

Boksörlerde İzokinetik Omuz İç ve Dış Rotasyon Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Muhammet Zafer AZMAN^{1A}, Selda UZUN^{1B}, Muhammed Yusuf KAHRAMAN^{2C}, Ömer İLHAN^{1D}, Fatih SANI^{1E}

¹Marmara Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Anabilimdalı, İstanbul, TÜRKİYE

²Haliç Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar: Selda UZUN e-mail: suzun17@yahoo.com

Çıkar Çatışmaları: Yazar(lar)ın beyan edeceği herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Telif Hakkı ve Lisans: Dergide yayın yapan yazarlar, CC BY-NC 4.0 kapsamında lisanslanan çalışmalarının telif hakkını saklı tutar.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi ve yazılmasında bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve kullanılan tüm kaynaklara usulüne uygun şekilde atıfta bulunulduğu beyan edilmiştir.

A: Orcid ID: 0000-0003-4336-1976 B: Orcid ID: 0000-0003-1386-4628 C: Orcid ID: 0000-0002-7639-8444 D: Orcid ID: 0009-0003-4849-517X E: Orcid ID: 0000-0002-7437-7420

Özet

Bu çalışmanın amacı, boksörlerde iki farklı açısal hızda (60°/s ve 180°/s) izokinetik omuz iç ve dış rotasyon kuvvet performansını ve asimetriyi değerlendirmektir. Araştırmaya müsabaka deneyimi olan 10 erkek boksör (yaş: 25,11 ± 5,95 yıl, boy: 176,67 ± 10,83 cm, ağırlık: 78,33 ± 11,48 kg, VKİ: 25,11 ± 2,97 kg/cm²) katılmıştır. Tüm katılımcıların izokinetik omuz iç ve dış rotasyon kuvvetleri Biodex Sistem 4 izokinetik dinamometre ile ölçülmüştür. Test prosedüründe, katılımcılar 5 dakikalık ısınma yapmış, ardından omuz iç ve dış rotasyonları 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda test edilmiştir. Bu çalışmada, sağ (dominant) omuz izokinetik rotasyon kuvvetinin sol (baskın olmayan) ekstremiteye göre her iki açısal hızda da zirve tork, ortalama güç ve toplam iş gibi parametrelerde anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tesbit edilmiştir. (p<0,05). Ayrıca, hem sağ hem de sol ekstremitede için her iki açısal hızda da Zirve Tork (Nm) ve Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg) parametrelerinde iç rotasyon izokinetik kuvveti dış rotasyona göre daha yüksek bulunmuştur (p<0,05). Bu araştırmanın sonuçlarına göre, boksörlerde sağ (dominant) izokinetik omuz rotasyon kuvvet parametrelerinin sol tarafa göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu asimetrielerin performans ve yaralanma risklerini etkileyebileceği göz önüne alındığında, sol omuzun spesifik kuvvet antrenmanları ile desteklenmesi tarafımızdan önerilmektedir. Ayrıca, araştırmaya katılan boksörlerde her iki omuz eklemine de iç rotasyon kuvvetinin dış rotasyona göre yüksek olması büyük olasılıkla yumruk vuruşu sırasında omuzun internal rotasyona gelmesinden kaynaklıdır, bu nedenle boksörlerde sol omuz eksternal rotatörleri kuvvetini arttırmaya yönelik bir antrenman programının genel antrenman rutinlerine eklenmesi gerektiği kanısındayız.

Anahtar Kelimeler: Boks, İzokinetik Kuvvet, Omuz Rotasyonu, kuvvet oranı

Evaluation of Isokinetic Shoulder Internal and External Rotation Strength in Boxers

Abstract

The aim of this study was to evaluate isokinetic shoulder internal and external rotation strength performance and asymmetry in boxers at two different angular velocities (60°/s and 180°/s). Ten male boxers with competitive experience (age: 25.11 ± 5.95 years, height: 176.67 ± 10.83 cm, weight: 78.33 ± 11.48 kg, BMI: 25.11 ± 2.97 kg/cm²) participated in the study. The isokinetic strength of shoulder internal and external rotation was measured

using the Biodex System 4 isokinetic dynamometer. In the testing procedure, participants warmed up for 5 minutes, after which shoulder internal and external rotations were tested at angular velocities of 60°/s and 180°/s. In this study, it was found that the right (dominant) isokinetic strength of the shoulder rotation was significantly higher than the left (non-dominant) extremity in parameters such as peak torque, average power and total work at both angular velocities ($p<0.05$). In addition, peak torque (Nm) and peak torque/body weight (Nm/kg) parameters for both right and left extremities at both angular velocities, internal rotation isokinetic strength was found to be higher than external rotation ($p<0.05$). According to the results of this study, right (dominant) isokinetic shoulder rotation strength parameters were higher than the left side in boxers. Considering these asymmetries may affect performance and injury risks, it is recommended that the left shoulder should be supported with specific strength training. In addition, the fact that the internal rotation force was higher than the external rotation force in both shoulder joints in the boxers participating in the study is probably due to the internal rotation of the shoulder during the punch. Therefore, we believe that a training program to improve the external rotator strength of the left shoulder should be included in the training routines of boxers.

Keywords: Boxing, Isokinetic Force, Shoulder Rotation, Strength Ratio.

GİRİŞ

Boks, yumruklar kullanılarak başa ve vücuda yapılan vuruşları içeren tam temaslı bir dövüş sporudur. (Alevras ve ark. 2022). Kas kuvveti sporunun genel fiziksel düzeyini tanımlayan ve boksta müsabaka sonucunu belirleyen en önemli fiziksel faktörlerden biridir (Pedzich ve ark. 2012). Boks sporunda müsabakanın kazanılması, rakibin hedef bölgesine net ve güçlü yumrukların atılmasına bağlı olduğundan dolayı kas kuvvetinin etkisi fizyolojik profilde önemli bir role sahiptir (Kocahan ve ark., 2018; Stojsih, 2010). Müsabakayı kazanmak için rakibe uygulanan yumruk kuvveti en önemli fizyolojik parametredir (Tasiopoulos ve ark. 2018). Bu nedenle, boksörlerde üst ekstremitte kuvvetinin ve kuvvet asimetrisinin değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Kas kuvvetini ve dayanıklılığını objektif olarak ölçme imkânı veren izokinetik dinamometreler, agonist-antagonist kas oranlarını değerlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile belirli açılarda tüm eklem hareket açıklığı boyunca maksimal kas kuvveti oluşturularak, maksimum kas kuvvet değerlendirmeleri ve kas kuvvetini arttırmak için antrenman programı dizaynı yapılabilmektedir. Aynı zamanda, agonist antagonist kas grupları ile sağ ve sol ekstremiteler arasındaki kas kuvvet dengesizliği tespit edilmektedir (Kocahan ve ark., 2018). Bu nedenle, özellikle profesyonel düzeyde boks sporu yapan sporcularda, kas kuvvetini objektif olarak değerlendirebilen izokinetik testlerin yapılması oldukça önemlidir.

Boksörlerde bilateral omuz iç ve dış rotasyon kuvvet farkının kabul edilebilir düzeyde olması, performansın korunması ve yaralanma riskinin azaltılması için hayati öneme sahiptir. Literatürde, sağlıklı sporcularda bilateral kuvvet farkının %0 ila 10 arasında olması normal, %10-20 arasında olması muhtemelen anormal, %20'den fazla olması ise anormal kabul edilmektedir (Ellenbecker ve Davies, 2000). Bu oran, omuz stabilitesini sağlayan kas gruplarının simetrik kuvvet üretimini destekleyerek optimal biomekanik dengeyi korumaktadır. Daha yüksek oranlarda kuvvet farkı, omuz eklemine binen yükün dengesiz dağılımına ve aşırı kullanım yaralanmalarına yol açabilir. Boksörler, genellikle dominant taraflarını daha fazla kullandıkları için omuz kaslarında kuvvet asimetrisi insidansı yüksektir (Zazryn ve ark, 2006). Örneğin, dominant omuzun iç rotasyon kuvveti daha yüksektir. Bu dengesizlik, özellikle yumruk atma sırasında ortaya çıkan yüksek hız ve kuvvetli hareketlerde yaralanma riskini artırabilir (Kibler ve ark., 2013). Bir araştırmada, boksörlerde glenohumeral eklem iç ve dış rotasyon kas kuvvetleri izokinetik dinamometre ile değerlendirilmiş ve boksörlerde 60/120/180 °/sn hızlarda dominant omuzun diğerine göre daha yüksek izokinetik kuvvet değerine sahip olduğu gösterilmiştir (Tasiopolous ve ark, 2018). Sporcularda bilateral asimetriyi azaltmak için spesifik kuvvet egzersizlerinin uygulanması önemlidir. Böylece, hem performans artışı hem de yaralanma riski kontrol altına alınabilir.

Boksta gerçekleşen eklem yaralanmaları spora dönüş süresi uzun olacağından sportif başarıyı olumsuz etkilemektedir. Olimpik dövüş sporcularında ortalama olarak her 2,1 saatlik müsabakada bir yaralanma

meydana geldiği ve yaralanma riskinin boks, judo ve tekvanda güreşe kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Lystad ve ark. 2021). Müsabaka sırasında meydana gelen yaralanmalar sebebiyle sporcuların yaklaşık %30'u müsabakadan veya antrenmandan 7 günden fazla uzak kalmaktadır (Lystad ve ark. 2021). Ayrıca, amatör boksörlerin yaralanma riskinin tekvando ve karate sporcularına kıyasla daha düşük, ancak judo sporcularına kıyasla daha yüksek olmakla birlikte, amatör boksörlerin her 2,5 saatlik müsabakada ve her 772 saatlik antrenmanda ortalama bir yaralanma yaşadığı bildirilmiştir (Alevras ve ark., 2022). Ayrıca, müsabakalar sırasında baş yaralanmalarının yaygın olduğu, ancak antrenmanlarda üst ekstremitelerde yaralanmalarının daha sık görüldüğü tespit edilmiştir (Alevras ve ark., 2022). Literatürdeki araştırmalarda, boksörler ve sağlıklı sedanter bireyler karşılaştırıldığında, özellikle omuz rotasyon kuvveti (dış rotasyon/iç rotasyon) oranları değerlendirildiğinde; dış rotatör kas kuvvetinin iç rotatörlere oranla daha zayıf olduğu bildirilmiştir (Shiklar ve Dvir, 1995; Tasiopolous ve ark, 2018).

Yaralanmaların önlenmesi için düşük izokinetik konsantrik hızlarda (30°/s ve 60°/s) omuz iç ve dış rotasyon oranlarının en az 0.60-0.66 ve dolayısıyla dış rotatörler iç rotatör kuvvetinin en az 2/3'üne sahip olması gerektiği belirtilmiştir (Ellenbecker ve Davies, 2000). Daha yüksek hızlardaki kuvvet farklılıkları spor branşlarının biyomekanik hareketine bağlı olarak değişebilmektedir. Rotatör manşet kasları eklem kinematiki ve omuz fonksiyonunun korunmasında önemlidir. Ayrıca, glenohumeral stabilite, çeşitli yönlerde değişen kuvvetlerin ve sıkıştırma kuvvetlerinin oranına bağlıdır. Bu nedenle, omuz iç ve dış rotasyon kuvvet oranlarındaki değişiklikler eklem stabilitesinin azalmasına sebep olabilir. Bu sebeple, özellikle spor aktiviteleri sırasında omuz artikülasyonunun normal işlevi için iç ve dış rotasyon kasları arasında optimal kuvvet dengesi gereklidir (Tasiopolous ve ark, 2018). Boksörlerde, omuz eklemine 60°/sn ve 240°/sn izokinetik ölçümler her iki açılarda da dış rotasyon kuvvetinin iç rotasyona göre yaklaşık olarak yarısı kadar (60°/sn' de dominant taraf %44 ve sol taraf %49, 240°/sn açılarda, sağ tarafın %47, sol taraf %46) olduğu tespit edilmiştir (Kocahan ve Yıldırım, 2018). Bu durum, boks sporuna özgü yapılan yumruk ve kroşe gibi hareketlerinden dolayı iç rotasyon kaslarının daha çok kullanılmasından kaynaklanabilir. Sonuç olarak literatürde, boksörlerde dış rotasyon kuvveti iç rotasyona oranla daha zayıf bulunmuştur. Bu nedenle, sporcularda omuz rotasyon kuvveti değerlendirilerek agonist ve antagonist kas kuvvet oranlarının düzeyine göre verilecek doğru antrenman programları omuz eklemine olası yaralanma riskini azaltabilir. Ayrıca, boks sporunda bilateral kuvvet farklılıkları tespit edilmesi üst ekstremitelerde yaralanma riskini azaltmak ve kuvvet antrenman programlarını düzenlemek açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu pilot çalışmanın amacı, boksörlerde omuz rotasyon agonist ve antagonist izokinetik kuvvet oranları ile bilateral omuz iç ve dış rotasyon izokinetik kuvvetlerinin değerlendirilmesidir.

METOD

Katılımcılar

Bu araştırmaya, müsabaka deneyimi olan 10 erkek boksör (yaş: 25,11 ± 5,95 yıl, boy: 176,67 ± 10,83 cm, ağırlık: 78,33 ± 11,48 kg, VKİ: 25,11 ± 2,97 kg/cm²) katılmıştır. Tüm katılımcıların sağ ekstremiteleri dominant taraf olarak tespit edilmiştir. Sporcularda üst ekstremitelerde cerrahi öyküsü ve üst ekstremitelerde mevcut veya geçmiş yıl yaralanması olmaması araştırmaya dahil olma kriterleri olarak belirlenmiştir. İzokinetik testlere uyum sağlamayarak testler sırasında ortaya çıkan ağrı veya rahatsızlık nedeniyle testi tamamlayamamak araştırmadan çıkarılma kriterleri olarak belirlenmiştir. Çalışma Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Onay Numarası: 09.2024.660)

Test Prosedürü

Bu araştırmada, katılımcıların boy ve vücut ağırlığı ölçüldükten sonra katılımcıların omuz rotasyon kuvveti (iç ve dış rotasyon) iki farklı açılarda (60°/s ve 180°/s) Biodex Sistem 4 İzokinetik Dinamometre kullanılarak ölçülmüştür. Bilateral olarak gerçekleştirilen izokinetik kuvvet testlerinin randomize olarak gerçekleştirilmesi amacıyla bir sağ bir sol ekstremitede ile başlanarak testler gerçekleştirilmiştir. Testten bir gün önce boksörlerin antrenman yapmasına izin verilmemiştir. İzokinetik testler laboratuvarında aynı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Tüm katılımcılar başlangıçta izokinetik direnç ve genel prosedürler hakkında bilgilendirilerek ve "Par-Q Fiziksel Uygunluk Testi" doldurularak gönüllü onam formu imzalatılmıştır. Testten önce, sporcular normal eklem hareketleri; omuz fleksiyon-ektensiyon, abduksiyon-adduksiyon, iç ve dış rotasyon ile duvara top atışlarını 5'er kez tekrarlayarak 5 dakikalık bir ısınma gerçekleştirmişlerdir.

İzokinetik Kuvvet Testi

Isınmanın ardından katılımcılar pelvis ve orta torasik bölgeden stabilizasyon kayışları ile sabitlenmiş biçimde cihaza oturtulmuştur (Resim 1). Katılımcıların glenohumeral eklemi koronal düzlemde 90° abduksiyon pozisyonuna getirilerek dinamometrenin giriş eksenini, glenohumeral eklemin dönme merkezi ile hizalanmıştır. Cihazın dinamometre yönü: 0° dinamometre eğimi: 5° koltuk yönü: 0° ve koltuk sırtı eğimi: 85° olarak ayarlanmıştır. Test, omuz 90° iç rotasyon pozisyonundayken başlatılmıştır. Veri toplama için katılımcılardan konsantrik omuz iç ve dış rotasyonu toplam eklem hareket açıklığı 90° olarak gerçekleştirmeleri istenmiştir. Tüm katılımcılar 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda randomize olarak teste alınmıştır. Katılımcılara ölçüm yöntemini anlamaları için 3-5 kez submaksimal tekrar yaptırılmıştır. 60° açısal hızda 5 tekrar ve 1 dk. dinlenme verildikten sonra ikinci ölçüm uygulanmıştır. Hızlar arasında 3 dakika dinlenme verilmiştir. Ardından 180° açısal hızda 10 tekrar ve 1 dk dinlenme yapıldıktan sonra, ikinci ölçüm uygulanmıştır. Test sırasında sporcular sözlü motive edilerek maksimal kuvvet uygulamaları için teşvik edilmişlerdir.



Resim 1. Omuz Rotasyon İzokinetik Kuvvet Ölçümü

Veri Analizi

Bu çalışmada, her iki açısal hızda toplanan izokinetik kuvvet verileri üreticinin sağladığı Biodex System 4 pro yazılımından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Zirve Tork (Nm), Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg) Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms), Zirve Tork Açısı (°), 30 Derecedeki Tork (Nm), 0.18 saniyedeki Tork (Nm), Varyasyon Katsayısı (%), Toplam İş (J), İş/ Vücut ağırlığı (%), İlk 3 Tekrardaki İş (J), Son 3 Tekrardaki İş (J), Yorgunluk Değeri (%), Ortalama Güç (W), İvmelenme süresi (ms), Deselerasyon süresi (ms), Ortalama Zirve Tork (Nm) ve Agonist Antagonist Oranı (%) (Dış rotasyon/İç Rotasyon) değerleri kaydedilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Toplanan tüm veriler her bir katılımcı için Excel formatında kaydedildikten sonra SPSS 24 paket programına aktararak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir parametreye ait ortalama ve standart sapma verileri hesaplandıktan sonra işaretli sıralar Wilcoxon analizi ile bağımlı değişkenler arasında fark analiz edilmiştir. Omuz rotasyonu izokinetik kuvvet parametreleri bilateral olarak sağ ve sol ekstremiteler arasında karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde, iç ve dış rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Alfa anlamlılık düzeyi $p=0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Katılımcılara ait omuz rotasyon izokinetik parametreler 60°/s için Tablo 1-2 ve 180°/s için Tablo 2-3' de verilmiştir. 60°/s açısal hızda sağ (dominant:baskın) ekstremiteler için Zirve Tork (Nm), Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg), 30 Derecedeki Tork (Nm), İş/ Vücut ağırlığı (%), Toplam İş (J), İlk ve son 3 Tekrardaki İş (J), Ortalama Güç (W), Yavaşlama Süresi (ms) ve Ortalama Zirve Tork (Nm) değerlerinde iç rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri dış rotasyona göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bu parametrelerin dışındaki diğer parametrelerde sağ taraf için iç ve dış rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Sol taraf için ise Zirve Tork (Nm), Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg),

Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms), Zirve Tork Açısı ($^{\circ}$), 30 Derecedeki Tork (Nm), 0.18 Saniyedeki Tork (Nm), İş/ Vücut ağırlığı (%), Toplam İş (J), İlk 3 Tekrardaki İş (J), Son 3 Tekrardaki İş (J) ve Ortalama Güç (W) değerlerinde iç rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri dış rotasyona göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bu parametrelerin dışında diğer parametrelerde sol taraf için iç ve dış rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). Sağ ve sol taraflar arasında ise $60^{\circ}/s$ açısal hızda dış rotasyon için Zirve Tork (Nm), Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg), İş/ Vücut ağırlığı (%), Toplam İş (J) ve Ortalama Güç (W) için sağ taraf sol taraftan anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İç rotasyon için ise Toplam İş (J), İlk 3 Tekrardaki İş (J), Son 3 Tekrardaki İş (J), Ortalama Güç (W) ve Ortalama Zirve Tork (Nm) değerleri için sağ ekstremiten sol ekstremiteye göre, Yorgunluk Değeri (%) için ise sol ekstremiten izokinetik kuvvet parametreleri sağ ekstremiteye göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bu parametrelerin dışında diğer parametrelerde sağ ve sol izokinetik kuvvet parametreleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

$180^{\circ}/s$ açısal hızda sağ ekstremiten için Zirve Tork (Nm), Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg), Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms), Toplam İş (J), Yorgunluk Değeri (%), Hızlanma Süresi (ms) ve Ortalama Zirve Tork (Nm) değerlerinde, sol taraf için ise, Zirve Tork (Nm), Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms), 30 Derecedeki Tork (Nm), Toplam İş (J), Ortalama Güç (W) ve Yavaşlama Süresi (ms)' nde iç rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri dış rotasyona göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bu parametrelerin dışında diğer parametrelerde hem sağ hemde sol ekstremiten için iç ve dış rotasyon izokinetik kuvvet parametreleri arasında anlamlı düzeyde fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). $180^{\circ}/s$ açısal hızda dış rotasyon için, 30 Derecedeki Tork (Nm), 0.18 Saniyedeki Tork (Nm), İş/ Vücut ağırlığı (%) ve İlk 3 Tekrardaki İş (J) değerlerinde sağ ekstremiten sol ekstremiteye göre, Yavaşlama Süresi (ms) değerinde ise sol ekstremiten izokinetik kuvvet parametreleri sağ ekstremiteye göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). İç rotasyon için ise Zirve Tork Açısı ($^{\circ}$), 0.18 Saniyedeki Tork (Nm), İş/ Vücut ağırlığı (%), Toplam İş (J), İlk 3 Tekrardaki İş (J), Son 3 Tekrardaki İş (J), Ortalama Güç (W), ve Ortalama Zirve Tork (Nm) değerlerinde sağ ekstremiten sol ekstremiteye göre, Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms) ve Hızlanma Süresi (ms) için ise sol ekstremiten izokinetik kuvvet parametreleri sağ ekstremiteye göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Bu parametrelerin dışında diğer sağ ve sol izokinetik kuvvet parametreleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 1. $60^{\circ}/s$ açısal hızda omuz eklemi iç ve dış rotasyon izokinetik parametrelerinin karşılaştırması

Bağımsız Değişkenler	Sağ (Dominant) (Ort±Ss)			Sol (Ort±Ss)		
	DR	İR	p	DR	İR	p
Zirve Tork (Nm)	48,02±7,08	64,43±16,5	0,02*	44,62±6,63	60,93±15,14	0,02*
Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg)	61,72±7,28	83,48±22,01	0,02*	57,39±7,15	78,78±19,45	0,02*
Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms)	353,33±165,66	730±422,58	0,09	291,11±143,56	691,11±372,45	0,01*
Zirve Tork Açısı ($^{\circ}$)	19,44±9,98	40,67±25,76	0,07	15,11±8,76	48,56±22,66	0,02*
30 Derecedeki Tork (Nm)	44,78±8,5	57,53±16,56	0,02*	41,66±6,87	52,01±15,37	0,05*
0.18 Saniyedeki Tork (Nm)	44,17±7,65	52,56±12,44	0,11	41,43±5,77	50,97±13,44	0,05*
Varyasyon Katsayısı (%)	5,32±2,69	5,74±2,46	0,77	5,03±2,12	7,03±3,1	0,18
İş/ Vücut ağırlığı (%)	79,02±11,22	112,76±30,94	0,02*	69,33±11,41	104,41±28,18	0,02*
Toplam İş (J)	335,26±45,28	482,1±129,82	0,01*	298,27±51,9	441,02±121,3	0,02*
İlk 3 Tekrardaki İş (J)	117,2±18,88	162,18±42,65	0,01*	106,32±16,67	151,24±37,35	0,01*
Son 3 Tekrardaki İş (J)	94,08±31,51	157,6±43,62	0,02*	92±18,51	140,79±43	0,02*
Yorgunluk Değeri (%)	8,84±5,04	3,01±8,58	0,07	38,06±65,02	9,4±11,11	0,26
Ortalama Güç (W)	33,8±4,88	46,27±12,38	0,02*	24,88±15,01	39,21±10,58	0,02*
Hızlanma Süresi (ms)	52,22±6,29	55,56±11,65	0,45	50,99±12,78	56,67±19,44	0,26
Yavaşlama Süresi (ms)	158,89±53,43	253,33±65,32	0,05*	146,67±67,82	248,89±102,68	0,06
Ortalama Zirve Tork (Nm)	51,09±14,63	64,12±17,32	0,03*	67,54±75,38	52,26±12,01	0,21

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, DR: Dış Rotasyon, İR: İç Rotasyon, D: Sağ taraf, ND: Sol taraf, *:p anlamlılık değeri<0,05.

Tablo 2. 60°/s açısal hızda omuz eklemi iç ve dış rotasyon izokinetik parametrelerinin sağ ve sol ekstremiteler arasında karşılaştırması

Bağımsız Değişkenler	Dış Rotasyon (Ort±Ss)			İç Rotasyon (Ort±Ss)		
	Sağ	Sol	p	Sağ	Sol	p
Zirve Tork (Nm)	48,02±7,08	44,62±6,63	0,02*	64,43±16,5	60,93±15,14	0,09
Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg)	61,72±7,28	57,39±7,15	0,02*	83,48±22,01	78,78±19,45	0,12
Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms)	353,33±165,66	291,11±143,56	0,48	730±422,58	691,11±372,45	0,78
Zirve Tork Açısı (°)	19,44±9,98	15,11±8,76	0,37	40,67±25,76	48,56±22,66	0,40
30 Derecedeki Tork (Nm)	44,78±8,5	41,66±6,87	0,11	57,53±16,56	52,01±15,37	0,21
0.18 Saniyedeki Tork (Nm)	44,17±7,65	41,43±5,77	0,26	52,56±12,44	50,97±13,44	0,48
Varyasyon Katsayısı (%)	5,32±2,69	5,03±2,12	0,89	5,74±2,46	7,03±3,1	0,40
İş/ Vücut ağırlığı (%)	79,02±11,22	69,33±11,41	0,02*	112,76±30,94	104,41±28,18	0,07
Toplam İş (J)	335,26±45,28	298,27±51,9	0,03*	482,1±129,82	441,02±121,3	0,03*
İlk 3 Tekrardaki İş (J)	117,2±18,88	106,32±16,67	0,08	162,18±42,65	151,24±37,35	0,04*
Son 3 Tekrardaki İş (J)	94,08±31,51	92±18,51	0,21	157,6±43,62	140,79±43	0,03*
Yorgunluk Değeri (%)	8,84±5,04	38,06±65,02	0,09	3,01±8,58	9,4±11,11	0,05*
Ortalama Güç (W)	33,8±4,88	24,88±15,01	0,02*	46,27±12,38	39,21±10,58	0,02*
Hızlanma Süresi (ms)	52,22±6,29	50,99±12,78	0,59	55,56±11,65	56,67±19,44	0,83
Yavaşlama Süresi (ms)	158,89±53,43	146,67±67,82	0,95	253,33±65,32	248,89±102,68	0,94
Ortalama Zirve Tork (Nm)	51,09±14,63	67,54±75,38	0,26	64,12±17,32	52,26±12,01	0,01*
Agonist Antagonist Oranı (%)	72,09±18,62	81,37±14,31	0,14			

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, DR: Dış Rotasyon, İR: İç Rotasyon, D: Sağ taraf, ND: Sol taraf, *:p anlamlılık değeri<0,05.

Tablo 3. 180° /s açısal hızda omuz eklemi iç ve dış rotasyon izokinetik parametrelerinin karşılaştırması

Bağımsız Değişkenler	Sağ (Baskın) (Ort±Ss)			Sol (Ort±Ss)		
	DR	İR	p	DR	İR	p
Zirve Tork (Nm)	45,28±8,49	60,96±13,74	0,02*	41,88±9,06	56,83±11,59	0,02*
Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg)	59,38±10,66	78,42±15,85	0,04*	55,57±13,4	73,17±13,85	0,11
Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms)	182,57±40,9	363,3±167,9	0,02*	172,2±42,66	457,78±166,12	0,01*
Zirve Tork Açısı (°)	43,44±52,04	29,89±26,05	1,00	78±163,4	15,78±20,8	0,37
30 Derecedeki Tork (Nm)	44,66±9,15	51,19±12,64	0,24	33,13±12,14	46,33±13,29	0,04*
0.18 Saniyedeki Tork (Nm)	46,54±13,03	54,54±16,51	0,17	41,23±12,79	44,49±14,46	0,59
Varyasyon Katsayısı (%)	49,32±16,27	78,42±20,7	0,31	14,16±19,97	12,67±5,37	0,11
İş/ Vücut ağırlığı (%)	75,94±16,9	101,08±25,12	0,07	68,83±17,1	91,94±23,54	0,11
Toplam İş (J)	465,97±136,8	722,5±205,6	0,01*	409,51±121,48	621,64±181,78	0,01*
İlk 3 Tekrardaki İş (J)	285,58±290,6	258,12±65,48	0,14	256,02±266,89	224,81±65,51	0,14
Son 3 Tekrardaki İş (J)	168,9±66,74	210,44±65,79	0,21	152,77±71,99	178,27±60,09	0,21
Yorgunluk Değeri (%)	56,54±103,81	19,3±6,86	0,02*	52,23±90,56	20,79±15,45	0,81
Ortalama Güç (W)	69,04±28,84	104,72±34,04	0,15	60,43±21,72	85,71±29,3	0,03*
Hızlanma Süresi (ms)	97,8±22,56	82,22±18,12	0,01*	107,13±28,08	105,56±25,87	1,00
Yavaşlama Süresi (ms)	113,33±29,44	182,22±57,88	0,14	137,78±29,73	198,89±74,3	0,01*
Ortalama Zirve Tork (Nm)	54,92±41,23	54,82±14,15	0,02*	54,66±51,72	49,11±12,27	0,14

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, DR: Dış Rotasyon, İR: İç Rotasyon, D: Sağ taraf, ND: Sol taraf, *:p anlamlılık değeri<0,05.

Tablo 4. 180° /s açısal hızda omuz eklemi iç ve dış rotasyon izokinetik parametrelerinin sağ ve sol ekstremiteler arasında karşılaştırması

Bağımsız Değişkenler	Dış Rotasyon (Ort±Ss)			İç Rotasyon (Ort±Ss)		
	Sağ	Sol	p	Sağ	Sol	p
Zirve Tork (Nm)	45,28±8,49	41,88±9,06	0,09	60,96±13,74	56,83±11,59	0,17
Zirve Tork/Vücut Ağırlığı (Nm/kg)	59,38±10,66	55,57±13,4	0,14	78,42±15,85	73,17±13,85	0,11
Zirve Torka Ulaşma Süresi (ms)	182,57±40,9	172,2±42,66	0,67	363,3±167,9	457,78±166,12	0,02*
Zirve Tork Açısı (°)	43,44±52,04	78±163,4	0,26	29,89±26,05	15,78±20,8	0,01*
30 Derecedeki Tork (Nm)	44,66±9,15	33,13±12,14	0,01*	51,19±12,64	46,33±13,29	0,09
0.18 Saniyedeki Tork (Nm)	46,54±13,03	41,23±12,79	0,01*	54,54±16,51	44,49±14,46	0,01*
Varyasyon Katsayısı (%)	49,32±16,27	14,16±19,97	0,91	78,42±20,7	12,67±5,37	0,02
İş/ Vücut ağırlığı (%)	75,94±16,9	68,83±17,1	0,04*	101,08±25,12	91,94±23,54	0,05*
Toplam İş (J)	465,97±136,8	409,51±121,48	0,09	722,5±205,6	621,64±181,78	0,01*
İlk 3 Tekrardaki İş (J)	285,58±290,6	256,02±266,89	0,03*	258,12±65,48	224,81±65,51	0,01*
Son 3 Tekrardaki İş (J)	168,9±66,74	152,77±71,99	0,21	210,44±65,79	178,27±60,09	0,01*
Yorgunluk Değeri (%)	56,54±103,81	52,23±90,56	0,77	19,3±6,86	20,79±15,45	0,68
Ortalama Güç (W)	69,04±28,84	60,43±21,72	0,12	104,72±34,04	85,71±29,3	0,01*
Hızlanma Süresi (ms)	97,8±22,56	107,13±28,08	0,34	82,22±18,12	105,56±25,87	0,01*
Yavaşlama Süresi (ms)	113,33±29,44	137,78±29,73	0,05*	182,22±57,88	198,89±74,3	0,23
Ortalama Zirve Tork (Nm)	54,92±41,23	54,66±51,72	0,26	54,82±14,15	49,11±12,27	0,02*
Agonist Antagonist Oranı (%)	72,10±9,66	69,60±9,31	0,48			

Ort: Ortalama, Ss: Standart Sapma, DR: Dış Rotasyon, İR: İç Rotasyon, D: Sağ taraf, ND: Sol taraf, *:p anlamlılık değeri<0,05.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu pilot çalışmada boksörlerde iki farklı açısal hızda (60°/s ve 180°/s) izokinetik bilateral omuz rotasyon kuvvet parametreleri ile omuz iç ve dış rotasyon kuvvet oranlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, her iki açısal hızda sağ omuz iç ve dış rotasyon zirve tork (Nm), zirve tork/vücut ağırlığı (Nm/kg), toplam iş (J) ve ortalama güç (W) parametrelerinin sol omuza göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, boksörlerin genellikle sağ dominant taraflarını daha sık ve etkili bir şekilde kullanmalarından kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca, bu bulgular, sağ dominant tarafın nöromusküler adaptasyonlarının, günlük aktivitelerde daha sık kullanılmasına bağlı olarak daha iyi geliştiğini ortaya koymaktadır (Cools ve ark., 2002). Önceki çalışmalarda da vurgulandığı üzere (Kocahan ve Yıldırım, 2018; Tasiopoulos ve ark., 2018), boks gibi tekrarlayıcı ve asimetrik hareket kalıplarını içeren sporlarda, genellikle sağ tarafın daha kuvvetli olduğu tespit edilmiştir. Sol tarafın özellikle hız ve kontrol ile ilgili parametrelerde (ör., zirve torka ulaşma süresi, hızlanma ve yavaşlama süresi) daha düşük performans sergilemesi, bu tarafın nöromusküler fonksiyonlar ve kas kuvveti açısından daha zayıf olduğunu göstermektedir. Literatürde sol tarafın daha az kullanımı nedeniyle zayıf nöromusküler kontrol ve kuvvet eksikliklerinin görüldüğü rapor edilmiştir (Ellenbecker ve Davies, 2000). Bu durum, boksörlerde performans asimetrisinin olduğunu ve giderilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Omuz eklemi, özellikle sporcularda geniş bir hareket açıklığına kas kuvvet dengesine sahiptir. İç rotatör kaslar genellikle daha kuvvetli olma eğilimindeyken, dış rotatör kaslar daha küçük ve zayıf olabilir (Chandler ve ark 1992). Dış rotasyon kuvvetinin iç rotasyon kuvvetine oranının literatürde belirtilen ideal sınırlar içinde olması, omuz eklemine optimal stabiliteyi ve hareket verimliliğini sağlamaktadır (Stokes ve ark. 2024). Bu oranın ideal seviyenin altına düşmesinin, özellikle tekrarlı üst ekstremitte aktivitelerine maruz kalan sporcularda (ör., yüzücüler, tenisçiler) rotatör manşet yaralanmalarına yol açabileceğini belirtilmiştir (Edouard ve ark. 2013). Çalışmamızda, sağ ve sol taraflarda omuz rotasyonu için agonist-antagonist oranlarının literatürde belirtilen %60-66 aralığında olduğu görülmüştür (Ellenbecker ve Davies, 2000). Bu bulgu, katılımcı grubumuzun genel olarak normal bir kas dengesine ve omuz stabilitesine sahip olduğunu göstermekle birlikte patlayıcı kuvvet gerektiren boks sporu için bu oranın daha yüksek olmasını beklerdik. Bununla birlikte, sol tarafın bazı bireylerde dış rotasyon kaslarının iç rotasyon kaslarına göre nispeten zayıf

kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, bu çalışmaya dahil olan boksörlerin antrenman ve müsabak sırasında daha fazla dominant kollarını kullandıklarını ve antrenman programlarına dominant olmayan kol için yeterli düzeyde kuvvet egzersizlerini eklemediklerinin bir göstergesi olabilir. Ayrıca, günlük yaşamda, sağ taraf dominant ise bu tarafın daha fazla kullanılması ile ilişkilendirilebilir (Cools ve ark. 2004).

Düşük açısal hızda ($60^\circ/s$) izokinetik kuvvet maksimum kas kuvvetini değerlendirme açısından bir ölçüt sunarken, daha yüksek hızlarda dinamik ve spora benzer hareketler hız açısından simüle edilmektedir (Dvir, 2004). Bizim çalışmamızda, sağ tarafın her iki açısal hızda da zirve tork ve ortalama güç gibi parametrelerde sol tarafa göre daha yüksek olması, sağ tarafın nöromusküler kontrol ve kas kuvveti adaptasyonlarının etkinliğini yansıtmaktadır (Holloszy ve ark. 1984). Bununla birlikte, sol tarafın yüksek açısal hızda daha belirgin düşük izokinetik kuvvet göstermesi, hız-temelli adaptasyonların yetersizliği ile ilişkilendirilebilir. Bu bulgular, sağ ve sol taraflar arasındaki nöromusküler kontrol farklılıklarının, yüksek hızdaki hareketlerde daha belirgin olduğunu göstermektedir. Buna ek olarak çalışmamızın bulguları, sağ ve sol taraflar arasında diğer izokinetik performans parametreleri arasında anlamlı fark bulunduğunu göstermiştir. Özellikle $60^\circ/s$ açısal hızda dış rotasyonda zirve tork, iş/vücut ağırlığı ortalama parametrelerinde ve iç rotasyonda ise iş ve ortalama güç ile birlikte yorgunluk değerinde tespit edilen farklılıklar, sağ tarafın izokinetik kuvvet parametrelerinin sol tarafa göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Literatürde, özellikle bilateral kuvvet dengesizliklerinin yaralanma riskini artırabileceği bildirilmiştir (Edouard ve ark., 2013). Dolayısıyla, sol tarafın kuvvet ve güç eksikliklerinin azaltılmasına yönelik hedefe yönelik antrenman stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sol tarafın zayıflıklarını gidermeye yönelik nöromusküler adaptasyonları hedefleyen spesifik antrenman programlarının uygulanması, hem performans asimetrisini azaltmak hem de yaralanma risklerini minimize etmek açısından önemlidir. Literatürde, izokinetik değerlendirmelerin bireysel antrenman programlarının oluşturulmasında rehber niteliğinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Wilk ve ark., 2024). Bu bağlamda, özellikle sol ekstremiteye yönelik kuvvet odaklı çalışmalara ağırlık verilmesi önerilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmaya dahil olan boks sporcularının sağ omuz rotatör kuvvetlerinin nöromusküler performans açısından sol tarafa göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Sol ekstremiteye boks sporunun doğasına uygun spesifik antrenman ve egzersiz reçetesinin geliştirilmesi, performans asimetrisinin azaltılması ve yaralanma risklerinin önlenmesi açısından kritik öneme sahiptir. Buna ek olarak çalışmamızda omuz iç ve dış rotasyon agonist-antagonist oranlarının literatürde önerilen ideal aralığa yakın bulunması bulunması, katılımcılarımızın genel olarak sağlıklı omuz eklem stabilitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bazı bireylerde sol tarafta görülen dış rotasyon zayıflığının önlenmesi için dış rotasyon kaslarına yönelik kuvvet egzersizlerin uygulanması tarafımızdan önerilmektedir. Ayrıca dünyada, boks hem spor müsabakaları açısından hemde rekreatif olarak oldukça yaygın olmasına rağmen bu alandaki bilimsel çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda boks sporcularının fiziksel performansını özellikle de kuvvet asimetrisini değerlendiren ve uzun dönem egzersiz programlarının etkilerinin izlendiği takip çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç olduğu kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Alevras, A. J., Fuller, J. T., Mitchell, R., & Lystad, R. P. (2022). Epidemiology of injuries in amateur boxing: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(12), 995-1001.
2. Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 338-350.
3. Kibler, W. B., Sciascia, A., & Wilkes, T. (2013). Mechanics and pathomechanics in the overhead athlete. *Clinical Sports Medicine*, 32(4), 637-651.
4. Kocahan, T., Akınoğlu, B., & Yıldırım, N. Ü. (2018). Türkiye erkek boks milli takım sporcularının omuz ve diz eklemi izokinetik kas kuvvet profilinin belirlenmesi. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 29(2), 37-43.
5. Lystad, R. P., Alevras, A., Rudy, I., Soligard, T., & Engebretsen, L. (2021). Injury incidence, severity and profile in Olympic combat sports: A comparative analysis of 7712 athlete exposures from three consecutive Olympic Games. *British Journal of Sports Medicine*, 55(19), 1077-1083.
6. Pedzich, W., Mastalerz, A., & Sadowski, J. (2012). Estimation of muscle torque in various combat sports. *Acta Bioengineering and Biomechanics*, 14(4), 107-112.
7. Stojisih, S. (2010). *The biomechanics of amateur boxers* (Master's thesis, Wayne State University).
8. Tasiopoulos, I., Nikolaidis, P. T., Tripolitsioti, A., Stergioulas, A., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2018). Isokinetic characteristics of amateur boxer athletes. *Frontiers in Physiology*, 9, 1597.

9. Zazryn, T., Cameron, P., & McCrory, P. (2006). A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 670-674.
10. Edouard, P., Codine, P., Samozino, P., Bernard, P. L., Hérisson, C., & Gremeaux, V. (2013). Reliability of shoulder rotators isokinetic strength imbalance measured using the Biodex dynamometer. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 162-165. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.007>
11. Wilk, K. E., Arrigo, C. A., & Davies, G. J. (2024). Isokinetic testing: Why it is more important today than ever. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 19(4), 374-380. <https://doi.org/10.26603/001c.95038>
12. Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications*. Churchill Livingstone.
13. Chandler, T. J., Kibler, W. B., Stracener, E. C., Ziegler, A. K., & Pace, B. (1992). Shoulder strength, power, and endurance in college tennis players. *The American Journal of Sports Medicine*, 20(4), 455-458. <https://doi.org/10.1177/036354659202000416>
14. Stokes, H. L., Eaton, K., & Zheng, N. (2024). Shoulder external over internal rotation ratio is related to biomechanics in collegiate baseball pitching. *Journal of Applied Biomechanics*, 40(3), 209-216. <https://doi.org/10.1123/jab.2023-0205>
15. Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831-838.