loads. In the measurements, the velocity of the bar was calculated through the Push Band placed on the bar; squat depths at different loads were calculated with the 3D motion analysis system. For statistical analysis of data, IBM SPSS Version 25 program were used. Variance Analyses in Repeated Measures were applied and for pairwise comparisons T-test were used. Significant differences were obtained in almost all bar velocities at different relative loads (p<0.05). As a result of the correlation analysis, it was determined that there was no significant relationship between bar velocity and squat depth (p>0.05). In finally, bar velocity variables at different loads caused significant changes with increasing loads on both legs. The amount of load can be considered as a parameter that affects the velocity of the bar in the direction of decreasing it.

Keywords: Unilateral, Relative Load, Bar Velocity, Squat Depth.

* Sorumlu Yazar: Çiğdem BULGAN ERCİN, E-posta: cigdembulgan@gmail.com

GİRİŞ

Sporcular için kuvvet ve kondisyon programları, genel olarak gücü artırmak amacıyla kullanılan hem alt ve üst gövdeye yönelik bilateral (BIL) hem de unilateral (UNI) hareket modellerini içermektedir (Hansen vd.,2009; Stone vd.,2000). Bilateral egzersizler, vücut ağırlığının paralel duruşa eşit olarak dağıtıldığı farklı varyasyonları da içeren egzersizler olarak tanımlanır. Paralel duruşta yapılan BIL egzersizlerin kapalı kinetik zincir kuvvet gelişimine ve alt gövde kuvvet gelişimi ile atletik performansa olan olumlu etkisi bilinmektedir (Chelly vd.,2009; Hori vd.,2005). UNI hareketler ise tüm vücudu tek taraflı destekleyen ağırlık taşıma egzersiz modeli olarak tanımlanmıştır (McCurdy ve Conner, 2003). Atletik becerilerin birçoğunda sporcular tek bacak üzerinde veya iki bacakla bir duruş halindeyken ağırlık merkezini tek bacağa aktarması ile uyguladıkları kuvvetle hareketi gerçekleştirirler (McCurdy, 2010). Bu amaçla UNI direnç egzersizlerinin bir antrenman programına dahil edilmesini destekleyen genel teori, bu egzersizlerin daha yüksek düzeyde özgünlük sunabilmesi ve antrenmanda BIL hareketlere göre daha üstün bir performans aktarımı sağlamasıdır (Ayotte vd.,2007; Distefano vd., 2009; McCurdy ve Connor, 2003). Hareket modelleri olarak alt gövde için Lunge'lar (Adımlama), Step-up'lar (Basamak Çıkma), Single Leg Squat'lar (Tek Bacak Squat), Modified Single-Leg Squat (Modifiye Tek Bacak Squat) gibi UNI egzersizlerinin kullanımı, kuvvet ve kondisyon uygulamalarında popüler hale gelmiştir. Bu sayede UNI egzersizler, hacim yükünü veya değişimini arttırmak için BIL egzersizlere ek olarak düzenli bir şekilde güç programları içerisinde yer almıştır (Speirs vd., 2016).

Literatürde, BIL ve UNI alt gövde egzersizlerinin sahaya transferi ile ilgili konularda yapılan çalışmalara da sıklıkla rastlanmaktadır. Özellikle atletik beceriler (sprint, çabukluk, çeviklik, sıçrama vb.) üzerindeki etkisine, kinetik, kinematik farklılıklara, yüklü ve yüksüz kas aktivasyon özellikleri gibi birçok parametrenin incelenmesine yönelik araştırmalar öncelikli olarak yer almaktadır. Eliassen vd.,'de (2018) yaptıkları bir çalışmada, BIL ve UNI squat egzersizlerinin bar kinematikleri ve kas aktivasyonları üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve elde edilen sonuçlarında; BIL squat için toplam kaldırma süresinin daha uzun olduğu ve ortalama ve tepe hızının daha düşük olduğunu bulunmuştur. Bogdanis vd.,'de (2019) yapmış oldukları çalışmada amaç, UNI ve BIL pliometrik güç antrenmanın, tek ve çift bacak sıçrama performansı ve kuvveti üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Çalışmada elde edilen bulgularda, sağ ve sol bacak aktif sıçrama toplamında, sadece UNI grupta gelişme gösterdiği ($19.0 \pm \%7.1$) ve BIL grupta ise değişimin olmadığı tespit edilmiştir ($3.4 \pm \%8.4$). Bir diğer dikkat çeken konuda; squat egzersizleri sırasında eklem hareket açıklığının etkileri üzerine olmuştur. Alt ekstremitte eklemlerinin esnekliği, squat sırasında alt ekstremitenin eklem hareket açıklığı (EHA) arasında güçlü bir ilişki gösterilmiştir (Gomes, 2020). Özellikle farklı BIL squat derinliklerinin bar hızı ve güç çıkışı üzerine etkileri incelenmiştir. Squat sırasındaki EHA varyasyonları, hareket paterninin niteliği ile ilgili çeşitli biyomekanik faktörleri etkilediği gibi kuvvet gelişimi, kuvvet gelişim hızı, eklem stabilitesi dinamikleri, motor ünitelerin aktivasyonu ve senkronizasyonu da etkilemektedir (Rhea vd., 2016). Daha büyük derinliklerde gerçekleştirilen squat egzersizini içeren uzun süreli antrenmanların da, iyi antrenmanlı sporcuların nöromüsküler ve fonksiyonel performansını en üst düzeye çıkardığı belirtilmiştir (Bloomquist vd., 2013).

Bar hızı ve çömelme derinliği ile ilgili çalışmalar genellikle farklı BIL squat modellerini içermektedir. UNI alt gövde hareketlerinin kinematığı ve buna bağlı olarak hareket sırasında farklı oranlardaki yükler ve tutuş tekniklerinin incelendiği çalışmalar sınırlıdır. Bu anlamda atletik performansa ilişkin hız, kuvvet, güç gibi bazı parametrelerin bilinmesi antrenör, sporcu ve rehabilitasyon uzmanları açısından önem arz etmektedir. Özellikle UNI hareketlerini kendi içinde birbiri ile karşılaştıran diğer çalışmalar olmakla beraber (Comfort vd., 2015; Khuu vd.,2016; Helme, Bishop, Emmonds & Low, 2019; Park vd., 2016); literatürde alt gövde için seçilmiş UNI bir güç egzersiz modeli üzerinde; kaldırılan farklı oranlardaki (maksimal veya submaksimal) yükün, çömelme derinliği ile ilişkisini ve aynı zamanda bar hızının değişimini karşılaştıran çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, alt ekstremitede gerçekleştirilen UNI güç egzersizinde kullanılan farklı yüklerin sporcuların çömelme derinliği ve bar hızı arasındaki ilişkinin incelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın hipotezleri; 1- Farklı yüklerdeki hız verilerinin farklılık göstereceği; 2- Farklı yüklerdeki çömelme derinliği verilerinin farklılık göstereceği ve 3- Çömelme derinlikleri ile bar hızı arasında ilişki olabileceği yönündedir.

METOT

Araştırma Modeli

Bu çalışma, nicel araştırma yöntemlerinden tanımlayıcı ve ilişkisel araştırma modelinde tasarlanmıştır.

Çalışma Grubu

Çalışmanın evrenini İstanbul ilinde bulunan genel fitness egzersiz modellerini (UNI ve BIL dahil) uygulayabilen sporcular oluşturmuştur. Çalışmanın örneklem grubunu ise; en az üç yıl boyunca aktif egzersiz yapan, UNI ve BIL egzersiz modellerini uygulayabilen, Haliç Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nda okuyan, yaşları $22,90 \pm 1,28$ yıl, boy ortalamaları $175,90 \pm 5,36$ cm ve vücut ağırlığı ortalamaları $75,38 \pm 7,78$ kg olan 10 gönüllü erkek sporcu oluşturmuştur. Çalışma öncesinde katılımcılara araştırmanın olası riskleri ve detayları hakkında bilgi verilerek gönüllü rıza formu imzalatılmıştır. Araştırmaya dahil edilen sporcular için; hareketlerini kısıtlayıcı herhangi bir yaralanması, ortopedik engeli ve kronik hastalığı olmaması kriter olarak eklenmiştir. Çalışma, Haliç Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada; antropometrik ölçüm araçları, üç boyutlu kinematik analiz sistemi, doğrusal ivme ölçer, halter barı, ayarlanabilir sehpa ve ağırlık plakaları kullanılmıştır. Araştırmaya katılan sporcuların boy uzunlukları hassasiyeti ± 1 mm olan Holtain marka stadiometre ile, vücut ağırlıkları hassasiyeti ± 0.1 kg olan InBody marka biometrik empedans ile kaydedilmiştir. Ölçümler sırasında katılımcıların kullanacakları bar yükünün belirlenmesinde 1TM testi (Harman, 2008) uygulanmış ve Eleiko marka olimpik bar ve plakaları (Eleiko AB, Halmstad, Sweden) kullanılmıştır.

Çalışmada bar hızının tespit edilmesi için doğrusal ivme ölçer olarak PUSH Band™ Pro v2.0 seçilmiştir. PUSH Band™ Pro v2.0 (PUSH, Inc., Toronto, Canada) giyilebilir cihaz 1000 Hz veri toplama hızı özelliği olan, içerisinde, 3 eksenli bir ivme ölçer ve koordinat sisteminde 6 derece serbestlik sağlayan bir jiroskoptan oluşan araçtır (Hughes vd., 2019). Ekipman, bar hızı verilerin toplanmasında "bar modu" işlevi kullanılarak ağırlık barı üzerine takılmıştır.

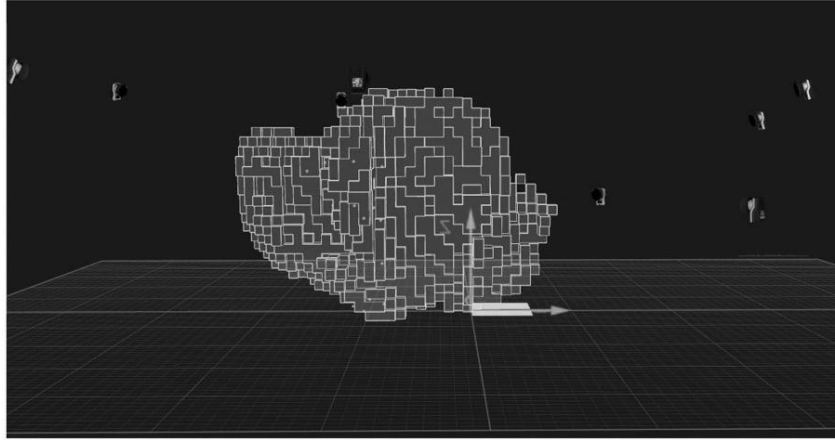
Squat performansı esnasında çömelme derinliği için üç boyutlu hareket analizi sistemi olan Qualisys Track Manager (QTM) 2020.3 Versiyon (AB, İsveç) kullanılmıştır. Hareket analizleri esnasında 8 adet yüksek hızlı Oqus 7+ kameralar (Boyutlar:18.7×11×12.5cm; Ağırlık: 1.9-2.1kg) kullanılmış ve kameralar sporcunun bulunduğu orta alanda çevrelenerek, birbirlerine 4-6 metre mesafelerde yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ölçüm alanı ve üç boyutlu video sisteminin yerleşimi

Başar, M.A., Bulgan-Ercin, Ç., ve Aşçı, A. (2022). Farklı yüklerde yapılan unilateral squat hareketinde çömelme derinliğinin bar hızına etkisinin incelenmesi. *Avrasya Spor Bilimleri ve Eğitim Dergisi*, 4(1), 67-79.

Alanın gerçek ölçülerde tanımlandırılması için kalibrasyon, dinamik wand kalibrasyon yöntemiyle T stick (60cm) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve süresi 45sn olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Alan kalibrasyonu

Sporcuların vücut segmentlerinin belirlenmesinde 10 adet deri üzerine yerleştirilen reflektörler (marker) kullanılmıştır. Çömelme derinliği için katılımcıların kalçada sağ ve sol greater throcater üzerine, dizde sağ ve sol lateral kondiller üzerine ve ayak bileğinde sağ ve sol lateral malleoller üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Veri toplama segmentleri ve marker yerleri

Verilerin Toplanması

Sporcular, ikişer gün gelecek şekilde toplanmıştır. Birinci gün sporculara antropometrik ölçümler yapılmış ve farklı yüklerdeki bar hızlarının farklılıklarının tespiti için 1 tekrar maksimum (TM) testi uygulanmıştır (Harman, 2008). Test, bilateral back squat hareketi olarak uygulanmış ve test sonunda elde edilen maksimal yükün yarısı (%50) alt ekstremitte her iki ekstremitte için kullanılmıştır. Değerlendirmede alt ekstremitte UNI hareket modeli olarak Modifiye Tek Bacak Squat (MTBS) hareketi uygulanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Modifiye tek bacak squat hareket modeli

MTBS hareketini test etme prosedürü DeForest vd., (2014) yapmış olduğu çalışmadan uyarlanmıştır. Bu hareket modeli için arkada kalan ayağın destek alacağı ayarlanabilir bir sehpa kullanılmıştır. İkinci gün, MTBS için sehpa yüksekliği çömelme derinliğinin belirlenmesi amacı ile her bir sporcunun her iki bacağı için tibial tuberosity yüksekliği mezura ile ölçülerek cm olarak belirlenmiştir. Çömelme derinliğinin standardı için, egzersiz boyunca dengenin sağlanması, önde kalan ayağın topuğunun hareket süresince zeminle temasına devam etmesi, sporcunun nötr bir duruşta arka bacadan yaklaşık olarak 180° kalça açısını sağlaması ve arkada kalan yükseltilmiş bacağın diz kapağının öndeki bacağın ayak bileği medial malleol hizasına kadar alçalması olarak belirlenmiştir (Helme, Low & Emmonds, 2019).

Kaldırışlar öncesinde; ölçüm alanı 3D hareket analizi için kalibre edilmiş ve olimpik bar üzerine Push Band 'Bar Modu' özelliği aktif edilerek yerleştirilmiştir. Sporcular, bisiklet ergometresinde beş dakikalık, kendi hızlarına göre genel ısınmayı bitirdikten sonra dinamik esneme egzersizleri yapmışlar ve ardından belirlenen UNI-Squat hareket modeli olan MTBS ile ısınma rutini uygulamışlardır. Isınma sonrasında, her bir sporcuya hareket modeli ile ilgili olarak kaldırış tekrarlarını mümkün olan en hızlı şekilde yapmaları komutu verilmiş ve bu süreçten sonra kaldırış esnasında ayrıca sözlü herhangi bir motive edici uyarı verilmemiştir. Sporcular; MTBS egzersizini arkadan tutuşta her iki ekstremitede, önce ağırlıksız bar da (20kg), ardından rastgele olarak; 1TM'nin yarısının %40, %60, %80 yüklerde 5 tekrar yapacak şekilde gerçekleştirmişlerdir. Bu yüzdeler, her sporcu için 1TM değerleri belirlendikten sonra yarısı alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kaldırışlar sırasında hareket tekniğinin bozulması, denge kaybı veya tekrarlar arasında 2s'den daha fazla (Helme, Low & Emmonds, 2019) sabit kalma durumu gözlemlendiğinde ilgili set/tekrar iptal edilmiş ve gerekli dinlenme verildikten sonra hareket yeniden yapılmıştır. Her kaldırış yüküne göre dinlenme aralıkları; %40 için 2dk, %60 için 3dk ve %80 için 4dk, ayak değişimlerinde ise dinlenme süresi 4dk olarak uygulanmıştır. Ölçümler süresince olimpik bar üzerine yerleştirilen Push Band aracılığıyla bar hızı hesaplanmış; 3D hareket analiz sistemiyle de her bir denek için farklı yüklerdeki ve farklı tekrarlardaki çömelme

derinlikleri, kalça segmentine yerleştirilen deri işaretleri aracılığıyla Qualysis Track Manager'dan hareket başlangıç ve bitiş aralığının hesaplanması gerçekleştirilerek yapılmıştır.

Araştırma Yayın Etiği

Bu araştırma için Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü "Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 28.01.2021 tarih ve 02-1/1 sayılı kararı ile etik onam alınmıştır.

Verilerin Analizi

Çalışmanın istatistik analizi IBM SPSS Versiyon 25 programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle analiz edilmesi istenilen veriler, üç boyutlu hareket analiz ve doğrusal ivme ölçer yazılımları aracılığıyla direk Microsoft Excel'de toplanmıştır. Sonrasında verilerin normallik analizi Kolmogorov Smirnov testi ile değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösterdiği belirlendikten sonra relatif yükler arasındaki farklılıkların tespiti için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi kullanılmıştır. Anlamlı farklılıkların olduğu durumlarda ise ikili karşılaştırmalar T-testi ile belirlenmiştir. Ayrıca deneklerin ortalama bar hızları ile çömelme derinliği arasındaki ilişki Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Çalışmada kullanılan istatistiksel analizler %95 güven aralığında 0.05 hata düzeylerinde gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Çalışmaya katılan sporcuların, yaş ortalamaları $22,90 \pm 1,28$ yıl, boy ortalamaları $175,90 \pm 5,36$ cm ve vücut kütle ortalamaları $75,38 \pm 7,78$ kg olarak tespit edilmiştir. Ayrıca farklı yüklerin hesaplanması öncesindeki 1TM back squat değerleri de $115,00 \pm 17,46$ kg olarak hesaplanmıştır. Fakat bu 1 TM değerleri, her sporcu için farklılık gösterdiğinden dolayı yüzdelik oranları da bireysel olarak belirlenmiştir. Sporcuların, kaldırdıkları yüklerinin yüzdelik değerleri Tablo 1 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sporcuların 1 tekrar maksimum ve farklı relatif yük parametrelerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişkenler	Min.	Maks.	X(Ort)	S
Boş Bar Kütlesi (kg)	20	20	20	0
1TM %40 (kg)	28	43	34,7	5,55
1TM %60 (kg)	30	50	40	6,67
1TM %80 (kg)	40	63	51,5	8,31

Sporcuların, kaldırdıkları yüklerinin ortalama bar hızı değerleri Tablo 2. de gösterilmiştir. Buna göre boş barda (20kg) sağ ekstremite için ortalama 0,945m/s lik bir kaldırma hızı mevcutken, bu hız en fazla relatif yük olan %80'lik kaldırıpta 755m/s olarak tespit edilmiştir. Sol ekstremite için ortalama 0,898m/s lik bir kaldırma hızı mevcutken, bu hız en fazla relatif yük olan %80'lik kaldırıpta 0,736m/s olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Sporcuların sağ ve sol alt ekstremiteleri için farklı relatif yüklerdeki ortalama bar hızı parametrelerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişkenler	Min.	Maks.	X(Ort)	S
20kg - OH/Sağ (m/s)	0,814	1,12	0,945	0,094
20kg - OH/Sol (m/s)	0,715	1,022	0,898	0,077
%40 Y- OH/Sağ (m/s)	0,814	0,999	0,91	0,064
%40 Y- OH/Sol (m/s)	0,715	1,033	0,885	0,08
%60 Y- OH/Sağ (m/s)	0,72	1,071	0,874	0,11
%60 Y- OH/Sol (m/s)	0,657	1,012	0,832	0,1
%80 Y- OH/Sağ (m/s)	0,61	0,833	0,755	0,077
%80 Y- OH/Sol (m/s)	0,599	0,826	0,736	0,074

Y: Yük; OH: Ortalama Hız

Sporcuların, kaldırdıkları yüklerinin çömelme derinlik değerleri Tablo 3. de gösterilmiştir. Buna göre boş barda (20kg) sağ ekstremitte için ortalama 47,9cm lik bir çömelme derinliği mevcutken, bu derinlik en fazla relatif yük olan %80'lik kaldırıpta 46,1cm olarak tespit edilmiştir. Sol ekstremitte için ortalama 47,0cm lik bir çömelme derinliği mevcutken, bu derinlik en fazla relatif yük olan %80'lik kaldırıpta 45,2cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Sporcuların sağ ve sol alt ekstremiteleri için farklı yüklerdeki çömelme derinlik parametrelerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişkenler	Min.	Max.	X(Ort)	S
20kg - ÇD/Sağ (cm)	42,8	54,3	47,9	3,4
20kg - ÇD/Sol (cm)	41,8	51,3	47,0	3,1
%40 Y- ÇD/Sağ (cm)	40,7	53,7	47,0	3,6
%40 Y- ÇD/Sol (cm)	35,9	50,8	45,0	4,7
%60 Y- ÇD/Sağ (cm)	43,8	51,6	47,2	2,9
%60 Y- ÇD/Sol (cm)	41,1	50,4	45,1	2,9
%80 Y- ÇD/Sağ (cm)	41,8	51,3	46,1	3,4
%80 Y- ÇD/Sol (cm)	39,7	51,1	45,2	3,1

Y: Yük; ÇD: Çömelme Derinliği

Çalışmada, 20kg, %40, %60 ve %80 yüklerdeki farklılıkların tespiti için kullanılan tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonrasında hem sağ hem de sol ekstremitte için farklı relatif yüklerdeki ortalama bar hızlarında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0,005$). Farklılıkların hangi yükler arasında olduğunun tespiti için gerçekleştirilen ikili karşılaştırmalar için yapılan T-Test sonuçları ise her iki ekstremitte için Tablo 4' te gösterilmiştir.

Tablo 4. Sporcuların sağ ve sol alt ekstremiteleri için farklı relatif yüklerdeki ortalama bar hızı farklılıklarının t-test analizi sonuçları

Değişkenler	P değeri (Sağ Ekstremitte)	P değeri (Sol Ekstremitte)
20kg - %40 Y/OH	0,058*	0,292
20kg - %60 Y/OH	0,002*	0,002*
20kg - %80 Y/OH	0,000*	0,000*
%40 Y- %60 Y/OH	0,171	0,006*
%40 Y- %80 Y/OH	0,000*	0,000*
%60 Y- %80 Y/OH	0,001*	0,012*

* $p<0,05$; Y: Yük; OH: Ortalama Hız

Çalışmada, tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi sonrasında hem sağ hem de sol ekstremitelerde için farklı relatif yüklerdeki ortalama çömelme derinliklerinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Farklılık tespiti için gerçekleştirilen ikili T-Test sonuçları ise her iki ekstremitelerde için Tablo 5’ te gösterilmiştir.

Tablo 5. Sporcuların sağ ve sol alt ekstremiteleri için farklı relatif yüklerdeki ortalama çömelme derinliği farklılıklarının t-test analizi sonuçları

	P değeri (Sağ Ekstremitede)	P değeri (Sol Ekstremitede)
20kg - %40 Y/ÇD	0,245	0,098
20kg - %60 Y/ÇD	0,368	0,015*
20kg - %80 Y/ÇD	0,013*	0,048*
%40 Y- %60 Y/ÇD	0,849	0,911
%40 Y- %80 Y/ÇD	0,07	0,887
%60 Y- %80 Y/ÇD	0,074	0,904

* $p < 0,05$; Y: Yük; ÇD: Çömelme Derinliği

Yapılan Pearson korelasyon analizi sonrasında, farklı relatif yüklerdeki çömelme derinliklerinin, yine farklı yüklerdeki aynı değerleriyle ilişkilendirilen ortalama hız verilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Tablo 6. Sporcuların sağ ve sol alt ekstremiteleri için pearson korelasyon analiz sonuçları.

		20kg OH	%40 Y/OH	%60 Y/OH	%80 Y/OH
20kg ÇD/Sağ	r	0,038	0,043	0,014	0,181
	p	0,916	0,905	0,97	0,616
%40 Y/ÇD/Sağ	r	0,21	0,302	0,27	0,386
	p	0,56	0,397	0,451	0,27
%60 Y/ÇD/Sağ	r	-0,177	-0,055	-0,258	-0,009
	p	0,625	0,88	0,472	0,981
%80 Y/ÇD/Sağ	r	0,013	0,002	0,008	0,124
	p	0,971	0,996	0,983	0,732
20kg ÇD/Sol	r	0,07	0,186	0,022	0,54
	p	0,848	0,606	0,952	0,107
%40 Y/ÇD/Sol	r	-0,089	0,274	0,002	0,496
	p	0,806	0,444	0,995	0,145
%60 Y/ÇD/Sol	r	-0,114	0,009	-0,181	0,336
	p	0,753	0,98	0,616	0,342
%80 Y/ÇD/Sol	r	-0,219	-0,109	-0,198	0,232
	p	0,544	0,764	0,583	0,519

$p > 0,05$; Y: Yük; ÇD: Çömelme Derinliği; OH: Ortalama Hız

Yapılan Pearson korelasyon analizi sonrasında, farklı relatif yüklerdeki çömelme derinliklerinin, yine farklı yüklerdeki aynı değerleriyle ilişkilendirilen ortalama hız verilerinde hem sağ hem de sol alt ekstremitelerde için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir ($p > 0,05$) (Tablo 6).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada; alt ekstremitte için belirlenen bir modifiye edilmiş UNI squat hareket modeli üzerinde farklı relatif yüklerin sporcuların çömelme derinliği ve bar hızı değişkenlerine olan etkileri incelenmiştir. Her sporcudan 1TM testinde elde edilen oransal değerlerin yarısının %40, %60 ve %80’nde her iki ekstremitte ile yapılan UNI hareket modeli için yük değerleri hesaplanmıştır. Tablo 1’de farklı yüklerdeki kaldırımlar için ortalama bar hızları sergilenmiştir. Bu çalışmada yapılan istatistiksel analizler sonrasında, bar hızlarının neredeyse tüm relatif yüklerde anlamlı farklılıklar sergilediği tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4). Bu hız değişimlerinin beklenen bir durum olduğu düşünüldüğünde yüklerin artışıyla ilgili olarak bar hızında azalma şeklinde kendini göstermiştir. Literatürdeki benzer çalışmalarda, yine benzer bar hızı azalmaları tespit edilmiş ve bar hızındaki azalmaların nedenlerinin, kalkış esnasındaki konsantrik fazda artan kuvvet çıkışı ve yük olduğu değerlendirilmiştir (Gonzalez-Badillo ve Sanchez-Medina, 2010; Sanchez-Medina vd., 2010). Bir diğer çalışmada ise iki farklı bar modelinin kullanıldığı bilateral squat (BIL-S) hareketi için 1TM’nin %65 ve %85’inde farklı relatif yükler ile ortalama bar hızı (OBH) karşılaştırılması yapılmış ve her iki barda da %85 relatif yükte yapılan kaldırımlarda bar hızlarında (Geleneksel Bar: %65; ortalama hız 0.721 ± 0.091 m/s, %85; ortalama hız 0.498 ± 0.076 m/s ve Güvenli Squat Bar: ortalama hız %65; 0.751 ± 0.120 m/s, %85; ortalama hız 0.503 ± 0.109 m/s) düşüş olduğu belirtilmiştir (Vantrease vd., 2021). Bu çalışmalar da göz önüne alındığında bizim çalışmamızda da benzer nedenlerden kaynaklı yük-hız ilişkisi olduğu değerlendirilmiştir.

Alt ekstremitte UNI egzersiz modeli olarak belirlenen MTBS hareketinde sporcuların çömelme derinliğini standart bir pozisyonda yapmaları sağlanmış ve arkada kalan yükseltilmiş bacağın patellasının öndeki bacağın ayak bileği medial malleol hizasına kadar alçalması istenmiştir. Bu ve buna benzer UNI hareket modelleri; ağırlıklı olarak sagittal düzlemde fleksiyon ve ekstansiyon içerse de bu egzersizlerde ortak nokta, dar taban yüzeyinin frontal düzlem kontrolü ve ön-arka duruş pozisyonunda, transvers düzlemde kalçalarda meydana gelen rotasyon taleplerini ortaya çıkarmasıdır (McCurdy, 2017). Bu durumun MTBS hareketi içinde, önde kalan ayağın destek bacağının temas yüzeyinin dar olmasına bağlı olarak stabilite kontrolünde azalmaların olabileceğini düşündürmektedir. Bu da ağır yükler altında daha derine alçalmayı olumsuz etkileyebileceği hipotezini doğrulamıştır. Yapılan bu çalışmada sporcuların, kaldırdıkları relatif yüklerin çömelme derinliği ile ilgili verileri incelendiğinde; relatif yük artışının sağ ve sol ekstremitte için çömelme derinliklerini etkilediği belirlenmiştir (Tablo 3).

Çalışmada; boş bar ağırlığı ile sağ ekstremitte için ortalama 47,98cm lik bir çömelme derinliği elde edilirken, bu derinlik en fazla olan %80 relatif yük ile çömelme derinliğinde 46.11cm olarak belirlenmiştir. Her iki yük arasındaki çömelme derinliği farkı ise 1,87cm olarak hesaplanırken anlamlı farklılık olduğu ortaya çıktığı belirtilmiştir ($p<0,05$). Aynı parametre sol ekstremitte de incelendiğinde boş bar ağırlığı ile elde edilen çömelme derinliği 47,02cm iken, bu derinlik %60 ve %80 relatif yüklerde sırasıyla, 45,17cm ve 45,23cm olarak tespit edilmiştir ve bu parametrelerde de anlamlı farklılıklar elde edilmiştir ($p<0,05$). Her iki ekstremitte için yükün maksimale yaklaşması, çömelme derinliğinde yaklaşık 2cm civarında bir azalmaya neden

olmuştur. Bu azalmada, hareket esnasında eklem hareket açıklığındaki farklılık bazı biyomekanik faktörü etkileyebileceği belirtilmiştir. Hareket modelinin özgünlüğünü, kuvvet gelişimini, kuvvet gelişim hızını, motor ünitelerin aktivasyonunu ve senkronizasyonun yanı sıra dinamik eklem stabilitesini de etkileyebileceğidir (Rhea vd., 2016). Bu durumun daha önce hipotezde de ortaya atıldığı gibi, sporcuların başlangıç pozisyonuna dönerken konsantrik fazda barı ve yüklerini kontrol edebilmesi için yarattığı bir hareket daralmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca, son dönemlerde direnç antrenmanları sırasında hareket hızının izlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda; Back Squat derinliğinin, relatif yükler (%1TM) ile bar hızı arasında çok yakın bir ilişki ($R^2 = 0.96$) olduğu tespit edilmiştir (Moran-Navarro vd., 2017). Benzer bir çalışmada; progresif yüklerde farklı squat varyasyonları, Full Squat (FS), Half Squat (HS) ve Parallel Squat (PS) için çömelme derinliğinin yük-hız ve yük-güç arasında önemli düzeyde ($R^2 = 0.92-0.96$) ilişki bulunmuştur. Özellikle çömelme derinliği arttıkça (FS: $R^2 = 0.96$, HS: $R^2 = 0.94$, PS: $R^2 = 0.92$) bar hızı ve gücünde artış meydana gelmiştir. Bar hızı; 1TM'in %40-75 yükler için FS ve PS varyasyonları arasında her %1TM'ye karşı ortalama hız'da önemli farklılıklar saptanırken, %1TM'in 40-90'luk yükler için bu iki varyasyon ve HS arasında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Martinez-Cava vd., 2019). Alejandro Martinez-Cava vd., (2019) yaptıkları benzer bir çalışmada, yük (%1RM) ile bar hızı arasında yakın ilişkiler ($R^2 = 0.92-0.96$) bulmuşlar ve bu ilişkiler bar hızı daha fazla arttıkça çömelme derinliğini de artacağı yönünde, her squat varyasyonu için özel olabileceği sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada yapılan korelasyon analizi sonrasında bar hızı ve çömelme derinliği arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir ($p > 0,05$). Çalışma UNI egzersiz modeline göre dizayn edildiği için bu squat varyasyonunda sporcuların artan yükleri kontrol edebilme çabalarına bağlı olarak çömelme derinliğinde de güvenli aralıkta kalma ihtiyacı doğurduğunu söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, farklı yüklerdeki bar hızı değişkenleri, her iki extremitede de yüklerin artmasıyla birlikte anlamlı değişiklikler göstermiştir. Buna bağlı olarak yükün nicel miktarı, barın hızını azaltacak yönde etkileyen bir parametre olarak değerlendirilebilir. Bununla beraber, bar hızı ve çömelme derinliği arasında da ilişki olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Araştırma Dizaynı-ÇBE; MAB; AA- Verilerin Toplanması- MAS; ÇBE, İstatistik analiz- AA; ÇBE- Makalenin hazırlanması, ÇBE; MAB.

Etik Kurul İzni ile ilgili Bilgiler

Kurul Adı: Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü “Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Tarih: 28.01.2021

Sayı No: 02-1/1

KAYNAKÇALAR

- Ayotte, N.W., Stetts, D.M., Keenan, G., & Greenway, E.H. (2007). Electromyographical analysis of selected lower extremity muscles during 5 unilateral weight-bearing exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(2), 48-55. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2007.2354>
- Bloomquist, K., Langberg, H., Karlsen, S., Madsgaard, S., Boesen, M., & Raastad, T. (2013). Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 113(8), 2133–2142. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2642-7>
- Bogdanis, G.C., Tsoukos, A., Kaloheri, O., Terzis, G., Veligeas, P., & Brown, L.E. (2019). Comparison between unilateral and bilateral plyometric training on single-and double-leg jumping performance and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(3), 633-640. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001962>
- Chelly, M.S., Fathloun, M., Cherif, N., Amar, M.B., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86c40>
- Comfort, P., Jones, P.A., Smith, L.C., & Herrington, L. (2015). Joint kinetics and kinematics during common lower limb rehabilitation exercises. *Journal of Athletic Training*, 50(10), 1011-1018. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-50.9.05>
- DeForest, B.A., Cantrell, G.S., & Schilling, B.K. (2014). Muscle activity in single-vs. double-leg squats. *International Journal of Exercise Science*, 7(4), 302-310.
- Distefano, L.J., Blackburn, J.T., Marshall, S.W., & Padua, D.A. (2009). Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(7), 532-540. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2009.2796>
- Eliassen, W., Saeterbakken, A.H., & Van Den Tillaar, R. (2018). Comparison of bilateral and unilateral squat exercises on barbell kinematics and muscle activation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 13(5), 871. <https://doi.org/10.26603/ijst20180871>
- Gomes, J., Neto, T., Vaz, J.R., Schoenfeld, B.J., & Freitas, S.R. (2020). Is there a relationship between back squat depth, ankle flexibility, and achilles tendon stiffness? *Sports Biomechanics*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1690569>
- González-Badillo, J.J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Hansen, K., & Cronin, J. (2009). Training loads for the development of lower body muscular power during squatting movements. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 17-33. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181957065>
- Harman, E., & Garhammer, J. (2008). Testing and evaluation. In T.R. Baechle & R.W. Earle (Ed.), *Essentials of Strength Training and Conditioning*, (pp. 237-273). Human Kinetics,
- Helme, M., Low, C., & Emmonds, S. (2019). *A kinetic and kinematic analysis of the rear foot elevated split squat 5rm test*. United Kingdom Strength and Conditioning Association National Conference, 15 June - 16 June, Stadium MK, Milton Keynes.
- Helme, M., Bishop, C., Emmonds, S., & Low, C. (2019). Validity and reliability of the rear foot elevated split squat 5 repetition maximum to determine unilateral leg strength symmetry. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(12), 3269-3275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003378>

- Başar, M.A., Bulgan-Ercin, Ç., ve Aşçı, A. (2022). Farklı yüklerde yapılan unilateral squat hareketinde çömelme derinliğinin bar hızına etkisinin incelenmesi. *Avrasya Spor Bilimleri ve Eğitim Dergisi*, 4(1), 67-79.
- Hori, N., Newton, R.U., Nosaka, K., & Stone, M.H. (2005). Weightlifting exercises enhance athletic performance that requires high-load speed strength. *Strength and Conditioning Journal*, 27(4), 50-55.
- Hughes, L.J., Peiffer, J.J., & Scott, B.R. (2022). Reliability and validity of using the push band v2. 0 to measure repetition velocity in free-weight and smith machine exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(2), 365-370. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003436>
- Khuu, A., Foch, E., & Lewis, C.L. (2016). Not all single leg squats are equal: A Biomechanical comparison of three variations. *International journal of sports physical therapy*, 11(2), 201-211.
- Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J.J., & Pallarés, J.G. (2019). Velocity-and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, 37(10), 1088-1096. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544187>
- McCurdy, K. (2017). Technique, variation, and progression of the rear-foot-elevated split squat. *Strength & Conditioning Journal*, 39(6), 93-97. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000319>
- McCurdy, K., & Conner, C. (2003). Unilateral support resistance training incorporating the hip and knee. *Strength & Conditioning Journal*, 25(2), 45-51.
- McCurdy, K., O'Kelley, E., Kutz, M., Langford, G., Ernest, J., & Torres, M. (2010). Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 19(1), 57-70. <https://doi.org/10.1123/jsr.19.1.57>
- Morán-Navarro, R., Pérez, C. E., Mora-Rodríguez, R., de la Cruz-Sánchez, E., González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., & Pallarés, J. G. (2017). Time course of recovery following resistance training leading or not to failure. *European Journal of Applied Physiology*, 117(12), 2387-2399. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3725-7>
- Park, S., Chung, C., Park, J., Jang, J., Panday, S.B., Lee, J., & Pathak, P. (2016). Comparative analysis of lunge techniques: forward, reverse, walking lunge. *34th International Conference on Biomechanics in Sports, July 18-22. Tsukuba, Japan*.
- Rhea, M.R., Kenn, J.G., Peterson, M.D., Massey, D., Simão, R., Marin, P.J., Favero, M., Cardozo, D., & Krein, D. (2016). Joint-angle specific strength adaptations influence improvements in power in highly trained athletes. *Human Movement*, 17(1) 43-49. <https://doi.org/10.1515/humo-2016-0006>
- Sanchez-Medina, L., Perez, C.E., & Gonzalez-Badillo, J.J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(02), 123-129. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
- Speirs, D.E., Bennett, M.A., Finn, C.V., & Turner, A.P. (2016). Unilateral vs. bilateral squat training for strength, sprints, and agility in academy rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 386-392. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001096>
- Stone, M.H., Potteiger, J.A., Pierce, K.C., Proulx, C.M., O'bryant, H.S., Johnson, R.L., & Stone, M.E. (2000). Comparison of the effects of three different weight-training programs on the one repetition maximum squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 332-337.
- Vantrease, W.C., Townsend, J.R., Sapp, P.A., Henry, R.N., & Johnson, K.D. (2021). Maximal strength, muscle activation, and bar velocity comparisons between squatting with a traditional or safety squat bar. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), S1-S5. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003541>



Bu eser **Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı** ile lisanslanmıştır.