

ORIGINAL ARTICLE

Elit sporcularda anaerobik kapasite, anaerobik güç, yorgunluk indeksi ve fonksiyonel performansın karşılaştırılması

Gülşah BAŞANDAÇ¹, Gülşah BARGİ², Volga BAYRAKCI TUNAY³

Amaç: Wingate anaerobik güç testi (WAGT) ve dikey sıçrama testleri (DST) elit sporcularda kısa süreli kas gücünü değerlendirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak dört farklı branştan (voleybol, badminton, halter, tekvando) elit sporcularda WAGT ve DST sonuçlarındaki farklılıklar henüz bilinmemektedir. Bu sebeple bu çalışmada dört farklı branştan elit sporcularda WAGT ve DST sonuçlarının karşılaştırılması amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya voleybol (n=16), badminton (n=19), halter (n=16) ve tekvando (n=17) branşlarından elit sporcular dahil edildi. Anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç ve yorgunluk indeksi değerleri bisiklet ergometresinde (Monark 834 E, İsveç) 30 sn. WAGT ile ölçüldü. Sporcuların fonksiyonel performansları DST ile Optojump Next® cihazı (Microgate, Bolzano, İtalya) kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Vücut ağırlığı ve skuat sıçrama güç değerleri gruplar arasında benzerdi ($p>0,05$). Voleybol branşındaki sporcularda anaerobik zirve güç ($1-\beta=0,99$), anaerobik ortalama güç ($1-\beta=0,89$) ve aktif sıçrama güç değerleri; badminton branşındaki sporcularda yaş ve yorgunluk indeksi değerleri ve halter branşındaki sporcularda boy uzunluğu değeri diğer branşlara göre daha düşüktü ($p<0,05$). Ayrıca halter branşındaki sporcularda vücut kütle indeksi ve yorgunluk indeksi değerleri diğer branşlara göre daha yüksek idi ($p<0,05$).

Sonuç: Voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarındaki elit yetişkin sporcuların kısa süreli maksimal anaerobik efora gösterdikleri kassal maksimal güç, dayanıklılık, yorgunluk yanıtı ve fonksiyonel performansları branşlara göre önemli farklılıklar göstermektedir. Elit sporcularda spora özel en iyi performansı elde edebilmek için anaerobik güç ve fonksiyonel performans WAGT ve DST ile düzenli olarak takip edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel Fonksiyonel Performans, Spor, Sporcu, Voleybol, Yorgunluk.

Comparison of anaerobic capacity, anaerobic power, fatigue index and functional performance in elite athletes

Purpose: Wingate anaerobic power test (WAPT) and vertical jump tests (VJT) are widely used to evaluate short-term muscle power in elite athletes. However, the differences in WAPT and VJT results in elite athletes from four different branches (volleyball, badminton, weightlifting, taekwondo) are not yet known. Therefore, in this study, we aimed to compare WAPT and VJT results in elite athletes from four different branches.

Methods: Elite athletes from volleyball (n=16), badminton (n=19), weightlifting (n=16) and taekwondo (n=17) branches were included in the study. Anaerobic peak power, anaerobic average power and fatigue index values were measured using 30 sec. WAPT on a bicycle ergometer (Monark 834 E, Sweden). The functional performances of the athletes were evaluated with VJT by using Optojump Next® machine (Microgate, Bolzano, Italy).

Results: Body weight and squat jump power values were similar between the groups ($p>0,05$). Anaerobic peak power ($1-\beta=0,99$), anaerobic average power ($1-\beta=0,89$) and active jump power values of athletes in volleyball; age and fatigue index values of athletes in badminton and height value of athletes in weightlifting were lower compared to other branches ($p<0,05$). In addition, body mass index and fatigue index values of athletes in weightlifting were higher than the other branches ($p<0,05$).

Conclusion: The muscular maximal power, endurance, fatigue response shown to short-term maximal anaerobic effort and functional performances of the elite adult athletes in volleyball, badminton, weightlifting, and taekwondo sports branches show substantial differences according to the branches. Anaerobic and functional performance should be followed-up regularly with WAPT and VJT to achieve the best performance specific to sports in elite athletes.

Keywords: Physical Functional Performance, Sport, Athlete, Volleyball, Fatigue.

1: PT Academy, İstanbul, Türkiye.

2: Izmir Democracy University, Faculty of Health Sciences, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Izmir, Türkiye.

3: Hacettepe University, Faculty of Physical Therapy and Rehabilitation, Ankara, Türkiye.

Corresponding Author: Gulsah Bargi: gulsahbargi@gmail.com

ORCID IDs (order of authors): 0000-0002-0474-8281;0000-0002-5243-3997;0000-0002-0946-9484

Received: June 6, 2022. Accepted: June 16, 2022.



Bireysel bir dövüş sanatı olan tekvando sporunda ortaya çıkarılan hareketlerde vücuttaki bütün kas ve eklemler kullanılır.^{1,2} Tekvando yapan bir sporcunun başarılı olabilmesi için vücut ağırlığı düşük, anaerobik ve aerobik kapasitesi yüksek ve kas kuvveti de iyi düzeyde olmalıdır.³ Ayrıca özellikle sıçrayarak vurma, savunma, saldırı ve kontra ataklarda tekvando yapan sporcularda iyi bir performans için anaerobik güç çok önemlidir.⁴ Genel vücut kuvveti ve anaerobik gücün önemli olduğu bir diğer spor dalı halterdir. Halterciler özellikle kuvvet ve dayanıklılık gibi biyomotor özelliklerin yanı sıra bu spora özel bir lokomotor sisteme de sahip olmalıdırlar.⁵ Sıçrama sporu olarak bilinen voleybolda, voleybolcuların iyi vuruşlar yapabilmeleri için patlayıcı güç, aerobik zindelik ve çabuk yer değiştirme gibi biyomotor özelliklere sahip olmaları gerekir. Ayrıca dikey sıçrama, reaksiyon zamanı, anaerobik güç ve sürat gibi biyomotor özelliklerin geliştirilmesi ile voleybolda başarı elde edilmektedir.^{6,7} Badminton branşında ise sporcular yüksek şiddetli, kısa süreli ve aralıklı hareketler yaparlar. Müsabakalarda badminton branşındaki sporcular kısa dinlenme periyodları dışında kısa süreli ve yüksek şiddetli hareketler yaparak yüksek performanslı bir oyun sergilerler. Badminton oyunu sırasındaki aralıklı hareketler için hem aerobik (%60-70) hem de anaerobik (%30) enerji sistemleri kullanılır. Dolayısıyla oldukça da hızlı oynanan bir oyun olan badmintonda sporcular dayanıklılık, patlayıcı güç ve çeviklik gibi biyomotor özelliklere sahip olmalıdırlar.⁸

Tekvando, halter, voleybol ve badminton spor branşlarının her birinde anaerobik güç ve kapasite gereksinimi ön plandadır. Bu sebeple hem atletik performansı geliştirmek hem de spora özgü yaralanmalardan korunabilmek için bu branşlarda özelleşen sporcularda kısa süreli kas gücünü objektif ve geçerli yöntemlerle düzenli aralıklarla değerlendirerek takip etmek gerekir. Elit sporcularda anaerobik kapasitenin yorumlanmasında Wingate anaerobik güç testi (WAGT) ve fonksiyonel performansın pratik olarak değerlendirilmesinde dikey sıçrama testleri (DST) yaygın olarak kullanılmaktadır.⁹ Güvenilir, objektif ve geçerli bir test olan WAGT anaerobik performansdaki değişime hassastır. Otuz saniyelik WAGT sırasında sporcuların her beş saniyede anaerobik güç çıkışının ortalama

değeri, anaerobik zirve güç ve anaerobik ortalama güç değerleri hesaplanır. Bu sayede anaerobik egzersiz performansı hakkında laboratuvar ortamında değerli bilgiler elde edilmiş olur.¹⁰ Çeşitli sporlarda fonksiyonel performansın laboratuvar ortamı dışında pratik olarak sahalarda ölçümü gerekebilmektedir. Bu sebeple kullanımı güvenilir ve geçerli olan DST yaygın olarak kullanılır.^{11,12} Sıçrama testleri, elektronik ölçüm aletleri (temas matları, kuvvet platformları, fotoseller, vb.) veya pratik saha testleri (Abalakov testi, Sargent sıçrama testi, vb.) kullanılarak değerlendirilebilmektedir.^{11,12} Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, anaerobik kapasitenin ön planda olduğu çeşitli spor branşlarında ve elit sporcularda (voleybol, futbol, basketbol, tenis, yüzme, zumba, kros koşu, fitness, eskrim, halter, güreş, tekvando, dağcı, yüksek eğitimli kadınlar, vb.) laboratuvar ve sahada yapılan anaerobik güç ve kapasite ölçümlerinin sonuçları ve bu sonuçların hem birbirleriyle hem de cinsiyet, vücut ağırlığı, boy uzunluğu, vücut kütle indeksi, yağsız vücut kütlesi gibi özelliklerle ilişkileri gösterilmiştir.^{9,13-20} Ayrıca karate branşında olan sporculara göre tekvandoda olan sporcularda sıçrama yüksekliği, anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç ve anaerobik minimal güç değerlerinin daha fazla olduğu bilinmektedir.¹⁹ Aynı şekilde badminton ve tenis branşındaki sporcularda da anaerobik performans WAGT ile karşılaştırılmış ancak bu iki gruptaki sporcuların performansları benzer bulunmuştur.²⁰ Anaerobik performansla ait genel becerilere sahip olmanın tekvando, halter, voleybol ve badminton gibi spor branşlarında önemli olduğu bilinse de bu spor branşlarına göre anaerobik performans açısından farklılıklar yeterince bilinmemektedir. Spor branşları arasındaki bu farklılıklar açığa çıktıkça farklı branşlarındaki sporcularda en iyi performansın ortaya çıkması ve spora özel yaralanmaların önüne geçilebilmesi için branşa özel antrenman programları ve rehabilitasyon uygulamalarına yön verilebilecektir. Bu sebeple bu çalışmada voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarındaki elit sporcularda WAGT ve DST ile değerlendirilen anaerobik ve fonksiyonel performans sonuçlarının karşılaştırılması amaçlandı.

YÖNTEM

İleriye dönük kesitsel olarak planlanan bu çalışmaya Ocak 2018 ile Ocak 2019 tarihleri arasında PT Akademi, İstanbul'a yönlendirilen elit sporculardan çalışmaya katılmaya gönüllü olanlar dahil edildi. Sporcular için dahil edilme ölçütleri; 18-25 yaş aralığında olmak, en az beş yıl profesyonel spor geçmişi olmak ve tekvando, halter, voleybol ve badminton branşlarından birinde elit sporcu olmaktı. Son üç ay içerisinde kolumna vertebralis ve ekstremitelere ait herhangi bir patolojik durumu olan veya kolumna vertebralis ve ekstremitelere ait son üç ay içerisinde geçirilmiş herhangi bir cerrahi işlemi olan elit sporcular çalışmaya dahil edilmedi.

Çalışma 21.11.2017 tarihinde Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından GO 17/908-38 karar numarası ile onaylandı. Helsinki bildirgesi ve iyi klinik uygulama kılavuzu rehberliğinde gerçekleştirilen bu çalışmaya katılan sporculardan aydınlatılmış onam alındı.

Test uygulaması için sporculardan hareketlerini kısıtlamayan rahat şort, tişört ve spor ayakkabısı giymeleri istendi. Ayrıca ısınma yapmadan testlere gelmeleri ve test uygulanmadan en az 2-3 saat önce yemek yemiş olmaları gerektiği hakkında da önceden bilgi verildi. Değerlendirmelere gelen elit sporcuların demografik bilgileri (yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi, cinsiyet) kaydedildikten sonra sporcularda anaerobik ve fonksiyonel performansa yönelik olarak WAGT ve DST birer saat arayla uygulandı. Rasgele sırayla değerlendirilen sporculara önce DST sonra WAGT yapıldı. Test esnasında ihtiyaç olması halinde sporculara şeker ve su desteği verildi.

Bilgisayara bağlı uyumlu bir yazılımla (SMI OptoSensor 2000 ve Wingate Power Software Program) çalışan bisiklet ergometresinde (Monark 834 E, İsveç) 30 saniyelik WAGT elit sporcuların anaerobik performansı değerlendirildi. Her sporcu için teste başlamadan önce bisiklet ergometresinde sele ile gidon ayarlaması yapıldı. Sabit yük ise her sporcu için vücut ağırlığının kilogramı başına 75 gr. yani en yüksek mekanik gücü sağlayacak şekilde ayarlandı. Daha sonra test,

sporcuların 130-150 rpm pedal hızına ulaşmaları için 3-4 saniyelik yüksüz pedal çevirme ile başlatıldı. Ardından sporculardan maksimal istemli performans ile toplam 30 saniye boyunca yüklü pedal çevirme hızlarını sürdürmeleri istendi. Bu test sırasında maksimal efor için sporculara standart sözel cesaretlendirme yapıldı. Test boyunca pedal hızı ve test parametreleri ile ilgili hesaplamalar bilgisayara bağlı olan fotosel aracılığıyla kaydedildi.²¹ Bu testten anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç ve yorgunluk indeksi değerleri elde edildi. Birimi vücut ağırlığı (kilogram) başına watt'tır (W/kg). Türk popülasyonunda güvenilir ve geçerli bulunan WAGT'den elde edilen bu parametreler kasın maksimal gücü, dayanıklılığı ve yorgunluğu hakkında detaylı bilgiler vermektedir.^{22,23} Ayrıca WAGT'den elde edilen yüksek puanlar sporcunun yüksek anaerobik yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir.²²

Bu çalışmada dikey sıçrama testlerinden skuat sıçrama ve aktif sıçrama testleri kullanıldı. Sıçrama testlerinden önce sporcular ısınma programına alındı. Dikey sıçrama testleri Optojump Next® cihazıyla (Microgate, Bolzano, İtalya) değerlendirildi. Fotosel sistemi olan Optojump Next® cihazı kuvvet plakları ölçümüyle dikey sıçrama yüksekliğini tahmin etmektedir. Dikey sıçrama testlerinde yaygın olarak kullanılan bu cihaz geçerli ve güvenilirdir.^{9,11} Aktif sıçrama testi için sporcular elleri belde ve dizleri tam ekstansiyonda olacak şekilde vücudunu dik pozisyonda tuttuğu başlangıç pozisyonuna alındı. Ardından, sporcudan maksimal hızla çömeliş dikey olarak sıçraması istendi. Aktif sıçrama ile skuat sıçrama testleri arasında sporculara 4-5 dk. dinlenme süresi verildi. Skuat sıçrama testi için sporcu elleri belde ve dizleri 90° fleksiyonda (gonyometre ile doğruluğu kontrol edilen skuat pozisyonu) olacak şekilde başlangıç pozisyonuna alındı. Ardından, sporcudan elleri belindeyken dizlerini tekrar kırmadan dikey olarak sıçraması istendi. Her bir sıçrama testi üç defa tekrarlandı, her deneme arasında da sporculara 1 dk. dinlenme süresi verildi ve bu sıçramalarda elde edilen en iyi sıçrama değeri analizlerde kullanıldı. Elde edilen sonuçlar sayı birimleri kullanılarak güç değeri olarak (W/kg) sunuldu.¹¹

İstatistiksel analiz

Anaerobik performans göstergelerindeki

değişimin %5 Tip-1 hata ve en fazla %80 güç ile istatistik olarak anlamlı düzeyde gösterilebilmesi için örneklem büyüklüğü her bir gruba en az 15 elit sporcu şeklinde hesaplandı. Tüm analizler SPSS 15.0 programı kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk testleri) araştırıldı. Tanımlayıcı analizler frekans (n), yüzde (%), ortalama (x), standart sapma (ss), ortalama fark, %95 güven aralığı (%95GA) ve U değerleri ile sunuldu. Dört branşa göre normal dağılan değişkenlerin karşılaştırılmasında tek yönlü ANOVA, normal dağılmayan değişkenlerin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis ve kategorik değişkenlerin karşılaştırılması için Ki-kare testleri kullanıldı. Varyansların homojenliği Levene testi ile değerlendirildi. Varyansları homojen olan değişkenlerin p değerinin 0,05'in altında olması istatistiksel anlamlı olarak değerlendirildi ve gruplar arasında anlamlı farklılık bulunan durumlarda ikişerli post-hoc karşılaştırmalar Tukey testi kullanılarak yapıldı. Varyansları homojen olmayan vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi ve anaerobik zirve güç değişkenleri Welch ANOVA kullanılarak karşılaştırıldı. Bu analizde p değerinin 0,05'in altında olması istatistiksel anlamlı olarak değerlendirildi ve gruplar arasında anlamlı farklılık bulunan durumlarda ikişerli post-hoc karşılaştırmalar Tamhane T2 testi kullanılarak yapıldı. Kruskal-Wallis testinde istatistiksel anlamlı bulunan parametreler için ikişerli karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi ile yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak yorumlandı. Grupların örneklem büyüklüğü ($n_{voleybol}=16$, $n_{badminton}=19$, $n_{halter}=16$, $n_{tekvando}=17$) ve 0,05 α değeri, 0,50 etki büyüklüğü ile sporcular arasındaki farkı tespit etmek için anaerobik performans sonuç ölçümleri ile ilgili değişkenler kullanılarak çalışmadan sonra güç analizi (G*Power 3.0.10 sistemi) yapıldı. Güç analizi sonuçları da post-hoc güç (1- β) olarak sunuldu.²⁴ Hata olasılığı $p<0,05$ olarak kabul edildi.

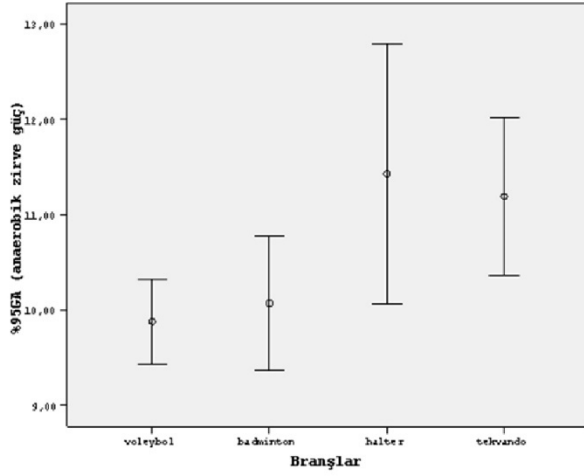
BULGULAR

Çalışmaya voleybol branşından 16 (%23,53), badmintondan 19 (%27,94), halterden 16 (%23,53) ve tekvandodan 17 (%25) sporcu

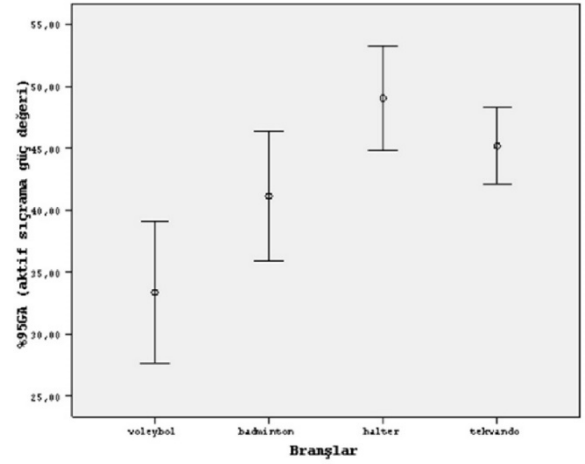
dahil edildi. Tablo 1'de elit sporcuların özellikleri verildi. Voleybol branşındaki sporcularda anaerobik zirve güç (1- $\beta=0,99$), anaerobik ortalama güç (1- $\beta=0,89$) ve aktif sıçrama güç değerleri; badminton branşındaki sporcularda yaş ve yorgunluk indeksi değerleri ve halter branşındaki sporcularda boy uzunluğu değeri diğer branşlara göre daha düşüktü ($p<0,05$). Ayrıca halter branşındaki sporcularda vücut kütle indeksi ve yorgunluk indeksi değerleri diğer branşlara göre daha yüksekti ($p<0,05$). Diğer branşlardan farklı olarak voleybol branşındaki sporcuların tamamı kadındı ($p<0,05$) (Tablo 1). Spor branşları arasında vücut ağırlığı ve skuat sıçrama güç değerleri arasında fark bulunmadı ($p>0,05$) (Tablo 1).

Boy uzunluğu değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Tukey testine göre halter grubunun voleybol (ortalama fark (cm): -15,75), badminton (ortalama fark (cm): -8,57) ve tekvando (ortalama fark (cm): -16,06) grupları arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p<0,05$) (Tablo 1). Anaerobik zirve güç değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Tamhane T2 testine göre voleybol grubunun tekvando (ortalama fark (W/kg): -1,31) grubuyla arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p<0,05$) (Tablo 1, Şekil 1). Anaerobik ortalama güç değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Tukey testine göre voleybol grubunun tekvando (ortalama fark (W/kg): -1,14) grubuyla arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p<0,05$) (Tablo 1, Şekil 2). Yorgunluk indeksi değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Tukey testine göre halter grubunun voleybol (ortalama fark (%): 13,45) ve badminton (ortalama fark (%): 19,31); badminton grubunun ise halter (ortalama fark (%): -19,31) ve tekvando (ortalama fark (%): -10,94) grupları arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p<0,05$) (Tablo 1, Şekil 3).

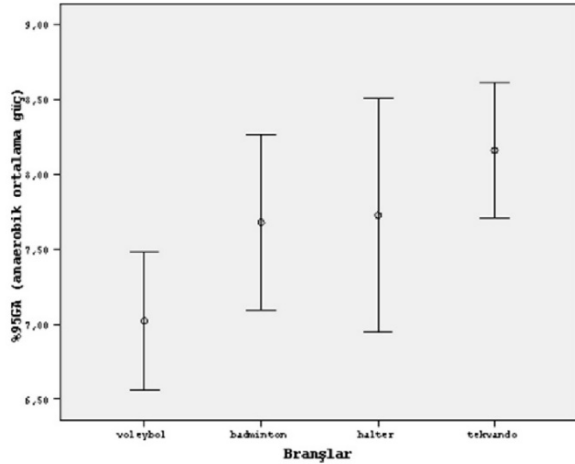
Yaş değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Mann-Whitney U testi ve Bonferroni düzeltmesine göre badminton grubunun halter (U değeri: 50,50) grubuyla arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p=0,001$) (Tablo 1). Vücut kütle indeksi değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Mann-Whitney U testi ve Bonferroni düzeltmesine göre halter grubunun voleybol (U değeri: 52, $p=0,004$) ve tekvando (U değeri: 39, $p<0,001$) grupları arasındaki istatistiksel



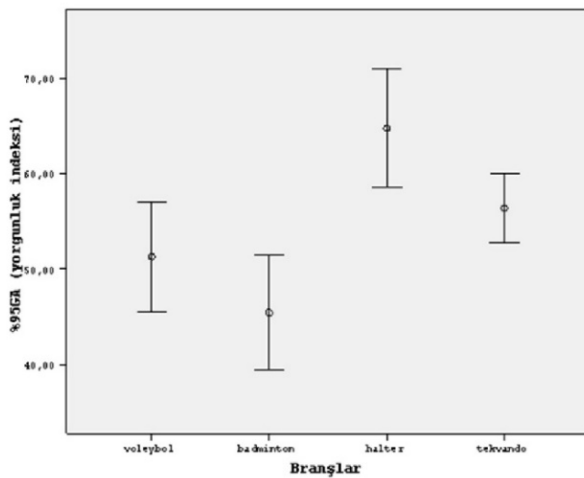
Şekil 1. Spor branşlarına göre anaerobik zirve güç değerleri.



Şekil 4. Spor branşlarına göre aktif sıçrama güç değerleri.



Şekil 2. Spor branşlarına göre anaerobik ortalama güç değerleri.



Şekil 3. Spor branşlarına göre yorgunluk indeksleri.

farktan kaynaklanmaktadır (Tablo 1). Aktif sıçrama güç değerinde bulunan istatistiksel anlamlılık, Mann-Whitney U testi ve Bonferroni düzeltmesine göre voleybol grubunun halter (U değeri: 29) ve tekvando (U değeri: 39) grupları arasındaki istatistiksel farktan kaynaklanmaktadır ($p < 0,001$) (Tablo 1, Şekil 4).

TARTIŞMA

Dört farklı spor branşından sporcuların anaerobik ve fonksiyonel performans sonuç ölçümleri açısından karşılaştırıldığı çalışmamızın en önemli sonuçları şu şekildedir: i) Çalışmanın post-hoc gücü oldukça yüksek bulundu (anaerobik zirve güç: %99, anaerobik ortalama güç: %89) bulundu, ii) Genç yaş grubundaki yetişkin elit sporcular çalışmaya dahil edilmiş olmasına rağmen spor branşlarındaki sporcuların yaş, boy uzunluğu ve vücut kütle indeksi değerleri farklılık gösterdi, iii) Diğer branşlara göre badminton branşındaki sporcular en düşük halter branşındaki sporcular ise en yüksek yaş ortalamasına sahiplerdi, iv) Diğer branşlara göre halter branşındaki sporcular en düşük boy uzunluğu ve en yüksek vücut kütle indeksi ortalamasına sahiplerdi, v) Voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarındaki elit sporcularda kasın maksimal gücünün, dayanıklılığının ve yorgunluğunun farklılık gösterdiği tespit edildi, vi) Voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarında vücut ağırlığı ve skuat sıçrama güç değerleri benzerdi, vii) Anaerobik zirve ve

Tablo 1. Elit sporcuların özelliklerinin spor branşlarına göre karşılaştırılması.

	Voleybol (N=16) X±SD	Badminton (N=19) X±SD	Halter (N=16) X±SD	Tekvando (N=17) X±SD	p
Cinsiyet (n (%))					
Kadın	16 (100)	11 (57,9)	6 (37,5)	7 (41,2)	0,001*
Erkek	- (0)	8 (42,1)	10 (62,5)	10 (58,8)	
Yaş (yıl)	22±4,16	20,26±1,88 [§]	24,38±3,38	21,88±2,78	0,009 [§]
Vücut ağırlığı (kg)	68,9±6,97	64,18±11,38	67,33±16,45	67,30±12,33	0,543
Boy uzunluğu (cm)	178,06±6,46	170,88±9,02	162,31±9,44*	178,38±10,64	<0,001*
Vücut kütle indeksi (kg/m ²)	21,69±1,52	21,84±2,58	25,26±4,14 [§]	20,98±1,88	0,003 [§]
Anaerobik zirve güç (W/kg)	9,88±0,83 [#]	10,07±1,47	11,43±2,56	11,19±1,62	0,015 [#]
Anaerobik ortalama güç (W/kg)	7,02±0,87*	7,68±1,21	7,73±1,47	8,16±0,88	0,046*
Yorgunluk indeksi (%)	51,33±10,81	45,47±12,37*	64,78±11,58*	56,41±7,14	<0,001*
Skuat sıçrama güç değeri (W/kg)	35,08±10,63	39,73±10,45	44,71±6,85	41,95±6,30	0,052
Aktif sıçrama güç değeri (W/kg)	33,38±10,68 [§]	41,15±10,84	49,06±7,93	45,18±6,06	<0,001 [§]

Ki-kare testi, p<0,05. *ANOVA ve Tukey testi, p<0,05*. [#]Welch ANOVA, Tamhane T2 testi, p<0,05*. [§]Kruskal-Wallis testi, p<0,05*.

ortalama güç değerleri voleybol branşındaki sporcularda diğerlerine göre daha düşük bulundu, viii) Yorgunluk indeksi değeri diğer branşlardaki sporculara kıyasla badminton branşındaki sporcularda daha düşük ve halter branşındakilerde de daha yüksek bulundu, ix) Aktif sıçrama güç değeri voleybol branşındaki sporcularda daha düşük bulundu.

Yapılan spor tipine bağlı olarak sporcular arasında vücut ağırlığı, boy uzunluğu, yağsız vücut kütlesi ve cinsiyet dağılımı yönünden bazı doğal farklılıklar görülebilmektedir.^{14,25} Çalışmamızda da benzer olarak anaerobik kapasitenin ön planda olduğu voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarındaki sporcuların cinsiyet, yaş, boy uzunluğu ve vücut kütle indeksi değerlerinin farklılık gösterdiği bulundu. Voleybol branşındaki sporcuların tamamı kadındı. Badminton branşındaki yetişkin elit sporcuların yaş ortalaması diğerlerinden daha düşükken, halter branşındaki sporcuların daha yüksekti. Ayrıca Özder vd.²⁵ sonucuna benzer olarak halter branşındaki elit sporcuların boy uzunluğu diğer sporculara göre daha düşükken vücut kütle indeksi değerleri daha yüksekti. Bu durum ağırlık kaldırma sporlarında beklenen bir sonuçtur. Farklı spor branşlarında gelişim gösteren sporcular kendilerine özgü temel ve

biyomotor değerler sergileyebilmektedir.²⁵ Bu sebeple, özellikle gelişme çağındaki olan sporcu seçimlerinde ve sporcunun fonksiyonel performansını artırmada bu farklılıklara dikkat edilmelidir.

WAGT, hem anaerobik performansı objektif ve güvenilir bir şekilde değerlendirmek hem de kısa süreli supramaksimal egzersize verilen yanıtları analiz etmek için kullanılmaktadır.²¹ Çalışmamızda voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarındaki elit sporcularda WAGT ile ölçülen anaerobik performansın farklılık gösterdiği bulundu. Anaerobik zirve ve ortalama güç değerleri voleybol branşındaki sporcularda diğerlerine göre kayda değer derecede daha düşük bulundu. Yorgunluk indeksi değeri de diğer branşlardaki sporculara kıyasla badminton branşındaki sporcularda daha düşük ve halter branşındaki sporcularda da daha yüksek bulundu. Diğer bir deyişle voleybol sporcularının kısa süreli kassal maksimal gücü ve dayanıklılığı önemli ölçüde badminton, halter ve tekvando branşlarındaki sporculara göre daha azdı; en az kassal yorgunluk badminton sporcularında en fazla kassal yorgunluk da halter sporcularında görüldü. Kadın voleybol sporcularında anaerobik ve fonksiyonel performansı araştıran çalışmalarda voleybol

sporcularının anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç, yorgunluk indeksi ve skuat sıçrama değerleri çalışmamızdaki voleybol sporcularından daha düşük bildirilmiştir.^{9,13} Bu fark çalışmamızdaki sporcularda kassal yorgunluk daha fazla olduğundan sporcularımızın kendilerini WAGT sırasında daha fazla zorlamış olmalarına yani daha fazla maksimal efor çıkarmış olmalarına bağlanabilir. Bu sebeple, fizyoterapistler, voleybol antrenörleri ve fitness eğitmenleri voleybol sporcularını hem ölçümlerle takip ederken hem de bu sporcuların antrenmanları sırasında kısa süreli kas gücünü düzenli aralıklarla değerlendirmelidirler. Uygun laboratuvar ortamı varsa WAGT yoksa bu testle pozitif yönde orta ve iyi derecede anlamlı korelasyonu olan DST kullanılarak kısa süreli kas gücü ve yorgunluğu ölçülerek anaerobik ve fonksiyonel performans takip edilebilir.^{14,17} Ayrıca anaerobik kapasitenin sportif performansla olan doğrudan etkisi sebebiyle bu sporcuların kısa süreli kas gücünü geliştirmeye yönelik uygun egzersiz eğitimleri sporcuların programlarına eklenebilir.¹⁷

Birçok spor branşında yaygın olarak yapılan hareketlerden olan dikey sıçramanın test edilmesi ile elde edilen atlama yüksekliği fonksiyonel performansı gösteren önemli bir parametredir.²⁶ Çalışmamızda voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşlarında skuat sıçrama güç değerlerinin benzer olduğu ancak aktif sıçrama güç değerinin voleybol branşındaki sporcularda diğerlerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edildi. Önceki çalışmalarda sıçrama testlerinin güç değerleri yerine cm cinsinden sıçrama yüksekliğinin sunulması tercih edilmiştir.^{9,13,16} Diğer yünden çeşitli spor branşlarında DST ile WAGT arasında doğrusal iyi ve anlamlı bir ilişki tespit edildiğinden bu testlerin birbiri yerine anaerobik performansı değerlendirme açısından uygun olduğu da bildirilmektedir.^{9,14,17} Ayrıca halter branşında anaerobik zirve güç ve sıçrama yüksekliğinin halter performansı için en güçlü belirleyici olduğu da bildirilmektedir.¹⁸ Dolayısıyla bu testlerin genç kadın haltercilerde halter performansını izlemek için kullanılması gerektiği bildirilmektedir.¹⁸

Son yıllarda yayınlanan bir çalışmada karate branşındaki sporculara göre tekvando branşındaki sporcuların sıçrama yüksekliği, anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç ve

minimal güç değerlerinin daha fazla olduğu gösterilmiştir.¹⁹ Ancak bu çalışmada değerlendirilen tekvando sporcularının değerleri çalışmamızda yer alan tekvando sporcularının değerlerinden daha düşüktür. Bu fark çalışmamıza daha yüksek sayıda sporcu dahil etmiş olmamızdan ve sporcuların maksimal efor için kendilerini daha çok zorlamış olmalarından kaynaklanıyor olabilir. Diğer yünden bu çalışmanın sonuçlarına¹⁹ benzer olarak çalışmamızda da tekvando branşındaki sporcuların anaerobik zirve güç ve anaerobik ortalama güç değerleri diğer sporculara göre yüksektir. Bu farklılığa spor branşları arasındaki müsabaka sürelerinin farklı olması, branşlara yönelik farklı antrenman programları ve eğitim yöntemleri ile farklı fiziksel gereklilikler sebep olmuş olabilir. Badminton ve tenis branşındaki sporcuların anaerobik performanslarının karşılaştırıldığı başka bir çalışmada anaerobik zirve güç, anaerobik ortalama güç ve dikey sıçrama yüksekliği değerleri benzer bulunmuştur.²⁰ Bu çalışmadaki badminton sporcularının değerleri çalışmamızdaki badminton sporcularının değerleriyle benzerdir. Çalışmamızda, bu çalışmanın sonuçlarından²⁰ farklı olarak diğer branşlara kıyasla badminton sporcularında maksimal anaerobik testi takiben kassal yorgunluk daha az miktarda oluşmuştur. Bu durum farklı antrenman ve vuruş teknikleriyle yapılan spor tipine bağlı olabilir.

Limitasyonlar

Bu çalışmada anaerobik kapasitenin kullanıldığı spor branşları dahil edilmiştir. Ancak bu spor branşlarının aerobik kapasiteyi kullanan spor branşlarına göre anaerobik ve fonksiyonel performans farklılıkları araştırılmamıştır. İleri çalışmalarda araştırılmasını önermekteyiz. Bir diğer çalışmamızın kısıtlılığı olabilecek durum cinsiyetin anaerobik performans üzerine olabilecek etkileridir. Voleybol branşındaki sporcularımızın kadınlardan oluşması sonuçları etkilemiş olabilir. Bu sebeple ileri çalışmalarda gruplara benzer oranlarda kadın ve erkeklerin dahil edilmesini önermekteyiz.

Sonuç

Yüksek post-hoc güç ile voleybol, badminton, halter ve tekvando spor branşındaki sporcuların anaerobik ve fonksiyonel performans sonuç ölçümlerini karşılaştırdığımız çalışmamızda bu spor branşları arasında önemli

farklılıklar olduğu gösterildi. Halter branşındaki sporcuların boy uzunluğu daha düşüktür, vücut kütle indeksi daha yüksektir. Bu branşlar arasında kısa süreli maksimal anaerobik efora gösterilen kassal maksimal güç, dayanıklılık ve oluşan yorgunluk yanıtı da farklılık göstermektedir. Voleybol branşındaki kadın sporcularda kassal maksimal güç, dayanıklılık ve fonksiyonel performans diğerlerine göre daha düşüktür. Kısa süreli maksimal efora en az yorgunluk yanıtı veren spor branşı badminton, en fazla yanıt veren de halterdir. Bu farklar dikkate alındığında elit sporcuların değerlendirme, takip ve eğitimlerinde spora özel en iyi performansı elde edebilmek ve yaralanmaları önleyebilmek için anaerobik ve fonksiyonel performansın WAGT ve DST ile takip edilmesini önermekteyiz.

Teşekkür: Yazarlar, çalışmaya katılarak destek olan tüm sporculara ve antrenörlerine teşekkür ederler.

Yazarların Katkı Beyanı: **GB:** Konsept gelişimi, çalışma tasarımı, proje yönetimi, veri toplama ve işleme, veri analizi, literatür araştırması, olguların sağlanması, ekipmanın sağlanması, yazma, kritik gözden geçirme; **GB:** Konsept/fikir gelişimi, çalışma tasarımı, veri analizi, literatür araştırması, yazma, kritik gözden geçirme; **VBT:** Konsept/fikir gelişimi, çalışma tasarımı, proje yönetimi, veri toplama, veri yorumlama, literatür araştırması, olguların sağlanması, ekipmanın sağlanması, yazma, kritik gözden geçirme

Finansal Destek: Yok

Çıkar Çatışması: Yok

Etik Onay: Bu araştırma protokolü Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (sayı: GO 17/908-38 , tarih: 21.11.2017) tarafından onaylandı).

KAYNAKLAR

- Schlüter-Brust K, Leistenschneider P, Dargel J, et al. Acute injuries in Taekwondo. *Int J Sports Med.* 2011;32:629-634.
- Tel M. Bir spor dalı olarak taekwondo. *e-Journal of New World Sciences Academy Health Sciences.* 2008;3:194-202.
- Heller J, Peric T, Dlouhá R, et al. Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *J Sports Sci.* 1998;16:243-249.
- Boyalı E, Görücü A, Çakmakçı E. Kuvvet antrenmanlarının 18-22 yaş erkek taekwondocuları anaerobik güce etkisi. *S.Ü. BES Bilim Dergisi.* 2008;10:36-44.
- Bompa TO, Buzzichelli CA. *Periodization: Theory and Methodology of Training.* United States: Human kinetics; 2018.
- Koç H, Aslan CS. Erkek hentbol ve voleybol sporcularının seçilmiş fiziksel ve motorik özelliklerinin karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi.* 2010;12:227-231.
- Şimşek B, Tuncel F, Ertan H, et al. Farklı lig kategorilerindeki bayan voleybol oyuncularının seçilmiş fiziksel uygunluk parametrelerinin değerlendirilmesi. *GaziBESBD.* 2005;3:29-38.
- Phomsoupha M, Laffaye G. The science of badminton: game characteristics, anthropometry, physiology, visual fitness and biomechanics. *Sports Med.* 2015;45:473-495.
- Nikolaidis PT, Afonso J, Clemente-Suarez VJ, et al. Vertical jumping tests versus Wingate anaerobic test in female volleyball players: the role of age. *Sports (Basel).* 2016;4:9.
- Petr M, Stastny P, Pecha O, et al. PPARA intron polymorphism associated with power performance in 30-s anaerobic Wingate Test. *PLoS One.* 2014;9:e107171.
- Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, et al. Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *J Strength Cond Res.* 2011;25:556-560.
- Sattler T, Sekulic D, Hadzic V, et al. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *J Strength Cond Res.* 2012;26:1532-1538.
- Nikolaidis PT, Gkoudas K, Afonso J, et al. Who jumps the highest? Anthropometric and physiological correlations of vertical jump in youth elite female volleyball players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57:802-810.
- Krawczyk M, Pocięcha M, Koziol P, et al. Jumping test for assessing peak power in female volleyball and football players. *Women Sport Phys Act J.* 2021;29:87-94.
- Baker UC, Heath EM, Smith DR, et al. Development of Wingate Anaerobic Test norms for highly-trained women. *JEPonline.* 2011;14:68-79.
- Küçükkuş N, Günay A, Löküoğlu B, et al. Relationship between body composition, vertical jump, 30m sprint, static strength and anaerobic power for athletes. *ISJETS.* 2019;5:68-78.
- Krishnan A, Sharma D, Bhatt M, et al. Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. *Med J Armed Forces India.* 2017;73:140-145.

18. Ulupınar S, İnce İ. Prediction of competition performance via commonly used strength-power tests in junior female weightlifters. *J Sports Med Phys Fitness*. 2021;29:309-317.
19. Alp M, Gorur B. Comparison of explosive strength and anaerobic power performance of taekwondo and karate athletes. *EduLearn*. 2020;9:149-155.
20. Yaprak Y. A comparison of anaerobic performance of sub-elite tennis and badminton players. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 2020;6:157-167.
21. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Med*. 1987;4:381-394.
22. Koşar ŞN, Hazır T. Wingate anaerobik güç testinin güvenilirliği. *SBD*. 1994;7:21-30.
23. Bediz CŞ, Gökbel H. Wingate test. *Spor Hekimliği Dergisi*. 1994;29:119-134.
24. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods* 2007;39:175-191.
25. Özder A, Gültekin T, Koca B, et al. Elit erkek sporcularda vücut oranlarının karşılaştırılması. *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2003;1:63-67.
26. Gore CJ. *Physiological Tests for Elite Athletes*. Champaign IL: Human Kinetics; 2000.