Sportif Bakış Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi
E-ISSN : 2148-905X
Yıl/*Year*: 2026, Cilt/*Volume*: 13 Sayı/*Issue*: 3, ss./*pp.*: 404-419

Badminton Sporcularında Skapular Stabilizatör Kas Kalınlıklarının Karşılaştırılması: Dominant ve Non-Dominant Taraf Analizi

Umut YILMAZ[1], Alaaddin ATEŞ[2], Murat OZAN[3], Mustafa Nebi ŞİMŞEK[1], Umut KAZAK[1]

[1]Hakkari Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Hakkari, Türkiye
[2]Hakkari Devlet Hastanesi, Hakkari, Türkiye
[3]Atatürk Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye

DOI: 10.70736/spjses.368		**Araştırma Makalesi**/*Research Article*
Gönderi Tarihi/ *Received:* 15.08.2026	Kabul Tarihi/ *Accepted:* 11.09.2026	Online Yayın Tarihi/ *Published*: 15.09.2026

Özet

Bu çalışmanın amacı, 18 yaş altı aktif badminton sporcularında üst, orta ve alt trapezius ile serratus anterior kaslarının istirahat kas kalınlıklarını ultrasonografi ile değerlendirmek ve dominant ile non-dominant taraflar arasındaki farklılıkları belirlemektir. Kesitsel ve eşleştirilmiş karşılaştırmalı olarak tasarlanan araştırmaya 35 aktif badminton sporcusu dahil edildi. Kas kalınlıkları bilateral olarak B-mod ultrasonografi ile istirahat koşullarında ölçüldü; her kas ve taraf için üç görüntü alındı ve ölçümlerin ortalaması analiz değeri olarak kullanıldı. Eşleştirilmiş farkların dağılımı Shapiro-Wilk testi ve Q-Q grafikleriyle değerlendirildi. Normalite varsayımının çoğu karşılaştırmada sağlanmaması nedeniyle dört kas için iki yönlü Wilcoxon işaretli sıralar testi uygulandı, çoklu karşılaştırmalarda holm düzeltmesi yapıldı ve etki büyüklüğü $r=|Z|/\sqrt{N}$ formülüyle hesaplandı. Dominant ve non-dominant taraf medyan kas kalınlıkları sırasıyla üst trapeziusta .80 ve .72 cm, orta trapeziusta .63 ve .57 cm, alt trapeziusta .42 ve .38 cm, serratus anteriorda .84 ve .73 cm olarak bulundu. Dört kasın tamamında dominant taraf değerleri anlamlı olarak daha yüksekti (tüm holm-düzeltilmiş $p<.001$) ve etki büyüklükleri büyük düzeydeydi ($r=.79$-$.87$). Bulgular, genç badmintoncularda tek taraflı raket kullanımına eşlik eden dominant taraf ağırlıklı bir morfolojik profil bulunduğunu göstermektedir; ancak kesitsel tasarım nedeniyle bu farklılıklar antrenmana bağlı hipertrofi, performans üstünlüğü veya yaralanma riski olarak yorumlanmamalıdır.

Anahtar Kelimeler: Badminton, kas kalınlığı, skapular stabilizatörler, ultrasonografi

Comparison of Scapular Stabilizer Muscle Thickness in Badminton Athletes: An Analysis of the Dominant and Non-Dominant Sides

Abstract

This study aimed to evaluate the resting muscle thickness of the upper, middle, and lower trapezius and serratus anterior using ultrasonography in active badminton athletes under 18 years of age and to determine differences between the dominant and non-dominant sides. Thirty-five active badminton athletes were included in this cross-sectional, paired comparative study. Muscle thickness was measured bilaterally at rest using B-mode ultrasonography; three images were obtained for each muscle and side, and the mean of the measurements was used as the analytical value. The distribution of paired differences was assessed using the Shapiro-Wilk test and Q-Q plots. Because the assumption of normality was not met in most comparisons, two-sided Wilcoxon signed-rank tests were applied to all four muscles, Holm correction was used for multiple comparisons, and effect sizes were calculated using the formula $r=|Z|/\sqrt{N}$. Median muscle thickness values for the dominant and non-dominant sides were .80 and .72 cm for the upper trapezius, .63 and .57 cm for the middle trapezius, .42 and .38 cm for the lower trapezius, and .84 and .73 cm for the serratus anterior, respectively. Muscle thickness was significantly greater on the dominant side for all four muscles (all holm-adjusted $p<.001$), with large effect sizes ($r=.79$-$.87$). The findings indicate a dominant-side morphological profile associated with unilateral racket use in young badminton athletes; however, due to the cross-sectional design, these differences should not be interpreted as evidence of training-induced hypertrophy, superior performance, or injury risk.

Keywords: Badminton, muscle thickness, scapular stabilizers, ultrasonography

Sorumlu Yazar/*Correspondence:* Umut YILMAZ, **E-posta:** umutylmz030@gmail.com

GİRİŞ

Badminton; yüksek hızda yön değiştirme, sıçrama, hamle (lunge) ve tekrarlayıcı baş üstü vuruşların bir arada bulunduğu, üst ve alt ekstremiteler arasında yüksek düzeyde koordinasyon gerektiren asimetrik bir raket sporudur. Özellikle smash ve clear gibi vuruşlarda enerji üretimi yalnızca omuz eklemiyle sınırlı olmayıp alt ekstremite ve gövdeden başlayan kinetik zincir aracılığıyla skapular kuşak, glenohumeral eklem ve raket kolu üzerinden rakete aktarılmaktadır. Sakurai ve Ohtsuki (2000) badminton smash tekniğinde vuruş performansının üst ekstremite kaslarının zamansal organizasyonuyla ilişkili olduğunu göstermiştir. Elit badmintoncularda jump smash sırasında raket başı hızının raket kolu eklem momentleriyle ilişkili olduğu; motor deneyimin kas sinerjisi organizasyonunu etkileyebildiği ve forehand overhead smash sırasında trapezius dâhil birçok omuz kasının koordineli biçimde çalıştığı bildirilmiştir (Ramasamy vd., 2022; Pan vd., 2024; Tajik vd., 2025). Bu bulgular, tekrarlayıcı baş üstü badminton vuruşlarının omuz-skapula kompleksinde taraf-spesifik nöromekanik talepler oluşturabileceğini düşündürmektedir.

Skapula, glenohumeral eklem hareketleri sırasında humerusun etkin biçimde yönlendirilebilmesi için hareketli ancak kontrollü bir temel oluşturur. Üst ve alt trapezius ile serratus anterior kasları skapular yukarı rotasyon ve posterior tilt mekanizmasına katkıda bulunurken, orta trapezius skapulanın retraksiyonu ve medial stabilizasyonunda rol oynar. Serratus anterior ve alt trapezius aktivasyonunun farklı çok eklemli skapular egzersizler sırasında göreve bağlı olarak değiştiği gösterilmiştir (Tsuruike & Ellenbecker, 2015). Bunun yanında overhead sporcularda dominant ve non-dominant omuzlar arasında skapular yukarı rotasyon ve skapulohumeral ritim farklılıkları bildirilmiş; genç overhead sporcularda gerçekleştirilen üç boyutlu kinematik değerlendirmelerde tek taraflı spor katılımına eşlik eden skapular hareket adaptasyonları ortaya konmuştur (Hosseinimehr vd., 2015; Turgut vd., 2019). Bu nedenle skapular stabilizatörlerin yalnızca nöromüsküler aktivasyon açısından değil, morfolojik özellikler bakımından da taraflar arasında farklılaşabileceği düşünülmektedir.

Badmintonun belirgin tek taraflı raket kullanımı, dominant ve non-dominant üst ekstremitelerin farklı mekanik yüklenmelere maruz kaldığı bir yapı oluşturmaktadır. Ng ve Lam (2002), badmintoncularda dominant ve non-dominant omuzların izokinetik çalışma oranlarında farklılıklar bulunduğunu bildirmiştir. Genç elit badmintoncularda omuz rotasyon hareket açıklığı ve izometrik kuvvet özelliklerinin taraf ve cinsiyete göre farklılaşabildiği gösterilmiştir (Couppé vd., 2014). Benzer şekilde, badmintoncularda bilateral rotator kuvvet profillerinin yaş ve cinsiyet bağlamında değişebildiği ve unilateral overhead sporcuların bilateral overhead sporculara kıyasla daha belirgin omuz hareket açıklığı ve rotator kuvvet asimetrileri gösterebildiği bildirilmiştir (Stausholm vd., 2021; Zulfikri vd., 2021; Drigny vd., 2022). Bu çalışmalar kas kalınlığını doğrudan değerlendirmemekle birlikte, tek taraflı overhead yüklenmenin omuz kompleksinde taraf-spesifik fonksiyonel özelliklerle ilişkili olabileceğini göstermektedir.

Badminton omuz kompleksinin tekrarlayıcı yüklenmelere duyarlı olduğu akut müsabaka çalışmalarıyla da gösterilmiştir. Elit genç badmintoncularda aynı gün oynanan iki ardışık maç sonrasında omuz rotasyon hareket açıklığı ve kuvvet profilinde değişiklikler bildirilmiş;

benzer şekilde iki ardışık simüle badminton maçının ardından omuz hareket açıklığı ve izometrik kuvvet değişkenlerinde anlamlı akut değişimler saptanmıştır (Fernandez-Fernandez vd., 2019; Fernandez-Fernandez vd., 2021). Bununla birlikte akut fonksiyonel değişikliklerden kronik morfolojik adaptasyon sonucuna doğrudan ulaşılamayacağından, kas kalınlığı gibi yapısal özelliklerin ayrıca değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca overhead sporcularda taraflar arasında gözlenen farklılıkların tek başına patolojik bir durumun göstergesi olmadığı dikkate alınmalıdır. Sağlıklı overhead sporcularda dominant ve non-dominant taraflar arasında istirahat skapular postürü ve skapular hareket özellikleri bakımından farklılıklar bildirilmiştir (Oyama vd., 2008; Hosseinimehr vd., 2015; Turgut vd., 2019). Bu nedenle morfolojik asimetrilerin klinik anlamı; ağrı, kuvvet, hareket kalitesi ve yaralanma öyküsü gibi fonksiyonel göstergelerle birlikte değerlendirilmelidir.

Sportif aktivitelere bağlı yaralanmalar farklı branşlarda önemli bir sağlık sorunu oluşturmakta ve omuz bölgesi de yaralanmaların görülebildiği anatomik bölgeler arasında yer almaktadır. Aksoy ve arkadaşları (2021) temaslı ve temassız spor branşlarından sporcuları değerlendirdikleri çalışmalarında omuz bölgesi yaralanmalarının spor yaralanmaları içerisinde dikkate değer bir orana sahip olduğunu bildirmiştir. Bu konu genç sporcularda ayrıca önem taşımaktadır; çünkü yoğun sportif yüklenmenin büyüme ve biyolojik maturasyon süreciyle aynı döneme denk gelmesi omuz kompleksinin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini etkileyebilir. Badmintoncularda omuz ağrısının yaygın olabileceği bildirilmiş ve elit adölesan sporcularda overhead hareket sırasında omuz bölgesindeki yapısal değişiklikler ultrasonografi ile incelenmiştir (Fahlström vd., 2006; Wang vd., 2019). Genç badmintoncularda omuz ağrısının gelişimiyle ilişkili fiziksel özellikler ile elit sporcularda omuz kas kuvvet dengesizliklerinin sonraki yaralanmalarla ilişkisi de prospektif olarak araştırılmıştır (Cejudo, 2022; Guermont vd., 2023). Bununla birlikte bu bulgular, skapular stabilizatör kas kalınlığındaki bilateral farklılıkların doğrudan yaralanma göstergesi olduğunu ortaya koymamaktadır. Bu nedenle kas kalınlığı asimetrilerinin patolojik bir bulgu olarak değil, öncelikle sporcuya özgü morfolojik bir özellik olarak değerlendirilmesi daha uygun görünmektedir. Ultrasonografi, yüzeyel skapular kasların morfolojik özelliklerini noninvaziv ve tekrarlanabilir biçimde değerlendirmeye olanak sağlayan bir yöntemdir. Üst, orta ve alt trapezius ile serratus anterior kaslarının ultrasonografik kalınlık ölçümlerine ilişkin teknik ve güvenilirlik çalışmaları yöntemin kullanılabilirliğini desteklemektedir (O'Sullivan vd., 2007; Bentman vd., 2010; Talbott & Witt, 2013; Talbott & Witt, 2014; Adigozali vd., 2016). Trapezius kas kalınlığı ölçümlerinin manyetik rezonans görüntüleme ile karşılaştırıldığı geçerlik çalışması da ultrasonografinin belirli kas bölümleri ve ölçüm koşullarında kullanılabilir olduğunu göstermiştir (O'Sullivan vd., 2009). Ayrıca alt trapezius ve serratus anterior kas kalınlığının tekrarlayıcı kol kaldırma görevleri sırasında değerlendirilebildiği, adölesan overhead sporcularda alt trapezius morfolojisinin incelenebildiği ve sağlıklı bireylerde skapular stabilizatörlere ilişkin normatif ultrasonografik verilerin elde edilebildiği bildirilmiştir (Day & Uhl, 2013; Uthaikhup vd., 2015; Hellem vd., 2016; Silkjær Bak vd., 2021). Bu bulgular, ultrasonografinin bilateral skapular kas morfolojisinin değerlendirilmesinde uygun bir araç olduğunu desteklemektedir.

Mevcut literatürde badmintoncularda omuz hareket açıklığı, rotator kas kuvveti, akut müsabaka yüklenmesi, kas aktivasyonu ve skapular kontrol üzerine çalışmalar bulunmasına rağmen, 18 yaş altı aktif badminton sporcularında üst, orta ve alt trapezius ile serratus anterior kaslarının istirahat kalınlıklarını aynı örneklem içerisinde dominant ve non-dominant taraflar arasında karşılaştıran çalışmalar sınırlıdır. Bu eksikliğin giderilmesi, genç badmintoncularda tek taraflı raket kullanımına eşlik eden skapular kas morfolojisinin daha iyi anlaşılması ve gelecekte yapılacak fonksiyonel, longitudinal ve klinik çalışmalar için temel veri sağlanması açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, 18 yaş altı aktif badminton sporcularında üst, orta ve alt trapezius ile serratus anterior kaslarının istirahat kas kalınlıklarını ultrasonografi ile değerlendirerek dominant ve non-dominant taraflar arasındaki bilateral morfolojik farklılıkları belirlemektir. Araştırmanın hipotezi, tek taraflı ve tekrarlayıcı raket kullanımına eşlik eden mekanik talepler doğrultusunda incelenen skapular stabilizatör kasların dominant tarafta non-dominant tarafa göre daha yüksek istirahat kalınlığı göstereceği yönündedir.

YÖNTEM

Araştırma Modeli

Bu araştırma, 18 yaş altı aktif badminton sporcularında skapular stabilizatör kas kalınlıklarının dominant ve non-dominant taraflar arasında karşılaştırılması amacıyla kesitsel ve eşleştirilmiş karşılaştırmalı araştırma modelinde tasarlandı. Her katılımcının dominant ve non-dominant tarafına ait ölçümler aynı birey içinde eşleştirilmiş olarak değerlendirildi. Araştırmanın birincil sonuç değişkenlerini üst trapezius, orta trapezius, alt trapezius ve serratus anterior kaslarının istirahat hâlindeki ultrasonografik kalınlıkları oluşturdu. Dominant taraf, sporcunun raket kullandığı taraf olarak kabul edildi.

Araştırma Grubu

Araştırmanın nihai örneklemini Hakkari Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü bünyesinde Hakkari Merkez'de düzenli badminton antrenmanlarına devam eden ve araştırmaya dâhil edilme ölçütlerini karşılayan 35 aktif badminton sporcusu oluşturdu. Katılımcılar ölçüt örnekleme yöntemiyle araştırmaya dâhil edildi. Araştırmaya dâhil edilme ölçütleri; 18 yaşından küçük olmak, en az bir yıldır düzenli badminton antrenmanı yapmak, dominant raket tarafını açık biçimde belirtebilmek, ölçüm günü akut ağrı bulunmaması ve araştırmaya katılım için gerekli bilgilendirilmiş onam ile gönüllü olurun alınmış olması olarak belirlendi. Son altı ay içerisinde omuz, boyun veya üst ekstremiteyi etkileyen ciddi ortopedik yaralanma öyküsü bulunması, omuz veya skapular cerrahi geçirmiş olmak, nöromüsküler hastalık bulunması ve ultrasonografik ölçümü etkileyebilecek yapısal anomalilerin varlığı dışlama ölçütleri olarak kabul edildi. Tüm katılımcılara bilateral ultrasonografik değerlendirme uygulandı. Araştırmada örneklem büyüklüğüne ilişkin a priori istatistiksel güç analizi yapılmamıştır. Katılımcılar, araştırmanın yürütüldüğü merkezde düzenli badminton antrenmanlarına devam eden ve önceden belirlenen dâhil edilme ölçütlerini karşılayan sporcular arasından ölçüt örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Mevcut örneklem büyüklüğünün istatistiksel duyarlılığını değerlendirmek amacıyla yapılan tamamlayıcı analizde, 35 katılımcıdan oluşan eşleştirilmiş bir örneklemin iki yönlü test, $\alpha=.05$ ve %80 istatistiksel güç koşullarında

yaklaşık d^z=.49 ve üzerindeki standartlaştırılmış eşleştirilmiş farkları saptayabilecek büyüklükte olduğu belirlenmiştir. Bu hesaplama, çalışmada kullanılan non-parametrik test için doğrudan bir post-hoc güç tahmini olarak değil, mevcut örneklem büyüklüğünün istatistiksel duyarlılığını tanımlayan tamamlayıcı bir değerlendirme olarak ele alınmıştır.

Katılımcıların yaş, cinsiyet, dominant raket tarafı ve badminton deneyim sürelerine ilişkin bilgiler çalışma kayıtlarından elde edildi. Araştırma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak yürütüldü. Katılımcıların 18 yaşından küçük olması nedeniyle ebeveyn veya yasal temsilcilerinden yazılı bilgilendirilmiş onam, katılımcılardan ise yaşlarına uygun gönüllü olur alındı. Katılımcılara ait kimlik bilgileri kodlanarak analiz veri setinden ayrıldı. Araştırma için Atatürk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Etik Kurulunun 20.05.2026 tarihli ve E-70400699-050.02.04-2600171313 sayılı onayı alındı.

Veri Toplama Araçları

Stadiometre ve Elektronik Tartı: Katılımcıların boy uzunluğu ve vücut ağırlığının belirlenmesinde stadiometre ve elektronik tartı kullanıldı. Boy uzunluğu katılımcılar çıplak ayakla ve Frankfurt düzleminde olacak şekilde, vücut ağırlığı ise hafif spor kıyafetiyle ve çıplak ayakla ölçüldü. Beden kitle indeksi (BKİ), vücut ağırlığının kilogram cinsinden değerinin boy uzunluğunun metre cinsinden karesine bölünmesiyle hesaplandı.

Ultrasonografi Cihazı: Skapular stabilizatör kasların kalınlık ölçümleri Samsung RS85 (Samsung Medison, Seul, Güney Kore) ultrasonografi cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Yüzeyel kasların değerlendirilmesinde LA2-14A geniş bant lineer transdüser (2-14 MHz) kullanıldı ve görüntülemeler B-modda yapıldı. Merkez frekans yüzeyel kas görüntülemesine uygun olarak yaklaşık 10 MHz düzeyinde tutuldu. Görüntüleme derinliği anatomik bölgeye göre yaklaşık 3-4 cm olarak ayarlandı. Gain, yüzeyel ve derin fasiyal sınırların açık biçimde ayırt edilebildiği düzeyde tutuldu ve fokus bölgesi değerlendirilen kas karnı seviyesine yerleştirildi. Aynı kasa ait dominant ve non-dominant taraf ölçümleri sırasında cihaz ayarlarının değiştirilmemesine dikkat edildi. Ölçüm pozisyonları, anatomik referans noktaları ve kas kalınlığının fasiyal sınırlar arasındaki dik mesafe olarak belirlenmesi, literatürde tanımlanan rehabilitatif ultrasonografi yaklaşımları doğrultusunda standardize edildi (O'Sullivan vd., 2007; Bentman vd., 2010; Talbott & Witt, 2013; Adigozali vd., 2016).

Verilerin Toplanması

Veri toplama sürecinde antropometrik ölçümler ultrasonografik değerlendirmelerden önce gerçekleştirildi. Ultrasonografik değerlendirmeler sırasında doku kompresyonunu en aza indirmek amacıyla transdüser cilt yüzeyine minimal basınçla uygulandı ve yeterli miktarda ultrason jeli kullanıldı. Prob basısına bağlı yapay kas kalınlığı azalmasını önlemek amacıyla görüntü kaydı öncesinde kas konturlarının kompresyonsuz görünümü kontrol edildi. Tüm ultrasonografik ölçümler kas-iskelet sistemi ultrasonografisi konusunda deneyimli aynı radyolog tarafından, aynı ultrasonografi cihazı kullanılarak gerçekleştirildi.

Üst Trapezius (UT): Katılımcılar dik oturur pozisyonda, boyun nötral konumda ve kollar vücut yanında serbest olacak şekilde konumlandırıldı. Ölçüm, C7 spinöz çıkıntısı ile akromion arasındaki mesafenin orta noktasından gerçekleştirildi. Transdüser kas liflerine paralel biçimde longitudinal olarak yerleştirildi. Kas kalınlığı, üst trapeziusun yüzeyel ve

derin fasiyal sınırları arasındaki dik mesafe olarak ölçüldü. Bu yaklaşım, üst trapeziusun ultrasonografik morfolojik değerlendirmesine ilişkin güvenilirlik çalışmalarıyla uyumludur (Adigozali vd., 2016).

Orta Trapezius (MT): Katılımcılar yüzüstü yatar pozisyonda, kollar vücut yanında olacak şekilde konumlandırıldı. Ölçüm, skapula spinası düzeyinde ve skapulanın medial kenarına komşu orta trapezius kas karnından gerçekleştirildi. Transdüser kas liflerine paralel olarak longitudinal biçimde yerleştirildi ve kas kalınlığı yüzeyel ve derin fasiyal sınırlar arasındaki dik mesafe olarak ölçüldü. Ölçümün standardizasyonunda orta trapezius için tanımlanan rehabilitatif ultrason görüntüleme yaklaşımı dikkate alındı (Bentman vd., 2010).

Alt Trapezius (LT): Katılımcılar yüzüstü yatar pozisyonda, değerlendirilen üst ekstremite yaklaşık 145° abdüksiyonda olacak şekilde konumlandırıldı. Ölçüm, skapulanın inferior bölgesinde yaklaşık T7-T8 düzeyindeki alt trapezius kas karnından gerçekleştirildi. Transdüser kas liflerinin seyri doğrultusunda longitudinal-oblik olarak yerleştirildi. Kas kalınlığı, yüzeyel ve derin fasiyal sınırlar arasındaki dik mesafe olarak ölçüldü. Alt trapezius ölçüm yaklaşımı, daha önce tanımlanan teknik ve adölesan overhead sporcu uygulamaları doğrultusunda standardize edildi (O'Sullivan vd., 2007; Hellem vd., 2016).

Serratus Anterior (SA): Katılımcılar yan yatar pozisyonda, değerlendirilen üst ekstremite 90° glenohumeral fleksiyonda olacak şekilde konumlandırıldı. Ölçüm, midaksiller hatta 5. kosta düzeyindeki serratus anterior kas karnından gerçekleştirildi ve kostalar anatomik referans olarak kullanıldı. Transdüser koronal düzlemde ve kas liflerinin seyri doğrultusunda yerleştirildi. Kas kalınlığı, yüzeyel ve derin fasiyal sınırlar arasındaki dik mesafe olarak ölçüldü. Ölçüm standardizasyonunda serratus anteriorun istirahat kalınlığının ultrasonografik değerlendirilmesine ilişkin daha önce tanımlanan yaklaşım dikkate alındı (Talbott & Witt, 2013).

Her kas ve her taraf için üç ayrı ultrasonografik görüntü elde edildi. Tekrarlı ölçümlerde yeniden konumlandırma tekrarlanabilirliğini artırmak amacıyla her görüntünün ardından transdüser ciltten kaldırıldı, ilgili anatomik referans noktası yeniden kontrol edildi ve prob aynı lif yönelimine göre tekrar yerleştirildi. Her görüntü üzerinde kas kalınlığı ölçüldü ve üç ölçümün aritmetik ortalaması analizlerde kullanılacak nihai kas kalınlığı değeri olarak kaydedildi. Dominant ve non-dominant taraflar aynı anatomik referans noktaları, katılımcı pozisyonları ve ultrasonografik teknik kullanılarak değerlendirildi. Dominant ve non-dominant tarafın ilk ölçülme sırası randomize edildi. Ultrasonografik değerlendirmeyi gerçekleştiren radyolog, dominant raket tarafı bilgisine kör değildi. Bununla birlikte olası ölçüm yanlılığını azaltmak amacıyla dominant ve non-dominant taraflar aynı anatomik referans noktaları, katılımcı pozisyonları, cihaz ayarları ve ultrasonografik teknik kullanılarak değerlendirildi; tarafların ilk ölçülme sırası randomize edildi ve her kas ile taraf için elde edilen üç ayrı ölçümün aritmetik ortalaması analiz değeri olarak kullanıldı. Katılımcılardan değerlendirmeden önceki 24-48 saat içerisinde üst ekstremite ve omuz kuşağını yoğun olarak çalıştıran egzersizlerden kaçınmaları istendi ve tüm ölçümler istemli kas kontraksiyonu olmaksızın gerçekleştirildi.

Verilerin Analizi

İstatistiksel hipotez testleri gerçekleştirilmeden önce veri seti veri bütünlüğü, veri giriş hataları, olağandışı değerler ve katılımcı kayıtlarıyla eşleştirilebilirlik açısından kontrol edildi. Başlangıçta toplam 36 katılımcıya ait veri kaydı değerlendirmeye alındı. Veri kontrolü sırasında serratus anterior non-dominant taraf ölçümlerinden birinde ondalık hane kaynaklı veri giriş hatası ve alt trapezius non-dominant taraf ölçümlerinden birinde yanlış kaydedilmiş bir değer belirlendi. Her iki değer de orijinal kaynak ölçüm kayıtlarıyla karşılaştırılarak doğrulandı ve yalnızca kaynak kayıtlarda yer alan gerçek ölçüm değerleri esas alınarak düzeltildi. İstatistiksel olarak olağandışı görünen ancak kaynak kayıtlarında doğru olduğu doğrulanan ve veri giriş hatasına ilişkin kanıt bulunmayan değerlerde herhangi bir değişiklik yapılmadı. Ayrıca çalışma kayıtlarıyla güvenilir biçimde eşleştirilemeyen bir katılımcıya ait veri satırı, herhangi bir hipotez testi gerçekleştirilmeden önce analiz veri setinden çıkarıldı. Veri temizleme ve doğrulama işlemleri tamamlandıktan sonra nihai analiz örneklemi 35 sporcudan oluştu.

İstatistiksel analizler Python tabanlı Google Colab ortamında gerçekleştirildi. Veri düzenleme işlemlerinde pandas, istatistiksel analizlerde SciPy ve çoklu karşılaştırma düzeltmelerinde statsmodels kütüphanelerinden yararlanıldı. Kas kalınlığı değerleri dominant ve non-dominant taraflar için medyan ve çeyrekler arası aralık (ÇAA) ile özetlendi. Dominant ve non-dominant taraf kas kalınlıkları arasındaki eşleştirilmiş farkların dağılım özellikleri Shapiro-Wilk testi ve Q-Q grafikleriyle incelendi. Üst trapezius, alt trapezius ve serratus anterior kaslarına ait fark dağılımlarında normalite varsayımının karşılanmaması ve dört kas karşılaştırmasında ortak bir eşleştirilmiş analiz yaklaşımının korunması amacıyla tüm kaslarda iki yönlü Wilcoxon İşaretli Sıralar Testi kullanıldı. Dört eşleştirilmiş karşılaştırmada aile düzeyindeki Tip I hata oranını kontrol etmek amacıyla Holm çoklu karşılaştırma düzeltmesi uygulandı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi Holm-düzeltilmiş $p<.05$ olarak kabul edildi. Etki büyüklüğü $r=|Z|/\sqrt{N}$ formülüyle hesaplandı; yaklaşık $r=.10$ küçük, $r=.30$ orta ve $r\geq.50$ büyük etki olarak yorumlandı. Analiz sonuçlarında Wilcoxon test istatistiği, Z değeri, ham p değeri, Holm-düzeltilmiş p değeri ve etki büyüklüğü r raporlandı.

BULGULAR

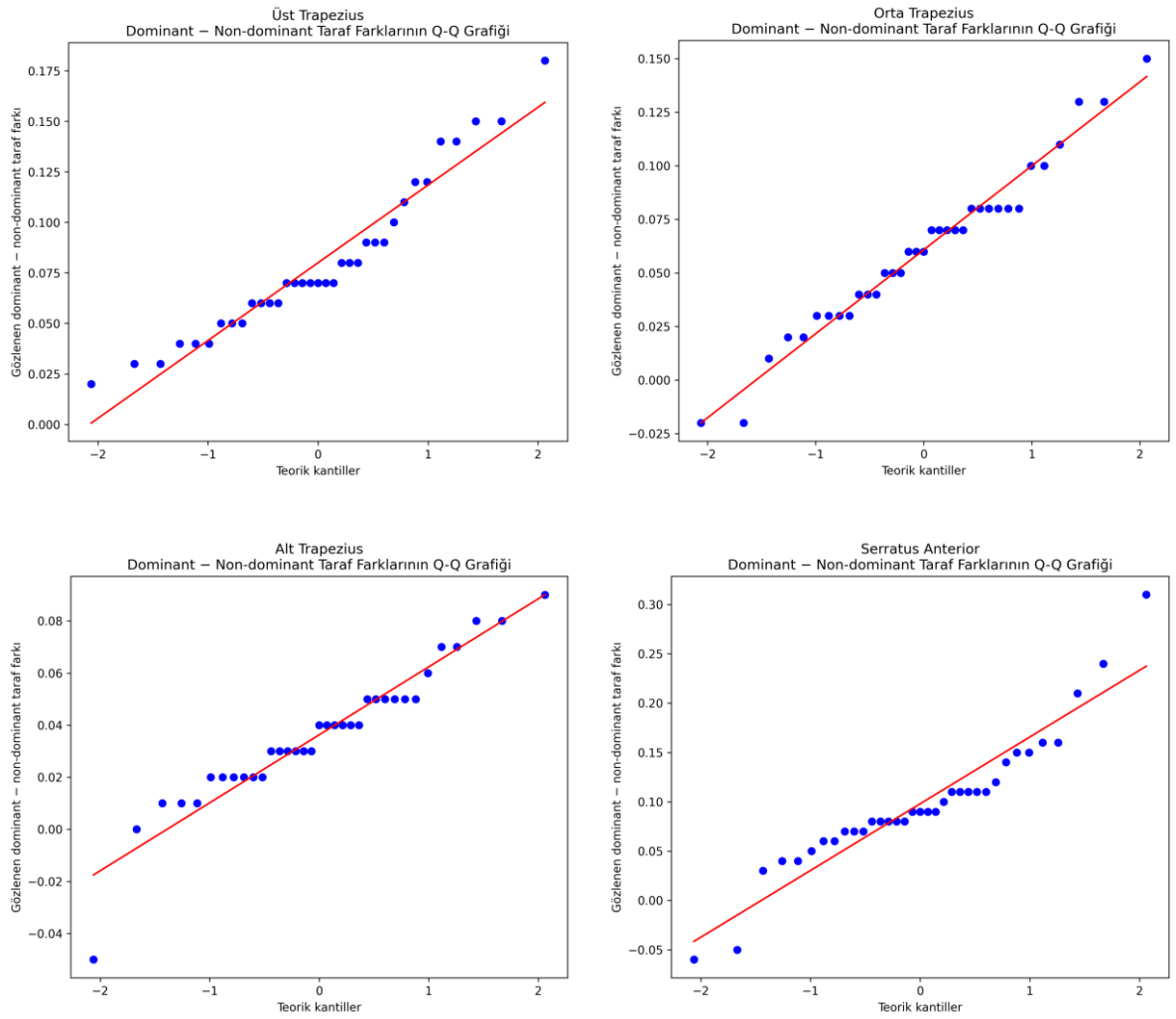
Tablo 1. Katılımcıların demografik özellikleri

Değişkenler	Ort. ± S.S/n (%)	Min-Maks
Yaş (yıl)	15.34 ± 1.24	13-17
Boy Uzunluğu (cm)	166.00 ± 7.05	152.7-181.5
Vücut Ağırlığı (kg)	57.64 ± 6.72	45.4-71.8
BKI (kg/m²)	20.91 ± 1.96	16.5-25.5
Badminton Deneyimi (yıl)	4.21 ± 1.67	1.0-7.9
Haftalık Antrenman (seans)	4.3 ± 1.1	3-6
Cinsiyet, n (%) Erkek / Kız	21 (60.0) / 14 (40.0)	-
Dominant raket tarafı, n (%) Sağ / Sol	32 (91.4) / 3 (8.6)	-

BKI: beden kitle indeksi, S.S: standart sapma

Tablo 1 incelendiğinde, katılımcıların yaş ortalaması 15.34±1.24 yıl, boy uzunluğu ortalaması 166.00±7.05 cm, vücut ağırlığı ortalaması 57.64±6.72 kg ve BKİ ortalaması 20.91±1.96 kg/m² olarak bulunmuştur. Sporcuların badminton deneyimi 4.21±1.67 yıl, haftalık antrenman

sıklığı ise 4.3±1.1 seans olarak bulunmuştur. Katılımcıların %60.0'ı erkek, %40.0'ı kızdı; dominant raket tarafı sporcuların %91.4'ünde sağ, %8.6'sında sol taraf olarak bulunmuştur.



Şekil 1. Dominant-non-dominant taraf farklarının kaslara göre Q-Q grafikleri

Şekil 1 incelendiğinde, eşleştirilmiş dominant–non-dominant taraf farklarına ait Q-Q grafikleri sunulmuştur. Grafiklerde kaslara göre normal dağılımdan farklı düzeylerde sapmalar gözlenmiştir. Normalite değerlendirmesi Q-Q grafikleri ve Shapiro–Wilk testi birlikte dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 2. Skapular stabilizatör kas kalınlıklarının dominant ve non-dominant taraflar arasında karşılaştırılması

Kas kalınlığı (cm)	Dominant medyan [ÇAA]	Non-dominant Medyan [ÇAA]	Wilcoxon W	Z	Ham p	Holm-düz. p	r	Yön
Üst Trapezius	.80 [.72-.85]	.72 [.65-.77]	.0	-5.162	<.001	<.001	.87	D>ND
Orta Trapezius	.63 [.56-.66]	.57 [.49-.60]	5.0	-5.080	<.001	<.001	.86	D>ND
Alt Trapezius	.42 [.38-.47]	.38 [.34-.42]	23.5	-4.688	<.001	<.001	.79	D>ND
Serratus Anterior	.84 [.79-.98]	.73 [.68-.90]	11.5	-4.973	<.001	<.001	.84	D>ND

Üst trapezius kas kalınlığının medyanı dominant tarafta .80 [ÇAA: .72-.85] cm, non-dominant tarafta .72 [.65-.77] cm olarak bulundu. Dominant taraf değerleri non-dominant taraftan anlamlı olarak yüksekti (W=.0; Z=-5.162; ham p<.001; Holm-düzeltilmiş p<.001; r=.87). Orta

trapezius kas kalınlığının medyanı dominant tarafta .63 [.56-.66] cm, non-dominant tarafta .57 [.49-.60] cm idi ve dominant taraf lehine anlamlı farklılık saptandı (W=5.0; Z=-5.080; ham p<.001; Holm-düzeltilmiş p<.001; r=.86).

Alt trapezius kas kalınlığının medyanı dominant tarafta .42 [.38-.47] cm, non-dominant tarafta .38 [.34-.42] cm olarak saptandı (W=23.5; Z=-4.688; ham p<.001; Holm-düzeltilmiş p<.001; r=.79). Serratus anterior kas kalınlığı dominant tarafta .84 [.79-.98] cm, non-dominant tarafta .73 [.68-.90] cm olarak bulundu (W=11.5; Z=-4.973; ham p<.001; Holm-düzeltilmiş p<.001; r=.84). Böylece üst trapezius, orta trapezius, alt trapezius ve serratus anterior kaslarının tamamında dominant taraf kalınlığı non-dominant taraftan anlamlı olarak yüksek bulundu. Etki büyüklükleri .79 ile .87 arasında değişti ve dört karşılaştırmanın tamamında büyük düzeydeydi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın temel bulgusu, 18 yaş altı aktif badminton sporcularında incelenen dört skapular stabilizatör kasın tamamında istirahat kas kalınlığının dominant tarafta non-dominant taraftan daha yüksek olmasıdır. Üst trapezius, orta trapezius, alt trapezius ve serratus anterior için saptanan farklılıkların tamamı Holm düzeltmesi sonrasında istatistiksel anlamlılığını korumuş ve etki büyüklükleri büyük düzeyde bulunmuştur. Dört kasın tamamında aynı yönde farklılık gözlenmesi, tek bir kasa özgü değişimden ziyade dominant raket tarafında daha geniş bir skapular morfolojik profil bulunabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte kesitsel tasarım nedeniyle gözlenen farklılıkların doğrudan badminton antrenmanına bağlı hipertrofi veya nedensel bir adaptasyon olarak yorumlanması mümkün değildir.

Badmintoncularda daha önce bildirilen fonksiyonel omuz asimetrileri mevcut bulgular için önemli bir karşılaştırma zemini oluşturmaktadır. Ng ve Lam (2002), dominant ve non-dominant omuzların izokinetik antagonist/agonist çalışma oranlarının bazı hareket fazlarında farklılaşabildiğini; Couppé ve arkadaşları (2014) ise genç elit badmintoncularda omuz rotasyon hareket açıklığı ve izometrik kuvvet özelliklerinin taraf ve cinsiyete göre değişebildiğini bildirmiştir. Stausholm ve arkadaşları (2021), Zulfikri ve arkadaşları (2021) ve Gasibat ve arkadaşları (2023) badmintoncularda bilateral omuz kuvvet profillerinin yaş ve cinsiyet gibi özelliklerden etkilenebildiğini göstermiştir. Benzer şekilde Drigny ve arkadaşları (2022), unilateral overhead sporcuların bilateral overhead sporculara kıyasla daha belirgin hareket açıklığı ve rotator kuvvet asimetrileri gösterebildiğini bildirmiştir. Bu çalışmalar kas kalınlığını doğrudan değerlendirmemekle birlikte, unilateral raket kullanımına eşlik eden taraf-spesifik farklılaşmanın beklenebilir olduğunu desteklemektedir.

Üst trapeziusta dominant taraf lehine saptanan kalınlık farklılığı, raket kolunun tekrarlayıcı baş üstü vuruşlarda karşılaştığı mekanik ve nöromüsküler taleplerle ilişkili olabilir. Sakurai ve Ohtsuki (2000), badminton smash vuruşunda kas aktivasyonunun zamansal organizasyonunun teknik performanstaki önemini ortaya koymuştur. Ramasamy ve arkadaşları (2022) ve Ramasamy ve arkadaşları (2024), jump smash sırasında raket başı ve shuttlecock hızının raket kolu eklem momentleri ve çok segmentli kinetik zincirle ilişkili olduğunu göstermiştir. Pan ve arkadaşları (2024) motor deneyimin kas sinerjisi organizasyonunu etkileyebildiğini, Tajik ve arkadaşları (2025) ise forehand overhead smash sırasında trapeziusun da dâhil olduğu

koordineli kas sinerjilerini bildirmiştir. Bu bulgular dominant omuz kuşağının tekrarlayıcı yüksek hızlı vuruşlarda yoğun biçimde kullanıldığını desteklemektedir. Ancak mevcut çalışmada EMG, kuvvet, vuruş sayısı veya objektif antrenman yükü değerlendirilmediğinden, morfolojik farklılığın altında yatan mekanizma doğrudan belirlenememektedir.

Orta trapeziusta dominant taraf kalınlığının daha yüksek bulunması, genel dominant taraf örüntüsüyle uyumlu olmakla birlikte badminton literatüründe daha az incelenmiş bir bulgudur. Orta trapezius skapular retraksiyon ve medial stabilizasyona katkıda bulunarak baş üstü vuruşlarda skapulanın kontrollü konumlandırılmasında rol oynar. Pan ve arkadaşları (2024) ile Tajik ve arkadaşları (2025), badminton smash hareketinin izole kas aktivasyonundan çok koordineli kas sinerjileriyle gerçekleştirildiğini göstermiştir. Cools ve arkadaşları (2010) da adölesan elit tenis oyuncularında skapulotorasik pozisyon, skapular kas kuvveti ve esneklik özelliklerinin bilateral değerlendirilmesinin önemini vurgulamıştır. Bu nedenle orta trapeziusta saptanan farklılık, dominant tarafta tekrarlanan stabilizasyon gereksinimleriyle uyumlu bir morfolojik özellik olabilir. Bununla birlikte badmintoncularda orta trapezius kalınlığını doğrudan bilateral karşılaştıran verilerin sınırlı olması nedeniyle bu açıklamanın ileri çalışmalarda fonksiyonel ölçümlerle sınanması gerekmektedir.

Alt trapeziusta saptanan dominant taraf üstünlüğü, unilateral overhead sporculardaki doğrudan morfolojik bulgularla desteklenmektedir. Alt trapezius, serratus anterior ile birlikte skapular yukarı rotasyon ve posterior tilt mekanizmalarına katkı sağlamakta ve üst ekstremite görevlerine göre değişen aktivasyon özellikleri göstermektedir (Tsuruike & Ellenbecker, 2015). Hellem ve arkadaşları (2016) adölesan beyzbol atıcılarında alt trapezius morfolojisini bilateral olarak değerlendirmiş, Valle ve arkadaşları (2023) ise profesyonel beyzbol atıcılarında atış kolundaki alt trapezius kalınlığının karşı kola göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Uthaikhup ve arkadaşları (2015) alt trapezius boyutunun cinsiyet ve el dominansıyla ilişkili olabileceğini, Hosseinimehr ve arkadaşları (2015) ise overhead sporcularda dominant ve non-dominant taraflar arasında skapular hareket özelliklerinin farklılaşabileceğini göstermiştir. Bu veriler, mevcut alt trapezius bulgusunun tekrarlayıcı unilateral overhead yüklenme ile uyumlu olduğunu düşündürmektedir.

Serratus anterior kasında dominant taraf lehine saptanan farklılık da diğer üç kasla aynı yöndedir. Serratus anterior, skapular yukarı rotasyon ve toraks üzerindeki kontrollü skapular hareketin önemli bileşenlerinden biridir. Talbott ve Witt (2013) ve Talbott ve Witt (2014), serratus anterior kalınlığının ultrasonografi ile istirahat ve kontraksiyon sırasında güvenilir biçimde değerlendirilebildiğini; Day ve Uhl (2013) ise tekrarlayıcı kol kaldırma sırasında serratus anterior ve alt trapezius kalınlığında değişiklikler ortaya çıkabildiğini göstermiştir. Silkjær Bak ve arkadaşları (2021) skapular stabilizatörlerin yüksek çözünürlüklü ultrasonografik değerlendirilmesine ilişkin normatif ve metodolojik veriler sunmuştur. Dominant tarafın tekrarlayıcı baş üstü vuruşlarda daha yoğun skapular kontrol gereksinimiyle karşılaşması, mevcut serratus anterior bulgusu için biyomekanik açıdan olası bir açıklamadır; ancak bu mekanizma çalışmada doğrudan test edilmemiştir.

Dört kasın tamamında gözlenen ortak dominant taraf örüntüsü, skapular stabilizatörlerin birbirini tamamlayan fonksiyonları dikkate alındığında bölgesel bir morfolojik özellik olarak değerlendirilebilir. Bu bulgunun farklı spor popülasyonlarında bildirilen sonuçlarla birlikte

değerlendirilmesi önemlidir. Hellem ve arkadaşları (2016) ve Valle ve arkadaşları (2023) unilateral overhead sporcularda taraf-spesifik skapular kas özellikleri bildirmişken, McKenna ve arkadaşları (2018) bilateral overhead özellik taşıyan yüzücülerde serratus anterior ve alt trapezius kalınlığının omuz ağrısı bulunan ve bulunmayan sporcuları tek başına ayırt etmediğini göstermiştir. Dolayısıyla kas kalınlığı örüntüsü sporun unilateral veya bilateral yapısı, yaş, cinsiyet, dominans, antropometri ve ölçüm koşullarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Mevcut dominant taraf örüntüsünün badminton antrenmanına özgü olup olmadığının gösterilebilmesi için eşleştirilmiş kontrol gruplarına ihtiyaç vardır.

Bilateral farklılıkların klinik anlamı da dikkatli yorumlanmalıdır. Oyama ve arkadaşları (2008) sağlıklı overhead sporcularda dominant skapulanın istirahat postürünün farklılaşabileceğini; (Yoshizaki vd., 2009; Matsuki vd., 2011; Hosseinimehr vd., 2015; Turgut vd., 2019) ise dominant ve non-dominant taraflar arasında skapular kinematik veya nöromüsküler özelliklerde farklılıklar bulunabileceğini göstermiştir. Buna ek olarak McKenna ve arkadaşları (2018) serratus anterior ve alt trapezius kalınlığının omuz ağrısını tek başına ayırt edici bir özellik olmadığını bildirmiştir. Badmintoncularda omuz ağrısı ve yaralanma ile ilişkili faktörleri araştıran (Fahlström vd., 2006; Wang vd., 2019; Cejudo, 2022; Guermont vd., 2023) ise skapular stabilizatör kas kalınlığını doğrudan bir yaralanma belirleyicisi olarak incelememiştir. Bu nedenle mevcut morfolojik asimetrilerin tek başına performans üstünlüğü, patoloji veya yaralanma riski göstergesi olarak değerlendirilmesi uygun değildir.

Katılımcıların 13-17 yaş aralığında olması bulguların yorumlanmasında önemli bir diğer noktadır. Adölesan dönemde somatik büyüme, biyolojik maturasyon ve cinsiyete bağlı kas gelişiminin devam etmesi kas boyutu ve omuz fonksiyonlarını etkileyebilir. Cools ve arkadaşları (2014) ve Gillet ve arkadaşları (2017), genç tenis oyuncularında yaşa ve gelişimsel döneme bağlı omuz adaptasyonları bildirmiştir. Oliver ve arkadaşları (2020) genç overhead sporcularda omuz hareket açıklığı ve kuvvet profillerinin branşa göre farklılaşabileceğini göstermiştir. Badminton örneklemlerinde ise (Stausholm vd., 2021; Zulfikri vd., 2021; Gasibat vd., 2023) yaş ve cinsiyetin omuz kuvvet özelliklerinin değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca Uthaikhup ve arkadaşları (2015) alt trapezius boyutunun cinsiyet ve dominansla ilişkili olabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle mevcut kas kalınlığı farklılıklarında badminton yüklenmesinin yanı sıra maturasyon, cinsiyet, antropometrik özellikler ve bireysel gelişimin olası katkıları bu tasarımla birbirinden ayrıştırılamamaktadır.

Ultrasonografinin skapular stabilizatör kasların morfolojik değerlendirilmesinde kullanılabilirliğini destekleyen çalışmalar bulunmaktadır. Üst trapezius (Adigozali vd., 2016), orta trapezius (Bentman vd., 2010), alt trapezius (O'Sullivan vd., 2007) ve serratus anterior (Talbott & Witt, 2013; Talbott & Witt, 2014) için teknik ve güvenilirlik verileri bildirilmiş; trapezius kas kalınlığı ölçümlerinin geçerliği manyetik rezonans görüntüleme ile de değerlendirilmiştir (O'Sullivan vd., 2009). Silkjær Bak ve arkadaşları (2021) skapular stabilizatörlerde değerlendirici içi ve değerlendiriciler arası ölçüm uyumuna ilişkin ek kanıt sunmuştur. Bununla birlikte ultrasonografik kas kalınlığı bağlama duyarlı bir morfolojik ölçümdür ve kas kuvveti, elektromiyografik aktivasyon, kas mimarisi veya toplam kas hacminin doğrudan karşılığı değildir. Bu çalışmada her kas ve taraf için üç görüntünün

ortalamasının kullanılması ölçüm kararlılığını desteklemekle birlikte, örnekleme özgü intra-rater ICC, SEM ve MDC değerlerinin raporlanmamış olması dikkate alınmalıdır.

Pratik açıdan bulgular, genç badmintoncuların değerlendirilmesinde dominant ve non-dominant tarafların ayrı ayrı ele alınmasının yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte mevcut veriler ideal bir bilateral simetri eşiği tanımlamamakta veya belirli bir düzeltici antrenman yaklaşımını doğrudan desteklememektedir. Bu nedenle ultrasonografik kas kalınlığı bulgularının sporcunun semptom durumu, önceki ölçümleri, omuz hareket açıklığı, kuvvet profili ve antrenman yükü gibi bilgilerle birlikte değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Gelecek çalışmalarda eşleştirilmiş kontrol gruplarının kullanılması; cinsiyet, biyolojik maturasyon ve antropometrik özelliklerin modellenmesi; objektif antrenman yükünün kaydedilmesi ve kas kalınlığının bilateral EMG, kuvvet ve üç boyutlu skapular kinematik ile birlikte değerlendirilmesi mevcut morfolojik bulguların fonksiyonel karşılığını daha iyi açıklayabilir. Longitudinal çalışmalar ise dominant taraf ağırlıklı bu profilin zaman içerisinde antrenmanla değişip değişmediğini ortaya koyabilir.

Bu çalışmada 18 yaş altı aktif badminton sporcularında üst, orta ve alt trapezius ile serratus anterior kaslarının istirahat kalınlıklarının dominant tarafta non-dominant tarafa göre anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu ve tüm karşılaştırmalarda büyük etki büyüklüklerinin bulunduğu gösterilmiştir. Bulgular, genç badmintoncularda tek taraflı raket kullanımına eşlik eden dominant taraf ağırlıklı bir skapular kas morfolojisi olabileceğini düşündürmektedir. Ancak çalışmanın kesitsel tasarımı nedeniyle bu farklılıkların doğrudan antrenmana bağlı adaptasyon, performans üstünlüğü veya yaralanma riski olarak yorumlanması mümkün değildir.

Araştırmanın sınırlılıkları

Bu çalışmanın bazı metodolojik sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak kesitsel tasarım nedensel çıkarıma izin vermemekte, kontrol grubunun bulunmaması ise gözlenen dominant taraf örüntüsünün badmintona özgü olup olmadığının belirlenmesini sınırlandırmaktadır. Ayrıca örneklemin tek bir merkezden oluşturulması ve örneklem büyüklüğünün a priori güç analizine dayanmaması bulguların genellenebilirliğini ve özellikle küçük etkilerin saptanmasına ilişkin istatistiksel duyarlılığı sınırlandırabilir.

İkinci olarak katılımcıların 13-17 yaş aralığında ve her iki cinsiyetten oluşması nedeniyle biyolojik maturasyon, cinsiyet ve antropometrik özelliklerin kas kalınlığı üzerindeki olası etkileri tamamen ayrıştırılamamıştır. Bunun yanında dominant raket tarafının büyük ölçüde sağ taraf olması, dominans etkisinin anatomik sağ-sol farklılıklarından bağımsız olarak değerlendirilmesini güçleştirmektedir.

Üçüncü olarak ultrasonografik değerlendiricinin dominant taraf bilgisine kör olmaması potansiyel gözlemci yanlılığı oluşturabilir. Ölçümlerin standardize koşullarda gerçekleştirilmesi ve her kas için üç ölçümün ortalamasının kullanılması ölçüm kararlılığını desteklemekle birlikte, örnekleme özgü ICC, SEM ve MDC değerlerinin belirlenmemiş olması bir diğer sınırlılıktır. Ayrıca kas kalınlığı; kas kuvveti, elektromiyografik aktivasyon, kas hacmi veya skapular kinematiğin doğrudan göstergesi değildir.

Son olarak veri temizleme işlemleri hipotez testlerinden önce gerçekleştirilmiş ve yalnızca kaynak kayıtlarla doğrulanabilen veri giriş hataları düzeltilmiştir. Bununla birlikte araştırma öncesinde formal bir veri temizleme protokolünün tanımlanmamış olması dikkate alınmalıdır. Ayrıca değerlendirme öncesi egzersiz kısıtlamasına uyum objektif olarak doğrulanmamış ve çalışmada yalnızca istirahat kas kalınlığı değerlendirilmiştir.

Öneriler

Gelecek çalışmaların daha büyük ve farklı performans düzeylerinden oluşturulan örneklemlerle, sağlıklı kontrol grupları kullanılarak ve longitudinal tasarımla yürütülmesi önerilmektedir. Cinsiyet, biyolojik maturasyon, antropometrik özellikler ve antrenman yükünün analizlerde dikkate alınması; ultrasonografik kas kalınlığının bilateral kuvvet, elektromiyografi ve skapular kinematik ölçümleriyle birlikte değerlendirilmesi morfolojik farklılıkların fonksiyonel anlamının daha iyi açıklanmasını sağlayabilir. Ayrıca ultrasonografik ölçümlerde değerlendirici körlüğünün sağlanması ve örnekleme özgü ICC, SEM ve MDC değerlerinin raporlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Adigozali, H., Shadmehr, A., Ebrahimi, E., Rezasoltani, A., & Naderi, F. (2016). Ultrasonography for the assessment of the upper trapezius properties in healthy females: A reliability study. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal, 6*(1), 167-172.

Aksoy, M., Özgür, T., Odabaş Özgür, B., Demirci, D., Gürel, G., & Özen, Ş. (2021). Incidence of sport injury in contact and non-contact sports. *Progress in Nutrition, 23*(2), e2021071, 1-8. https://doi.org/10.23751/pn.v23i2.10752

Bentman, S., O'Sullivan, C., & Stokes, M. (2010). Thickness of the middle trapezius muscle measured by rehabilitative ultrasound imaging: Description of the technique and reliability study. *Clinical Physiology and Functional Imaging, 30*(6), 426-431. https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.00960.x

Cejudo, A. (2022). Risk factors for, and prediction of, shoulder pain in young badminton players: A prospective cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(20), 13095. https://doi.org/10.3390/ijerph192013095

Cools, A. M., Johansson, F. R., Cambier, D. C., Van De Velde, A., Palmans, T., & Witvrouw, E. (2010). Descriptive profile of scapulothoracic position, strength and flexibility variables in adolescent elite tennis players. *British Journal of Sports Medicine, 44*(9), 678-684. https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.070128

Cools, A. M., Palmans, T., & Johansson, F. R. (2014). Age-related, sport-specific adaptions of the shoulder girdle in elite adolescent tennis players. *Journal of Athletic Training, 49*(5), 647-653. https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.02

Couppé, C., Thorborg, K., Hansen, M., Fahlström, M., Bjordal, J. M., Nielsen, D., Baun, M., Storgaard, M., & Magnusson, S. P. (2014). Shoulder rotational profiles in young healthy elite female and male badminton players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 24*(1), 122-128. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01480.x

Day, J. M., & Uhl, T. (2013). Thickness of the lower trapezius and serratus anterior using ultrasound imaging during a repeated arm lifting task. *Manual Therapy, 18*(6), 588-593. https://doi.org/10.1016/j.math.2013.07.003

Drigny, J., Guermont, H., Reboursière, E., & Gauthier, A. (2022). Shoulder rotational strength and range of motion in unilateral and bilateral overhead elite athletes. *Journal of Sport Rehabilitation, 31*(8), 963-970. https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0342

Fahlström, M., Yeap, J. S., Alfredson, H., & Söderman, K. (2006). Shoulder pain - a common problem in world-class badminton players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 16*(3), 168-173. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00427.x

Fernandez-Fernandez, J., Lopez-Valenciano, A., Del Coso, J., Gallo-Salazar, C., Barbado, D., Sabido-Solana, R., Ruiz-Perez, I., Moreno-Perez, V., Dominguez-Diez, M., & Cabello-Manrique, D. (2019). The effects of playing two consecutive matches in the shoulder rotational profiles of elite youth badminton players. *Physical Therapy in Sport, 35*, 56-62. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.11.004

Fernandez-Fernandez, J., Lopez-Valenciano, A., Garcia-Tormo, J. V., Cabello-Manrique, D., & García-López, J. (2021). Acute effects of 2 consecutive simulated badminton matches on the shoulder range of motion and isometric strength of elite youth players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 16*(10), 1447-1453. https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0659

Gasibat, Q., Abdullah, B., Samsudin, S., Alexe, D. I., Alexe, C. I., & Tohănean, D. I. (2023). Gender-specific patterns of muscle imbalance in elite badminton players: A comprehensive exploration. *Sports, 11*(9), 164. https://doi.org/10.3390/sports11090164

Gillet, B., Begon, M., Sevrez, V., Berger-Vachon, C., & Rogowski, I. (2017). Adaptive alterations in shoulder range of motion and strength in young tennis players. *Journal of Athletic Training, 52*(2), 137-144. https://doi.org/10.4085/1062-6050.52.1.10

Guermont, H., Mittelheisser, G., Reboursière, E., Gauthier, A., & Drigny, J. (2023). Shoulder muscle imbalance as a risk factor for shoulder injury in elite badminton players: A prospective study. *Physical Therapy in Sport, 61*, 149-155. https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.04.002

Hellem, A. R., Hollman, J. H., Sellon, J. L., Pourcho, A., Strauss, J., & Smith, J. (2016). Ultrasound evaluation of the lower trapezius in adolescent baseball pitchers. *PM&R, 8*(6), 510-519. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.09.024

Hosseinimehr, S. H., Anbarian, M., Norasteh, A. A., Fardmal, J., & Khosravi, M. T. (2015). The comparison of scapular upward rotation and scapulohumeral rhythm between dominant and non-dominant shoulder in male overhead athletes and non-athletes. *Manual Therapy, 20*(6), 758-762. https://doi.org/10.1016/j.math.2015.02.010

Matsuki, K., Matsuki, K. O., Mu, S., Yamaguchi, S., Ochiai, N., Sasho, T., Sugaya, H., Toyone, T., Wada, Y., Takahashi, K., & Banks, S. A. (2011). In vivo 3-dimensional analysis of scapular kinematics: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 20*(4), 659-665. https://doi.org/10.1016/j.jse.2010.09.012

McKenna, L. J., de Ronde, M., Le, M., Burke, W., Graves, A., & Williams, S. A. (2018). Measurement of muscle thickness of the serratus anterior and lower trapezius using ultrasound imaging in competitive recreational adult swimmers, with and without current shoulder pain. *Journal of Science and Medicine in Sport, 21*(2), 129-133. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.06.022

Ng, G. Y. F., & Lam, P. C. W. (2002). A study of antagonist/agonist isokinetic work ratios of shoulder rotators in men who play badminton. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 32*(8), 399-404. https://doi.org/10.2519/jospt.2002.32.8.399

O'Sullivan, C., Bentman, S., Bennett, K., & Stokes, M. (2007). Rehabilitative ultrasound imaging of the lower trapezius muscle: Technical description and reliability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 37*(10), 620-626. https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2446

O'Sullivan, C., Meaney, J., Boyle, G., Gormley, J., & Stokes, M. (2009). The validity of rehabilitative ultrasound imaging for measurement of trapezius muscle thickness. *Manual Therapy, 14*(5), 572-578. https://doi.org/10.1016/j.math.2008.12.005

Oliver, G. D., Downs, J. L., Barbosa, G. M., & Camargo, P. R. (2020). Descriptive profile of shoulder range of motion and strength in youth athletes participating in overhead sports. *International Journal of Sports Physical Therapy, 15*(6), 1090-1098. https://doi.org/10.26603/ijspt20201090

Oyama, S., Myers, J. B., Wassinger, C. A., Ricci, R. D., & Lephart, S. M. (2008). Asymmetric resting scapular posture in healthy overhead athletes. *Journal of Athletic Training, 43*(6), 565-570. https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.6.565

Pan, Z., Liu, L., Li, X., & Ma, Y. (2024). An analysis of the effect of motor experience on muscle synergy in the badminton jump smash. *Human Movement Science, 95*, 103209. https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103209

Ramasamy, Y., Sundar, V., Usman, J., Razman, R., Towler, H., & King, M. A. (2022). Relationships between racket arm joint moments and racket head speed during the badminton jump smash performed by elite male Malaysian players. *Applied Sciences, 12*(2), 880, 1-9. https://doi.org/10.3390/app12020880

Ramasamy, Y., Usman, J., Sundar, V., Towler, H., & King, M. A. (2024). Kinetic and kinematic determinants of shuttlecock speed in the forehand jump smash performed by elite male Malaysian badminton players. *Sports Biomechanics, 23*(5), 582-597. https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1877336

Sakurai, S., & Ohtsuki, T. (2000). Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of Sports Sciences, 18*(11), 901-914. https://doi.org/10.1080/026404100750017832

Silkjær Bak, S., Johnsen, B., Fuglsang-Frederiksen, A., Døssing, K., & Qerama, E. (2021). Neuromuscular ultrasound of the scapular stabilisers in healthy subjects. *Clinical Neurophysiology Practice, 6*, 72-80. https://doi.org/10.1016/j.cnp.2021.01.003

Stausholm, M. B., Baun, M., Bjordal, J. M., Nielsen, D., Aagaard, H., Magnusson, S. P., & Couppé, C. (2021). Shoulder rotational strength profiles of Danish national level badminton players. *International Journal of Sports Physical Therapy, 16*(2), 504-510. https://doi.org/10.26603/001c.21531

Tajik, R., Dhahbi, W., Fadaei, H., & Mimar, R. (2025). Muscle synergy analysis during badminton forehand overhead smash: Integrating electromyography and musculoskeletal modeling. *Frontiers in Sports and Active Living, 7*, 1596670, 1-15. https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1596670

Talbott, N. R., & Witt, D. W. (2013). Ultrasound imaging of the serratus anterior muscle at rest and during contraction. *Clinical Physiology and Functional Imaging, 33*(3), 192-200. https://doi.org/10.1111/cpf.12012

Talbott, N. R., & Witt, D. W. (2014). Ultrasound examination of the serratus anterior during scapular protraction in asymptomatic individuals: Reliability and changes with contraction. *PM&R, 6*(3), 227-234. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.09.003

Tsuruike, M., & Ellenbecker, T. S. (2015). Serratus anterior and lower trapezius muscle activities during multi-joint isotonic scapular exercises and isometric contractions. *Journal of Athletic Training, 50*(2), 199-210. https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.80

Turgut, E., Colakoglu, F. F., & Baltaci, G. (2019). Scapular motion adaptations in junior overhead athletes: A three-dimensional kinematic analysis in tennis players and non-overhead athletes. *Sports Biomechanics, 18*(3), 308-316. https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1409256

Uthaikhup, S., Wannaprom, N., & Kummaung, P. (2015). Effects of gender and hand dominance on size of the lower trapezius muscle. *Muscle & Nerve, 52*(4), 576-579. https://doi.org/10.1002/mus.24570

Valle, O., Sheridan, S. S., Rauch, J. J., Sarver, J. J., Paul, R. W., & Thomas, S. J. (2023). Chronic effects of pitching on muscle thickness and strength of the scapular stabilizers in professional baseball players. *Sports Health, 15*(3), 342-348. https://doi.org/10.1177/19417381221085004

Wang, S. H., Yu, T. Y., Lin, Y. C., Liao, P. C., & Tsai, W. C. (2019). Deformation of coracoacromial ligament during overhead movement as an early indicator of subacromial impingement in elite adolescent badminton players. *The Physician and Sportsmedicine, 47*(4), 427-432. https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1613095

Yoshizaki, K., Hamada, J., Tamai, K., Sahara, R., Fujiwara, T., & Fujimoto, T. (2009). Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: Comparison of dominant and nondominant shoulders. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 18*(5), 756-763. https://doi.org/10.1016/j.jse.2009.02.021

Zulfikri, N., Selvanayagam, V. S., & Yusof, A. (2021). Evaluation of shoulder and knee isokinetic strength profile among elite adolescent badminton players. *Journal of Sport Rehabilitation, 30*(5), 717-724. https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0483

Katkı Oranı/ *Contribution Rate*	**Katkıda Bulunanlar/*Contributors***
Fikir ve Kavramsal Kurgu *Idea or Notion*	Umut Yılmaz, Alaaddin ATEŞ
Araştırma Tasarımı *Research Design*	Umut YILMAZ, Mustafa Nebi ŞİMŞEK, Umut KAZAK
Literatür Tarama *Literature Review*	Umut YILMAZ, Murat OZAN, Umut KAZAK
Veri Toplama *Data Collecting*	Alaaddin Ateş ve Mustafa Nebi ŞİMŞEK
Verilerin Analizi *Data Analysis*	Alaaddin ATEŞ
Tartışma ve Yorum *Discussion and Commentary*	Umut YILMAZ, Alaaddin Ateş, Murat OZAN, Mustafa Nebi ŞİMŞEK, Umut KAZAK
Etik Kurul Beyanı/ *Statement of Ethics Committee*	
Bu araştırma, Atatürk Üniversitesi Etik Kurulu'nun 20.05.2026 tarihli E-70400699-050.02.04-2600171313 sayılı protokol kararı ile yürütülmüştür. *This research was conducted with the decision of the Atatürk University Ethics Committee dated 20.05.2026 and numbered E-70400699-050.02.042600171313.*	
Çatışma Beyanı/ *Statement of Conflict*	
Araştırmacıların araştırma ile ilgili diğer kişi ve kurumlarla herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması yoktur. *Researchers do not have any personal or financial conflicts of interest with other people and institutions related to the research.*	
Destek ve Teşekkür Beyanı/ *Statement of Support and Acknowledgment*	
Bu çalışmanın yazım sürecinde katkı ve/veya destek alınmamıştır. *No contribution and/or support was received during the writing process of this study.*	
Üretken Yapay Zekâ Kullanım Beyanı/ *Generative AI Use Statement*	
Veri analizi, sonuçların yorumlanması veya bilimsel içeriğin oluşturulması için yapay zekâ aracı kullanılmamıştır. *An artificial intelligence was not used for data analysis, interpretation of results, or creation of scientific content.*	

Bu eser **Creative Commons Atıf-Gayri Ticari 4.0 Uluslararası Lisansı (CC BY 4.0)** ile lisanslanmıştır.