

Farklı Unilateral Squat Egzersizlerin Biyomekanik Açıdan Karşılaştırılması *

Biomechanical Comparison of Different Unilateral Squat Exercises*

Bariş TÜRKER** 

Yaşar TATAR*** 

Öz

Bu araştırmanın amacı unilateral squat egzersizleri sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmaya Spor Bilimleri Fakültesinde eğitim gören, 18-25 yaş aralığındaki, 21 erkek gönüllü katılmıştır. Katılımcılardan altı farklı unilateral squat egzersizini (1-Split squat, 2-Bulgar squat, 3-Trx Bulgar squat, 4-Tek bacak squat 5-Yana squat, 6-Adım squat) baskın ekstremitele kuvvet platformu üzerinde olacak şekilde yapmaları istenmiştir. Katılımcılar egzersizler sırasında kendi vücut ağırlıklarının %10' u ağırlığındaki bir halteri omuzlarının üzerinde taşımıştır. Egzersiz fazlarının değerlendirilmesinde iki adet yüksek hızlı kameradan (Vooskühler, Germany) yararlanılmıştır. Egzersizler sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvveti verileri, kuvvet platformu (MatScan System; Tekscan, Inc., USA) aracılığıyla alınmıştır. Çalışmamızda her bir olgu, altı farklı unilateral squat egzersizini üç tekrarlı olarak yapmış ve her bir egzersize ait zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri bu üç tekrarın ortalaması alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Egzersizler sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri Friedman testiyle karşılaştırılmıştır. Grupların ikili karşılaştırılmasında Wilcoxon testi kullanılmıştır. Çalışmamız sonucunda tek bacak ve adım squat egzersizlerinin hem eksenrik hem de konsantrik fazları sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyükken; split squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Ayrıca Trx Bulgar squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin Bulgar ve yana squat egzersizlerinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyük olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Çalışma sonuçlarımız, her egzersiz tipinin doğurduğu yer reaksiyon kuvvetinin büyüklüğu dikkate alınarak, kuvvet artırımı veya rehabilitasyon hedeflerine uygun egzersizlerin seçiminde yardımcı olacaktır.

Anahtar kelimeler: Unilateral egzersiz, Squat, Yer reaksiyon kuvveti

* Bu çalışma daha önce 06.06.2023 tarihinde 4. International Black Sea Modern Scientific Research Congress' de sözel sunum olarak sunulmuştur.

** Öğr. Gör. Trabzon Üniversitesi Tonya Meslek Yüksekokulu, baristurker@trabzon.edu.tr, Trabzon, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7045-7573

*** Prof. Dr., Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, ytatar@marmara.edu.tr, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6815-301X

Abstract

The aim of this research is to compare the peak vertical ground reaction forces that occur during unilateral squat exercises. Twenty-one male volunteers, aged between 18-25, studying at the Faculty of Sport Sciences, participated in the study. Participants were asked to perform six different unilateral squat exercises (1-Split squat, 2 – Step squat, 3-Bulgarian squat, 4-Trx Bulgarian Squat, 5-Side squat, 6-Single leg squat) with their dominant extremities on the force platform. Participants carried a barbell weighing 10% of their body weight on their shoulders during the exercises. Two high-speed cameras (Vooskühler, Germany) were used to evaluate the exercise phases. Peak vertical ground reaction force data occurring during the exercises were captured via the force platform (MatScan System; Tekscan, Inc., USA). In our study, each subject performed six different unilateral squat exercises in three repetitions, and the peak vertical ground reaction forces of each exercise were calculated separately by taking the average of these three repetitions. Peak vertical ground reaction forces occurring during the exercises were compared with the Friedman test. Wilcoxon test was used for pairwise comparison of groups. As a result of our study, the peak vertical ground reaction forces that occurred during both the eccentric and concentric phases of the single leg and step squat exercises were significantly higher than the other exercises, while the peak vertical ground reaction forces that occurred during the split squat were found to be significantly lower than the other exercises ($p<0.05$). Additionally, it was determined that the peak vertical ground reaction forces occurring during the Trx Bulgarian squat exercise were significantly higher than the peak vertical ground reaction forces occurring during the Bulgarian and side squat exercises. Our study results will help in the selection of exercises suitable for strength increase or rehabilitation goals, taking into account the magnitude of the ground reaction force generated by each type of exercise.

Keywords: Unilateral exercise, Squat, Ground reaction force

GİRİŞ

Direnç antrenmanları; kas kuvvetinin artırılması, fiziksel performansın geliştirilmesi, yaralanma riskinin azaltılması ve rehabilitasyon süreçlerinin desteklenmesi amacıyla sıklıkla kullanılan bir antrenman yöntemidir (Ciccolo ve Kraemer, 2013). Direnç antrenmanları sırasında doğru egzersizi seçmek, antrenmanın amacına ulaşmasındaki en önemli faktörlerden biridir (Mausehund, Skard ve Krosshaug, 2018). Uygun egzersiz programı, bireyin ihtiyaçlarını dikkate alarak kas-iskelet sistemini geliştirir. Yaralanma riskinin düşük olduğu, hedefe yönelik güvenli bir egzersiz programı için, bireyin yükleme koşullarının doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir (Schellenberg, Taylor ve Lorenzetti, 2017). Bu durum, egzersizin kas-iskelet sistemine yüklediği mekanik kuvvetlerin tam olarak anlaşılmasıyla sağlanır (Mausehund ve diğ., 2018).

Egzersizler sırasında gövdeyi ve ortaya çıkan kuvvetleri kontrol etmek gerekir. Bu bağlamda, vücut ağırlığı ve bazı ek dış yüklerin kullanıldığı çoklu eklemleri içeren egzersizler, bireylerin kullandığı en yaygın direnç egzersiz türüdür. Son yıllarda bilateral (çift taraflı) egzersizlere kıyasla, günlük aktivitelerde daha işlevsel ve spora özgü olduğundan unilateral (tek taraflı) egzersizlerin antrenman programlarındaki yeri artmıştır (Chapman, 2018; Mausehund ve diğ., 2018). Böylelikle tek bacak, split, yana, Bulgar ve adım squat gibi isimler alan unilateral squat egzersizlerinin kullanımı, kuvvet ve kondüsyon gelişimi açısından popüler hale gelmiştir (McCurdy, Langford, Cline, Doscher ve Hoff, 2004).

Unilateral squat egzersizleri, tüm vücudu tek taraflı destekleyen, alt ekstremitenin kuvvet ve performansını artırmada önemli rol oynayan, klasik çok eklemli, direnç egzersiz modeli olarak tanımlanmıştır (McCurdy ve Conner, 2003). Bu egzersizler; rehabilitasyon, spor performansı ve zindeliği geliştirmek amacıyla sıklıkla egzersiz programlarında yer almaktadır (Han, Ge ve Liu, 2013; Mausehund ve diğ., 2018). Unilateral squat egzersizlerinin antrenman programlarına dahil edilmesi; atletik performansı, kas aktivasyonunu ve nöromuskuler fonksiyonu artırır (Ciccolo ve Kraemer, 2013). Ayrıca bu egzersizlerin, alt ekstremiteler arasındaki asimetrisini dengelediği, sürat ve ivmelenmeyi geliştirdiği, dengeyi artırdığı ve yaralanmaları önlediği belirtilmiştir (Cook, Burton ve Hoogenboom, 2006a; Soligard ve diğ., 2009).

Kuvvet ve kondisyonu artırmadaki güncel yaklaşım, fonksiyonel egzersizlerin kullanımını artırarak çok yönlü spor becerilerini geliştirmek ve direnç antrenmanının kalitesini artırmaktır (Aguilera-Castells ve diğ., 2019). Spor becerileri sırasında kinetik zincirin kontrolünün sağlanabilmesi için lokomotor ve stabilite eylemleri gerekir. (Cook ve diğ., 2006 b). Bu tür eylemlerin sıklıkla gerçekte olduğu yer temelli sporların çoğunda; koşu, yön değiştirme ve zıplama sırasında tek bacak tarafından güç ve kuvvet üretilmesi gerekir (Santana, 2001). Bu nedenle, Bulgar, tek bacak, adım ve split squat gibi unilateral squat egzersizleri, spora özel antrenman programlarının bir parçası olmuştur (Gonzalo-Skok ve diğ., 2017; Lockie, Orjalo, Moreno ve Lockie, 2018; Secomb, Tran, Lundgren, Farley ve Sheppard, 2014).

Yer reaksiyon kuvveti, bireyin zemine uyguladığı kuvvete eşit büyüklükte ve zıt yönde oluşan tepki kuvvetidir. Ön-arka, iç-dış yönlü iki makaslama ve dikey yönlü bir kompresyon kuvveti olmak üzere toplam üç kuvvetten oluşur (Winter, 2009). Bu kuvvetler arasından dikey yer reaksiyon kuvveti; sporcularda performans analizi, eklem yüklenmelerinin dolaylı tahmini, yaralanma riskinin değerlendirilmesi ve cerrahi sonrası ekstremitelere ağırlık aktarımının takibinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Dali, Justine, Ahmad ve Othman, 2013; Koyama, Kato ve Yamauchi, 2013; McCrory, White ve Lifeso, 2001). Ayrıca dikey yer reaksiyon kuvveti, vücut dokularına etki eden kompresyon kuvvetlerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Farklı egzersizler sırasında oluşabilecek dikey yönlü büyük kuvvetlerin, özellikle menisküs ve eklem kıkırdakları gibi yapılara zarar verebileceği gösterilmiştir (Eckstein, Hudelmaier ve Putz, 2006; Escamilla, 2001; Herberhold ve diğ., 1999).

Literatürde bilateral egzersizler sırasında oluşan dikey yer reaksiyon kuvvetlerine odaklanan birçok araştırma bulunmasına rağmen, unilateral squat egzersizleri sırasında oluşan dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin değerlendirildiği çalışmalar sınırlı sayıdadır (Choe, Coburn, Costa ve Pamukoff, 2018; Collins, Klawitter, Waldera, Mahoney ve Christensen, 2021; Ebben, Fauth, Kaufmann ve Petushek, 2010). Ayrıca mevcut unilateral araştırmaların büyük bir kısmında, iki ya da üç farklı egzersiz tipi karşılaştırılmış ve bu egzersizler genellikle statik pozisyon ya da sınırlı hareket aralığında değerlendirilmiştir (Comfort, Jones, Smith ve Herrington, 2015; Konrardy, 2017). Sonuç olarak, unilateral squat egzersizleri sırasında oluşan dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin değerlendirilmesi, mevcut literatürdeki boşluğu dolduracaktır.

Bu çalışmanın amacı unilateral squat egzersizleri sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılmasıdır. Böylelikle egzersiz ve antrenman programlarında sıkça yer alan bu egzersizler arasında progresyonun belirlenmesi sağlanacaktır.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Araştırmamız Mayıs-Ağustos 2022 tarihleri arasında, nicel araştırma yöntemlerinden biri olan deneysel model kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Evren-Örneklem

Araştırmanın evrenini, Trabzon ilinde bulunan üniversitelerin, Spor Bilimleri Fakültelerinde eğitim gören öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışmaya ait örneklem büyüklüğünün belirlenmesinde G*Power 3.1.9.4 yazılım programı kullanılmış ve örneklem büyüklüğü 20 olarak belirlenmiştir (Erdfelder, Faul, Buchner ve Lang, 2009). Çalışmamıza Spor Bilimleri Fakültesinde eğitim gören, 18-25 yaş aralığındaki, 21 erkek gönüllü katılmıştır (Tablo 1). Katılımcılardan haftanın en az 3 günü, 45 dakikadan fazla egzersiz yapma ve en az 2 yıl kuvvet antrenman deneyimi olma şartları aranmıştır. Alt ekstremitte deformitesi olan, son 6 ay içerisinde ayak, diz, kalça ve gövde yaralanma öyküsü bulunan ve bu bölgelerinde ağrı şikayeti olan bireyler çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışma Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüş ve çalışma öncesi onay formları alınmıştır.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

	Ort.	SS
Yaş (yıl)	20,85	2,24
Boy (cm)	180,28	6,87
Vücut Kütlesi (kg)	73,00	8,67
Beden Kitle Endeksi	22,38	1,52
Spor Yılı	8,47	2,50
Gövde Uzunluğu (cm)	51,28	3,92
Pelvis Genişliği (cm)	25,76	1,57
Bacak Uzunluğu (cm)	92,14	5,22
Uyluk Uzunluğu (cm)	53,00	3,24
Tibia Uzunluğu (cm)	39,57	3,24
Ayak Uzunluğu (cm)	26,09	1,22

Araştırma Yayın Etiği

Çalışma Marmara Üniversitesi Tıp Fakóltesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Protokol kodu: 09.2020.231).

Verilerin Toplanması

Katılımcıların demografik özellikleri sözel olarak alınıp; boy, kalça genişliği, alt ekstremite ve tibia uzunlukları mezura ile ölçülmüş, vücut ağırlıkları elektronik tartı ile belirlenmiştir.

Değerlendirmelere başlamadan önce oluşabilecek yaralanmaların önlenmesi amacıyla ısınma protokolü uygulanmıştır. Isınma protokolünün ilk aşamasında katılımcılar önce 5 dakika düşük şiddetli (aerobik nitelikli) koşu yapmış, ardından alt ekstremite kaslarını hedefleyen germe egzersizleri gerçekleştirmiştir. Isınma protokolünün ikinci aşamasında ise analizi yapılacak egzersizlerin doğru şekilde yapılabilmesi amacıyla katılımcılardan her bir egzersizi 5 tekrarlı yapmaları istenilmiştir.

Testler sırasında, katılımcılardan her bir egzersizi (1 – Split squat, 2 – Bulgar squat, 3-Trx Bulgar squat, 4 – Tek bacak squat, 5 – Yana squat, 6-Adım squat) baskın ekstremiteleri kuvvet platformu üzerinde olacak şekilde 3 tekrarlı yapmaları istenilmiştir. Ölçümler sırasında olgular kendi ağırlıklarının %10' u ağırlığındaki bir halteri omuzlarının üzerine yerleştirerek egzersizleri gerçekleştirmiştir. Tekrarlar arasında 30 saniye, egzersizler arasında ise 2 dakikalık dinlenme süresi verilmiş ve egzersiz sırası rastgele belirlenmiştir. Egzersizler, çömelme (eksantrik) fazı 3 sn, kalkma (konsantrik) fazı 2 sn ritimde gerçekleştirilmiştir. Ritmin sağlanması metronom programından yararlanılmıştır. Ölçümler sırasında egzersizlerin uygun şekil ve doğru pozisyonda gerçekleştirilebilmesi amacıyla deneyimli iki fizyoterapist tarafından sözlü geri bildirim verilmiştir. Testler sırasında denge ve gövdenin dik pozisyonunun bozulması ya da egzersizin uygun yapılamaması durumunda hareket sonlandırılıp, tekrar edilmiştir. Egzersizler aşağıdaki talimatlara göre gerçekleştirilmiştir.

Split Squat

Split squat egzersizi sırasında adım uzunluğu olarak, anterior superior iliak çıkıntı (ASIS) ile medial malleol arasındaki uzunluğun %80'i kullanılmıştır (Van Rossom ve diğ., 2018). Aynı şekilde, egzersiz sırasındaki duruş genişliği, iki anterior superior iliak çıkıntı arasındaki mesafe olarak belirlenmiştir (Van Vossom ve diğ., 2018). Harekete her iki diz eklemi tam ekstansiyon pozisyonundayken başlanılmış ve katılımcılardan baskın bacaklarıyla maksimum diz fleksiyonu yapmaları, ardından tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istenilmiştir.

Bulgar Squat

Bulgar squat egzersizi; split squat egzersizinde kullanılan adım uzunluğu ve genişliği ile uyumlu olarak, baskın bacak vücudun önünde ve diğer bacak vücudun arkasında olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Egzersizler sırasında arkadaki ayak, tibia boyuna (medial diz eklemi boşluğundan medial malleole olan mesafe) eşit yükseklikteki bir sehpa yerleştirilmiştir (Mausehund ve ark., 2018). Harekete öndeki diz eklemi tam ekstansiyon pozisyonundayken başlanılmış ve katılımcılardan baskın bacaklarıyla maksimum diz fleksiyonu yapmaları, ardından tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istenilmiştir.

Trx Bulgar Squat

Trx Bulgar squat egzersizi, Bulgar squat egzersizine benzer şekilde yapılmış ancak egzersiz sırasında arkadaki ayak, stabil bir yüzeye (sehpa) değil, hareketli bir yüzey olan askı kayışına (Trx Suspension Trainer (Fitness Anywhere, San Francisco, CA) yerleştirilmiştir. Egzersizler sırasında askı kayışının boyu her bir katılımcının, tibia boyuna (medial diz eklemi boşluğundan medial malleole olan mesafe) eşit olacak şekilde ayarlanmıştır (Mausehund ve ark., 2018). Harekete öndeki diz eklemi tam ekstansiyon pozisyonundayken başlanılmış ve katılımcılardan baskın bacaklarıyla maksimum diz fleksiyonu yapmaları, ardından tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istenilmiştir.

Tek Bacak Squat

Katılımcılardan baskın olmayan ekstremitelelerinin diz eklemi 90 derece fleksiyon pozisyonunda olacak şekilde, baskın bacaklarıyla maksimum diz fleksiyonu yapmaları, ardından tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istenilmiştir.

Yana Squat

Yana squat egzersizi sırasında adım genişliği, split squat egzersizinde kullanılan adım uzunluğuna eşit olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar bu egzersizi, baskın ekstremitelelerini vücudun orta hattından yana doğru hareket ettirerek gerçekleştirmiştir. Harekete her iki diz eklemi tam ekstansiyon pozisyonundayken başlanılmış ve katılımcılardan baskın bacaklarıyla maksimum diz fleksiyonu yapmaları, ardından tekrar başlangıç pozisyonuna dönmeleri istenilmiştir.

Adım Squat

Katılımcılar, adım squat egzersizi sırasında kendi tibia uzunluklarına (medial diz eklemi boşluğundan medial malleola olan mesafe) eşit yükseklikteki bir kutunun üzerinde durarak baskın

olmayan bacaklarıyla geriye doğru adım atmış ve zemine hafifçe değdikten sonra tekrar başlangıç pozisyonuna dönmüştür.

Egzersiz fazlarının belirlenmesinde kamera görüntülerinden yararlanılmıştır. Bu görüntülerin elde edilebilmesi için 75 Hz frekansında 2 adet yüksek hızlı kamera (Vooskühler GmbH, Germany) ve Multisensör Control (Lionsystems, Luxemburg) yazılımı kullanılmıştır. Egzersizler sırasında oluşan dikey yer reaksiyon kuvvetleri, kamera görüntüleriyle eř zamanlı olarak 100 Hz örnekleme frekansına sahip kuvvet platformu aracılığıyla (MatScan System; Tekscan, Inc., Boston, MA, USA) alınmıştır. Ölçümler öncesinde sistemin kalibrasyonu, üreticinin kılavuzdaki önerilerine uygun olarak gerçekteştirilmiştir. Kuvvet platformu verileri sistemin orijinal yazılımıyla (MatScan 6.33) kaydedilmiştir. Kaydedilen kuvvet platformu verileri analizler yapılmak üzere Excel'e (version 2007; Microsoft Corporation, Redmond, WA) aktarılmıştır. Elde edilen dikey yer reaksiyon kuvveti verilerini gürültüden arındırmak amacıyla filtreleme işlemi uygulanmıştır. Bu işlem, MATLAB (R2020b) ortamında verilere "Low-pass digital filter" tekniğinin uygulanmasıyla gerçekteştirilmiştir.

Çalışmamızda altı farklı unilateral squat egzersizinin eksenrik ve konsantrik fazları sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (ZDYRK) ve ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (OZDYRK) verileri değerlendirilmiştir. Ayrıca bu veriler, olguların vücut ağırlıklarına oranlanarak, normalize zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (NZDYRK) ve normalize ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (NOZDYRK) verileri elde edilmiş ve bu veriler de çalışmamızda analiz edilmiştir. Araştırmamızda her bir olgu altı farklı unilateral squat egzersizini 3 tekrarlı olarak yapmış ve egzersizler sırasında oluşan ZDYRK, OZDYRK, NZDYRK ve NOZDYRK verileri bu üç tekrarın ortalaması alınarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir ZDYRK, OZDYRK, NZDYRK ve NOZDYRK verisi unilateral squat egzersizleri arasında ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Verilerin Analizi

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler SPSS 24 (SPSS, SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) programında analiz edilmiştir. Araştırmamızda grup varyanslarının homojenliğini değerlendirmek amacıyla Levene testi kullanılmıştır. Levene testi sonuçlarına göre, tüm egzersiz süresince oluşan ZDYRK ve OZDYRK değişkenlerine ilişkin grupların homojen olduğu görülürken ($p > 0,05$); tüm egzersiz süresince oluşan NZDYRK ve NOZDYRK değişkenlerine ilişkin grupların homojen olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$). Ayrıca egzersizlerin eksenrik ve konsantrik fazlarında oluşan ZDYRK ve OZDYRK değişkenlerine ilişkin grupların da homojen olduğu belirlenmiştir ($p > 0,05$). Son olarak egzersizlerin eksenrik fazında oluşan NZDYRK ve NOZDYRK değişkenlerine ilişkin grupların homojen olduğu görülürken ($p > 0,05$); egzersizlerin konsantrik fazında oluşan NZDYRK ve NOZDYRK değişkenlerine ilişkin grupların homojen olmadığı tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Çalışmamızda verilerin normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek amacıyla çarpıklık ve basıklık değerleri ile histogram grafikleri incelenmiş, ortalama, medyan ve mod

değerleri dikkate alınmıştır. Ayrıca, normal dağılımın değerlendirilmesi amacıyla Shapiro-Wilk testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, tüm zirve dikey yer reaksiyon kuvveti verileri, Friedman testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Egzersizler arasındaki ikili farklar Wilcoxon testi kullanılarak analiz edilmiştir. Tüm istatistiksel testler iki yönlü olarak yapılmış ve $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Egzersizler sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri Tablo 2 ' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Egzersizler sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılması

Egzersiz tipi	Zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (N) Ort. (S)	Normalize zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (N/kg) Ort. (S)	Ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (N) Ort. (S)	Normalize ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti (N/kg) Ort. (S)
Split squat	671,97 (161,45)	8,50 (1,88)	649,20 (160,32)	7,46 (1,87)
Bulgar squat	842,62 (94,18)	10,66 (0,85)	825,60 (93,89)	8,63 (0,85)
Trx Bulgar squat	883,52 (90,84)	11,20 (1,01)	872,05 (90,93)	10,17 (1,01)
Tek bacak squat	985,86 (124,56)	12,53 (1,73)	974,21 (123,94)	11,51 (1,72)
Yana squat	811,15 (105,06)	10,29 (1,29)	795,41 (104,98)	9,28 (1,29)
Adım squat	955,34 (121,45)	12,06 (0,87)	943,49 (121,51)	11,03 (0,87)
Ki-kare	72,53	72,67	74,52	74,13
p değeri	<0,000*	<0,000*	<0,000*	<0,000*

* $p < 0,001$

Unilateral squat egzersizleri sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,0001$), (Tablo 2). Tek bacak ve adım squat egzersizleri sırasında oluşan; ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerleri diğer egzersizlerde oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyükken; split squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p < 0,05$), (Tablo 2). Ayrıca Trx Bulgar squat egzersizi sırasında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinin Bulgar ve yana squat egzersizlerinde oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyük olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$), (Tablo 2). Diğer egzersizler arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmemiştir ($p > 0,05$), (Tablo 2).

Egzersizlerin eksanstriik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri Tablo 3' de gösterilmiştir.

Tablo 3. Egzersizlerin eksantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılması

Egzersiz tipi	Zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Normalize zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Normalize ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti
	(N) Ort. (S)	(N/kg) Ort. (S)	(N) Ort. (S)	(N/kg) Ort. (S)
Split squat	616,15 (144,51)	7,78 (1,60)	593,58 (143,58)	6,74 (1,60)
Bulgar squat	801,81 (100,07)	10,15 (1,10)	785,31 (99,93)	9,13 (1,10)
Trx Bulgar squat	849,65 (74,98)	10,79 (1,11)	837,73 (74,98)	9,77 (1,10)
Tek bacak squat	958,13 (133,72)	12,15 (1,65)	946,55 (133,91)	11,13 (1,65)
Yana squat	751,62 (119,69)	9,52 (1,42)	734,15 (121,66)	8,49 (1,43)
Adım squat	898,51 (116,78)	11,34 (1,00)	886,51 (116,70)	10,32 (1,00)
Ki-kare	70,03	69,53	70,03	70,03
p değeri	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

*p<0.001

Egzersizlerin eksantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu saptanmıştır (p<0,0001), (Tablo 3). Tek bacak ve adım squat egzersizlerinin eksantrik fazı sırasında oluşan; ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerleri diğer egzersizlerin eksantrik fazında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyükken; split squat egzersizinin eksantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerin eksantrik fazında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak düşük olduğu belirlenmiştir (p<0,05), (Tablo 3). Ayrıca Trx Bulgar squat egzersizinin eksantrik fazı sırasında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinin Bulgar ve yana squat egzersizlerinin eksantrik fazında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyük olduğu görülmüştür (p<0,05), (Tablo 3). Diğer egzersizler arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamıştır (p>0,05), (Tablo 3).

Egzersizlerin konsantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri Tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4. Egzersizlerin konsantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılması

Egzersiz tipi	Zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Normalize zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti	Normalize ortalama zirve dikey yer reaksiyon kuvveti
	(N) Ort. (S)	(N/kg) Ort. (S)	(N) Ort. (S)	(N/kg) Ort. (S)
Split squat	668,53 (160,21)	8,46 (1,88)	646,79 (159,64)	7,45 (1,88)
Bulgar squat	825,50 (102,92)	10,42 (0,78)	808,63 (102,47)	9,40 (0,78)
Trx Bulgar squat	862,58 (100,40)	10,93 (1,12)	851,15 (100,55)	9,91 (1,11)
Tek bacak squat	965,30 (128,10)	12,28 (1,80)	953,65 (127,50)	11,30 (1,83)
Yana squat	803,12 (102,65)	10,19 (1,27)	787,48 (102,51)	9,18 (1,27)
Adım squat	918,40 (138,31)	11,57 (0,99)	906,29 (138,56)	10,54 (0,99)
Ki-kare	61,73	61,39	62,49	62,22
p değeri	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

*p<0.001

Egzersizlerin konsantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0,0001$), (Tablo 4). Tek bacak ve adım squat egzersizlerinin konsantrik fazı sırasında oluşan; ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerleri diğer egzersizlerin konsantrik fazında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyükken; split squat egzersizinin konsantrik fazı sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerin konsantrik fazında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak düşük olduğu görülmüştür ($p < 0,05$), (Tablo 4). Ayrıca Trx Bulgar squat egzersizinin konsantrik fazı sırasında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinin Bulgar ve yana squat egzersizlerinin konsantrik fazında oluşan ZDYRK, NZDYRK, OZDYRK ve NOZDYRK değerlerinden anlamlı olarak büyük olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$), (Tablo 4). Diğer egzersizler arasında yapılan karşılaştırmalarda istatistiksel açıdan anlamlı fark görülmemiştir ($p > 0,05$), (Tablo 4).

TARTIŞMA

Çalışmamızda; rehabilitasyon, kuvvet gelişimi ve performansı artırmak amacıyla sıklıkla kullanılan altı farklı unilateral squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışmamız, seçilen egzersizler (split, Bulgar, Trx Bulgar, tek bacak, yana ve adım squat) sırasında oluşan yer reaksiyon kuvvetlerini karşılaştıran ilk çalışmadır. Araştırmamızın sonucunda, egzersizlerin hem eksantrik hem de konsantrik fazları sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamız sonucunda tek bacak ve adım squat egzersizleri sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyükken; split squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri diğer egzersizlerde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Comfort ve diğ., (2015) yaptıkları çalışmada, tek bacak squat egzersizi sırasında ön ve arka yönlü hamle egzersizlerine göre anlamlı olarak daha büyük zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin oluştuğunu göstermiştir. Çalışma sonuçlarımız Comfort ve diğ.,'nin (2015) çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Tek bacak ve adım squat egzersizleri sırasında baskın olmayan bacağın herhangi bir yüzeyden destek almaması bu egzersizler sırasında tüm vücut ve halter ağırlığının yalnızca baskın bacağına aktarılmasına neden olur. Bu durum tek bacak ve adım squat egzersizleri sırasında diğer egzersizlere göre daha büyük zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin oluşmasına yol açar. Ayrıca bu sonuç, iki ekstremiteden destek alınarak yapılan split squat egzersizi sırasında, diğer egzersizlere göre daha düşük zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin oluşmasını da açıklamaktadır (Comfort ve diğ., 2015).

Çalışmamızın diğer bir sonucuna göre Trx Bulgar squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin; Bulgar, yana ve split squat egzersizlerinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyük olduğu görülmüştür. Literatürde, Trx Bulgar squat egzersizini yana ve split squat egzersizleriyle kinetik açıdan karşılaştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Trx aleti kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde; Trx aleti ile yapılan st vc t egzersizleri sırasında, alt ekstremitelere etkiyen dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin değerlendirildiği çalışmalar bulunmaktadır (Melrose ve Dawes, 2015; Gulmez, 2017). Bununla birlikte Trx Bulgar squat egzersizi sırasında alt ekstremitelere etkiyen dikey yer reaksiyon kuvvetlerini değerlendiren tek bir çalışma mevcuttur. Sözü edilen bu çalışmada Aguilera-Castells ve diğ., (2019), Trx Bulgar squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin Bulgar squat egzersizinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyük olduğunu göstermiştir. Çalışma sonuçlarımız bu araştırmayla paralellik göstermektedir. Trx Bulgar squat egzersizi sırasında, katılımcının arkadaki ayağını hareketli bir yüzey olan askı kayışına yerleştirmesi, denge ve stabilitenin korunmasını güçleştirir. Bu durum, dengeyi korumaya çalışan bireyde, gövde ve halter ağırlığının nde bulunan baskın bacağa aktarılmasına ve bu bacakta daha büyük zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin oluşmasına neden olur (Aguilera-Castells ve diğ., 2019).

Bulgar squat egzersizi, tek ekstremitenin g ve kuvvetini artırmak amacıyla antrenman ve rehabilitasyon programlarında sıklıkla yer almaktadır. Speirs, Bennett, Finn ve Turner, (2016) yaptıkları çalışmada Bulgar squat egzersizi sırasında yere temas eden ayağa vc t ağırlının %85'i oranında yk bindiğini göstermiştir. Konrardy, (2017) yaptığı çalışmada Bulgar squat egzersizi sırasında arkadaki ayağı daha yüksek bir desteğeğe yerleştirmenin öndeki bacağa etkiyen dikey yer reaksiyon kuvvetini artırdığını bulmuştur. Bulgar squat egzersizi arkadaki ayağın yükseltilmesi dışında yana ve split squat egzersizine benzerlik gösterir. Çalışmamız sonucunda, Bulgar squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin, split squat egzersizinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, Bulgar squat egzersizi sırasında dengeyi sağlamaya çalışan öndeki bacağa daha fazla yükün aktarılmasıyla açıklanabilir. Ayrıca Bulgar squat egzersizi sırasında arkada konumlanan ayağı yükseltmek, nde bulunan bacağa binen yükü artırmaktadır (Konrardy, 2017).

Çalışmamızda yana squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri, split squat egzersizinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak büyükken; yana ve Bulgar squat egzersizleri sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Yana squat egzersizi, diğer unilateral squat egzersizlerinden farklı olarak sagittal düzlemin aksine frontal düzlemde gerçekleştirilen bir egzersizdir. Buna bağlı olarak yana squat egzersizi sırasında adım genişliği diğer unilateral squat egzersizlerinden daha büyüktür. Yapılan çalışmalarda squat egzersizlerinde adım genişliğinin artırılmasının, hareketi gerçekleştiren bacaktır yüklenmeyi artırdığı gösterilmiştir (Kedziorek ve Blazkiewicz, 2022; Sato ve Liebenson, 2013). Yana ve split squat egzersizleri birbirine benzer egzersizler olmasına rağmen yana squat egzersizinde ekstremiteler arası genişliğin split squat egzersizinden daha büyük olması bu egzersiz sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin split squat egzersizinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetlerinden anlamlı olarak daha büyük olmasını açıklayabilir. Ayrıca yana squat egzersizinde ekstremiteler arası genişliğin Bulgar squat egzersizinden daha büyük olması, nde bulunan baskın bacağa büyük miktarda yükün aktarıldığı Bulgar squat egzersizi ile yana squat egzersizinde oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvveti sonuçlarının birbirine benzer çıkmasını sağlamış olabilir.

Sonuç olarak; egzersiz ve antrenman programlarında yaygın olarak kullanılan, altı farklı unilateral squat egzersizi sırasında oluşan zirve dikey yer reaksiyon kuvvetleri arasında anlamlı farklar tespit edilmiştir. Araştırmamızın sonuçları, rehabilitasyon gereksinimi olan bireylerin yaralanmış bölgelerine kontrollü stres uygulanması ve iyileşme sürecinin hızlandırılmasında kullanılabilecek uygun unilateral egzersizlerin seçiminde klinisyenlere rehber olacaktır. Ayrıca, elde ettiğimiz sonuçlar sporcuların performans artışını sağlamak ve yaralanmaları önlemek amacıyla oluşturulacak unilateral egzersiz programlarının belirlenmesine katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda yaralanmaların önlenmesi ve rehabilitasyon amacıyla egzersiz programları oluşturulurken ilk olarak split squat, ardından sırasıyla yana squat, Bulgar squat, trx Bulgar squat, adım squat ve son olarak tek bacak squat egzersizi tercih edilebilir. Literatürde unilateral squat egzersizlerini kinetik ve kinematik açıdan değerlendiren sınırlı sayıda çalışma olması, bu konudaki araştırmalara olan ihtiyacı göstermektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, makalede ele alınan konu veya materyallerle ilgili olarak bir finansal veya finansal olmayan kuruluşla herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Araştırmacıların katkı oranı beyanı: Araştırmada birinci yazar %60 oranında katkıda bulunurken ikinci yazar %40 oranında katkıda bulunmuştur.

Etik kurul izni: Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar etik kurulundan 07.02.2020 tarihli ve 09.2020.231 protokol nolu etik onayı alınmıştır.

KAYNAKLAR

- Aguilera-Castells, J., Buscà, B., Morales, J., Solana-Tramunt, M., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Rey-Abella, F., Bantulà, J., & Peña, J. (2019). Muscle activity of Bulgarian squat Effects of additional vibration, suspension and unstable surface. *PLoS ONE*, *14*(8), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221710>.
- Chapman, C. J. (2018). *Biomechanical Analyses of Bodyweight Unilateral Lower Limb Exercise Tasks. Comparison of Common Squatting and Lunging Movements*. University of Northern Iowa, ProQuest Dissertations and Theses, 94.
- Choe, K.H., Coburn, J.W., Costa, P.B., & Pamukoff D.N. (2021). Hip and Knee Kinetics During a Back Squat and Deadlift. *J Strength Cond Res*, *35*(5), 1364-1371. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000002908. PMID: 30335723.
- Ciccolo, J. T., & Kraemer, W. J. (2013). *Resistance Training for the Prevention and Treatment of Chronic Disease*. In Resistance Training for the Prevention and Treatment of Chronic Disease. New York. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b15527>
- Collins, K.S., Klawitter, L.A., Waldera, R.W., Mahoney, S.J., & Christensen, B.K., (2021). Differences in Muscle Activity and Kinetics Between the Goblet Squat and Landmine Squat in Men and Women. *J Strength Cond Res*, *35*(10), 2661-2668. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000004094. PMID: 34341315.
- 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>.
- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *N Am J Sports Phys Ther*, *1*(3), 132-9. PMID: 21522225; PMCID: PMC2953359.

- Cook, G., Burton, L., & Hoogenboom, B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 1. *N Am J Sports Phys Ther*, 1(2), 62-72. PMID: 21522216; PMCID: PMC2953313.
- Dali, S., Justine, M., Ahmad, H., & Othman, Z. (2013). Comparison of ground reaction force during different angle of squatting. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(3), 778-787. <https://doi.org/10.4100/jhse.2013.83.02>
- Ebben, W.P., Fauth, M.L., Kaufmann, C.E., & Petushek, E.J. (2010). Magnitude and rate of mechanical loading of a variety of exercise modes. *J Strength Cond Res*, 24(1):213-7. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181c27da3. PMID: 19924011.
- Eckstein, F., Hudelmaier, M., & Putz, R. (2006). The effects of exercise on human articular cartilage. *Journal of Anatomy*, 208(4), 491-512. <https://doi.org/10.1111/J.1469-7580.2006.00546.X>
- Erdfelder, E., Faul, F., Buchner, A., & Lang, A. G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149-1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Escamilla, R.F. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 33(1):127-41. doi: 10.1097/00005.768.200101000-00020. PMID: 11194098.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., Moras, G., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2016-0251>
- Gulmez, I. (2017). Effects of Angle Variations in Suspension Push-up Exercise. *J Strength Cond Res*, 31(4), 1017-1023. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000001401. PMID: 26950344.
- Han, S., Ge, S., Liu, H., & Liu, R. (2013). Alterations in three-dimensional knee kinematics and kinetics during neutral, squeeze and outward squat. *Journal of Human Kinetics*, 39(1), 59-66. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0068>
- Herberhold, C., Faber, S., Stammler, T., Steinlechner, M., Putz, R., Englmeier, K.H., Reiser, M., & Eckstein, F. (1999). In situ measurement of articular cartilage deformation in intact femoropatellar joints under static loading. *J Biomech*, 32(12):1287-95. doi: 10.1016/s0021-9290(99)00130-x. PMID: 10569707.
- Kedziorek, J., ve Blazkiewich, M. (2022). Influence of the base of support widths on postural control and feet loading symmetry during squat – preliminary study. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 24(2), 55-63. doi: 10.37190/ABB-02033-2022-02.
- Koyama, K., Kato, T., & Yamauchi, J. (2014). The effect of ankle taping on the ground reaction force in vertical jump performance. *J Strength Cond Res*, 28(5):1411-7. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000000260. PMID: 24126899.
- Konrardy, C. (2017). *Comparison of forward lean during Bulgarian split squat at high and low box heights*. University of Northern Iowa. Dissertations and Theses UNI. <https://scholarworks.uni.edu/etd/460>.
- Lockie, R., Orjalo, A., Moreno, M., & Lockie, R. G. (2018). A pilot analysis: Can the Bulgarian split squat potentiate sprint acceleration in strength trained men? *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 15(3), 453-466. <https://doi.org/10.22190/FUPES1703453L>.
- Mausehund, L, Skard, A.E., & Krosshaug, T. (2019). Muscle Activation in Unilateral Barbell Exercises: Implications for Strength Training and Rehabilitation. *J Strength Cond Res*, 33(1), 85-S94. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000002617. PMID: 29870422.

- McCrary, J. L., White, S. C., & Lifeso, R. M. (2001). Vertical ground reaction forces: Objective measures of gait following hip arthroplasty. *Gait and Posture*, 14(2), 104–109. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(01\)00140-0](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(01)00140-0)
- McCurdy, K., & Conner, C. (2003). Unilateral support resistance training incorporating the hip and knee. *Strength & Conditioning Journal*, 25(2), 45-51. <https://doi.org/10.1519/00126.548.200304000-00007>.
- McCurdy, K., Langford, G. A., Cline, A. L., Doscher, M., & Hoff, R. (2004). The reliability of 1 – and 3RM tests of unilateral strength in trained and untrained men and women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 3(3), 190–196. PMID: 24482597; PMCID: PMC3905302.
- Melrose, D., & Dawes, J. (2015). Resistance characteristics of the TRX suspension training system at different angles and distances from the hanging point. Research Article Melrose and Dawes. *J Athl Enhancement*, 4(1), 1-5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4245.1047>.
- Santana, J. C. (2001). Sports-specific conditioning: Single-Leg Training for 2-Legged Sports: Efficacy of Strength Development in Athletic Performance. *Strength and Conditioning Journal*, 23(3), 35-37. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2001\)023](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2001)023).
- Sato, K., & Liebenson, C. (2013). The lateral squat. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2013(17), 560-62. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2013.09.005>.
- Schellenberg, F., Taylor, W. R., & Lorenzetti, S. (2017). Towards evidence based strength training: A comparison of muscle forces during deadlifts, goodmornings and split squats. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13102.017.0077-x>.
- Secomb, J. L., Tran, T. T., Lundgren, L., Farley, O. R. L., & Sheppard, J. M. (2014). Single-leg squat progressions. *Strength and Conditioning Journal*, 36(5), 68–71. <https://doi.org/10.1519/SSC>.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R., & Andersen, T. E. (2009). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: Cluster randomised controlled trial. *BMJ (Online)*, 338(7686), 95–99. <https://doi.org/10.1136/bmj.a2469>.
- 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. *J Strength Cond Res*, 30(2), 386-92. doi: 10.1519/JSC.000.000.0000001096. PMID: 26200193.
- Van Rossom, S., Smith, C. R., Thelen, D. G., Vanwanseele, B., Van Assche, D., & Jonkers, I. (2018). Knee joint loading in healthy adults during functional exercises: Implications for rehabilitation guidelines. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 48(3), 162–173. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7459>.
- Winter, D. A. (2009). *Biomechanics and motor Control of human movement* (Fourth Edition). In *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*: Canada: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/978.047.0549148>.

