



Boksörlerde Alt ve Üst Ekstremitte Reaktif Kuvvet İndeksleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Relationship Between Lower and Upper Body Reactive Strength Indexes in Boxers

Fatma ANLI¹, Nejla GERÇEK², Cansel KALA³, Fatih SANI⁴, İrfan GÜLMEZ⁵,
Semih YILMAZ⁶, Nusret RAMAZANOĞLU⁷

¹Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· fatma.arslin3394@gmail.com · ORCID > 0000-0003-1024-4394

²Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· nejla.gercek@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0845-0394

³Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· cansel.kala@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0007-7479-2093

⁴Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· fsani@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7437-7420

⁵Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· irfan.gulmez@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0001-8117-1845

⁶Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· semihyilmaz@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0001-6774-1047

⁷Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul
· nramazanoglu@marmara.edu.tr · ORCID > 0000-0002-8056-8194

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 23 Aralık/December 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 22 Nisan/April 2024

Yıl/Year: 2024 | **Cilt – Volume:** 15 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 103-114

Atıf/Cite as: Anlı, F., Gerçek, N., Kala, C., Sani, F., Gülmez, İ., Yılmaz, S., Ramazanoğlu, N. "Boksörlerde Alt ve Üst Ekstremitte Reaktif Kuvvet İndeksleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi" Ondokuz Mayıs Üniversitesi Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi, 15(1), Nisan 2024: 103-114.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nusret RAMAZANOĞLU

Etik Kurul Beyanı/Ethics Committee Approval: "Araştırma için Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 05.03.2021 tarihli ve 09.2021.395 karar sayısı ile etik kurul izni alınmıştır."

BOKSÖRLERDE ALT VE ÜST EKSTREMİTE REAKTİF KUVVET İNDEKSLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Reaktif kuvvet indeksi (RKİ), patlayıcı kuvvet gerektiren spor branşlarında pliometrik antrenman yükünün ve yoğunluğunun belirlenmesi için kullanılmaktadır. Sporcuların yıllık programları içerisinde üst ekstremitelerde pliometrik antrenmanları uygulanmasına rağmen RKİ çalışmalarına rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, üst ekstremitenin baskın olarak kullanıldığı boks sporunda şınav ve sıçrama teknikleriyle oluşturulan alt ve üst ekstremitelerde reaktif kuvvet indekslerinin belirlenmesi ve aralarındaki ilişkinin incelenmesidir. Çalışmaya, 18-35 yaş aralığında (yaş:20,9±4,83; boy:1,76±0,072; VKİ:22,42±2,39), en az 4 yıllık boks geçmişi olan 20 lisanslı erkek boksör katılmıştır. Boksörlerin RKİ değerleri; derinlik şınav (10 cm, 15 cm, 20 cm) ve derinlik sıçrama (30 cm, 45 cm, 60 cm), patlayıcı şınav, çök-sıçra hareketleri sırasında belirlenmiştir. Alt ve üst ekstremitelerde RKİ değerleri kuvvet platformu (TekScan, Matscan, model 3150, Boston, USA) kullanılarak ölçülmüştür. Kuvvet platformundan elde edilen sıçrama yükseklikleri ve temas süreleri kullanılarak RKİ hesaplaması yapılmıştır. Şınav ve sıçrama hareketleri sırasında elde edilen alt ve üst ekstremitelerde RKİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır ($p>0.05$). Çök-sıçra ve derinlik sıçrama karşılaştırdığında ise, teknikler sırasında oluşturulan RKİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Şınav hareketleri karşılaştırıldığında ise, teknikler sırasında oluşturulan RKİ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Boksörler hızlı ve etkili yumruk atmak için, yer tepki kuvvetinden faydalanarak oluşturdukları gücü gövde vasıtasıyla üst ekstremitelere aktarırlar. Bu çalışmada alt ve üst ekstremitelerde RKİ değerleri arasında ilişki bulunmaması, üst ekstremitelerle kuvvet oluştururken gövdenin de önemli rolünün olmasından kaynaklanmış olabilir. Bunun yanında, farklı şınav teknikleri ve farklı sıçrama tekniklerinin RKİ değerlerinin değişken olmasının, düzenlenecek pliometrik antrenmanların yükünün ve yoğunluğunun belirlenmesine ışık tutacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Patlayıcı Kuvvet, Pliometrik Sıçrama, Pliometrik Şınav, RKİ.



THE RELATIONSHIP BETWEEN LOWER AND UPPER EXTREMITY REACTIVE STRENGTH INDEX IN BOXERS

ABSTRACT

The Reactive Strength Index (RSI) is used to determine the load and intensity of plyometric training in sports that require explosive strength. Although upper extremity plyometrics are used in athletic' training programmes, there are no studies investigating upper extremity RSI. The aim of this study was to determine the upper and lower extremity reactive strength index generated during different plyometric push-up and jump techniques in boxers, and to examine the relationship between upper and lower extremity RSI. Twenty male boxers aged 18-35 years (age: 20.9 ± 4.83 ; height: $1.76 \pm .072$; BMI: 22.42 ± 2.39) with at least 4 years of boxing experience participated in the study. The RSI values were assessed during depth push-ups (10 cm, 15 cm, 20 cm) and depth jumps (30 cm, 45 cm, 60 cm), plyometric push-ups and countermovement jumps using a force platform (TekScan, Mat-scan, model 3150, Boston, USA). The RSI values were calculated from the jump heights and ground contact times obtained from the force platform. No statistically significant correlation was found between the lower and upper extremity RSI for any of the plyometric exercises ($p > 0.05$). When comparing countermovement jump and depth jumps, a statistically significant difference was found between the countermovement jump RSI and all depth jump RSIs ($p < 0.05$). However, when comparing push-up RSIs, there was no statistically significant difference between any of the push ups ($p > 0.05$). Boxers transfer the power generated by the ground reaction force through the trunk to the upper extremities in order to punch quickly and effectively. The lack of a correlation between upper and lower extremity RSI values in this study may be attributed to the significant contribution of the trunk strength in generating power with the upper extremities. In addition, it is believed that the varying RSI values obtained during different plyometric push-up and jump techniques may provide insight into determining the load and intensity of plyometric training.

Keywords: Explosive Strength, Plyometric Jump, Plyometric Push Up, RSI.



GİRİŞ

Boks dünyanın en popüler dövüş sporlarından biridir. Boks sporunun en temel hareketi yumruk atmak olduğundan rakibe karşı etkili bir yumruk atabilmek ve aynı zamanda karşı yumruk yememek performansın en belirleyici unsurlarıdır. Boksörlerin sayı getiren bir yumruk vurmaya başarması ve karşılığında darbe almaması için iyi geliştirilmiş teknik-taktik becerilere ve yüksek düzeyde fiziksel performansa ihtiyaçları vardır (Davis ve ark., 2013).

Boksta yumruklar kısa hareketlerden oluşmaktadır. Boks dinamik bir yapıya sahip olduğundan, yüksek şiddetli boks performansı hem üst hem de alt ekstremiteelerde iyi gelişmiş kas gücü gerektirmektedir (Chaabène ve ark., 2015). Etkili bir yumruk hem hızlı hem de güçlü atılmalıdır (Pierce ve ark., 2006). Oluşturulacak bu patlayıcı hareket sadece üst ekstremitenin kuvvetinin artırılmasıyla değil aynı zamanda kinetik zincire bağlı olarak yer tepki kuvvetinden faydalanılabilmesi için alt ekstremitenin ve gövde kaslarının da kuvvetlendirilmesiyle mümkün olur. Bu bağlamda, sporcuların yüksek seviyede performans gösterebilmeleri için tüm vücudu içeren kuvvet, güç, hız, çeviklik, çabukluk ve de patlayıcı kuvvetini geliştirici antrenmanların programlarına eklenmesi gerekmektedir (Hewett ve ark., 1996; Fatouros ve ark., 2000; Ebben ve Blackard, 2001; Matavulj ve ark., 2001; Markovic ve ark., 2007).

Farklı spor branşlarında patlayıcı kuvvetin geliştirilmesinde pliometrik egzersizler etkin olarak kullanılmaktadır. Pliometrik egzersizler, kasları en kısa zamanda maksimum güç üretebilecek düzeye getirecek bir dizi patlayıcı hareketlerden meydana gelmekte olup, sürat ve güç gerektiren branşlarda tercih edilen yüksek şiddetli egzersizlerdir (Bayraktar ve Çilli, 2017). Bu antrenman yönteminin birçok spor branşında performansı arttırdığı bilinmektedir (Carter ve ark., 2007; Gelen ve ark., 2012; Turgut ve ark., 2019). Pliometrik egzersizlerin amacı; kasın önce eksantrik bir kasılma gerçekleştirip sonrasında konsantrik kasılmasıyla kısa sürede daha fazla kuvveti ortaya çıkarmaktır (İbrik, 2019). Ancak, bu antrenman yönteminde sporcular yüksek yüklere maruz kaldıklarından yaralanmaların oluşmaması için pliometrik egzersizlerin şiddetinin ve antrenman yükünün doğru belirlenmesi önem arz etmektedir. Reaktif Kuvvet İndeksi sporcunun pliometrik performansını değerlendirmek için kullanılan bir hesaplama dır.

Reaktif kuvvet indeksi, kısa zamanda yüksek güç üretme becerisini değerlendirir (İnce, 2020). Derinlik atlayışından sonra sıçranan yüksekliğin bu yüksekliğe ulaşacak kuvveti oluşturmak için zeminde geçirilen süreye bölünmesiyle hesaplanır. Reaktif kuvvet indeksi patlayıcı kuvvet gerektiren spor branşlarında antrenmanın şiddetini ve yükünü belirlemek için kullanılmaktadır. Alt ekstremitenin pliometrik çalışmalarının değerlendirilmesinde derinlik sıçramaları sırasında reaktif kuvvet indeksi hesaplamaları sıklıkla kullanılmaktadır (Jarvis ve ark., 2022). Ancak, üst ekstremitenin patlayıcı kuvvetinin geliştirilmesinde de pliometrik egzersizlerin etkili olduğu bilinmesine rağmen (Carter ve ark., 2007; Gelen ve ark., 2012; Turgut ve ark., 2019) sporcunun bu egzersizlere hazır olup olmadığının tespit edilmesinde kullanılacak bir güç testi veya niceliksel veri bulunmamaktadır. Farklı sınav tekniklerinde karşılaşılan yer tepki kuvvetleri ölçülerek ekstremitelere binen yükler incelenip bu sonuca varılmaya çalışılsa da (García-Massó ve ark., 2011; Moore ve ark., 2012; Koch ve ark., 2012; Hinshaw ve ark., 2018) bu değerlendirmeler pliometrik çalışmaların hedefi olan sporcunun eksantrik kasılmadan konsantrik kasılmaya hızlı bir şekilde geçme yeteneğini değerlendirmemektedir. Sporcuların üst ekstremitenin pliometrik performanslarının değerlendirildiği yöntemlere ihtiyaç vardır.

Literatürde farklı branşlarda alt ekstremitte RKİ değerlerini inceleyen birçok çalışma yer almasına rağmen üst ekstremitte RKİ değerlerini inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Oysaki üst ekstremitte pliometrik antrenmanları birçok sporda performansın geliştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, erkek boksörlerde farklı zorluk seviyelerindeki sıçrama ve şınav hareketleri sırasında oluşan alt ve üst ekstremitte RKİ değerleri incelenmiştir. Üst ekstremitte baskın boks sporunda güçlü bir yumruk vurmak için gerekli olan üst ekstremitte reaktif kuvvetinin alt ekstremitte reaktif kuvveti ile ilişkisi tespit edilecektir. Bunun sonucunda, alt ekstremitte reaktif kuvvetinin üst ekstremitte ile üretilen patlayıcı kuvveti etkileyip etkilemediği belirlenecek, her iki ekstremitenin de aynı oranda geliştirilmesinin sporcunun müsabakadaki genel performansına katkısı belirlenecektir. Ayrıca, üst ekstremitte patlayıcı kuvvetinin geliştirilmesinde kullanılan pliometrik şınavları sırasındaki egzersiz şiddetinin ve antrenman yoğunluğunun hesaplanması ile uygun düşme yüksekliklerinin belirlenmesi de hedeflenmektedir. Bu çalışmanın boksörler üzerinde yapılmasının sebebi, boksun yüksek yoğunlukta üst ekstremitte patlayıcı gücü gerektiren bir spor branşı olması sebebiyle sporcuların daha seri ve daha güçlü yumruk atabilmeleri için gerekli egzersiz ve test sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktır. Bu çalışma, üst ekstremitte RKİ değerlerinin daha önce incelenmemiş olması ve ayrıca alt ve üst ekstremitte RKİ değerleri arasındaki ilişkinin değerlendirilmemiş olması sebepleriyle özgün bir araştırmadır.

YÖNTEM

Araştırma Grubu

Çalışmanın örneklem büyüklüğü G*Power 3.1.9 (Franz Faul, Universität Kiel, Germany) kullanılarak hesaplanmıştır. Etki değeri, alt ve üst ekstremitte ölçümleri arasındaki farkların beklenen standart sapmalara oranlandığı zaman 0,08 şeklinde değerlendirilmiştir. Güç analizi sonuçlarına göre %80 güç ve 0,05 olasılık değerine göre kritik t değerinin 1,73, serbestlik derecesinin 18 ve toplam örneklem büyüklüğünün de 19 kişi olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaya, 18-35 yaşları arasında gençler ve büyükler kategorisinde yarışmakta olan (yaş:20,9±4,83; boy:1,75±0,071; V.Ağırlığı:69,45±11,48; VKİ:22,42±2,38; antrenman yaşı: 7,35±5,38), en az 4 yıllık spor geçmişine sahip lisanslı 20 erkek boksör katılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce lokal araştırma etik kurul (Marmara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulu 05.03.2021 tarihli ve 09.2021.395 karar sayısı) onayı alınmış, çalışma Helsinki Bildirgesi'ne göre yürütülmüştür.

Verilerin Toplanması

Bu araştırmada, alt ve üst ekstremitte reaktif kuvvet indeksleri arasındaki ilişki derinlik sıçrama ve çök-sıçra testleri ile derinlik şınav ve patlayıcı şınav testleri

kullanılarak incelenmiştir. Ölçümlere başlamadan önce oluşabilecek yaralanmaları önlemek ve performans kayıplarını azaltmak amacıyla boksörlere 5 dk ip atlama ve 2 dk gölge boksunu içeren ısınma egzersizleri yaptırılmıştır. Isınmadan sonra, tüm vücut kullanılarak gerçekleştirilen sıçrama sırasında oluşabilecek olası yorgunluğu önlemek amacıyla, ölçümlere sınav testleri ile başlanmıştır. Sırasıyla patlayıcı sınav ve derinlik sınavları (10 cm, 15 cm, 20 cm) 3'er tekrar olarak gerçekleştirilmiş, tekrarlar arası 1 dk, sınav teknikleri arası 5 dk dinlenme verilmiştir. Sınav testleri tamamlandıktan sonra 15 dk dinlenme verilerek sıçrama testlerine geçilmiştir. Sıçrama testleri sırasıyla, çök-sıçra ve derinlik sıçrama (30 cm, 45 cm, 60 cm) olarak gerçekleştirilmiş, tekrarlar arası 1 dk, sınav teknikleri arası 5 dk dinlenme verilmiştir. Sınav sırasında ellerin konma noktasına ve sıçrama sırasında ayakların düşme noktasına kuvvet platformu (Tekscan, Matscan) yerleştirilmiş, platformdan elde edilen sıçrama yükseklikleri ve yer temas süreleri kullanılarak RKİ değerleri hesaplanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Boy ölçer: Anatomik duruşta ayak topukları birleşik, nefesini tutarak, baş frontal düzlemde, baş üstü tablası verteks noktasına değecek şekilde pozisyon alındıktan sonra yapılmış, ölçüm 'cm' cinsinden kaydedilmiştir.

Vücut ağırlığı: çıplak ayakla elektronik tartı (Tanita SC 330) ile ölçülmüş olup "kg" cinsinden kaydedilmiştir. Anaerobik Güç Testi: İlgili açıklamaları buraya yazınız.

Şınav Testleri:

Sporculara teste başlamadan önce yapacağı hareket hakkında bilgi verilmiş ve ardından hareketi denemesi istenmiştir. Sporcuya sınav pozisyonunda iken vücudunun bir çizgi gibi düz olması gerektiği ve el bileğinin tam omzunun altında olması gerektiği ayrıca elleri kuvvet platformundan ayrıldığı andan itibaren dirseklerden bükmemesi gerektiği bilgisi verilmiştir. Patlayıcı sınav (PŞ) ve derinlik sınav (SŞ) hareketleri gerçekleştirilmiştir. Tüm testler üç kez tekrarlanmış ve tekrarlar arası 1 dk dinlenme verilmiştir.

Patlayıcı sınav testi sırasında, sporcuya 'hazır' komutu verilir kuvvet platformu üzerinde sınav pozisyonu alması istendikten sonra 'başla' komutuyla göğsünü hızlı bir şekilde zemine yaklaştırıp kendini olabildiğince yukarıya doğru fırlatması ve tekrardan kuvvet platformu üzerine düşmesi istenmiştir.

Derinlik sınav testi üç farklı yükseklikte (10-15-20 cm) gerçekleştirilmiştir. Kuvvet platformunun sağ ve sol iki yanına iki adet belirtilen yüksekliklerde kutu yerleştirilmiştir. Sporçudan 'hazır' komutuyla ellerini kutuların üzerine koyması ve sınav pozisyonu alması istenmiştir. Ardından 'başla' komutuyla birlikte kutunun üzerinden kuvvet platformu üzerine düşmesi ve kendisini olabildiğince hızlı bir şekilde yukarıya fırlatması ve tekrardan kuvvet platformu üzerine düşmesi istenmiştir.

Sıçrama Testleri:

Sporculara teste başlamadan önce yapacağı hareket hakkında bilgi verilmiş ve ardından hareketi denemesi istenmiştir. Sporcuya, "hazır" komutuyla birlikte kuvvet platformunun üzerine çıkması, ayaklarını kalça genişliğinde açık dik pozisyonda durması ve test boyunca ellerinin belinde olması gerektiği söylenmiştir. Çök-sıçra (ÇS) ve derinlik sıçrama (DS) hareketleri gerçekleştirilmiştir. Tüm testler üç kez tekrarlanmış ve tekrarlar arası 1 dk dinlenme verilmiştir.

Çök-sıçra testi sırasında sporculardan dik pozisyondan 'başla' komutuyla beraber dizlerini bükerek aşağıya doğru inip olabildiğince hızlı ve yükseğe sıçrama yapması ardından kuvvet platformunun üzerine düşmesi gerektiği söylenmiştir. Sıçradıktan sonra yere düşene kadar dizlerini bükmemesi gerektiği bilgisi verilmiştir.

Derinlik sıçrama testi üç farklı yükseklikte (30-45-60 cm) gerçekleştirilmiştir. Sporculardan 'hazır' komutuyla birlikte yüksekliğin üzerine çıkması gerektiği, elleri belinde ve vücudu dik pozisyonda beklemesi istenmiştir. Ardından "başla" komutuyla çift ayak kuvvet platformunun üzerine düşüp olabildiğince hızlı ve yükseğe sıçrama yapıp tekrardan çift ayak kuvvet platformunun üzerine düşmesi istenmiştir.

Kuvvet Platformu:

Kuvvet platformu sınav ve sıçrama hareketleri sırasında maruz kalınan yüklerin tespit edilmesi ve performansın değerlendirmesi amacıyla kullanılmıştır. Testler sırasında 2288 sensor (1.4 sensors/cm²) ve 100 Hz örneklem frekansına sahip TekScan MatScan (model 3150, Boston, USA) kuvvet platformu kullanılmıştır. Platform sınav testleri sırasında ellerin altına sıçrama testleri sırasında ise ayakların altına yerleştirilmiş, dikey yer reaksiyon kuvvetleri ölçülmüştür. Patlayıcı sınav ve çök-sıçra testlerinde sporcular kuvvet platformu üzerinden sıçramış ve tekrar kuvvet platformu üzerine düşmüşlerdir. Bu hareket sırasında havada kalma süreleri, düşme kuvvetleri, temas süreleri ve reaktif kuvvet indeksleri hesaplanmıştır. Derinlik sınav ve sıçrama testlerinde ise sporcular belirlenen yüksekliklerdeki kutulardan kuvvet platformu üzerine düşmüş ve düşmenin ardından kendilerini tekrar yukarıya fırlatmışlardır. Bu testler sırasında da kutudan platform üzerine ilk düşme kuvvetleri, temas süreleri, düşüşten sonraki sıçrama sırasında havada kalma süreleri ve reaktif kuvvet indeksleri hesaplanmıştır.

Verilerin Analizi

Hesaplamalarda bilgisayar yardımıyla istatistiksel analizler yapılmıştır. Ortalama değerler, aritmetik ortalama (\pm) standart sapma olarak gösterilmiştir. Shapiro Wilk testinde RKİ değerlerine bakılmış ve verilerin normal dağıldığı tespit edilmiş ve parametrik testler uygulanmıştır. Alt ve üst ekstremitte arasındaki farklılıkları karşılaştırmak adına tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Sınav ve

sıçrama arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde Pearson Kolerasyon testi kullanılmıştır. Şınav ve sıçrama testlerinde gönüllülerin havada kalma süreleri ve zemin temas süreleri kuvvet platformu ile ölçülerek sıçrama yükseklikleri formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Linthorne, 2001) ($g= 9,81$). Sıçrama yüksekliği hesaplandıktan sonra formülü kullanılarak hesaplanmıştır (McClymont ve Hore, 2003).

BULGULAR

Çalışmada elde edilen veriler tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 1. Farklı şınavlar sırasında oluşturulan havada kalma süresi, temas süresi, zirve konma kuvvetleri ve RKİ değerlerinin karşılaştırılması

	Havada Kalma Süresi (sn) (Ort±SS)	Temas Süresi (sn) (Ort±SS)	Zirve Konma Kuvveti (N) (Ort±SS)	RKİ (Ort±SS)
PŞ	0,25±0,04	1,06±0,18 ^a	1043,5±311,8	0,08±0,03
DŞ 10 cm	0,25±0,04	0,82±0,16 ^b	1004,3±279,9	0,10±0,03
DŞ 15 cm	0,24±0,04	0,80±0,17 ^b	1053,3±293,5	0,10±0,04
DŞ 20 cm	0,24±0,05	0,84±0,12 ^b	1063,6±285,6	0,09±0,03
P	,872	,001	,929	,154

PŞ: Patlayıcı Şınav; DŞ: Derinlik Şınav; RKİ: Reaktif Kuvvet İndeksi;

Farklı şınav türleri karşılaştırıldığında; yer temas süreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olduğu ($p<0,05$), havada kalma süreleri, zirve konma kuvvetleri ve RKİ değerlerinde anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Post-hoc değerleri incelendiğinde ise; pliometrik şınav sırasında oluşturulan temas sürelerinin tüm derinlik şınav türlerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p<0,05$), farklı yükseklikteki şınavların temas sürelerinde ise anlamlı farklılık olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$).

Tablo 2. Farklı sıçramalar sırasında oluşturulan havada kalma süresi, temas süresi, zirve konma kuvvetleri ve RKİ değerlerinin karşılaştırılması

	Havada Kalma Süresi (sn) (Ort±SS)	Temas Süresi (sn) (Ort±SS)	Zirve Konma Kuvveti (N) (Ort±SS)	RKİ (Ort±SS)
ÇS	0,47±0,04	0,74±0,11 ^a	2708,8±1006,8 ^a	0,38±0,08 ^b
DS 30 cm	0,47±0,05	0,53±0,10 ^b	1921,3±512,6 ^b	0,55±0,15 ^a
DS 45 cm	0,47±0,04	0,56±0,10 ^b	2111,6±592,8 ^{ab}	0,52±0,13 ^a
DS 60 cm	0,47±0,04	0,60±0,11 ^b	2364,5±657,6 ^{ab}	0,48±0,13 ^{ab}
Çoklu Karşılaştırma p	,999	,001	,006	,001

ÇS: Çök Sıçra; DS: Derinlik Sıçrama; RKİ: Reaktif Kuvvet İndeksi;

Farklı sıçrama türlerinin değerleri karşılaştırıldığında; yer temas süreleri, zirve konma kuvvetleri ve RKİ değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p<0,05$), havada kalma sürelerinde anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Post-hoc değerleri incelendiğinde ise; çok sıçra sırasında oluşturulan temas sürelerinin tüm derinlik sıçrama türlerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p<0,05$), farklı yükseklikteki derinlik sıçramalarının temas sürelerinde ise anlamlı farklılık olmadığı bulunmuştur ($p>0,05$). RKİ değerleri incelendiğinde ise; ÇS sırasında oluşturulan RKİ'nin DS (30 cm) ve DS (45 cm) sırasında oluşturulandan anlamlı düzeyde farklı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Bunun yanında ÇS sırasındaki zirve konma kuvvetlerinin sadece DS (30 cm)'den anlamlı düzeyde farklı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Tablo 3. Şınav ve sıçrama hareketlerine ait RKİ değerlerinin ilişkisi

Testler	ÇS	DS (30cm)	DS (45cm)	DS (60cm)
PŞ	p=,181 r=,311			
DŞ (10cm)		p=,156 r=-,329		
DŞ (15cm)			p=,158 r=-,328	
DŞ (20cm)				p=,456 r=,177

PŞ: Patlayıcı Şınav; DŞ: Derinlik Şınav; ÇS: Çok Sıçra; DS: Derinlik Sıçrama

Tablo 3 incelendiğinde, dört farklı sıçrama türü ve dört farklı şınav türünün RKİ değerlerine bakıldığında, alt ve üst ekstremitte RKİ değerleri arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, erkek boksörlerde farklı zorluk seviyelerindeki sıçrama ve şınav hareketleri sırasında oluşan alt ve üst ekstremitte RKİ değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Boksörlerde dört farklı zorluktaki şınav karşılaştırıldığında, pliometrik şınav sırasında oluşan temas süresinin tüm diğer şınavlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Farklı yükseklikteki derinlik şınavlarında ise benzer temas süreleri gerçekleşmiştir. Sıçrama türlerinde de aynı durum tespit edilmiştir. Pliometrik şınav ve farklı yükseklikteki derinlik şınavları sırasında benzer RKİ değerleri oluşmuştur. Ancak, sıçrama hareketlerinde çok sıçra hareketi sırasında oluşturulan RKİ değerleri 30 ve 45 cm derinlik sıçramasından düşüktür. Tüm şınav türlerinde havada kalma süresi ve temas esnasında karşılaşılan kuvvetler benzerken, farklı sıçrama türlerindeki havada kalma süresi benzer ancak çok sıçra sırasında karşılaşılan temas kuvvetleri 30 cm derinlik sıçramasından yüksektir. Üst ve alt ekstremitte RKİ değerleri arasında ilişkiye rastlanmamıştır.

Reaktif kuvvet indeksi yüksekliğin temas süresine bölümüyle hesaplandığından (McClymont ve Hore, 2003), boksörlerin pliometrik sınav sırasında yer temas sürelerinin uzun olması bu egzersizin reaktif özelliğinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, anlamlı bir oranda olmasa da pliometrik sınav RKİ'sinin derinlik sınavlara göre nispeten düşük olmasına sebep olmuştur. Eksantrik kuvvetin sıçrama performansını arttırdığı bilindiğinden, derinlik sınavlarındaki eksantrik yüklemenin fazla olması RKİ'sinin daha yüksek olmasına sebep olmuş olabilir (Nishiumi ve ark., 2023). Bu sebeple, pliometrik sınavlar reaktif kuvveti geliştirici antrenmanlara başlangıç evresinde kullanılabilirken, kasın eksantrik kasılmanın ardından olabildiğince hızlı bir şekilde konsantrik kasılmaya geçebilme özelliğini geliştirmede derinlik sınavların daha etkin olduğu düşünülmektedir. Ancak, derinlik sınav sırasında kutu yüksekliklerinin artırılması oluşan RKİ değerlerini arttırmamıştır. Bu durum farklı yükseklikten yapılan derinlik sıçramalarında da görülmüştür (Kipp ve ark., 2017). Boksörler kutu yüksekliği artsa da benzer temas ve havada kalma süresi gerçekleştirmişlerdir. Pliometrik egzersizlerde temas süresi eksantrik yükleme, amortizasyon ve konsantrik kasılma fazından oluşmaktadır (Swanik ve ark., 2016). Farklı yükseklikteki DŞ sırasında yer temas süreleri benzer olmasına rağmen bahsi geçen fazların süreleri bilinmemektedir. Boksörlerin farklı yüksekliklerden düşmelerine rağmen sınavlar sırasında oluşturdukları yer tepki kuvvetleri benzerdir. Amortizasyon fazı süresinin kısalmasının dinamik hareketler sırasında tepki süresinin kısalmasını sağlayarak verimliliği artırır (Bosco ve ark., 1981). Bizim çalışmamızda da boksörlerin, amortizasyon fazında daha fazla zaman harcamış ve reaksiyon kuvveti oluşturmada gecikmiş olabileceklerini düşündürmektedir. Yükseklik artırıldığında RKİ değerleri artmasa da daha yüksek bir yerden düşmenin yarattığı eksantrik yüklemenin daha fazla olduğu göz önünde bulundurulmalıdır (Nishiumi ve ark., 2023). Bu sebeple, derinlik sınavlar gerçekleştirilirken sporcuların yükseklik artışına hazır olup olmadıkları mutlaka değerlendirilmelidir.

Literatürde üst ekstremitte RKİ üzerine yapılan çalışmaya rastlanmamakla birlikte, farklı pliometrik sınavlar sırasında oluşan yer tepki kuvvetinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır. Koch ve ark. (2012) ve Moore ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmalarda alkış sınav ve 3,8 cm – 7,6 cm – 11,4 cm yüksekliğinde kutu sınav uygulamaları gerçekleştirmişlerdir. Bizim çalışmamızda boksörler kutu üzerinden yere düşerek derinlik sınav gerçekleştirmiş ancak Koch ve ark. (2012) ve Moore ve ark. (2011) yapmış oldukları çalışmalarda bizim çalışmamızdan farklı olarak zemin seviyesinden kutular üzerine yükselmeyi içeren sınav yapılmıştır. Dolayısıyla, kutu sıçramaları sırasında ölçülen yer tepki kuvvetleri pliometrik sınavla benzer özellikler taşımaktadır. Bu çalışmalar derinlik sınavları içermediğinden bizim çalışmamız ile karşılaştırılamamaktadır. Ancak, derinlik sınavlarındaki kas aktivasyonlarının pliometrik sınavlardan daha yüksek olduğu bilindiğinden (García-Massó ve ark., 2011) bizim çalışmamızda karşılaşılan eksantrik yüklerin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Yapılan araştırmalarda, farklı branşlarda uygulanan pliometrik egzersizlerin alt ekstremitte RKİ'ni geliştirmede olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Ramirez-Campillo ve ark., 2023). Basketbol oyuncularında yapılan bir çalışmada 30 – 45 – 60 cm yüksekliklerden yapılan derinlik sıçraması sırasında oluşan yer tepki kuvvetleri ve RKİ değerleri arasında fark bulunmaması bizim çalışmamıza benzerdir (Kipp ve ark., 2017). Hentbolcularda yapılan bir çalışmada ise 20 cm ile 35 cm derinlik sıçraması sırasındaki RKİ değerleri arasında fark bulunmuşken yüksekliğin daha fazla arttırılması (50 cm) RKİ değerlerini değiştirmemiştir (Prieske ve ark., 2019). Bu sonuçlar, belirli bir yüksekliğin üzerindeki derinlik sıçramalarının reaktif kuvveti arttırıcı etkisi olmadığını göstermektedir. Ancak, pliometrik antrenman sürelerinin RKİ değerlerini etkilediği (Ramirez-Campillo ve ark., 2023) ve eksantrik kuvvet değerlerinin RKİ ile ilişkili bilinmektedir (Nishiumi ve ark., 2023). Eksantrik yüklenmenin daha fazla olduğu 30-35 cm ve üzeri kutu yüksekliklerindeki RKİ değerlerinin artmaması, sporcuların bu yoğunluktaki eksantrik egzersize hazır olmamalarından kaynaklanmış olabilir. Her iki çalışmada oluşturulan RKİ değerleri ise bizim çalışmamızdan yüksektir. Bu fark, boksörlerin ma esnasında yüksek sıçramalar yapmadığından sadece küçük sekmeler gerçekleştirdiklerinden maruz kaldıkları eksantrik kasılmaların yoğunluğunun az olmasından ve antrenman programlarında alt ekstremitte pliometrik egzersizlerinin bulunmamasından kaynaklanmış olabilir. Rugby oyuncularında yapılan bir çalışmada da bizim çalışmamıza benzer şekilde pliometrik sıçrama sırasında 30 cm derinlik sıçramasına göre daha uzun temas süresi gerçekleşmiş ve RKİ değerleri de daha düşük bulunmuştur (McMahon ve ark., 2021). Bu sonuçlar, pliometrik antrenman programlarının başlangıcında pliometrik sıçramaların etkin olarak kullanılabilereceğini göstermesi açısından önemlidir.

SONUÇ

Mevcut araştırmada incelenen st ekstremitte RKİ'nin alt ekstremitte RKİ'nden daha düşük olmasının sebebi st ekstremitede bulunan kas gruplarının alt ekstremitede bulunan kas gruplarından küçük olmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca, sıçramalar esnasında vc ağırlığının tamamı kullanılıyorken, pliometrik şınavlarda st ekstremitte vc ağırlığından daha düşük yüklere mazur kalmakta ve düşme sırasında karşılaşılan eksantrik yüklenmeler azalmaktadır. Bunun yanında, ekstremiteler arasında ilişkinin bulunmaması st ekstremitte patlayıcı hareketleri sırasında, kinetik zincire bağlı olarak yer tepki kuvvetinin alt ekstremitelerden gövde vasıtasıyla st ekstremitelere aktarılması gerektiği sebep olarak gösterilebilir. Dolayısıyla, alt ve st ekstremitte RKİ değerleri arasında ilişki olmaması, st ekstremitteyle kuvvet oluşurmada gövdenin de önemli rolünün olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çıkar Çatışması

Makalenin yazarları arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): NR (%40), İG (%30), FS (%10), FA (%10), SY (%10)

Veri Toplanması (Data Acquisition): FM (%50), NG (%25), CK (%25),

Veri Analizi (Data Analysis): NR (%50), NG (%30), SY (%20)

Makalenin Yazımı (Writing Up): NG (%30), NR (%20), FA (%20), FS (%10), İG (%10), CK (%10).

Makale Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): NG (%30), NR (%20), FA (%20), FS (%10), İG (%10), CK (%10).

KAYNAKLAR

- Bayraktar, I., & Çilli, M. (2017). Pliometrik Antrenmanlar Kuramsal ve Uygulama Yönleriyle (1. baskı ed.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Bosco, C., Komi, P., & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111(2), 135-140. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1981.tb06716.x>
- Carter, A. B., Kaminski, T. W., Douex Jr, A. T., Knight, C. A., & Richards, J. G. (2007). Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 208-215. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00038>
- Chaabène, H., Tabben, M., Mkaouer, B., Franchini, E., Negra, Y., Hammami, M., Amara, Samiha., Chaabène, B.R. & Hachana, Y. (2015). Amateur boxing: physical and physiological attributes. *Sports Medicine*, 45, 337-352. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0274-7>
- Davis, P., Wittekind, A., & Beneke, R. (2013). Amateur boxing: activity profile of winners and losers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 84-92. <https://doi.org/10.1123/ijspp.8.1.84>
- Ebben, W., & Blackard, D. (2001). Strength and conditioning practices of National Football League strength and conditioning coaches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (1), 48-58. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00009>
- Fatouros, I., Jamurtas, A., Leontsinis, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476. <https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00016>
- García-Massó, X., Colado, J. C., González, L. M., Salva, P. A. U., Alves, J., Tella, V., & Triplett, N. T. (2011). Myoelectric activation and kinetics of different plyometric push-up exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 2040-2047. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e4f7ce>
- Gelen, E., Dede, M., Bingül, B. M., Bulgan, C., & Aydin, M. (2012). Acute effects of static stretching, dynamic exercises, and high volume upper extremity plyometric activity on tennis serve performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11(4), 600.
- Hewett, T., Stroupe, A., Nance, T., & Noyes, F. (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *The American Journal of Sports Medicine*, 24 (6), 765-73. <https://doi.org/10.1177/036354659602400611>

- Hinshaw, T. J., Stephenson, M. L., Sha, Z., & Dai, B. (2018). Effect of external loading on force and power production during plyometric push-ups. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(4), 1099-1108. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001953>
- İbrik, A. (2019). Adölesan taekwondo sporcularında pliometrik eğitiminin fiziksel uygunluk parametrelerine etkisi. (Yüksek lisans tezi. Hasan Kalyoncu Üniversitesi).
- İnce, İ. (2020). 14-17 Yaş grubu voleybolcularda reaktif kuvvet indeksi ve bacak sertliğinin bazı performans testleri ile ilişkisinin incelenmesi. *GERMENİCA Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1, 37-45.
- Jarvis, P., Turner, A., Read, P., & Bishop, C. (2022). Reactive strength index and its associations with measures of physical and sports performance: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(2), 301-330. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01566-y>
- Kipp, K., Kiely, M. T., Giordanelli, M. D., Malloy, P. J., & Geiser, C. F. (2018). Biomechanical determinants of the reactive strength index during drop jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 44-49. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0021>
- Koch, J., Riemann, B. L., & Davies, G. J. (2012). Ground reaction force patterns in plyometrics push-ups. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (8), 2220-7. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318239f867>
- Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D., & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 543-549. <https://doi.org/10.1519/R-19535.1>
- Mataulij, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., & Jaric, S. (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 159-64.
- McMahon, J. J., Sucomel, T. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2021). Relationship between reactive strength index variants in rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 280-285. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002462>
- Moore Laura H, Tankovich Michael J, Riemann, B., & Davies, G. (2011). Kinematic analysis of four plyometric push-up variations. *International Journal of Exercise Science*, 5(4); 334-343. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000402317.48479.a7>
- Nishiumi, D., Nishioka, T., Saito, H., Kurokawa, T., & Hirose, N. (2023). Associations of eccentric force variables during jumping and eccentric lower-limb strength with vertical jump performance: A systematic review. *PLoS one*, 18(8), e0289631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289631>
- Pierce, J., Reinbold, K., Lyngard, B., Goldman, R., & Pastore, C. (2006). Direct measurement of punch force during six professional boxing matches. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 2(2), 1-19. <https://doi.org/10.2202/1559-0410.1004>
- Prieske, O., Chaabene, H., Puta, C., Behm, D. G., Büsch, D., & Granacher, U. (2019). Effects of drop height on jump performance in male and female elite adolescent handball players. *International journal of sports physiology and performance*, 14(5), 674-680. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0482>
- Ramirez-Campillo, R., Thapa, R. K., Afonso, J., Perez-Castilla, A., Bishop, C., Byrne, P. J., & Granacher, U. (2023). Effects of plyometric jump training on the reactive strength index in healthy individuals across the lifespan: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine*, 53(5), 1029-1053. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01825-0>
- Swanik, K. A., Thomas, S. J., Struminger, A. H., Bliven, K. C. H., Kelly, J. D., & Swanik, C. B. (2016). The effect of shoulder plyometric training on amortization time and upper-extremity kinematics. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(4), 315-323. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0005>
- Turgut, E., Cinar-Medeni, O., Colakoglu, F. F., & Baltaci, G. (2019). "Ballistic Six" upper-extremity plyometric training for the pediatric volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1305-1310. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002060>