



T.C.

ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

ADOLESAN VOLEYBOLCULARDA KAS OKSİJENASYONU, FİZİKSEL  
PERFORMANS PARAMETRELERİ VE YORGUNLUK DÜZEYİ  
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Bilge TAŞKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Cemile BOZDEMİR ÖZEL

Eskişehir, 2025





T.C.

ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

ADOLESAN VOLEYBOLCULARDA KAS OKSİJENASYONU, FİZİKSEL  
PERFORMANS PARAMETRELERİ VE YORGUNLUK DÜZEYİ  
ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Bilge TAŞKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Cemile BOZDEMİR ÖZEL

Bu çalışma; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Birimi tarafından TYL-2023-2978 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Eskişehir, 2025



## ÖZET

**Başlık:** Adolesan Voleybolcularda Kas Oksijenasyonu, Fiziksel Performans Parametreleri ve Yorgunluk Düzeyi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

**Amaç:** Adolesan voleybolcularda performans testleri sırasındaki kas oksijenasyonu, kassal yorgunluk, çeviklik ve denge performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlandı.

**Yöntem:** Bu kesitsel çalışmaya Eskişehir ilinde lisanslı olarak voleybol oynayan 56 adolesan voleybolcu dahil edildi. Voleybolcuların vücut kompozisyonları, statik denge düzeyleri, sıçrama yetenekleri, izokinetik kuvveti, yorgunluk performansı ve kas oksijenasyonu değerleri kaydedildi.

**Bulgular:** Dinlenim oksihemoglobin ve maksimum dikey sıçrama yüksekliği pozitif ilişkiliydi ( $p=0,045$ ). Statik denge skorları ile vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi (VKİ), kas kütlesi ve yağ yüzdesi arasında pozitif, statik denge skorları ve periferik kas oksijenasyonu arasında ise negatif ilişki saptandı ( $p<0,05$ ). İzokinetik test ve periferik oksijenasyon değerleri arasında negatif ilişki bulundu ( $p<0,05$ ). Yorgunluk testi sırasında minimum kas oksijen doygunluğu ile vücut ağırlığı, VKİ ve yağ yüzdesi arasında pozitif ilişki bulundu ( $p<0,05$ ). Dinlenim kas oksijen doygunluğu ve dinlenim doku satürasyon indeksiyle antropometrik değerler arasında ilişki bulunmazken ( $p>0,05$ ); minimum doku satürasyon indeksi ile vücut ağırlığı, yağ yüzdesi, yağsız vücut ve kas kütlesi arasında pozitif ilişki saptandı ( $p<0,05$ ). Kas içi hemoglobin değerleri ile antropometrik değerler arasında negatif ilişki gözlemlendi ( $p<0,05$ ).

**Sonuç:** Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu, fiziksel performans ve yorgunluk düzeyleri arasında ilişki bulunmaktadır. Performansı artırmak ve yaralanmaları önlemek için kas oksijenasyonunu artıracak, statik dengeyi geliştirecek ve hamstring/quadriceps (H/Q) oranını koruyacak egzersiz programları önerilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kas oksijenasyonu, denge, giyilebilir teknoloji, kas kuvveti, voleybol

## **ABSTRACT**

**Title:** Investigation of the Relationship Between Muscle Oxygenation, Physical Performance Parameters and Fatigue Level in Adolescent Volleyball Players

**Purpose:** The aim was to investigate the relationship between muscle oxygenation, muscular fatigue, agility and balance performance during performance tests in adolescent volleyball players.

**Method:** This cross-sectional study included 56 licensed adolescent volleyball players playing volleyball in Eskişehir province. Volleyball players' body compositions, static balance levels, jumping abilities, isokinetic strength, fatigue performance and muscle oxygenation values were recorded.

**Findings:** Resting oxyhemoglobin and maximum vertical jump height were positively correlated ( $p=0.045$ ). There was a positive relationship between static balance scores and body weight, body mass index, muscle mass and fat percentage, and a negative relationship between static balance scores and peripheral muscle oxygenation ( $p<0.05$ ). A negative correlation was found between isokinetic test and peripheral oxygenation values ( $p<0.05$ ). During the fatigue test, a positive relationship was found between minimum muscle oxygen saturation and body weight, BMI and fat percentage ( $p<0.05$ ). While there was no relationship between resting muscle oxygen saturation and resting tissue saturation index and anthropometric values ( $p>0.05$ ), a positive relationship was found between minimum tissue saturation index and body weight, fat percentage, lean body and muscle mass ( $p<0.05$ ). A negative correlation was observed between intramuscular hemoglobin values and anthropometric values ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** There is a relationship between muscle oxygenation, physical performance and fatigue levels in adolescent volleyball players. Exercise programs that will increase muscle oxygenation, improve static balance and maintain the hamstring/quadriceps (H/Q) ratio are recommended to increase performance and prevent injuries.

**Keywords:** Muscle oxygenation, balance, wearable technology, muscle strength, volleyball

# İÇİNDEKİLER

|  |           |
|--|-----------|
| KABUL ve ONAY SAYFASI .....                              |           |
| ETİK BEYAN .....   |           |
| TEŞEKKÜR .....   |           |
| ÖZET.....  | i         |
| ABSTRACT .....   | ii        |
| İÇİNDEKİLER.....   | iii       |
| TABLolar DİZİNİ.....                                     | v         |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                    | vi        |
| SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                         | vii       |
| <b>1. GİRİŞ VE AMAÇ.....</b>                             | <b>1</b>  |
| <b>2. GENEL BİLGİLER .....</b>                           | <b>4</b>  |
| 2.1.Voleybol.....  | 4         |
| 2.1.1.Voleybolun Tanımı ve Genel Özellikleri.....        | 4         |
| 2.1.2.Voleybolun Temel Öğeleri.....                      | 5         |
| 2.1.3.Voleybolda Enerji ve Fizyolojik Gereksinimler..... | 8         |
| 2.1.4.Voleybolcuların Fiziksel Özellikleri.....          | 9         |
| 2.1.5.Voleybol Yaralanmalarını Etkileyen Faktörler.....  | 10        |
| 2.1.6. Voleybolda Sıçrama.....                           | 10        |
| 2.1.7. Voleybolda Denge.....                             | 11        |
| 2.2.Hamstring/Quadriceps .....                           | 12        |
| 2.2.1. Diz Eklemi Biyomekaniği .....                     | 12        |
| 2.2.2. Hamstring/Quadriceps Kuvvet Oranları .....        | 13        |
| 2.3.Kas Oksijenasyonu.....                               | 14        |
| 2.3.1.Near-Infrared Spektroskopi (NIRS).....             | 14        |
| 2.4. Yorgunluk.....                                      | 15        |
| 2.4.1. Periferik yorgunluk.....                          | 15        |
| <b>3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....</b>                        | <b>17</b> |
| 3.1.Araştırmanın Etik Kurul Onayı.....                   | 17        |
| 3.2.Araştırmanın Tipi.....                               | 17        |
| 3.3. Araştırmanın Evreni ve Örnekleme.....               | 17        |
| 3.4. Yöntem.....   | 18        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4.1. Demografik bilgiler.....                               | 18        |
| 3.4.2. Alt Ekstremitte dominantlığının değerlendirilmesi..... | 18        |
| 3.4.3. Vücut Kompozisyonunun Değerlendirilmesi.....           | 18        |
| 3.4.4. Statik denge değerlendirilmesi.....                    | 19        |
| 3.4.5. Sıçrama yeteneğinin değerlendirilmesi.....             | 20        |
| 3.4.6. İzokinetik kuvvet testi .....                          | 21        |
| 3.4.7. Yorgunluğun değerlendirilmesi.....                     | 22        |
| 3.4.8. Periferik kas oksijenasyonunun değerlendirilmesi.....  | 24        |
| 3.5. Araştırmanın Değişkenleri.....                           | 25        |
| 3.6. Verilerin Değerlendirilmesi .....                        | 25        |
| 3.7. Araştırmanın Sınırlılıkları.....                         | 26        |
| <b>4. BULGULAR .....</b>                                      | <b>27</b> |
| <b>5. TARTIŞMA.....</b>                                       | <b>43</b> |
| <b>6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>                          | <b>50</b> |
| <b>7. KAYNAKLAR DİZİNİ.....</b>                               | <b>52</b> |
| <b>8. EKLER DİZİNİ.....</b>                                   | <b>65</b> |
| EK-1. Etik Kurul Onayı  |           |
| EK-2. Turnitin Raporu   |           |
| <b>9. ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                       | <b>71</b> |
| <b>10. YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI .....</b>   | <b>73</b> |

## TABLolar DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| <b>Tablo 4.1.</b> Çalışmaya katılan voleybolcuların bazı demografik özellikleri.....  | 27 |
| <b>Tablo 4.2.</b> Bireylerin vücut kompozisyonuna ait değerler .....  | 28 |
| <b>Tablo 4.3.</b> Sporcuların maksimum sıçrama yükseklikleri ve uçuş süreleri.....  | 28 |
| <b>Tablo 4.4.</b> Dikey sıçrama verilerinin boy, kilo, VKİ ve yağ yüzdesi ile ilişkisi .....  | 29 |
| <b>Tablo 4.5.</b> Bireylerin çift ayak, tek bacak (sağ, sol) statik denge değerleri .....   | 29 |
| <b>Tablo 4.6.</b> Statik denge ile yaş, boy, kilo ve VKİ arasındaki ilişki .....  | 30 |
| <b>Tablo 4.7.</b> Bireylerin yağ yüzdesi ve statik denge ilişkisi.....  | 30 |
| <b>Tablo 4.8.</b> Voleybolcuların dominant izokinetik zirve tork değerleri .....  | 31 |
| <b>Tablo 4.9.</b> Dayanıklılık yüzdeleri ve pozisyon arasındaki ilişki .....  | 31 |
| <b>Tablo 4.10.</b> Voleybolcularda izokinetik zirve tork kuvveti ile sıçrama performansı arasındaki ilişki.....                                   | 32 |
| <b>Tablo 4.11.</b> Sporcuların yorgunluk testi sonuçları .....  | 32 |
| <b>Tablo 4.12.</b> Bireylerin yorgunluk testi kalp hızları ve algılanan eforlarının karşılaştırılması.....  | 34 |
| <b>Tablo 4.13.</b> Kalp hızı ve yorgunluk testi süreleri ilişkisi .....   | 35 |
| <b>Tablo 4.14.</b> Yorgunluk protokolü sırasındaki oksijenasyon değerleri ve antropometrik değerler arasındaki ilişki .....                       | 36 |
| <b>Tablo 4.15.</b> Bireylerin yorgunluk testi sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerleri ile yaş ve deneyim yılları arasındaki ilişki ..... | 37 |
| <b>Tablo 4.16.</b> Periferik kas oksijenasyon değerleri ile dikey sıçrama verileri arasındaki ilişki .....  | 38 |
| <b>Tablo 4.17.</b> Periferik oksijenasyon ve denge değerleri arasındaki ilişki.....   | 39 |
| <b>Tablo 4.18.</b> İzokinetik test değerleri ile izokinetik test sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerlerinin ilişkisi .....               | 40 |
| <b>Tablo 4.19.</b> Kas kütlesi ve izokinetik test sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerlerinin ilişkisi .....                              | 42 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1. Voleybol oyun sahası.....  | 4  |
| Şekil 2. Voleybolda servis vuruşu .....   | 6  |
| Şekil 3. Voleybolda parmak pas .....  | 6  |
| Şekil 4. Voleybolda manşet pas .....  | 7  |
| Şekil 5. Voleybolda smaç vuruşu .....   | 7  |
| Şekil 6. Voleybolda blok .....  | 8  |
| Şekil 7. Diz anatomisi 1 .....  | 12 |
| Şekil 8. Diz anatomisi 2 .....  | 13 |
| Şekil 9. Tanita .....   | 19 |
| Şekil 10. Tanita değerlendirme .....  | 19 |
| Şekil 11. Çift ayak denge .....   | 20 |
| Şekil 12. Sol ayak denge .....  | 20 |
| Şekil 13. Sağ ayak denge .....  | 20 |
| Şekil 14. FitJUMP.....  | 21 |
| Şekil 15. Dikey sıçrama .....   | 21 |
| Şekil 16. İzokinetik test pozisyonlama .....  | 22 |
| Şekil 17. İzokinetik test değerlendirme .....   | 22 |
| Şekil 18. Modifiye SEMO çeviklik testi sahası .....                                   | 23 |
| Şekil 19. Yorgunluk testi SEMO .....  | 24 |
| Şekil 20. Yorgunluk testi lunge .....   | 24 |
| Şekil 21. Yorgunluk testi sıçrama .....   | 24 |
| Şekil 22. Train.red Fyer cihazı.....  | 25 |
| Şekil 23. Oksijenasyon ölçümü .....   | 25 |
| Şekil 24. Voleybolcuların oynadıkları pozisyonlara göre kişi sayısı ve yüzdeleri .... | 27 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$\Delta$  : Fark

$\bar{X}$  : Ortalama

% : Yüzde

Cm : Santimetre

DS : Dikey Sıçrama

HBDiff: Oksi-Deoksi hemoglobin miktarı farkı

HHb : Deoksi hemoglobin

H/Q : Hamstring/Quadriceps kas gücü oranı

Kg : Kilogram

m : Metre

maks. : Maksimum

min. : Minimum

NIRS : Yakın kızıl ötesi spektroskopisi

Nm : Newton-metre

O<sub>2</sub>Hb : Oksi hemoglobin

S : Saniye

SS : Standart sapma

SmO<sub>2</sub> : Kas oksijen doygunluğu

TSI : Doku satürasyon indeksi

VKİ : Vücut kütle indeksi

VO<sub>2</sub> : Oksijen tüketimi

# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Voleybol, dünya genelinde en çok oynanan spor dalları arasındadır. Alt yapıdan başlayıp profesyonellik seviyesine kadar birçok yaş grubunun oynadığı voleybol sporu; koşma, çeviklik, sıçrama ve iniş gibi kas iskelet sistemi ile ilgili özgül hareketleri barındırır (Seyfioğlu & Atıcı, 2020). Aynı zamanda sıçrama ve yön değiştirme gibi yüksek yoğunluklu hareketlerin ve kısa dinlenme sürelerinin oluşturduğu hücum ve savunma aşamalarından oluşan bir takım oyunudur (Alcaraz vd., 2023).

Voleybolcuların iyi vuruşlar yapabilmeleri için patlayıcı güç, aerobik zindelik ve hızlı yer değiştirme gibi fiziksel uygunluk bileşenlerine sahip olmaları gerekir (Başandaç vd., 2023). Ayrıca sporcuların alt ekstremite kaslarındaki yorgunluk ve nöromusküler kontrollerin değişmesi yaralanmalar açısından önemli olabilir (Ghotbi vd., 2021). Yorgunluğun yol açtığı nöromusküler kontrolün bozulması, voleybolun en önemli hareketlerinden birisi olan zıplamanın, hızlanma evresindeki konsantrik kasılma ve iniş evresindeki eksantrik kasılma için gerekli olan ekstansör ve fleksör kaslar arasında dengesizliğe neden olabilir bundan dolayı diz eklemi çevresindeki tendon yapılarında aşırı yüklenmeye sebep olur (Çelebi vd., 2018). Bundan dolayı son yıllarda antrenörler ve spor bilimciler gibi uzmanlar, spora özgü adaptasyonlar ve nöromusküler yapıların işlevi hakkında daha iyi bilgi edinmek için antrenmanlar sırasında ve/veya maç esnasında çeşitli test yöntemleri ile sporcuların spor esnasındaki fizyolojik iş yüklerini değerlendirmişlerdir ve nöromusküler yorgunluğa etki eden faktörlerin daha iyi anlaşılması için eksantrik ve konsantrik fazların (esneme-kısalma döngüsü) değerlendirilmesi önermişlerdir (Alcaraz vd., 2023).

Voleybolda, genellikle uzun süreler boyunca yüksek yoğunluklu çabalar gerektiğinden sporcu yorgunluğu meydana gelebilir. Meydana gelen bu yorgunluk nedeniyle nöromusküler kontrol tepkilerinin anormalleşmesi ve potansiyel olarak tehlikeli hareket stratejilerinin kaçınılmaz olması mümkün görünmektedir. Ek olarak, kas yorgunluğu; performans düşüklüğü ve alt ekstremite uyumsuzluğu (asimetri) ile ilişkilendirilmiştir (Jaén-Carrillo vd., 2022).

Kas kuvveti değerlendirirken asimetri bize sadece uzuvlar arası farkı değil, aynı uzuvdaki agonist ve antagonist kasların kuvvet oranını ve stabilitesini de ifade eder (Tabor vd., 2021). Spora özgü görevler sırasında hamstring ve quadriceps kaslarının

birlikte kasılması (simetri) diz eklemının stabilitesini artırarak eklemın aşırı zorlanmasının önüne geçer. Sporcularda görülen hamstring yaralanmaları ve ön çapraz bağ yaralanmalarının diz fleksör ve ekstansör kasları arasında asimetri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Q. Zhang vd., 2021). Yapılan çalışmalar eklem stabilitesi ve eklem yüzeyi basınç dağılımını eşitlemede hamstring/quadriceps (H/Q) tork oranının önemli olduğunu ve bu oranın hesaplanmasının yaralanmaların öngörülmesinde değerli olduğunu bildirmiştir (Umutlu & Erdoğan, 2021). Voleybolcularda yapılan bir çalışmada açısız hız, kasılma tipi ve bacak hakimiyetinin cinsiyet fark etmeksizin izokinetik kuvvet profillerini yani dizde H/Q dengesini etkilediği görülmüş ve maksimum performansta yüksek kasılma hızlarında daha fazla etkiye sahip olduğu anlaşılmıştır (Yapıcı, 2016). Yine yapılan bir başka çalışmada maksimal kuvvet için düşük açısız hızlardan, dayanıklılık için yüksek açısız hızlara gidildikçe azalan quadriceps ve hamstring izokinetik zirve tork değeri ve artan H/Q oranı kas kuvvetinin basketbol ve voleybolda önemli bir unsur olduğunu göstermiştir (Demirhan vd., 2021). Bir başka çalışmada kas torkunun yüksek yoğunluklu kasılmalar sırasında metabolik hız ile ters orantılı olduğu bulunmuştur. Merkezi ve periferik yorgunluk geliştiğinde, kas içerisindeki düşük oksijenasyon doygunluğu (SmO<sub>2</sub>) değeri elde edilmiştir (Pethick vd., 2019).

Öte yandan günümüzde kablosuz teknolojilerdeki ve çeşitli giyilebilir sensörlerdeki gelişmelerle sporcuların SmO<sub>2</sub> analizleri invaziv olmayan yakın kızıl ötesi spektroskopi (NIRS) kullanılarak yapılabilmektedir. NIRS, seçilen bir kasın SmO<sub>2</sub> analizini kesintisiz ve non-invaziv şekilde sağlayabildiğinden kullanımı yaygınlaşmıştır (Miranda-Fuentes vd., 2021). Yapılan bir sistematik derlemede oksijen doygunluğunun NIRS aletleriyle en çok bakılan metabolik biyobelirteç olduğu belirtilmiştir (Bittencourt vd., 2023).

Ragbi sporcularında NIRS kullanılarak bakılan izokinetik testlerde; maksimum tepe torkundan ve ortalama tepe torkundan elde edilen değeri SmO<sub>2</sub>'deki azalma ile ilişkili olduğu, SmO<sub>2</sub>'deki en küçük farkın daha büyük bir ikili kuvvet asimetrisini direkt etkileyebileceği sonucuna varılmıştır. Yine aynı çalışmada izokinetik performansın bir tamamlayıcısı olarak SmO<sub>2</sub>'nin ölçülmesini ve spor takımlarında metabolizma ve hemodinamik kasın izlenmesine yönelik çalışmaların artırılması önerilmiştir (Vasquez-Bonilla vd., 2023). Kas oksijenasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunda öncelikli hedef dayanıklılık veya kuvvet performansı kapasitesi

ve ilgili kas oksijenasyonu belirteçlerine odaklanılmıştır. Ancak literatürde voleybolcularda yaralanma risklerinin önlenmesinde  $SmO_2$  dinamikleri ile kas torku ve denge ilişkisine bakılan çalışmaya rastlanmamıştır (De Ruiter vd., 2010).

Yapacağımız bu çalışmayla adolesan voleybolcularda fonksiyonel testler eşliğinde  $SmO_2$  ölçümleri yapılarak, metabolik enerji kullanımı, kassal yorgunluğun çeviklik ve dengeye etkisine bakılarak kas oksijenasyonu, fiziksel performans parametreleri ve yorgunluk düzeyi arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Sporcuda kas oksijenasyonu ne kadar iyiyse kas kuvveti ve buna bağlı güç oluşturmasının o kadar iyi olacağı beklenmektedir. Yapacağımız çalışmanın sonuçlarının spora özgü, kas oksijenasyonunu artırmaya ve yorgunluğu azaltmaya yönelik egzersiz protokolü oluşturmada faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, izokinetik testler ve yorgunluk testi esnasında kas oksijen saturasyonunu ölçerek, sonuçların voleybolcularda kas oksijenasyonu, fiziksel performans parametreleri ve yorgunluk düzeyi arasındaki ilişkisini belirlemek ve ileride voleybolcuların yorgunluk düzeylerinin dikkate alınacağı sakatlığı önlemeye yönelik egzersiz programları düzenlenmesinde katkı sağlamaktır.

Hipotezler;

1. Hipotez

H<sub>0</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu ile sıçrama, statik denge ve izokinetik kuvvet arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H<sub>1</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu ile sıçrama, statik denge ve izokinetik kuvvet arasında anlamlı bir ilişki vardır.

2. Hipotez

H<sub>0</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu ile yorgunluk düzeyi arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

H<sub>1</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu ile yorgunluk düzeyi arasında anlamlı bir ilişki vardır.

3. Hipotez

H<sub>0</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu, sıçrama, statik denge ve izokinetik kuvvet ve yorgunluk düzeyi arasında bir ilişki yoktur.

H<sub>1</sub>: Adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu, sıçrama, statik denge ve izokinetik kuvvet ve yorgunluk düzeyi arasında bir ilişki vardır.



Voleybolu diğer takım sporlarından ayıran en belirgin kuralı oyuncuların oyun içerisindeki rotasyonlarıdır. Bu her bir oyuncunun tüm setlerde altı bölgede de oynaması demektir (Laios & Kountouris, 2010). Rotasyonlar, başlangıçta antrenörün hakemlere verdiği oyuncu diziliş cetveline göre yapılmakta ve oyuncuların pozisyonları bu cetvele göre kontrol edilmektedir (Zadraznik vd., 2009). Bölgeler, pasörün pozisyonuna göre 1,5,6; arka hat, 2,3,4; ön hat şeklinde oluşur (Ahrabi-Fard, 2011).

Voleybolda müsabakalar beş setten oluşur. Bu beş setten üçünü alan takım galip olur. Her set (sondaki beşinci set hariç) 25 sayıdan oluşur. En az iki sayı üstünlük ile ilk önce 25 sayıya ulaşan takım seti alır. 24-24 puanlık eşitlik halinde set iki sayı fark oluşuncaya kadar uzar. Setlerde iki-iki eşitlik olması durumunda ise beşinci set 15 sayı üzerinden ve yine minimum iki sayı fark ile oynanır. Her set için takımlara isteğe bağlı kullanabilecekleri 30'ar saniyelik iki adet mola hakkı verilir. Set içerisinde kullanılmayan molalar daha sonraki sete devredilemez (FIVB, 2021).

Bir takımın karşı takıma servis atışıyla oyun başlar. Arka hattın sağındaki oyuncunun topu oyuna sokmasıyla servis atışı gerçekleşir. Top, servis atışı yapan oyuncu tarafından filenin üstünden rakip tarafın sahasına gönderilir. Topu diğer tarafa geri döndürebilmek için her takımın üç temas hakkı vardır. Oyun rallilerden oluşur ve her bir ralli, topun servisle sahaya girmesiyle başlayıp topun rakip sahaya temas edip sayı alınmasına, topun saha dışına gitmesine veya oyunculardan birinin hata yapmasına kadar sürer ve ralli tamamlanır (FIVB, 2021).

Voleybolda hakem sayısı turnuvalara göre değişkenlik göstermekle birlikte müsabakalar altı-sekiz hakem tarafından yönetilir (FIVB, 2021).

### **2.1.2. Voleybolun temel öğeleri**

Voleybol; servis, parmak pas, manşet pas, smaç ve blok olmak üzere beş adet esas vuruş tekniğinden oluşur (Skazalski vd., 2018).

Servis: Oyuncuların oyunu başlatmak için kendi sahalarının fileye paralel, dokuz metrelik mesafede olan çizginin dışından yaptıkları vuruştur. Alttan servis ve üstten servis olmak üzere ikiye ayrılır. Alttan servis yine kendi içinde; önden-alttan ve yandan-alttan olmak üzere ve üstten servis kendi içinde; yüzen, sıçrayarak yüzen, smaç ve sıçrayarak smaç servis olarak ayrılır (Şekil 2.).



**Şekil 2.** Voleybolda servis vuruşu (Kaynak: <https://www.pexels.com/tr-tr/arama/voleybol/> 17.12.2024)

Parmak pas: Baş üzerinden gelen topların karşılanması için oyuncuların iki ellerinin parmak uçlarını topa buluşturduğu pas türüdür (Şekil 3.).



**Şekil 3.** Voleybolda parmak pas (Kaynak: <https://www.pexels.com/tr-tr/fotograf/kadin-oyunmak-calmak-bakmak-10350230/> 17.12.2024)

Manşet pas: Ön kol pası olarak da bilinen, baş hizasının altından gelen topları karşılamak için kullanılan pastır. Oyuncular ellerini önde birleştirip topun ön kola çarpmasına izin verir (Şekil 4.).



**Şekil 4.** Voleybolda manşet pas (Kaynak: <https://www.pexels.com/photo/a-man-playing-volleyball-6203679/> 17.12.2024)

Smaç: Rakip sahaya hücum amaçlı yapılan, filenin üzerinden tek elle yapılan vuruştur. Arka hatta bulunan oyuncuların smaç vuruşu yaparken üç metre çizgisinin gerisinden sıçrayarak yapması gerekir. Çizginin önünden veya çizgiye basarak yapılan vuruşlar hata sayılır ve karşı takıma puan kazandırır (Şekil 5.).



**Şekil 5.** Voleybolda smaç vuruşu (Kaynak: <https://pixabay.com/tr/photos/voleybol-kad%C4%B1n-spor-dallar%C4%B1-yar%C4%B1%C5%9Fma-90896/> 17.12.2024)

Blok: Rakibin hücum vuruşunu engellemek için eller baş üstü pozisyonda file üzerinden sıçrayarak yapılan savunmadır. Tek el veya çift el kullanılabilir. Blok kendi

içerisinde üçe ayrılır: Tekli blok, İkili blok ve Üçlü blok. Arka hat oyuncuları kural gereği blok yapamaz (FIVB, 2021; Karaca & Gönendi, 2023), (Şekil 6.).



**Şekil 6.** Voleybolda blok (Kaynak: <https://www.pexels.com/photo/people-playing-volleyball-6203576/> 17.12.2024)

Oyun esnasında sahada her takımdan altı oyuncu bulunur. Oyuncuların saat yönünde dönerek pozisyon almaları gerekir. Oyunun herhangi bir anında sadece ön sıradaki üç oyuncu fileye sıçrayıp blok yapabilir. Savunma için arkadaki üç oyuncu sadece fileye paralel üç metrelik çizginin arkasından atlayabilirlerse zıplayabilir ve atak yapabilirler (Skazalski vd., 2018).

Voleybolda oyuncuların pozisyonları konumlarına göre numaralandırılmıştır (FIVB, 2021).

Ön hat: 4 (ön sol), 3 (ön orta), 2 (ön sağ)

Arka hat: 5 (arka sol), 6 (arka orta), 1 (arka sağ)

### **2.1.3. Voleybolda enerji ve fizyolojik gereksinimler**

Çoğu takım sporunda olduğu gibi voleybol da tekrarlı, yüksek yoğunluklu hareketlerden oluşur. Oyuncular servis, hücum ve karşılama gibi becerilere sahip olmalıdır (Vuorinen, 2018) Voleybolcuların takımlarını başarıya ulaştırabilmeleri için spora özgü becerilerini ortaya koyarken hızlı güç üretebilme özelliğini de ortaya koymaları gerekir (Maughan & Shirreffs, 2017). Patlayıcılık için gerekli olan kısa sürede fazla enerji üretebilmenin yanında ralli araları ve molalar gibi kısa sürelerde de toparlanabilmelilerdir (McGown vd., 2001). Bu fiziksel talepler sonucunda

sporcuların iyi gelişmiş enerji sistemlerine sahip olması gerekmektedir (Rebelo vd., 2023). Bu sistemler, hızlı koşu ve sıçramalar gibi kısa süreli, yüksek yoğunluklu aktiviteler için hemen enerji temin eden fosfojen sistemi; orta ila yüksek yoğunluklu aktivitelerde hakim olan ve daha uzun süreli rallilerin sürdürülmesine katkı sağlayan glikoliz ve maç boyunca dayanıklılığın devamında önemli olan uzun süreli fakat düşük yoğunluklu aktiviteleri destekleyen oksidatif sistemden oluşur. Oyun esnasında optimum performansı yakalamak için enerji sistemlerinin kuvvetli bir şekilde etkileşimi esastır (Puhl vd., 1982; Smith vd., 1992).

Oyun süresince ortalama egzersiz yoğunluğu maksimum oksijen tüketimi ( $VO_{2maks.}$ )'nin %75'i kadar olabilir fakat voleybol karmaşık yapıları bir oyun olmasından kaynaklı olarak enerji talepleri sürekli değişir. Oyuncular, yüksek yoğunluklu oyunlarda enerji ihtiyaçlarını büyük oranda anaerobik metabolizmadan karşılar. Maç sırasında toplam enerji ihtiyacını karşılamak için aerobik metabolizmanın desteği de artar (Maughan & Shirreffs, 2017).

#### **2.1.4. Voleybolcuların fiziksel özellikleri**

Boy uzunluğu, voleybolcular için belirleyici bir performans parametresi olarak kabul görür. Boy uzunluğu ve vücut ağırlığı arasındaki ilişki, yetenekli voleybolcuların seçiminde bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Poček & Vuković, 2013). Her iki cinsiyetteki voleybolcularda boy uzunluğu ile bacak boyu uzunluğu, gövde uzunluğu ile kol uzunluğu değerleri birbiriyle doğru orantılıdır. Bu orantılar, voleybolcuların seçiminde daha yüksek vücut, kol ve bacak boyuna sahip olma ölçütlerinin tercih edildiği belirtilebilir (Demirel, 2015).

Oyuncuların vücut yağ ve kas oranları performanslarını etkilemektedir (Theo Nikolaidis, 2013). Vücut kas kütlesi sporcuların yoğun performans sırasında ihtiyaç duyduğu güç üretimine etkili katkı sağlar (Mala vd., 2015).

Voleybolcunun dikey sıçrama tipinin kapsamlılığı, koordinasyonu, çevikliği ve patlayıcı kuvveti oyuncunun voleybol performansı üzerinde önemli derecede etkilidir (Poček & Vuković, 2013) Oyuncunun yüksek bir sıçrayışla yaptığı güçlü bir servis atışı, sayı almasını sağlar ya da rakibin topu kontrol etmesini zorlaştırır. Voleybolda başarıyı etkileyen başlıca unsurlar erkeklerde daha çok güç ve hız parametreleriyken, kadınlarda ise dayanıklılık ve teknik parametrelerdir (Pawlik & Mroczek, 2023).

Genel fiziksel özelliklerin yanında sporcuların uzmanlaştıkları pozisyonlara göre bakıldığında; orta oyuncular daha uzun boylu, zayıf, vücut yağ oranı düşük ektomorfik ve endomorfik özellikler gösterirken liberolar ise daha kısa boylu, vücut yağı düşük bununla birlikte kas kütlesi fazla mezomorfik ve endomorfik yapıya sahiptir (Milić vd., 2016). Tüm pozisyonlardaki oyuncuların başarılı olabilmeleri için düşük vücut kitle indeksine, daha fazla kas gücüne, hız, çeviklik ve dayanıklılığa ihtiyaçları vardır (Gabbett vd., 2007).

### **2.1.5. Voleybol yaralanmalarını etkileyen faktörler**

Voleybolda rakip oyuncuların birbirine tam bir teması söz konusu olmadığından diğer spor branşlarına göre travma yaralanması riski azdır. Buna rağmen oyunun gereği olarak oyuncunun ani hızlanması, yavaşlaması, hızlı yer değiştirmesi gerekir ve bu da yaralanma riski oluşturur (Ney Coutinho Pecegueiro do vd., 2020). Voleybolcularda en sık görülen yaralanmaların ayak bileği, diz ve omuz yaralanmaları olduğu bilinmektedir (Kilic vd., 2017). Ayak bileği, el bileği ve parmaklarda meydana gelen yaralanmalar genellikle akut olup bu bölgelerin travmalara karşı daha savunmasız olmasından kaynaklanmaktadır. Ayak bileği yaralanmalarının çoğunu sıçrama ve yere inme esnasındaki burkulmalar oluştururken eldeki yaralanmalar çoğunlukla bloklama esnasındaki burkulma ve parmak kırıklarından oluşur. Omuz ve diz yaralanmaları ise daha çok eklem uygulanan kuvvet ve aşırı kullanım kaynaklanmaktadır (Çelik, 2023; Ney Coutinho Pecegueiro do vd., 2020).

Diz eklemi, biyomekanik olarak karmaşıktır ve voleybolda farklı streslerin etkisi altında kalmaktadır. Bu stresler esnasında dizin hareketlerini oluşturan kasların güç ve esnekliklerindeki değişiklikler önemlidir. Bu hususta hamstring kasında gerginliğin oluşumunda yorgunluk, esneklik eksikliği, kas kuvveti dengesizliği, düşük hamstring/quadriceps oranı ve ısınmanın yetersiz olması yaralanma için potansiyel risk faktörleri olarak ileri sürülmüştür (Bhatt vd., 2020).

Ayrıca sporcularda yağ yüzdesinin artmasından kaynaklı sıçrama sonrası yapılan kötü inişler vücudu darbelere daha açık hale getirir ve olası alt ekstremitte yaralanmalarına sebep olmaktadır (Piuccio vd., 2009).

### **2.1.6. Voleybolda sıçrama**

Voleybolun temel hareketlerini oluşturan sıçramalar oyuncu performansında oldukça etkilidir (Acar & Eler, 2019). Sıçrama, tüm vücudun motor uyum içinde

kasılmasıyla gerçekleşir ve sıçrama sırasındaki itme kuvveti patlayıcı gücün göstergesidir (Markovic vd., 2004). Yüksek sıçrama mesafesi kuvvet hız üretiminin iyi olduğu anlamına gelir (Dal Pupo vd., 2012).

Voleybolda oyunun kuralları gereğince oyuncuların savunma ve hücum sırasında çok sayıda, sık tekrarlarla blok ve dikey sıçramalar ve takiben inişler yapmaları beklenir (Molla vd., 2023; Poček & Vuković, 2013). Bu inişlerde sporcuların karşılaştığı yer reaksiyon kuvveti ve düşüş esnasındaki ayak temasları oldukça önemlidir (Piucco vd., 2009). Elit voleybolcuların smaç hareketi için sıçrayıp yere inişleri esnasında bir metre sıçrama yüksekliğinden sonra kendi kilosunun yaklaşık on bir katı kadar yer reaksiyonuyla karşılaştıkları bilinmektedir (Richards vd., 1996). Bu yer reaksiyonu diz ekstansör mekanizmasına da etki ederek düşme sırasında patellar tendonda yürüme sırasında karşılaştığı güçten daha fazla güce maruz kalmasına neden olmaktadır (Lian vd., 2003). Bu reaksiyon kuvvetini hafifletmek için oyuncular deneyimleri sonucunda yere inişler esnasında farklı stratejiler geliştirebilmektedir (Garcia vd., 2022).

### **2.1.7. Voleybolda denge**

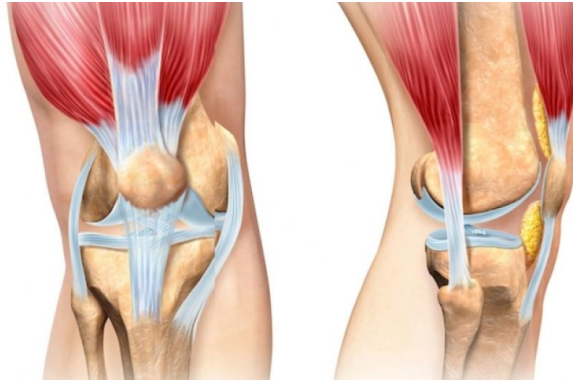
Denge, vücudun iç ve dış uyaranlara karşı ağırlık merkezini koruyarak sabit şekilde durabilme becerisidir (Lamoth & van Heuvelen, 2012). Sportif faaliyetlerin doğru şekilde sürdürülmesinde etkili olan denge; görsel, vestibüler ve somatosensöriyel sistemlerden, eklem ve kasların hareket yeteneği ve kuvvet gibi etmenlerden etkilenmektedir (Tanasa vd., 2020). Kompleks bir yetenek olan dengenin sağlanması insanın diğer motor becerilerinin gelişiminde de etkilidir (Erkmen vd., 2007). Statik ve dinamik olmak üzere ikiye ayrılan denge, duyuşal girdiler ile birlikte hareketlerin planlanmasını ve uygulanmasını sağlar. Statik denge, hareketin en az olduğu, yer çekimine karşı postürün korunduğu yetenektir. Dinamik denge ise kişinin hareket halinde olduğu, zeminin sabit olmadığı hallerde dengenin korunması ve sürdürülmesi becerisidir (Hrysomallis, 2011).

Voleybolda başarı elde edebilmek için sporun gerektirdiği hızlanma, sıçrama ve ani yer değiştirme gibi hareketler esnasında sporcuların dengelerini koruyabilmeleri hem oyun kalitesi için hem de olası sporcu sakatlıklarını önlemek için önemlidir (İbiş vd., 2015).

## 2.2. Hamstring/Quadriceps

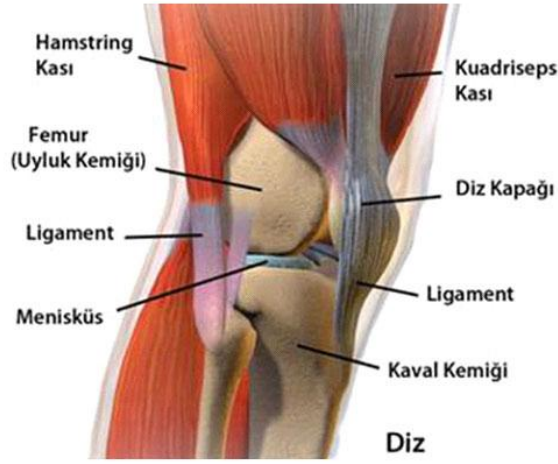
### 2.2.1 Diz eklemi biyomekaniği

Diz, yapısı gereği karmaşık bir menteşe tipli ve aynı zamanda altı derece serbestlikle rotasyonel, ön-arka ve medial/lateral translasyon hareketine izin veren sinovyal bir eklemdir (Aweid vd., 2019; Pinskerova vd., 2004). Vücudun en büyük eklemlerinden biri ve alt ekstreminin ara eklemidir. Vücut ağırlığının taşınmasını ve yürümeyi sağlar (Tüzün F. vd., 1997). Diz eklemi, patella ve femurun eklemleşmesiyle oluşan patellofemoral eklem ve femur ile tibianın eklemleşmesiyle oluşan tibiofemoral eklem olmak üzere iki eklemden meydana gelir (Konca vd., 2022) Dizin stabilitesini kemiklerden ziyade kapsül, bağlar ve kaslar sağlamaktadır. Eklem kapsülü, tibial kollateral ligaman ve medial menisküs medial stabiliteyi, eklem kapsülü, fibüler kollateral ligaman ve lateral menisküs lateral stabiliteyi sağlarken çapraz bağlar ve eklem kapsülünün uygun birleşimiyle anterior ve posterior stabilite sağlar (Gürer vd., 2001). Diz eklemine hareketi ise birden çok kas tarafından sağlanır. Fleksör kaslar sadece bacağın kendi ağırlığını taşıırken ekstansör kaslar tüm vücudun ağırlığını taşır. Bundan dolayı ekstansör kaslar alt ekstremitelerde daha hakimdir. Bu hakimiyet dik duruş ve yürüyüş için de gereklidir (Elmacı, 1998).



Şekil 7. Diz anatomisi 1 (Kaynak:

<https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/human-knee-cutaway-illustration-anatomy-image-gm476830549-35397972?searchscope=image%2Cfilm> 10.01.2025)



**Şekil 8.** Diz anatomisi 2 (Kaynak: <https://barisozgurol.com.tr/diz-anatomisi/>

10.01.2025)

### 2.2.2. Hamstring/Quadriceps kuvvet oranları

Agonist-antagonist kasların kuvvet oranları kas dengesini değerlendirmek için ölçülmektedir. H/Q oranı kaslar arasındaki dengeyi ve diz ekleminin dinamik stabilizasyonu hakkında bilgi verir (Olyaei vd., 2006; Yenigün vd., 2008). H/Q oranı, dizin maksimum fleksör (hamstring) ve maksimum ekstansör (quadriceps) zirve torklarının aynı açısız hızda ve konsantrik kasılma esnasında ölçülerek birbirine oranı alınarak hesaplanır (Alangari & Al-Hazzaa, 2004). Kasların bu kuvvet oranının %50-%80 olması ve açısız hız arttıkça oranın da artması beklenir (Bennell vd., 1998; Çelebi vd., 2018) Baskın (dominant) ve baskın olmayan taraf ekstremite arasında kas gücü dengesizliği bir diğer adıyla kontralateral defisit, iki ekstremitenin (dominant ve dominant olmayan) tepe tork yüzdelerinin farkı bulunarak hesaplanır. Kontralateral defisit %15'in üzerinde olduğu bireylerde yaralanma riskinin daha yüksek olmasından kaynaklı bu analiz büyük önem taşımaktadır (Soylu vd., 2020). Bu oran aynı zamanda yaralanmalara yatkınlığı değerlendirmede bir araçtır. Yaralanmalardan sonra ise genel diz stabilizasyonunu iyileştirmek için rehabilitasyon aşamasında kullanılır (Alangari & Al-Hazzaa, 2004; Yenigün vd., 2008).

Farklı branşlardaki sporcular arasındaki H/Q kuvvet oranlarındaki farklılıklar, seçilen alan, müsabakanın düzeyi veya her ikisi ile de ilişkilidir (Bhatt vd., 2020). Voleybol, diğer spor branşlarına kıyasla daha küçük bir alanda oynanması, daha hızlı hareketlerle daha çok patlayıcı güç gerektirmesiyle farklılık gösterir (Özkan & Kınışler,

2010). Voleybolda oyunun temelini oluşturan smaç, blok ve manşet pas hareketlerinde yüksek performans elde etmek için diz fleksör ve ekstansör kaslarının olabildiğince güçlü olması gerektiği düşünülmektedir (Yenigün vd., 2008). Voleybolcularda H/Q oranı anaerobik güç ve izokinetik ekstansiyon ile ilişkilidir (Özkan & Kınışler, 2010).

## 2.3. Kas Oksijenasyonu

### 2.3.1. Near-Infrared Spektroskopi (NIRS)

Yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS), yakın kızılötesi ışığın (700-1000 nm) kemik, deri ve kas gibi dokulardan geçmesinin nispi kolaylığını kullanarak; dokuyu aydınlattıktan sonra geri yansıyan ışığın miktarı, ışığın dokudaki saçılma derecesi ve dokudaki emilme miktarını ölçer. Dokunun oksijenlenmesindeki değişiklikler esnasında NIRS ışık emilimini etkileyen hemoglobin, miyogloblin ve sitokrom c oksidaz olmak üzere üç molekülün olduğu bilinmektedir: (Jöbsis, 1977).

Yakın kızıl ötesi spektroskopi (NIRS), dokunun bir kısmındaki bölgesel kan akımının ölçülmesi ve hücrelerin oksijen sağlama kapasitesi hakkında bilgi elde edilmesine önemli katkı sağlar. Değerlendirilecek bölgedeki oksijen miktarının ölçülebilmesi için kan akışı olmalıdır (Boushel & Piantadosi, 2000).

Son yıllarda çeşitli giyilebilir NIRS cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar, egzersiz ve antrenman anındaki dinamik kas çalışmasına yönelik bölgesel kas oksijen iletimi ve kullanımını değerlendirmek için hassas bir ölçüm yöntemi olarak sunulmaktadır (Perrey & Ferrari, 2018). Kas oksijenasyonunu incelenmek için geliştirilen farklı marka ve modeldeki cihazların her birinin ölçüm ve değerlendirme yöntemleri birbirleriyle benzer özellikte olsa da bazı farklılıklar içermektedir (Barstow, 2019a). Bu farklılıklar; kullanılan ışık kaynağı, zaman çözünürlüğü (Hz), kanal sayısı ve ölçülebilen parametrelerdir (Perrey vd., 2024).

Cihazlarda ışığın zamansal özellikleri bakımından 3 farklı yöntem kullanılmaktadır:

1. Sürekli dalga, sabit yoğunlukta ışık CW-NIRS
2. Frekans alanlı, modüle ışık yoğunluğu FD-NIRS
3. Zaman alanlı, darbeli ışık yoğunluğu TD-NIRS

CW-NIRS: Sabit dokuyu aydınlatarak sadece kas boyunca ışık yayılımını ölçmektedir.

FD-NIRS: Kası modüle ışık yoğunluğuyla aydınlatarak ortaya çıkan ışığın zayıflamasının yanı sıra faz gecikmesini de ölçmektedir.

TD-NIRS: Işık darbeleri vasıtasıyla kası aydınlatarak darbenin dokudaki yayılma şeklini belirlemektedir. (Amendola vd., 2023; Endo vd., 2021; Feldmann vd., 2019).

Ölçülebilen parametreler bakımından tüm cihazların temel ölçümü (cihazlara göre adlandırmalar değişse de) kas O<sub>2</sub> saturasyonudur. Bununla birlikte çoğu cihaz hemoglobinin parametrelerini ölçerken bazı cihazlarda bu parametreler total olarak bazılarında ise bağıl olarak ölçmektedir (Perrey vd., 2024).

Spor bilimlerinde NIRS teknolojilerinin kullanım alanlarına baktığımızda; kasın kanlanmasına bakılarak egzersiz yoğunluklarının belirlenmesinde, ergojenik yardımcı kullanımına verilen tepkilerin değerlendirilmesinde, çeşitli egzersiz ve eğitim türlerinin uygulanmasında kullanılmaktadır (Feldmann vd., 2022; Gelabert-Rebato vd., 2019; Meyer vd., 2021; Negara vd., 2024). Son yıllarda spor bilimlerinde kas oksijenasyonuna yönelik yapılan çalışmalar bisiklet, kürek, kayak, basketbol, futbol ve ragbi gibi çok çeşitli sporları kapsamaktadır (örn. Bisiklet, kürek, kayak, basketbol, futbol, ragbi). Çalışmaların çoğuna erkek sporcular dahil edilmiş ve alt ekstremiteye yönelik oksijenasyonun incelendiği çalışmaların çoğunda vastus lateralis kası değerlendirilmiştir (Perrey vd., 2024).

## **2.4. Yorgunluk**

### **2.4.1. Periferik yorgunluk**

Yorgunluk, yoğun ve uzun süreli sporlarda kaçınılmaz olarak görülmektedir. Sporcunun maksimal istemli kasılma kuvvetinin azalması nöromusküler yorgunluğu gösterir ve sporcuların bu yorgunluk türünün tespitinde çeşitli testler sık sık kullanılmaktadır (Halsen, 2014). Voleybolda sıçrama servis atma ve savunma gibi oyunun temeli olan hareketleri oluşturduğundan nöromusküler yorgunluğun değerlendirilmesinde dikey sıçrama önemli bir ölçüttür (Rebelo vd., 2023). Süreyle ilişkili değişkenlerin yorgunluğa daha duyarlı olmasından dolayı uçuş süresinin sıçrama kontraksiyon süresine oranı yorgunluğun en geçerli ölçütlerinden biridir (Gathercole vd., 2015). Sıçrama yüksekliğinin yanı sıra zirve ve ortalama güç ve maksimum kuvvet ölçümleri de yorgunluğun değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Taylor vd., 2012).

Antrenman ve ma boyunca kasların aktif kullanımı sonucu artan oksijen ihtiyacına cevaben kalp daha fazla kan pompalar ve bu sebepten kalp atım hızı artar (Kalkan & Pelvan, 2023). Egzersiz kalp hızındaki aşırı yükselme; yorgunluk veya kondisyon eksikliği ile ilgilidir (Buchheit, 2014). Ayrıca kandaki artan kreatin kinaz gibi enzimler ve biyo-belirteçler yüklü egzersiz sonrası yorgunluk ve kas hasarının değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Brancaccio vd., 2007).

Voleybolun barındırdığı yüksek yoğunluklu hareketlerin sonucunda sporcularda oluşan yorgunluk spor profesyonelleri tarafından gerekli ve uygun değerlendirme yöntemleri ile takip edilmelidir (Rebelo vd., 2024). Bu değerlendirmeler sonucunda sporcuların uygun antrenman yükü altında kas kuvvetleri ve buna bağlı olarak güç oluşumları ve ilgili dokudaki kas oksijenasyonunun artırılmasının sporcuda nöromüsküler yorgunluk oluşumunun azaltılmasında ve olası yaralanma ve sakatlıkların önlenmesinde etkili olacağı beklenmektedir.

### **3. GEREÇ VE YÖNTEMLER**

#### **3.1. Araştırmanın Etik Kurul Onayı**

Bu tez çalışmasına 21.09.2023 tarihli, 48 karar numaralı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu kararı ile onay verilmiştir.

#### **3.2. Araştırmanın Tipi**

Bu tez çalışması kesitsel bir çalışmadır.

#### **3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi**

Araştırma grubu olarak; ESTÜ Spor Bilimleri Fakültesi'ne başvuran voleybol oynayan ve dahil etme kriterlerine uyan, 12-18 yaşlarında adolesan 56 voleybolcu dahil edildi. Voleybolcular dahil edilirken hem çocuktan hem de ebeveyninden bilgilendirilmiş onam formu alındı.

Örneklem büyüklüğü; Vasquez-Bonilla ve ark. (Vasquez-Bonilla vd., 2023) yaptıkları çalışmadaki zirve tork ile kas oksijenasyon düzeyi arasındaki  $d=0,603$  etki büyüklüğü dikkate alınarak, GPower 3.1 programında 0,95 güç ile örneklem büyüklüğü  $n=29$  kişi olarak belirlendi.

Dahil edilme kriterleri:

- 9-18 yaş aralığında olmak
- Çalışmaya katılmaya gönüllü olmak
- Aktif olarak voleybol oynuyor olmak
- Testleri yapabilmek için yeterli kooperasyon düzeyine sahip olmak

Dahil edilmeme kriterleri:

- Son bir yıl içerisinde cerrahi geçirmiş olmak
- Herhangi bir ortopedik, nörolojik, romatolojik veya sistemik bir hastalık tanısı almış olmak
- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitte yaralanması geçirmiş olmak

## 3.4. Yöntem

### 3.4.1. Demografik bilgiler

Yaş, boy, cinsiyet, kilo, vücut kitle indeksi, maç ve antrenman sıklığı, herhangi bir ek hastalığı olup olmadığı, oynadığı pozisyon bilgileri sporculardan elde edilerek kaydedildi.

### 3.4.2. Alt ekstremite dominantlığının değerlendirilmesi

Alt ekstremitede dominant tarafı saptamak adına bireylere aşağıda belirtilen üç dinamik test uygulandı:

- Bireylerden topa tek ayaklarıyla vurmaları istendi ve topa vurdukları taraf ayak kaydedildi,
- 40 cm yüksekliğinde basamağa bir adım alarak çıkmaları istendi ve ilk adım atılan taraf kaydedildi,
- 40 cm yüksekliği olan basamaktan omuzlarından itildiklerinde zemine doğru adım alınan ilk taraf kaydedildi.

Bu üç testlerden en az ikisinde ilk kullanılan taraf ekstremite dominant ekstremite olarak belirlenmiş oldu (De Ruyter vd., 2010).

### 3.4.3. Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi

Uyluk kasının yağ kütlesi yüzdesi ve yağsız kütle yüzdesi gibi değişkenler, biyoelektrik empedans analizi cihazı olan TANITA (Tip MC-180MA, Tokyo, Japonya) kullanılarak elde edildi. TANITA taramasından önce bireylerin boy ölçümleri yapıldı. Boy uzunluğu (cm), birey ayakta pozisyonda tam karşıya bakarken, başın yerden en yüksek noktasına kadar ölçülen maksimum mesafe üzerinden gerçekleştirildi. Ölçüm kalibre edilmiş bir stadiometre (SECA 213, Seca Gmbh & Co, Hamburg, Almanya) ile ayakkabılar çıkarılmış, ayaklar bitişik ve kollar yanlarda pozisyonda yapıldı. TANITA analizi için bireylerin yaş, cinsiyet ve boyları ondalık sayı olmaksızın yazıldı. Her bir birey için vücut tipi “standart” tip seçildi. Analiz ayakta, çıplak ayak, uyluklar ve kollar birbirine değmeyecek şekilde gerçekleştirildi. Boy uzunluğu girildi, vücut ağırlığı ölçüldü ve vücut kitle indeksi (VKİ) hesaplandı. Biyoelektrik empedans analizi (BEA) kullanarak vücut yağ yüzdesi (Yağ yüzdesi, %), yağ kütlesi (Yağ kütlesi, kg), yağsız kütle (Yağsız kütle, kg) ve tahmini kas kütlesi

(Kas kütlesi, kg) ölçüldü. Vücut yağ yüzdesi, yağın toplam vücut ağırlığına oranını gösterir. Yağ kütlesi, vücuttaki yağın gerçek ağırlığını temsil eder. Yağsız kütle, vücuttaki kas, kemik, doku ve sudan oluşur. Toplam vücut suyu, bireyin vücudundaki ölçülen toplam sıvı miktarını gösterir. Bazal metabolizma hızı, uygun şekilde işlev görmek için dinlenme halindeki günlük minimum enerji gereksinimini ortaya koyar. Tahmini kas kütlesi, kemiksiz yağsız doku kütlelerini içerir (Kreissl vd., 2019).



Şekil 9. Tanita



Şekil 10. Tanita Değerlendirme

#### 3.4.4. Statik denge değerlendirmesi

Sporcuların denge testleri denge sistemi (SportKAT-4000) ile gerçekleştirildi. Ölçümlerin tamamı bireylere, gürültünün olmadığı ve yeteri kadar ışık alan bir ortamda, performans test laboratuvarında, aynı gün ve aynı saatte yapıldı. Hareketli bir platforma ve bilgisayar bağlantısına sahip olan denge cihazı üzerinde elleri belde konumlanan bireylerden değerlendirme esnasında bilgisayarda gördükleri kırmızı X simgesini olabildiğince merkezde ve sabit tutmaları istendi. Bireylerin önce çift ayak (bilateral), ardından sol ayak, sonra sağ ayakları üzerinde 30 saniye sürede denge durumları incelendi. Bu sürede bireylerin kırmızı X simgesini hareket ettirmelerine göre; genel denge durumları, anterior-posterior salınımları, medial-lateral salınımları kaydedildi. Değerlendirmede düşük denge skoru denge performansının daha iyi olduğunu, yüksek denge skorları ise dengenin kötüleştiğini ve düşme tehlikesinin arttığını göstermektedir (Hansen vd., 2000).



Şekil 11. Çift ayak denge

Şekil 12. Sol ayak denge

Şekil 13. Sağ ayak denge

### 3.4.5. Sıçrama yeteneği

Sporcuların sıçrama yeteneği, dikey sıçrama testi ile test edildi. Bireylerin ayakları omuz hizasında açık pozisyonda olacak şekilde dizleri gergin ve eller belde; avuç içleri aşağı bakacak şekilde ayaklar yerle temas halinde pozisyondayken komut eşliğinde dizlerini bükerek dikey yukarı sıçraması istendi. Sıçrama esnasında ellerin konumu değişmedi ve dikey yukarı sıçrama sonrasında sporcu yere her iki ayakla aynı anda iniş yaptı. Test sırasında Fitjump (Sporsis, Afyonkarahisar, Türkiye) dikey sıçrama ölçer cihazı kullanıldı. Fitjump, zemine yerleştirildi ve cihaz ön tarafında bulunan fotoelektrik anahtar sensöründen yaklaşık 30 cm uzağa, bireylerin ayaklarının orta hizasına gelecek biçimde sagittal düzlemde konumlandırıldı. Fitjump'tan edinilen dikey sıçrama yüksekliği değerleri santimetre (cm) cinsinden ve uçuş süresi değerleri saniye (s) cinsinden cihaz ekranında görüntülendi. Test beş defa uygulandı ve her tekrar arasında beşer dakikalık bir dinlenme fırsatı verildi. Sonuçlar veri formuna kaydedilerek en yüksek dikey sıçrama mesafeleri ve en uzun uçuş süreleri belirlendi. (Shamsi vd., 2022).



Şekil 14. FitJUMP



Şekil 15. Dikey sıçrama

#### 3.4.6. İzokinetik kuvvet testi

Diz izokinetik kuvvet testine başlamadan önce katılımcılara bisiklette 5 dakika ısınma yaptırıldı. Alt ekstremitelerin her kas grubu için 15 saniyelik kısa bir pasif germe egzersizi uygulandı. Test, Humac NORM izokinetik dinamometre (CSMi, Stoughton, ABD) kullanılarak yapıldı. Isınma sonrasında katılımcılar dinamometreye oturtularak diz ve kalça 90°de sıkıca sabitlenmiş, diz açısı fleksiyonda 110°, ekstansiyonda 0° olacak şekilde oturma pozisyonuna getirildi. Bireylerin göğüs ve kalçaları istenmeyen hareketlerden kaçınmak için kemerlerle sabitlendi. 60°.s-1'de beş tekrar, 180°.s-1'de beş tekrar ve 300°.s-1'de 30 tekrar, her uygulama hızı arasında 30 s aralıklarla yapıldı. Protokolün tamamı sadece dominant ekstremitede gerçekleştirildi. Her testten önce ısınma için üç tekrar düşük dirençte test yapıldı (ön test). Diz ekstansörlerinin (kuadriseps femoris) ve diz fleksörlerinin (hamstrings) üç hızda zirve torku ölçüldü. Sporculara testi mümkün olan en yüksek kuvvet ve hızda yapmaları talimatı verildi ve testi uygularken sözel olarak teşvik edildiler (Berriel vd., 2022).

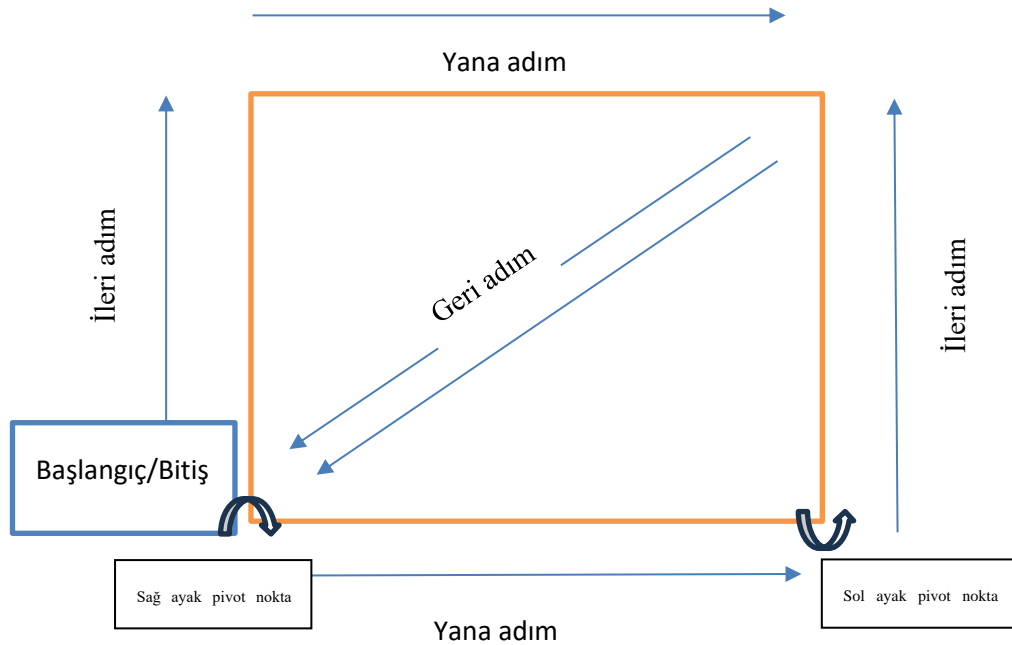


**Şekil 16.** İzokinetik test pozisyonlama **Şekil 17.** İzokinetik test değerlendirme

### **3.4.7. Yorgunluğun değerlendirilmesi**

Yorgunluk protokolünü uygulamadan önce bireylerin maksimum dikey sıçrama Fitjump sıçrama cihazında ölçüldü. Bireylerden ilk olarak ayakta ve hareketsiz bir şekilde duvarda dokunabildikleri en yüksek noktaya dokunmaları ve ardından üç dikey sıçrama yapmaları istendi. Sıçradıkları en büyük değer maksimum sıçrama yüksekliği olarak kaydedildi. Ayakta duruş pozisyonunda kaydedilen en yüksek değer ile dikey sıçrama arasındaki fark maksimum dikey sıçrama olarak kabul edildi. Ardından, her bireyin alt ekstremité uzunluğu (spina iliaca anterior süperior- medial malleol), hamle hareketinde iki bacak arasındaki mesafeyi belirlemek için kullanıldı. Yorgunluk protokolü, birey yorgunluğa ulaşana kadar birkaç tekrarlı döngüden oluşmaktaydı. Her döngü modifiye SEMO (Modified Southeast Missouri agility drill) çeviklik testinin, 10 sabit hamle ve 10 dikey sıçrama olmak üzere üç istasyondan oluşmaktaydı. İstasyonlar hızlı ve ardışık bir şekilde tamamlandı. İlk istasyon, modifiye SEMO çeviklik testi, bir dizi ileri koşu, çapraz geri adım alma ve yan adım almayı içeren 3,6×5,7 ölçüde dikdörtgen alanda gerçekleştirildi. Hemen ardından bireyler sağ bacakla beş kez ve sol bacakla beş kez öne adım atarak hamle istasyonuna başladılar. İki bacak arasındaki mesafe, kaydedilen alt uzuv uzunluğuna eşitti ve bu mesafe yerde bant parçalarıyla işaretlenerek başlangıç noktası ile hedef arasındaki mesafeyi gösterdi. Hamle istasyonunda sağ/sol bacak değişimi dakikada 30 vuruş sayılı (iki

saniye süreli) metronom tutularak gerçekleştirildi. Hamleler boyunca bireylerin elleri bellerinde, gövde dik pozisyonda ve ön bacağın kalça ve diz fleksiyonu  $90^\circ$  olarak, hareket bittikten sonra bacağı başlangıç noktasına döndürerek gerçekleştirildi. Üçüncü istasyonda bireyler, maksimum sıçrama yüksekliğinin %50'sine eşit olan 10 adet hızlı ve çift ayakla dikey sıçramaya başladılar ve ardından yine çift ayak üzerinde iniş yaptılar. Sıçrama esnasında duvara yakın durmaları ve kollarını başlarının üstünde duvara doğru tutmaları istendi (blok hareketine benzer). Bireyler yorgunluk protokolü boyunca sürekli olarak sözlü olarak teşvik edildiler. Sporcular yorgunluk protokolünün bir döngüsünü tamamladıktan sonra hemen ilk istasyona geri döndüler ve yorgunluğa ulaşılan kadar döngüyü tekrarladılar. Ayrıca, değerlendirmeye başlamadan önce katılımcıların yorgunluğunu belirtmek için bir döngü ön test gerçekleştirildi ve sporculardan protokolü maksimum güç ve yüksek yoğunlukla bir kez uygulamaları istendi ve elde edilen süre birey için temel zaman olarak kaydedildi. Her bir birey için sürenin temel süreye kıyasla %50 arttığı döngü yorgunluk noktası olarak kabul edildi (Shaw vd., 2008). Test sonrası adolesanlarda beklenen maksimum kalp atım hızı  $(208 - 0.7 \times \text{yaş})$  formülü ile hesaplandı (Tanaka vd., 2001). (Şekil 18.) (Z. Zhang & Zhang, 2023) yayınından modifiye edildi).



Şekil 18. Modifiye SEMO çeviklik testi sahası



Şekil 19. Yorgunluk testi SEMO



Şekil 20. Yorgunluk testi lunge



Şekil 21. Yorgunluk testi sıçrama

### 3.4.8. Periferik kas oksijenasyonunun değerlendirilmesi

Periferik kas oksijenasyonu kasın kılcal damarlarındaki bölgesel oksijen düzeyini kas oksijen monitörü (Train.red Fyer: Hollanda) ile değerlendirildi. Oksijenasyon ölçümleri ( $SmO_2$ ) yorgunluk testi ve kas kuvveti değerlendirilirken, test öncesi beş dk dinlenme durumundaki  $SmO_2$ , test sırasındaki minimum  $SmO_2$  ve test sonrası  $SmO_2$ 'nin sabitleştiği toparlanma sırasındaki düzey olarak kaydedildi (Farzam vd., 2018). Toparlanma süresi; test sonrası  $SmO_2$ 'nin dinlenme düzeyine ulaştığı ana kadar geçen süre olarak kaydedildi. Değerlendirmede kas oksijen doygunluğu ( $SmO_2$ ), doku satürasyon indeksi (TSI), oksihemoglobin ( $O_2Hb$ ), deoksihemoglobin (HHb) ve oksihemoglobin miktarı ile deoksihemoglobin miktarı arasındaki fark (HBDiff)'ın dinlenimdeki ve minimum düzeye ulaştığı veriler elde edildi (Barstow, 2019b; Grassi & Quaresima, 2016).

- $TSI = O_2Hb / (O_2Hb + HHb)$
- $SmO_2 = TSI / 100$

- $HBDiff = O_2Hb - HHb$



Şekil 22. Train.red Fryer cihazı



Şekil 23. Oksijenasyon ölçümü

### 3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Bu çalışmanın bağımsız değişkenleri; yaş, boy, kilo, deneyim yılı, oyun pozisyonu, dominant ekstremite ve bireylerin vücut kompozisyon değerleridir.

Çalışmanın bağımlı değişkenleri ise; testler sonucu elde ettiğimiz statik denge, dikey sıçrama, izokinetik tork, yorgunluk ve periferik kas oksijenasyon değerleridir.

### 3.6. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen veriler IBM SPSS Statistic (IBM, Armonk, NY, ABD) istatistik paket programı (Version 21.0) kullanılarak yapıldı. Sonuçlar normal dağılım gösteren verilerde ortalama±standart sapma ( $\bar{X} \pm SS$ ), minimum (min.) ve maksimum (maks.); normal dağılım göstermeyen verilerde medyan, minimum (min.) ve maksimum (maks.) olarak verildi. Verilerin normal dağılım gösterip göstermediği tek örneklem Kolmogorov- Smirnov Testi ile incelendi. Grup içi karşılaştırmalarında ise veriler normal dağılım göstermediğinden Wilcoxon eşleştirilmiş iki örnek testi kullanıldı. Veriler arası ilişki incelenirken normal dağılıma sahip veriler Pearson Korelasyon Analizi, normal dağılıma sahip olmayan veriler ise Spearman Korelasyon Analizi ile incelendi. Analizlerin tamamında  $p < 0,05$  istatistiksel düzeyde anlamlılık sınırı olarak belirlendi. Korelasyon katsayısı;  $r = 0,00-0,24$  ise zayıf,  $r = 0,25-0,49$  ise orta,  $r = 0,50-0,74$  ise güçlü olarak nitelendirildi (Aksakoğlu, 2006).

### **3.7. Araştırmanın Sınırlılıkları**

Bu çalışmada; çalışmaya sadece adolesan (12-18 yaş) ve kadın cinsiyette bireylerin dahil edildi. Ölçümler yalnızca baskın taraf ekstremiteden alındı. Çalışmamıza sadece adolesan yaş grubunda kadın voleybolcuların katılmış olması ve ölçümlerin bilateral olarak alınmamış olması sınırlılık oluşturabilir.



## 4. BULGULAR

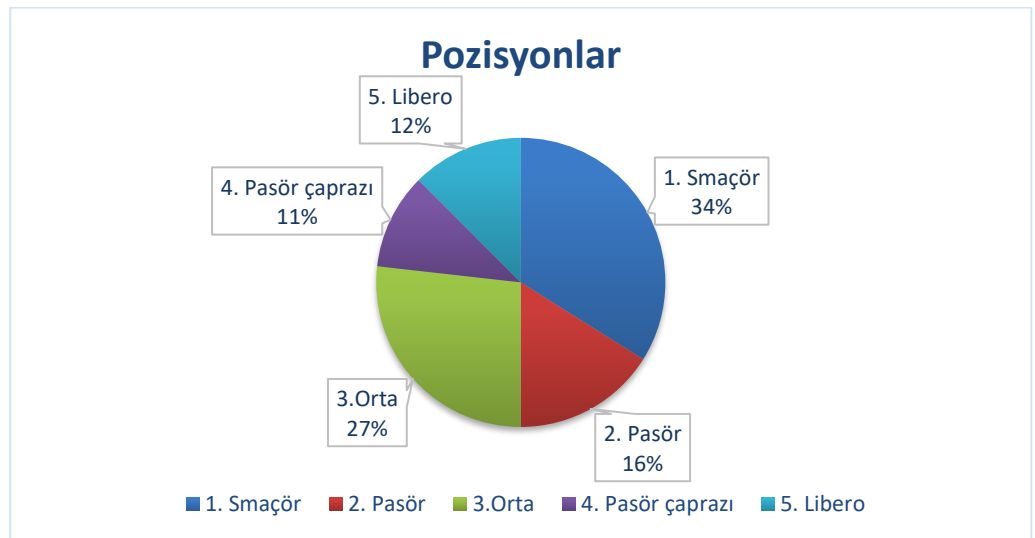
Araştırmaya yaşları 12-18 yıl arasında değişen, haftada ortalama  $3,77 \pm 1,07$  gün ve günde en az iki saat düzenli antrenman yapan, ortalama  $4,22 \pm 2,27$  yıl lisanslı olarak voleybol oynayan tamamı kız, toplam 56 adolesan voleybolcu gönüllü olarak dahil edildi. Voleybolcuların demografik bilgileri Tablo 4.1.'de gösterildi.

**Tablo 4.1.** Çalışmaya katılan voleybolcuların bazı demografik özellikleri

| Özellik                          | $\bar{X} \pm SS / \text{Medyan}$<br>n=56 | Min.- Maks. |
|----------------------------------|--|-------------|
| Yaş (yıl)                        | 13                                       | 12-18       |
| Boy (cm)                         | $166,63 \pm 6,95$                        | 154-184     |
| VKİ (kg/m <sup>2</sup> )         | 19,25                                    | 15,2-30,8   |
| Deneyim yılı (yıl)               | 4  | 1-12        |
| Haftalık antrenman sıklığı (gün) | 3  | 3-7         |

VKİ: Vücut kütle indeksi

Voleybolcuların oynadıkları pozisyonlara göre kişi sayısı ve oranları pasta grafiği üzerinde verildi (Şekil 24.).



**Şekil 24.** Voleybolcuların oynadıkları pozisyona göre kişi sayısı ve yüzdeleri

Bireylerin herhangi hastalığı ve düzenli olarak kullandığı bir ilaç yoktu. Bireylerin dominantlığını belirlemek için yapılan dinamik testlerin sonucunda n=53 sporcunun sağ alt ekstremitesi baskınken n=3 sporcunun ise sol alt ekstremitelerinin baskın olduğu bulundu. Bireylerin vücut kompozisyonları yönelik değerler Tablo 4.2.'de verildi.

**Tablo 4.2.** Bireylerin vücut kompozisyonu parametreleri

|                               | $\bar{X}\pm SS/\text{Medyan}$<br><b>n=56</b> | <b>Min.-Maks.</b> |
|-------------------------------|--|-------------------|
| <b>Boy (cm)</b>               | 166,63±6,95                                  | 154-184           |
| <b>Kilo (kg)</b>              | 54,63±9,19                                   | 39-83             |
| <b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b> | 19,25  | 15,2-30,8         |
| <b>Yağ yüzdesi (%)</b>        | 26,00±4,92                                   | 16,4-38,8         |
| <b>Yağ kütlesi (kg)</b>       | 14,57±5,02                                   | 6-32              |
| <b>Yağsız kütle (kg)</b>      | 39,10  | 32-51             |
| <b>Kas kütlesi (kg)</b>       | 37,05  | 31-8              |

VKİ: Vücut Kütle İndeksi

Bireylerin dikey sıçrama testleri sonuçları Tablo 4.3.' te verildi.

**Tablo 4.3.** Sporcuların maksimum sıçrama yükseklikleri ve uçuş süreleri

|                                | $\bar{X}\pm SS$ | <b>Min.-Maks.</b> |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| <b>DS<sub>maks.</sub> (cm)</b> | 31,17±5,18      | 20,00-43,54       |
| <b>Uçuş süresi (sn)</b>        | 482,98±45,72    | 377-587           |

DS<sub>maks.</sub>: Maksimum dikey sıçrama yüksekliği

Bireylerin maksimum dikey sıçrama yükseklikleri ( $DS_{maks.}$ ) ve uçuş süreleri ile boy, kilo, VKİ ve yağ yüzdesi değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında;  $DS_{maks.}$  ile VKİ arasında ( $r=-0,342$ ,  $p=0,010$ ) ve yağ yüzdesi arasında ( $r=-0,389$ ,  $p=0,003$ ); uçuş süresi ile VKİ arasında ( $r=-0,339$ ,  $p=0,011$ ) ve yağ yüzdesi arasında ( $r=-0,378$ ,  $p=0,004$ ) istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.4.).

**Tablo 4.4.** Dikey sıçrama verilerinin boy, kilo, VKİ ve yağ yüzdesi ile ilişkisi

| Özellikler                    | $DS_{maks.}$ (cm) |         | Uçuş süresi (sn) |         |
|-------------------------------|-------------------|---------|------------------|---------|
|                               | r                 | p       | r                | p       |
| <b>Boy (cm)</b>               | 0,172             | 0,206   | 0,148            | 0,278   |
| <b>Kilo (kg)</b>              | -0,231            | 0,087   | -0,238           | 0,078   |
| <b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b> | -0,342            | 0,010** | -0,339           | 0,011** |
| <b>Yağ yüzdesi (%)</b>        | -0,389            | 0,003*  | -0,378           | 0,004*  |

$DS_{maks.}$ : Maksimum dikey sıçrama yüksekliği; VKİ: Vücut kütle indeksi; \* $p<0,05$ : Pearson korelasyon testi; \*\* $p<0,05$ : Spearman korelasyon testi

Bireylerin statik dengelerine ait değerlerin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.5.'te verildi.

**Tablo 4.5.** Bireylerin tek ve çift ayak (sağ, sol) statik denge skoru değerleri

|                  | Medyan | Min.-Maks. |
|------------------|--------|------------|
| <b>Çift ayak</b> | 454    | 239-1200   |
| <b>Sağ ayak</b>  | 529,5  | 272-1865   |
| <b>Sol ayak</b>  | 554    | 273-1266   |

Bireylerin statik denge değerleri ile antropometrik değerleri (yaş, boy, kilo, VKİ) arasındaki ilişkiye bakıldığında çift ayak statik denge ile boy arasında ( $r=0,264$ ,  $p=0,49$ ), çift ayak statik denge ile kilo ( $r=0,468$ ,  $p=0,000$ ) ve VKİ arasında ( $r=0,447$ ,  $p=0,001$ ); sağ ayak statik denge ile kilo ( $r=0,402$ ,  $p=0,002$ ) ve VKİ ( $r=0,439$ ,  $p=0,001$ ); sol ayak statik denge ile kilo ( $r=0,485$ ,  $p=0,000$ ), ve VKİ ( $r=0,490$ ,  $p=0,000$ ) arasında; kas kütlesi ile tüm denge pozisyonları arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.6.).

**Tablo 4.6.** Statik denge ile yaş, boy, kilo ve VKİ arasındaki ilişki

|                               | Çift Ayak Statik Denge |         | Sağ Ayak Statik Denge |         | Sol Ayak Statik Denge |         |
|-------------------------------|------------------------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
|                               | r                      | p       | r                     | p       | r                     | p       |
| <b>Yaş (yıl)</b>              | -0,011                 | 0,939   | -0,169                | 0,214   | -0,074                | 0,587   |
| <b>Boy (cm)</b>               | 0,264                  | 0,049*  | 0,177                 | 0,191   | 0,211                 | 0,118   |
| <b>Kilo (kg)</b>              | 0,468                  | <0,001* | 0,402                 | 0,002*  | 0,485                 | <0,001* |
| <b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b> | 0,447                  | <0,001* | 0,439                 | <0,001* | 0,490                 | <0,001* |
| <b>Kas Kütlesi (kg)</b>       | 0,430                  | <0,001* | 0,379                 | 0,004*  | 0,422                 | <0,001* |

r: Spearman korelasyon katsayısı; \* $p<0,05$

Bireylerin yağ yüzdesi ve statik denge değerleri arasındaki ilişkiye bakıldı. İstatistiksel analizler yağ yüzdesi ve statik denge değerleri arasında anlamlı ilişki olduğunu gösterdi (Tablo 4.7.).

**Tablo 4.7.** Bireylerin yağ yüzdesi ve statik denge ilişkisi

|                  | Yağ Yüzdesi (%) |         |
|------------------|-----------------|---------|
|                  | r               | p       |
| <b>Çift ayak</b> | 0,457           | <0,001* |
| <b>Sağ ayak</b>  | 0,377           | 0,005*  |
| <b>Sol ayak</b>  | 0,433           | <0,001* |

r: Spearman korelasyon katsayısı; \* $p<0,05$

Çalışmaya dahil olan bireylerin izokinetik test değerleri Tablo 4.8.'de verildi.

**Tablo 4.8.** Voleybolcuların dominant izokinetik zirve tork değerleri

| Açısal Hız              | Konsantrik/Konsantrik<br>(Nm) | $\bar{X}\pm SS/$ Medyan | Min.-Maks. |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------|
| 60°/s                   | Q                             | 136,11±23,97            | 77-201     |
|                         | H                             | 80,11±13,44             | 57-107     |
|                         | H/Q                           | 59,57±8,61              | 43-88      |
| 180°/s                  | Q                             | 79,89 ±14,86            | 39-118     |
|                         | H                             | 58,00                   | 30-84      |
|                         | H/Q                           | 74,11±10,07             | 56-105     |
| 300°/s                  | Q                             | 58,00                   | 31-117     |
|                         | H                             | 47,48±9,38              | 26-72      |
|                         | H/Q                           | 82,47±13,38             | 48-117     |
| Dayanıklılık<br>Yüzdesi | Q                             | 73,0                    | 58-179     |
|                         | H                             | 84,5                    | 56-133     |

Q: Kuadriseps kas torku; H: Hamstring kası torku; H/Q: Hamstring/Quadriceps kuvvet oranı

Bireylerin dayanıklılık yüzdeleri ile oynadıkları pozisyon arasındaki ilişkiye bakıldı ve dayanıklılık yüzdeleri ile oynanan pozisyon arasında anlamlı istatistiksel ilişki bulunmadı ( $p>0,05$ ; Tablo 4.9.).

**Tablo 4.9.** Dayanıklılık yüzdeleri ve pozisyon arasındaki ilişki

|                    | Pozisyon |       |
|--------------------|----------|-------|
|                    | r        | p     |
| Q Dayanıklılık (%) | 0,044    | 0,749 |
| H Dayanıklılık (%) | -0,252   | 0,061 |

\* $p<0,05$ ; r: Spearman korelasyon katsayısı; Q: Kuadriceps; H: Hamstring

Değerlendirmeye alınan voleybolcuların dominant ekstremitte izokinetik zirve tork değerleri ile dikey sıçrama mesafeleri arasındaki ilişkiyi bakıldı.

Bireylerin dikey sıçrama yüksekliği ile 60 °/s açısız hızdaki Quadriceps kasına ait izokinetik zirve tork değeri (p=0,019) ve 300 °/s açısız hızdaki Quadriceps kası izokinetik zirve tork değeri (p=0,014) arasında anlamlı ilişki bulundu. Bireylerin dikey sıçrama yüksekliği ile 180°/s açısız hızda Quadriceps kası izokinetik zirve tork değeri, tüm açısız hızlarda Hamstring kası izokinetik zirve tork ve H/Q izokinetik zirve tork değerleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p>0,05; Tablo 4.10.).

**Tablo 4.10.** Voleybolcularda izokinetik zirve tork kuvveti ile sıçrama performansı arasındaki ilişki

| AÇISAL<br>HIZ | KONSANTRİK/KONSANTRİK<br>(Nm) | DS <sub>MAKS.</sub> |         |
|---------------|-------------------------------|---------------------|---------|
|               |                               | r                   | p       |
| 60°/s         | Q                             | 0,318               | 0,019*  |
|               | H                             | 0,156               | 0,260   |
|               | H/Q                           | -0,196              | 0,156   |
| 180°/s        | Q                             | 0,261               | 0,052   |
|               | H                             | 0,133               | 0,329   |
|               | H/Q                           | -0,164              | 0,232   |
| 300°/s        | Q                             | 0,326               | 0,014** |
|               | H                             | 0,151               | 0,267   |
|               | H/Q                           | -0,114              | 0,408   |

\*p<0.05: Pearson korelasyon testi; \*\*p<0.05: Spearman korelasyon testi; r: Korelasyon katsayısı; DS<sub>maks.</sub>: Maksimum dikey sıçrama yüksekliği Q: Kuadriceps zirve tork kuvveti; H: Hamstring zirve tork kuvveti; H/Q: Hamstring/Quadriceps zirve tork oranı

Bireylere uygulanan yorgunluk testi sonuçları Tablo 4.11’de gösterildi.

**Tablo 4.11.** Sporcuların yorgunluk testi sonuçları

|   | $\bar{X}\pm SS/\text{Medyan}$ | <b>Min.-Maks.</b> |
|---|-------------------------------|-------------------|
| <b>Deneme Test süresi (sn)</b>            | 44                            | 33-68             |
| <b>Toplam test süresi (dk)</b>            | 3,17                          | 0,51-12,25        |
| <b>Toparlanma süresi (dk)</b>             | 0,56                          | 0,00-2,40         |
| <b>KH<sub>dinlenim</sub> (atım/dk)</b>    | 109,70±16,11                  | 75-137            |
| <b>KH<sub>maks.</sub> (atım/dk)</b>       | 193                           | 155-207           |
| <b>KH<sub>toparlanma</sub> (atım/dk)</b>  | 163,50                        | 88-195            |
| <b>SmO<sub>2</sub>dinlenim</b>            | 68,00±4,30                    | 61-83             |
| <b>SmO<sub>2</sub>min.</b>                | 58,38±4,75                    | 48-68             |
| <b>HBDiff<sub>dinlenim</sub></b>          | 16,93±7,97                    | -5,02-47,53       |
| <b>O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub></b> | 54,33                         | 10,62-170,41      |
| <b>HHb<sub>dinlenim</sub></b>             | 38,15                         | 10,10-149,14      |
| <b>TSI<sub>dinlenim</sub></b>             | 66,96                         | 10,42-77,69       |
| <b>TSI<sub>min.</sub></b>                 | 56,65                         | 14,38-66,89       |
| <b>TSI<sub>maks.</sub></b>                | 71,31                         | 61,98-91,29       |
| <b>TSI<sub>ort.</sub></b>                 | 63,51±4,12                    | 55,28-76,40       |

KH: Kalp hızı; SmO<sub>2</sub>: Kas oksijen saturasyonu; HBDiff: Oksi ve deoksihemoglobin miktarları arasındaki fark; O<sub>2</sub>HB: Oksihemoglobin; HHb: Deoksihemoglobin; TSI: Doku saturasyon indeksi

Bireylerin yorgunluk testinde ulaştıkları ortalama maksimum kalp hızları  $190.96 \pm 5.29$  atım/dk' idi. Bireyler beklenen maksimum kalp hızı değerlerinin  $\%96,30 \pm 5.29$  atım/dk'ya ulaştılar.

Bireylerin test öncesi ve test sonrası ölçülen kalp hızları ve Borg değerleri karşılaştırıldığında test öncesi ve test sonrası değerleri istatistiksel olarak farklıydı (Tablo 4.12.).

**Tablo 4.12.** Bireylerin yorgunluk testi kalp hızları ve algılanan eforlarının karşılaştırılması

|  | Test Öncesi                      |                | Test Sonrası                     |                | Z          | p       |
|--|----------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|------------|---------|
|  | $\bar{X} \pm SS / \text{Medyan}$ | Min.-<br>Maks. | $\bar{X} \pm SS / \text{Medyan}$ | Min.-<br>Maks. |            |         |
| <b>Kalp hızı<br/>(atım/dk)</b>         | $109,70 \pm 16,11$               | 75-137         | 193                              | 155-207        | -<br>6,335 | <0,001* |
| <b>Yorgunluk<br/>(Borg: 0-<br/>10)</b> | 0                                | 0              | 7                                | 3-10           | -<br>5,406 | <0,001* |

Z: Wilcoxon testi,  $p < 0.05^*$

Bireylerin yorgunluk testi süreleri (ön test süresi-tam süre) ile dinlenim, maksimum ve toparlanma kalp hızları arasındaki ilişkiye bakıldığında; yorgunluk testi ön test süresi ile dinlenim kalp hızı arasında ( $r = -0,331$ ,  $p = 0,015$ ) ve yorgunluk testi tam süresi ile yorgunluk kalp hızı arasında ( $r = 0,345$ ,  $p = 0,011$ ) anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.13.).

**Tablo 4.13.** Kalp hızı ve yorgunluk testi süreleri ilişkisi

|  | Ön test süresi (sn) |        | Tam test süresi (dk) |        |
|--|---------------------|--------|----------------------|--------|
|  | r                   | p      | r                    | p      |
| <b>KH<sub>dinlenim</sub> (atım/dk)</b>   | -0,331              | 0,015* | -0,168               | 0,226  |
| <b>KH<sub>maks.</sub> (atım/dk)</b>      | -0,134              | 0,337  | 0,345                | 0,011* |
| <b>KH<sub>toparlanma</sub> (atım/dk)</b> | -0,207              | 0,142  | 0,198                | 0,159  |

p<0,05\*; KH: Kalp hızı

Bireylerin yorgunluk testi sırasındaki SmO<sub>2</sub> değerleri ve antropometrik değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde; minimum kas oksijen satürasyonu (SmO<sub>2min.</sub>) ile vücut ağırlığı (r=0,286, p=0,032), vücut kütle indeksi (r=0,281, p=0,036) ve yağ yüzdesi (r=0,315, p=0,019) arasında anlamlı ilişki bulundu. SmO<sub>2dinlenim</sub> ile antropometrik değerler arasında ilişki bulunmadı (p>0,05). TSI<sub>dinlenim</sub> ve antropometrik özellikler arasında da ilişki bulunmazken TSI<sub>min.</sub> ile vücut ağırlığı (r=0,372, p=0,006), yağ yüzdesi (r=0,280, p=0,042), yağsız vücut (r=0,360, p=0,008) ve kas kütlesi (r=0,355, p=0,009) arasında pozitif yönde anlamlı ilişki bulundu. O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub> ile boy (r=-0,343, p=0,011), kilo (r=-0,421, p=0,002), yağ yüzdesi (r=-0,361, p=0,008), yağsız vücut (r=-0,371, p=0,006) ve kas kütlesi (r=-0,366, p=0,006) arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulundu. HHb<sub>dinlenim</sub> ile boy (r=-0,361, p=0,007), kilo (r=-0,469, p<0,001), yağ yüzdesi (r=-0,382, p=0,005), yağsız vücut ağırlığı (r=-0,433, p<0,001) ve kas kütlesi (r=-0,426, p<0,001) arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.14.).

**Tablo 4.14.** Yorgunluk testi sırasındaki oksijenasyon değerleri ve antropometrik değerler arasındaki ilişki

|                               | <b>SmO<sub>2</sub>dinlenim</b> | <b>SmO<sub>2</sub>min.</b> | <b>TSl<sub>dinlenim</sub></b> | <b>TSl<sub>min.</sub></b> | <b>O<sub>2</sub>Hbdinlenim</b> | <b>HHbdinlenim</b> |
|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------|
|                               | <b>r/p</b>                     | <b>r/p</b>                 | <b>r/p</b>                    | <b>r/p</b>                | <b>r/p</b>                     | <b>r/p</b>         |
| <b>Boy (cm)</b>               | -0,064/0,641                   | 0,009/0,949                | 0,166/0,230                   | 0,234/0,089               | -0,343/0,011**                 | -0,361/0,007**     |
| <b>Kilo (kg)</b>              | -0,011/0,934                   | 0,286/0,032*               | 0,102/0,462                   | 0,372/0,006**             | -0,421/0,002**                 | -0,469/<0,001**    |
| <b>VKİ (kg/m<sup>2</sup>)</b> | -0,069/0,614                   | 0,281/0,036**              | -0,041/0,770                  | 0,215/0,118               | -0,255/0,063                   | -0,264/0,054       |
| <b>Yağ Yüzdesi (%)</b>        | -0,008/0,54                    | 0,315/0,019*               | 0,028/0,841                   | 0,280/0,042**             | -0,361/0,008**                 | -0,382/0,005**     |
| <b>Yağsız vücut (kg)</b>      | -0,038/0,772                   | 0,246/0,068                | 0,094/0,500                   | 0,360/0,008**             | -0,371/0,006**                 | -0,433/<0,001**    |
| <b>Kas kütlesi (kg)</b>       | -0,040/0,772                   | 0,246/0,068                | 0,089/0,521                   | 0,355/0,009**             | -0,366/0,006**                 | -0,426/<0,001**    |

\*p<0.05: Pearson korelasyon testi; \*\*p<0.05: Spearman korelasyon testi; r: Korelasyon katsayısı

Bireylerin yorgunluk testi sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerleri ile yaş ve deneyim yılları arasındaki ilişkiye bakıldığında  $O_2Hb_{dinlenim}$  ile deneyim yılı arasında ( $r=-0,278$ ,  $p=0,046$ ) ve  $HHb_{dinlenim}$  ile yaş arasında ( $r=-0,429$ ,  $p=0,001$ ) anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.15.)

**Tablo 4.15.** Bireylerin yorgunluk testi sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerleri ile yaş ve deneyim yılları arasındaki ilişki

|  | Yaş (yıl) |         | Deneyim yılı (yıl) |        |
|--|-----------|---------|--------------------|--------|
|  | r         | p       | r                  | p      |
| <b>SmO<sub>2</sub></b> <sub>dinlenim</sub> | 0,026     | 0,849   | -0,111             | 0,423  |
| <b>SmO<sub>2</sub></b> <sub>min.</sub>     | 0,015     | 0,915   | -0,020             | 0,884  |
| <b>HBDiff</b> <sub>dinlenim</sub>          | 0,094     | 0,498   | -0,184             | 0,192  |
| <b>O<sub>2</sub>Hb</b> <sub>dinlenim</sub> | -0,249    | 0,069   | -0,278             | 0,046* |
| <b>HHb</b> <sub>dinlenim</sub>             | -0,429    | <0,001* | -0,254             | 0,070  |
| <b>TSI</b> <sub>dinlenim</sub>             | 0,166     | 0,231   | -0,066             | 0,643  |
| <b>TSI</b> <sub>min.</sub>                 | 0,191     | 0,167   | 0,195              | 0,166  |
| <b>TSI</b> <sub>maks.</sub>                | -0,127    | 0,360   | -0,185             | 0,189  |
| <b>TSI</b> <sub>ort.</sub>                 | 0,011     | 0,937   | -0,086             | 0,542  |

\* $p<0,05$ : Spearman korelasyon testi; SmO<sub>2</sub>: Kas oksijen saturasyonu; HBDiff: Oksi ve deoksihemoglobin miktarları arasındaki fark; O<sub>2</sub>Hb: Oksihemoglobin; HHb: Deoksihemoglobin; TSI: Doku saturasyon indeksi

Bireylerin periferik kas oksijenasyon değerleri ile dikey sıçrama verileri arasındaki ilişkiye bakıldığında sadece  $O_2Hb_{dinlenim}$  ile  $DS_{maks.}$  arasında ( $r=0,274$ ,  $p=0,045$ ) anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.16.).

**Tablo 4.16.** Periferik kas oksijenasyon değerleri ile dikey sıçrama verileri arasındaki ilişki

|   | <b>DS<sub>maks.</sub> (cm)</b> |          | <b>Uçuş süresi (sn)</b> |          |
|---|--------------------------------|----------|-------------------------|----------|
|   | <b>r</b>                       | <b>p</b> | <b>r</b>                | <b>p</b> |
| <b>SmO<sub>2</sub>dinlenim</b>            | 0,166                          | 0,222    | 0,205                   | 0,129    |
| <b>SmO<sub>2</sub>min.</b>                | -0,018                         | 0,897    | -0,007                  | 0,956    |
| <b>HBDiff<sub>dinlenim</sub></b>          | 0,231                          | 0,092    | 0,242                   | 0,077    |
| <b>O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub></b> | 0,274                          | 0,045*   | 0,260                   | 0,058    |
| <b>HHb<sub>dinlenim</sub></b>             | 0,106                          | 0,445    | 0,078                   | 0,577    |
| <b>TSI<sub>dinlenim</sub></b>             | 0,054                          | 0,701    | 0,095                   | 0,492    |
| <b>TSI<sub>min.</sub></b>                 | -0,017                         | 0,903    | -0,031                  | 0,825    |
| <b>TSI<sub>maks.</sub></b>                | 0,214                          | 0,121    | 0,249                   | 0,070    |
| <b>TSI<sub>ort.</sub></b>                 | 0,052                          | 0,706    | 0,088                   | 0,527    |

\*p<0,05: Spearman korelasyon testi; DS<sub>maks.</sub>: Maksimum dikey sıçrama yüksekliği; SmO<sub>2</sub>: Kas oksijen satürasyonu; HBDiff: Oksi-deoksi hemoglobin miktarı farkı; O<sub>2</sub>Hb: Oksihemoglobin; HHb: Deoksihemoglobin; TSI: Doku satürasyon indeksi

Bireylerin periferik kas oksijenasyonu ve denge değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında çift ayak denge ile SmO<sub>2</sub>dinlenim arasında (r=-0,266, p=0,048), O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub> değerleri arasında (r=-0,274, p=0,045); sağ ayak denge ile HBDiff<sub>dinlenim</sub> arasında (r=-0,275, p=0,044); sol ayak denge ile O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub> değerleri arasında (r=-0,394, p=0,003) ve yine sol ayak denge ile HHb<sub>dinlenim</sub> değerleri arasında (r=-0,347, p=0,010) anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.17.).

**Tablo 4.17.** Periferik oksijenasyon ve denge değerleri arasındaki ilişki

|                                | Çift ayak denge |        | Sağ ayak denge |        | Sol ayak denge |        |
|--------------------------------|-----------------|--------|----------------|--------|----------------|--------|
|                                | r               | p      | r              | p      | r              | p      |
| <b>SmO<sub>2</sub>dinlenim</b> | -0,266          | 0,048* | -0,141         | 0,299  | 0,005          | 0,972  |
| <b>SmO<sub>2</sub>min.</b>     | 0,045           | 0,741  | 0,031          | 0,821  | 0,083          | 0,543  |
| <b>HBDdinlenim</b>             | -0,085          | 0,542  | -0,275         | 0,044* | -0,267         | 0,051  |
| <b>O<sub>2</sub>Hbdinlenim</b> | -0,274          | 0,045* | -0,255         | 0,063  | -0,394         | 0,003* |
| <b>HHbdinlenim</b>             | -0,220          | 0,110  | -0,102         | 0,464  | -0,347         | 0,010* |
| <b>TSDinlenim</b>              | -0,038          | 0,787  | 0,026          | 0,853  | -0,022         | 0,873  |
| <b>TSDmin.</b>                 | 0,070           | 0,614  | 0,025          | 0,856  | 0,120          | 0,386  |
| <b>TSDmaks.</b>                | -0,182          | 0,189  | -0,029         | 0,833  | -0,079         | 0,572  |
| <b>TSDort.</b>                 | -0,106          | 0,445  | -0,012         | 0,933  | 0,075          | 0,588  |

\*p<0,05: Spearman korelasyon testi; SmO<sub>2</sub>: Kas oksijen satürasyonu; HBDiff: Oksi-deoksi hemoglobin miktarı farkı; O<sub>2</sub>HB: Oksihemoglobin; HHb: Deoksihemoglobin; TSI: Doku satürasyon indeksi

Bireylerin izokinetik test değerleri ile izokinetik test sırasında alınan periferik kas oksijenasyon değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında H dayanıklılık ile 60°/s açısal hızdaki kas oksijenasyon değerleri arasında sırasıyla (SmO<sub>2</sub>dinlenim60°/s, SmO<sub>2</sub>min.60°/s) [(r= -0,329, p=0,015); (r= -0,281, p=0,039)]; 60°/s açısal hızdaki H zirve torku ile 300°/s ΔSmO<sub>2</sub> arasında (r=-0,317, p=0,021); 300°/s açısal hızdaki H/Q oranı ile 180°/s ΔSmO<sub>2</sub> ve 300°/s ΔSmO<sub>2</sub> arasında sırasıyla [(r=-0,349, p=0,009); (r=-0,373, p=0,005)] negatif yönde, orta düzeyde anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.18.).

**Tablo 4.18.** İzokinetik test değerleri ile izokinetik test sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerlerinin ilişkisi

|        |     | 60°/s SmO <sub>2</sub> |                |                  | 180°/s SmO <sub>2</sub> |                |                 | 300°/s SmO <sub>2</sub> |                |                  |
|--------|-----|------------------------|----------------|------------------|-------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|----------------|------------------|
|        |     | Dinlenim               | Min.           | Δ                | Dinlenim                | Min.           | Δ               | Dinlenim                | Min.           | Δ                |
|        |     | r/p                    | r/p            | r/p              | r/p                     | r/p            | r/p             | r/p                     | r/p            | r/p              |
| 60°/s  | Q   | 0,069<br>0,621         | 0,194<br>0,160 | -0,212<br>0,124  | 0,148<br>0,286          | 0,142<br>0,306 | -0,045<br>0,746 | 0,105<br>0,456          | 0,141<br>0,314 | -0,174<br>0,212  |
|        | H   | -0,027<br>0,847        | 0,095<br>0,157 | -0,378<br>0,005* | 0,085<br>0,542          | 0,167<br>0,226 | -0,182<br>0,187 | 0,035<br>0,802          | 0,131<br>0,351 | -0,317<br>0,021* |
|        | H/Q | -0,065<br>0,639        | 0,082<br>0,555 | -0,207<br>0,133  | 0,002<br>0,987          | 0,088<br>0,527 | -0,117<br>0,401 | -0,013<br>0,927         | 0,044<br>0,753 | -0,121<br>0,387  |
| 180°/s | Q   | 0,001<br>0,997         | 0,171<br>0,217 | -0,245<br>0,074  | 0,039<br>0,777          | 0,048<br>0,728 | -0,029<br>0,833 | -0,015<br>0,911         | 0,071<br>0,608 | -0,185<br>0,175  |
|        | H   | 0,025<br>0,856         | 0,206<br>0,135 | -0,239<br>0,082  | 0,080<br>0,560          | 0,090<br>0,508 | -0,030<br>0,824 | 0,030<br>0,827          | 0,115<br>0,404 | -0,215<br>0,115  |
|        | H/Q | 0,144<br>0,304         | 0,135<br>0,337 | 0,011<br>0,939   | 0,147<br>0,283          | 0,127<br>0,357 | 0,018<br>0,896  | 0,167<br>0,224          | 0,151<br>0,271 | -0,012<br>0,929  |

\*p<0,05: Spearman korelasyon testi; r: Korelasyon katsayısı; Δ: Fark; Q: Kuadriceps zirve tork kuvveti; H: Hamstring zirve tork kuvveti; H/Q: Hamstring/Quadriceps zirve tork oranı

**Tablo 4.18.** İzokinetik test değerleri ile izokinetik test sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerlerinin ilişkisi (Devam Ediyor)

|                     |            | 60°/s SmO <sub>2</sub> |        |        | 180°/s SmO <sub>2</sub> |        |        | 300°/s SmO <sub>2</sub> |        |        |
|---------------------|------------|------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
|                     |            | Dinlenim               | Min.   | Δ      | Dinlenim                | Min.   | Δ      | Dinlenim                | Min.   | Δ      |
|                     |            | r/p                    | r/p    | r/p    | r/p                     | r/p    | r/p    | r/p                     | r/p    | r/p    |
| <b>300°/s</b>       | <b>Q</b>   | 0,133                  | 0,204  | -0,080 | 0,201                   | 0,094  | 0,152  | 0,172                   | 0,115  | 0,048  |
|                     |            | 0,336                  | 0,139  | 0,565  | 0,137                   | 0,492  | 0,263  | 0,210                   | 0,402  | 0,725  |
|                     | <b>H</b>   | 0,039                  | 0,241  | -0,259 | 0,132                   | 0,171  | -0,131 | 0,101                   | 0,189  | -0,241 |
|                     |            | 0,782                  | 0,079  | 0,058  | 0,331                   | 0,208  | 0,336  | 0,461                   | 0,166  | 0,077  |
|                     | <b>H/Q</b> | 0,022                  | 0,207  | -0,253 | 0,060                   | 0,237  | -0,349 | 0,069                   | 0,240  | -0,373 |
|                     |            | 0,878                  | 0,136  | 0,067  | 0,666                   | 0,082  | 0,009* | 0,618                   | 0,078  | 0,005* |
| <b>Dayanıklılık</b> | <b>Q</b>   | -0,171                 | -0,105 | -0,058 | -0,095                  | 0,041  | -0,131 | -0,108                  | -0,075 | -0,065 |
|                     |            | 0,216                  | 0,452  | 0,679  | 0,486                   | 0,764  | 0,336  | 0,433                   | 0,584  | 0,638  |
|                     | <b>H</b>   | -0,329                 | -0,281 | -0,052 | -0,204                  | -0,146 | 0,030  | -0,154                  | -0,235 | 0,155  |
|                     |            | 0,015*                 | 0,039* | 0,711  | 0,132                   | 0,282  | 0,827  | 0,261                   | 0,084  | 0,258  |

\*p<0,05: Spearman korelasyon testi; r: Korelasyon katsayısı; Δ: Fark; Q: Kuadriceps zirve tork kuvveti; H: Hamstring zirve tork kuvveti; H/Q: Hamstring/Quadriceps zirve tork oranı

Bireylerin ortalama kas kütlesi (kg) ile izokinetik test sırasında alınan periferik kas oksijenasyon değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında; tüm açışal hızlardaki  $\Delta\text{SmO}_2$  değerleri ile arasında sırasıyla [( $r=-0,386$ ,  $p=0,004$ ), ( $r=-0,263$ ,  $p=0,050$ ), ( $r=-0,353$ ,  $p=0,008$ )] negatif yönde anlamlı ilişki bulundu (Tablo 4.19.).

**Tablo 4.19.** Kas kütlesi ve izokinetik test sırasındaki periferik kas oksijenasyon değerlerinin ilişkisi

|                         | 60°/s $\text{SmO}_2$ |       |          | 180°/s $\text{SmO}_2$ |       |          | 300°/s $\text{SmO}_2$ |       |          |
|-------------------------|----------------------|-------|----------|-----------------------|-------|----------|-----------------------|-------|----------|
|                         | Dinlenim             | Min.  | $\Delta$ | Dinlenim              | Min.  | $\Delta$ | Dinlenim              | Min.  | $\Delta$ |
|                         | r/p                  | r/p   | r/p      | r/p                   | r/p   | r/p      | r/p                   | r/p   | r/p      |
| <b>Kas kütlesi (kg)</b> | -0,053               | 0,198 | -0,386   | -0,041                | 0,102 | -0,263   | -0,067                | 0,110 | -0,353   |
|                         | 0,703                | 0,151 | 0,004*   | 0,764                 | 0,453 | 0,050*   | 0,629                 | 0,426 | 0,008    |

\* $p<(0,05)$ ; r:Korelasyon katsayısı;  $\Delta$ : Fark

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmada adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu, fiziksel performans parametreleri ve yorgunluk düzeyi arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla alt ekstremitelerde dominantlığı, vücut kompozisyonu, statik denge, sıçrama yeteneği, izokinetik kuvvet, yorgunluk performansı ve periferik kas oksijenasyonu değerlendirildi.

Voleybolda sıçrama yeteneği performansın değerlendirilmesinde önemli bir parametredir (Acar & Eler, 2019). Sporcularda sıçramayı değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Voleybolcuların vücut kompozisyonlarının sıçramayla ilişkisine bakılan çalışmalarda özellikle adolesan kız ve/veya kadın voleybolcularla yapılan çalışmalara baktığımızda; bireylerin VKİ ve vücut yağ oranları ile sıçrama testi değerleri arasında negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur (Akdoğan & Güven, 2021; Karadağ vd., 2024; Piucco vd., 2009; Theo Nikolaidis, 2013). Yaptığımız çalışma da literatürle benzerlik göstererek VKİ ve vücut yağ yüzdesi ile sıçrama performansı arasında negatif anlamlı ilişki vardı. Bu da artan yağ yüzdesinin sıçrama performansını kötü etkilediğini göstermektedir. Piucco ve arkadaşları yağ yüzdesi arttıkça kötüleşen sıçrama performansı sonucunda inişler sırasındaki darbe değerlerinin artıp alt ekstremitelerde yaralanmalarını artırabileceğini belirtmişlerdir (Piucco vd., 2009).

Denge, sporcunun oyun esnasında pozisyonunu sağlayabilmesi ve devam ettirebilmesi için önemli fiziksel uygunluk parametrelerinden birisidir. Statik dengenin sinir sisteminin gelişimine bağlı olarak 17 yaşından sonra en yüksek seviyeye ulaştığı bilinmektedir (Rudarlı Nalçakan, 2022). Literatürde voleybolcuların antropometrik özellikleri ve statik dengelerine ilişkin değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalara baktığımızda birbiriyle farklı sonuçlar bulunmaktadır. Tabrizi ve arkadaşlarının farklı takım sporlarında (hentbol, basketbol, futsal ve voleybol) oynayan sporcularla yaptığı çalışmada, sporcuların statik dengesi ile boy ve VKİ'leri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (Tabrizi vd., 2013). Aynı şekilde Dilican ve arkadaşları çalışmaya aldıkları voleybolcuların antropometrik özellikleri ve denge performansları arasında anlamlı bir ilişki olmadığını fakat bu durumun çeşitli metotlarla tekrar incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Dilican vd., 2022). Şimşek ve Arslan'ın yaptıkları çalışmayı incelediğimizde farklı dallardaki sporcularda denge değerlendirilmiş olup statik denge ve vücut ağırlığı arasında sadece erkek katılımcılarda anlamlı ilişki

bulurken statik denge ile artan vücut ağırlığı ve VKİ'nin pozitif olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Vücut ağırlığı ve VKİ'si yüksek olan bireylerin denge değerlerinin daha iyi olduğu fakat dengelerini kaybettiklerinde toparlamalarının güç olduğu belirtilmiştir (Şimşek & Arslan, 2019). Sarılioğlu'nun yaptığı çalışmada voleybolcuların vücut ağırlıkları ve VKİ'lerinin denge performansı ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur (Sarılioğlu, 2019). Aktan ve Kutlay da sedanter genç-erişkinlerle yaptıkları çalışmada VKİ ve statik denge arasında negatif anlamlı ilişki bulmuş ve bunun fazla ağırlığın vücutta daha fazla basınç oluşturarak dengeyi zorlaştırmasından kaynaklanabileceğini düşünmüşlerdir (Aktan & Kutlay, 2022). Çalışmamızdaki voleybolcularımızın değerlendirme sonuçların incelendiğinde; Sarılioğlu ve Aktan'ın çalışma bulgularıyla uyumlu olarak; vücut ağırlığı ve VKİ arttıkça denge becerileri azalmaktaydı (Sarılioğlu, 2019), (Aktan & Kutlay, 2022). Mohammed ve arkadaşları denge performansındaki bu kötüleşen durumun artan VKİ oranları ve vücut yağının abdominal bölgedeki hareket kabiliyetini etkileyerek postüral kontrolün sağlanamamasından kaynaklandığını bildirmişlerdir (Mohammed vd., 2016). Yaptığımız çalışmada buna ek olarak çift ayak denge pozisyonunda artan boy uzunluğunun dengeyi olumsuz yönde etkilediği görüldü. Bu durum kişinin artan boy uzunluğu ile birlikte ağırlık merkezinin yüksekliğinin de artması ve denge tabanı ile olan mesafenin artmasından kaynaklanabilir (Knudson, 2021).

Voleybolcularda kas kuvvetini ve dayanıklılığını belirlenebilmesinde izokinetik tork kullanılmaktadır (Akarçeşme & Aktuğ, 2018). Daha önce birçok çalışmada farklı açısal hızlarda farklı değerlendirme yöntemleri kullanılarak izokinetik kuvvet değerlendirmeleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda zirve tork değerlerinin yaşa, cinsiyete ve bakılan açısal hızlara göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir (Akarçeşme & Aktuğ, 2018; Berriel vd., 2022; Soylu vd., 2020; Yenigün vd., 2008). Sağlıklı bireylerde yapılan bir çalışmada konsantrik zirve tork testi sırasında H/Q oranının seçilen hıza bağlı olarak 0,5 ile 0,8 arasında değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Calmels vd., 1997). Yapılan bir başka çalışmada da açısal hız arttıkça H/Q oranının arttığı bulunmuştur (Çelebi vd., 2018). Bizim çalışmamızda literatürle uyumlu olarak H/Q oranları 60°/s, 180°/s ve 300°/s açısal hızlarda sırasıyla 59,57±8,61; 74,11±10,07 ve 82,47±13,38 olarak bulundu. Wilkosz ve arkadaşlarının, elit erkek voleybolcuların 60°/s, 180°/s ve 300°/s açısal hızlarda zirve torklarını değerlendirdiği çalışma sonucunda diz ekstansörlerinin artan açısal hıza cevabı düşük kasılma hızı olarak

bulunmuştur (Wilkosz vd., 2021). Bu sonuç açısal hız arttıkça ekstansör zirve torkun azaldığı anlamına gelmektedir ve çalışmamızda da aynı sonuca varılmıştır.

Voleybolda performansı geliştirmenin temelinde daha fazla güç üretimi yatmaktadır (Oldenburg, 2015). Etkili performans elde edebilmek için hem maç hem de antrenmanlar sırasında dikey sıçramalar gibi güç gerektiren becerilerin iyi olması gerekir. Bundan dolayı dizin izokinetik test değerlendirmelerinin sıçrama performansını belirleme açısından önemli olabileceği vurgulanmıştır (Berriel vd., 2022). İzokinetik tork ve dikey sıçrama değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında; Tveter ve Holm, 7-12 yaşlarındaki çocuklarda 60 °/s ve 240 °/s açısal hızlarda sıçrama yüksekliği ile Quadriceps ve Hamstring kas kuvvetleri arasında güçlü bir ilişki olduğunu bulmuştur (Tveter & Holm, 2010). Soylu ve arkadaşları 60 °/sn ve 180 °/sn açısal hızlarda H, Q ve H/Q değerleri ile dikey sıçrama yükseklikleri arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır (Soylu vd., 2020). Bizim çalışmamızda ise sadece 60°/sn ve 300°/sn açısal hızlarda Quadriceps izokinetik zirve tork değeri ile dikey sıçramanın arasında anlamlı ilişki bulundu. (Schons vd., 2018). Sıçrama yüksekliği ve torkun fazla olması iyi derecede kuvvet ve hız üretimi olduğunu göstermektedir (Dal Pupo vd., 2012). İzokinetik testteki yüksek açısal hızlarda oyuncuların sıçrama esnasındaki benzer kuvvetleri açığa çıkarmasını sağladığı ve yüksek açısal hız ile sıçrama ilişkisinin bu şekilde açıklanabileceği düşünülmektedir (Schons vd., 2018). Her sıçrama tipinde kullanılan kasılma şeklinin farklı olmasına ek olarak izokinetik testlerde kullanılan kasılma türleri ve değerlendirilen kasa göre izokinetik tork ve sıçrama performansı arasındaki ilişkiler değişiklik gösterebilir (Schons vd., 2018). Yapılan araştırmalar sporcuların oyun pozisyonlarına göre kuvvet ve sıçrama performanslarında değişiklikler olabileceğini göstermektedir (Marques vd., 2009). Ayuso ve arkadaşlarının elit kadın voleybolcularda yaptıkları çalışmada farklı pozisyonlarda oynayan sporcuların dikey sıçrama yükseklikleri karşılaştırılmış ve pasör ve smaçörlerin liberolara göre daha yüksek performansa sahip oldukları bulunmuş (Mielgo-Ayuso vd., 2015). Pocek ve arkadaşları 19 yaş altı kadın voleybolcularla yaptıkları çalışmada sıçrama performansına dair en iyi sonucun smaçörlere, en kötü sonucun ise liberolara ait olduğunu bildirmişlerdir (Poczek vd., 2021). Paz ve arkadaşlarının genç, kadın voleybolcularla yaptığı çalışmayı incelediğimizde; sporcuların dikey sıçrama performanslarında ve pik torklarında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Paz vd., 2017). Biz çalışmamızda oyuncuların pozisyonlarına göre

izokinetik dayanıklılıklarına baktığımızda ise ikisi arasında anlamlı bir ilişki bulamadık. Voleybolda ileri düzey sporcular her ne kadar belli pozisyonlarda uzmanlaşsa da voleybolun sürekli pozisyonların değişimini gerektiren yapısından kaynaklı alt yapıda, gelişim düzeyindeki çocuk ve gençler için bu aynı olmayabilir. (Rudarlı Naçakan, 2022). Çalışmamızın adolesan grupta olmasından dolayı pozisyonlara göre ilişki bulunmamış olabilir.

Antrenman ve maçlar sırasında kasların etkinliği sonucu oksijen talebi artarak kalbin daha fazla kan pompalamasına neden olmaktadır (Kalkan & Pelvan, 2023). Bu da bireylerin kalp atım hızlarını artırır. Magalhaes ve arkadaşları sporcudan sporcuya farklılık gösterse de oyuncuların maç esnasında maksimal kalp hızlarının %75'inde performans sergilediklerini belirtmişlerdir (Magalhaes ve ark.,2011). Akarçeşme ve arkadaşları ise yaşça büyük kadın voleybolcularda yaptıkları çalışmada sporcuların tamamının kalp atım hızının maçın yarısından daha uzun süre %50-60 oranında olduğunu ve maksimum kalp hızlarının %50'sinden düşük olduğunu bulmuşlardır (Akarçeşme vd., 2022). Yorgunluk, kasların kuvvet ve güç üretme seviyesinin düştüğü durumu ifade etmektedir (Tüzün, 2019). Voleybol, yüksek yoğunluklu hareketler içeren bir spor türüdür (Maughan & Shirreffs, 2017). Özellikle oyun içerisinde fazla miktarda hızlanma ve sıçrama hareketleri barındırması yorgunluğu etkilemektedir (Pawlik & Mroczek, 2022). Voleybolda dikey sıçrama ve zirve torkun nöromusküler yorgunluğun değerlendirilmesinde sıkça kullanılan performans parametreleri olduğu bilinmektedir (Rebelo vd., 2024). Bunun yanı sıra yorgunluğun değerlendirilmesinde maksimum çaba testlerinin kullanılması yorgunluğa daha hızlı sebep olmasından dolayı tercih edilir (Jayalath vd., 2018). Bunun etkinliğini incelemek için çalışmamızda bireylere uygulanan yorgunluk testi sonucunda bireylerin ortalama maksimum kalp hızları  $190,96 \pm 5.29$  atım/dk bulunarak bireylerin beklenen maksimum kalp hızı değerlerinin  $\%96,30 \pm 5.29$ 'una ulaştıkları bulundu. Ayrıca Rebelo ve arkadaşları yaptıkları derlemede elit voleybolcularda yapılan çalışmaları inceleyerek voleybolcuların algılanan efor değerlerinin yorgunluk değerlendirilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Rebelo, Pereira, Martinho, vd., 2023). Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz değerler sonucunda bireylerin yorgunluk testi öncesi ve sonrası kalp hızları ve algılanan efor değerleri istatistiksel olarak farklılık gösterdi. Bu farklılık antrenman yoğunluğunun belirlenmesinde kullanılmaktadır (Şenel vd., 2005.)

Kas oksijen doygunluğu kasların oksijen kullanımındaki verimi göstererek antrenman yoğunluğu ve sporcu performansının değerlendirmesinde kullanılan bir ölçüttür (Negara vd., 2024). Son yıllarda SmO<sub>2</sub> ölçümlerinin anlık sonuçlarına ulaşabilmek adına kolaylık sağlayan yakın kızılötesi spektroskopi (NIRS) cihazları ile değerlendirmeler artmıştır (Perrey vd., 2024). Literatürde spor biliminde kas oksimetresine dair yapılan bir sistematik incelemede NIRS'ın iskelet kaslarının performans ve yorgunluklarının değerlendirmesinde avantaj ve kolaylık sağladığını belirtilmiştir (Perrey & Ferrari, 2018).

NIRS kullanılarak çeşitli spor dallarında kas oksijenasyonunun değerlendirildiği pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak literatür incelendiğinde voleybolcularda çeviklik ve dikey sıçramayı içeren yorgunluk testi beraberinde periferik kas oksijenasyonunu inceleyen bir çalışmaya rastlanmadı. Yılmaz ve Seren'in adolesanlarda yaptığı çalışmada bireylerin vücut ağırlıkları ve SmO<sub>2</sub> verileri arasında pozitif anlamlı ilişki bulunurken total hemoglobin (THb) değerleri ile vücut ağırlığı, VKİ ve vücut yağı arasında negatif anlamlı ilişki bulmuşlardır (Yılmaz & Seren, 2023). Bizim çalışmamızda bireylerin SmO<sub>2</sub> değerleri ve antropometrik değerler arasındaki ilişki incelendiğinde; vücut ağırlığı ile SmO<sub>2min.</sub> arasında, VKİ ile SmO<sub>2min.</sub> arasında ve yağ yüzdesi ile SmO<sub>2min.</sub> arasında pozitif yönde, anlamlı ilişki bulunurken TSI<sub>min.</sub> ile boy ve VKİ arasında ilişki bulunmadı. Ancak TSI<sub>min.</sub> ile vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut ve kas kütlesi arasında pozitif ilişki vardı. Ayrıca O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub> ve HHb<sub>dinlenim</sub> ile boy, kilo, yağ yüzdesi, yağsız vücut ve kas kütlesi arasında negatif yönde anlamlı ilişki bulundu. Bu durum, vücuttaki yağ miktarının ve kas kütlelerinin oksijen saturasyonunu etkileyebileceğini ve daha fazla yağ dokusu olan bireylerin doku oksijenlenmesinin daha düşük olabileceğini gösterebilir. Bulguların bu yönde olması kas ile cilt yüzeyi arasındaki mesafenin fazla olmasından kaynaklanabilir. Yüksek yağ dokusu oksijen emilim miktarının daha düşük ölçülmesine neden olabilir (Calcaterra vd., 2024)

Çalışmamızda oksijenasyon değerleri ile yaş ve deneyim yılları arasındaki ilişkiye bakıldığında O<sub>2</sub>Hb<sub>dinlenim</sub> ile deneyim yılı arasında ve HHb<sub>dinlenim</sub> ile yaş arasında orta düzeyde negatif anlamlı ilişki bulundu. Bu sonuçlar; voleybolcuların deneyim yıllarının yaşları ile doğru orantılı olmamasından, ayrıca adolesan bireylerin hızlı fiziksel ve deneysel gelişimlerinden kaynaklı olarak kanın oksijen taşıma

kapasitesinin artarak daha etkin hale gelmesinden kaynaklanmaktadır (Steiner vd., 2019; Ulrich vd., 2011).

Oksijenasyon değerleri ve dikey sıçrama ilişkisine baktığımızda; Buchheit yaptığı çalışmada yapılan her sıçramadan sonra vastus lateralis için metabolik talebin arttığını bulmuştur (Buchheit, 2010). Vasquez-Bonilla ve arkadaşlarının futbolcularda yaptığı çalışmada dinlenme  $SmO_2$  ve test sonrası  $SmO_2$  ile dominant bacak sıçrama gücü arasında negatif ilişki olduğunu gözlemlemişler ve dinlenme  $SmO_2$  düzeyinin sporcuların performans metabolizması ve kas gücünün belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Vasquez-Bonilla vd., 2021). Bizim çalışmamızda Vasquez- Bonilla ve ark. bulgularından farklı olarak;  $SmO_{2\text{dinlenme}}$  ve  $SmO_{2\text{min.}}$  ile dikey sıçrama yüksekliği arasında anlamlı ilişki bulunmazken  $O_2Hb_{\text{dinlenme}}$  ile  $DS_{\text{maks.}}$  pozitif olarak ilişkiliydi. Kas içerisinde  $O_2Hb_{\text{dinlenme}}$  değerlerinin yüksek olması kasların oksijen düzeyini artırarak performans gösterme kapasitesini olumlu yönde etkilemiş olabilir.

Statik dengenin motor performans yorgunluğundan etkilendiği bilinmektedir (Gioftsidou vd., 2006). Bielitzki ve arkadaşları genç sağlıklı yetişkinlerde kan akışı kısıtlamasına ek denge egzersizlerinde motor performans yorgunluğu ve akut fizyolojik etkilere bakmışlar ve denge salınımlarında fark yokken  $\Delta SmO_2$ 'de azalma ve  $\Delta tHb$ 'de artış bulmuşlardır. Bunun sonucunda denge performansının kan akışı kısıtlaması ve kas aktivitesi sırasındaki  $SmO_2$  değişimlerinden etkilenmediği kanısına varılmıştır (Bielitzki vd., 2024). Bizim çalışmamızda statik denge ile oksijenasyon değerleri arasında ilişkiye baktığımızda; çift ve sol ayak statik denge pozisyonları ile  $O_2Hb_{\text{dinlenme}}$  arasında negatif yönde ilişki bulundu. Sağ ayak statik denge pozisyonu ile  $HBDiff_{\text{dinlenme}}$  arasında negatif yönde ilişki bulundu. Bulunan bu ilişki kasın oksijenasyon düzeyi arttıkça statik denge düzeyi artar şeklinde yorumlanabilir. Yapılan diğer çalışmalarda bulunabilecek farklı sonuçların dengenin bakıldığı zeminin ve statik denge pozisyonunun (çift ayak-tek ayak) farklılığından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Bielitzki vd., 2024).

İzokinetik test değerleri ve kas oksijen satürasyonu arasındaki ilişkiye bakıldığında; Vasquez-Bonilla ve arkadaşları ragbi oyuncularında 120°/s ve 180°/s açısız hızlarda dominant olan ve olmayan alt ekstremitelerin değerlendirildiği izokinetik test sırasında  $SmO_2$ 'yi inceledikleri çalışmada dominant bacağın ekstansör kaslarına ait ortalama tepe tork değerini ve  $\Delta SmO_2$  değerini daha yüksek bulmuştur

(Vasquez-Bonilla vd., 2023). Biz çalışmamızda yalnızca dominant ekstremiteyi değerlendirdik ve 60°/s, 180°/s ve 300°/s açısal hızlarda ölçtüğümüz zirve tork değerleri ile aynı zamanda ölçtüğümüz  $SmO_{2\text{dinlenim}}$ ,  $SmO_{2\text{min.}}$  ve  $\Delta SmO_2$  değerleri arasındaki ilişkiyi inceledik. Sonuç olarak H dayanıklılık ile dinlenim ve 60°/s açısal hızdaki minimum kas oksijenasyon değerleri arasında, 60°/s açısal hızdaki H zirve torku ile 300°/s  $\Delta SmO_2$  arasında ve 300°/s açısal hızdaki H/Q oranı ile 180°/s  $\Delta SmO_2$  ve 300°/s  $\Delta SmO_2$  arasında negatif yönde, düşük derecede ilişki bulundu. Kasın oksijenasyon değişiminin az olması kasın kuvvet oluşturabilme yeteneğini etkilemektedir.

Son olarak kas kütlesi (kg) ve kas oksijenasyonu hakkında Vasquez-Bonilla ve arkadaşları kas kütlesi daha büyük olan sporcuların  $SmO_2$ 'yi daha çabuk kullanarak anaerobik test sırasında fosfokreatin substratı yöntemini kullanarak maksimum gücün daha fazla kullanılabilmesini belirtmişlerdir (Vasquez-Bonilla vd., 2023). Bizim değerlendirmelerimiz sonucunda ise kas kütlesi ile 60°/s, 180°/s ve 300°/s açısal hızlardaki  $\Delta SmO_2$  değerleri arasında istatistiksel olarak negatif anlamlı ilişki bulundu. Yani kas kütlesi arttıkça  $SmO_2$  farkı azalmaktadır. Bu durum, kas kütlesi daha fazla olan bireylerde kasların oksijen kullanımının daha verimli olabileceğini gösterebilir (Vasquez-Bonilla vd., 2023).

Bildiğimiz kadarıyla voleybolcularda fiziksel performans parametreleri ile periferik kas oksijenasyonunu değerlendiren ilk çalışma olan araştırmamızın bulguları adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonu düzeyinin fiziksel performans parametreleri ve yorgunluk düzeyi ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adolesan voleybolcularda fonksiyonel testler eşliğinde  $SmO_2$  ölçümleri yapılarak, metabolik enerji kullanımı, kassal yorgunluğun çeviklik ve dengeye etkisine bakılarak kas oksijenasyonu, fiziksel performans parametreleri ve yorgunluk düzeyi arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla yapmış olduğumuz çalışmada; 56 kadın voleybolcunun değerlendirmeleri incelenmiştir. Çalışma sonrası bireylerin dikey sıçrama, statik denge, izokinetik zirve tork, yorgunluk protokolü esnasında kalp hızları ve periferik kas oksijenasyon düzeyi elde edilmiş ve bu verilerin ilişkilerine bakılmıştır. Çalışmamız neticesinde elde ettiğimiz sonuçlar;

- Adolesan voleybolcularda vücut yağ yüzdeleri, dikey sıçrama mesafesi ve uçuş süreleri ile negatif ilişkilidir. Artan vücut yağ oranı dikey sıçrama performansını olumsuz etkilerken oyuncuların  $O_2Hb_{dinlenim}$  düzeyinin yüksek olması dikey sıçramada daha iyi performansa yol açmaktadır.
- Voleybolcularda statik denge becerileri; artan boy, kilo ve VKİ'nin vücudun ağırlık merkezi ile denge tabanı arasındaki mesafenin değişimine yol açmasına bağlı olarak azalmaktadır. Dinlenme oksijen düzeyinin artması ise denge becerisi üzerinde olumlu etkiye sahiptir.
- İzokinetik kuvvet değerlendirmesi sonucunda açısız hız arttıkça voleybolcuların H/Q oranları artmaktadır. Artan bu oran, açısız hız arttıkça ekstansör zirve tork oranının azaldığını göstermektedir. İzokinetik test ve dikey sıçrama verileri arasında 60°/sn ve 300°/sn açısız hızlarda Quadriceps izokinetik zirve tork değeri ile dikey sıçrama arasında anlamlı ilişki vardır. Artan sıçrama yüksekliği mesafesi ve zirve tork değeri kuvvet ve hız üretiminin iyi derecede olduğunu göstermektedir. Oyunun yapısı gereği oyun içerisinde sürekli değişen pozisyonlar ve adolesan voleybolcuların henüz bir pozisyonda tam olarak uzmanlaşmamış olmaları sebebiyle oyuncuların izokinetik dayanıklılıkları pozisyonlarından bağımsız değişkenlik göstermektedir. İzokinetik test sırasında alınan kas oksijenasyon değerlerindeki değişimin az olması kasın kuvvet oluşturabilme yeteneği üzerinde etkilidir. Voleybolcuların vastus lateralis kası daha yüksek açısız hızlarda daha az oksijen tüketmekte veya oksijeni daha verimli kullanabilmektedir. Oyuncular daha az oksijen kullanarak daha fazla kas aktivasyonu elde edebilmektedir.

- Voleybolcuların yorgunluk testi öncesi ve sonrasındaki kalp hızları ve algılanan efor değerleri ortalamaları artmaktadır. Eforla kasta görülen  $SmO_{2min}$  düzeyi ile vücut ağırlığı arasında ilişki bulunmaktadır. Vücut yağının artması kas için oksijen kullanımının azalmasına neden olmaktadır.
- Kas kütleindeki artışın  $SmO_2$  üzerinde olumlu etkisi bulmakta, fazla kas külesine sahip bireyler oksijeni daha etkin şekilde kullanabilmektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, adolesan voleybolcularda kas oksijenasyonunun vücut kompozisyonu, sıçrama, statik denge, izokinetik kuvvet ve yorgunluk ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları sporcular için antrenman programlarını optimize etmek, performansını artırmak ve yaralanma riskini azaltmak için kullanışlı olabilir. Bu bilgiler ışığında, adolesan voleybolcuların performanslarını artırmak ve olası yaralanmaları önlemek için oyuncuların yaşlarına ve atletik performanslarına uygun şekilde kas oksijenasyon düzeylerini artıracak egzersiz programları oluşturulmalıdır. Sporcuların VKİ'leri ve vücut yağı oranları yaşlarının gerektirdiği normal seviyelerde tutulmalıdır. Sporcuların performanslarını artırmak ve beraberinde yaralanma risklerini azaltmak açısından denge egzersizleri artırılmalı, H/Q oranlarını değerlendirerek gerek hamstring gerekse quadriceps kaslarına kuvvetlendirme egzersizleri verilmelidir.

Gelecekteki araştırmalar, her iki cinsiyetteki ve farklı yaş gruplarındaki sporcuları kapsayarak baskın olan ve olmayan her iki ekstremitayı de değerlendirmelidir. Bu sayede her iki cinsiyette ve farklı yaş gruplarındaki voleybolcuların fiziksel performans parametreleri ile periferik kas oksijenasyonları arasındaki ilişki belirlenip uygun antrenman programları oluşturulabilir.

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, H., & Eler, N. (2019). The relationship between body composition and jumping performance of volleyball players. *Journal of Education and Training Studies*, 7(3), 192. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i3.4047>
- Ahrabi-Fard. (2011). Side-out success in relation to setter's position on court in women's college volleyball. *International Journal of Applied Sports Sciences* (C. 23, Sayı 1).
- Akarçeşme, C., & Aktuğ, Z. B. (2018). 14 haftalık voleybol antrenmanlarının izokinetik diz kas kuvvetleri ve dinamik denge performansı üzerine etkisinin incelenmesi. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 33-40
- Akarçeşme, C., Cengizel, E., Şenel, Ö., Yıldırım, İ., Akyıldız, Z., & Nobari, H. (2022). Heart rate and blood lactate responses during the volleyball match. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19687-3>
- Akdoğan, E., & Güven, B. (2021). Relationship between body composition, agility and vertical jump performance in young female volleyball players. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 13(3), 352-357. <https://doi.org/10.5336/SPORTSCI.2020-80118>
- Aksakoğlu, G. (2006). *Sağlıkta Araştırma ve Çözümleme*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Aktan, A. K., & Kutlay, Ö. (2022). Sedanter kadın ve erkeklerde beden kitle indeksi ile pes planus, denge, yaşam kalitesi ve ağrı düzeyleri arasındaki ilişki. *Sağlık Bilimlerinde Değer*, 12(1), 58-64. <https://doi.org/10.33631/SABD.1055295>
- Alcaraz, P. E., Loturco, I., Freitas, T. T., Cabarkapa, D. V, Cabarkapa, D., Whiting, S. M., & Fry, A. C. (2023). Fatigue-induced neuromuscular performance changes in professional male volleyball players. *Sports 2023, Vol. 11, Page 120, 11(6)*, 120. <https://doi.org/10.3390/SPORTS11060120>
- Amendola, C., Contini, D., Re, R., Spinelli, L., Frabasile, L., Levoni, P., & Torricelli, A. (2023). Robustness of tissue oxygenation estimates by continuous wave space-resolved near infrared spectroscopy. *Journal of Biomedical Optics*, 28(7). <https://doi.org/10.1117/1.JBO.28.7.075002>
- Aweid, O., Osmani, H., & Melton, J. (2019). Biomechanics of the knee. *Orthopaedics and Trauma*, 33(4), 224-230. <https://doi.org/10.1016/J.MPORTH.2019.05.004>
- Barstow, T. J. (2019a). Understanding near infrared spectroscopy and its application to skeletal muscle research. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 126(5), 1360-1376. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00166.2018>
- Barstow, T. J. (2019b). Understanding near infrared spectroscopy and its application to skeletal muscle research. *Journal of Applied Physiology*, 126(5), 1360-1376.

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Başandaç, G., Barğı, G., & Bayrakçı Tunay, V. (2023). Elit sporcularda anaerobik kapasite, anaerobik güç, yorgunluk indeksi ve fonksiyonel performansın karşılaştırılması. *Journal of Exercise Therapy and Rehabilitation*, 10(1), 57-65. <https://doi.org/10.15437/jetr.1126517>
- Bennell, K., Wajswelner, H., Lew, P., Schall-Riauour, A., Leslie, S., Plant, D., & Cirone, J. (1998). Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian rules footballers. *British Journal of Sports Medicine*, 32(4), 309-314.
- Berriel, G. P., Cardoso, A. S., da Silva, E. S., Schons, P., Melo, O. U. M., Bernardo, R. T., Fritsch, C. G., Ferreira, N. S., Krueel, L. F. M., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2022). Relationship between knee extensor and flexor muscle strength and age in professional volleyball players. *Sports Biomechanics*. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2146530>
- Bhatt, J., D'onofrio, R., Padasala, M., Joksimovic, M., Bruno, C., Melino, D., Manzi, V. (2020). Muscle injuries in athletes. the relationship between h/q ratio (hamstring/quadriceps ratio). *Ita. J. Sports Reh. Po.* 7(1),1478-1498.
- Bielitzki, R., Behrendt, T., Weinreich, A., Mittlmeier, T., Schega, L., & Behrens, M. (2024). Acute effects of static balance exercise combined with different levels of blood flow restriction on motor performance fatigue as well as physiological and perceptual responses in young healthy males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 124(1), 227-243. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05258-5>
- Bittencourt, N. F. N., Amaral, G. M., Zuin, A. L., Mascarenhas, R. de O., Silva, A. A., Silva, H. de J., & Mendonça, L. D. (2023). Lesões articulares prévias são associadas ao desempenho muscular de jogadores de voleibol? *Revista Brasileira de Ortopedia*, 58(01), 036-041. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1745801>
- Boushel, R., & Piantadosi, C. A. (2000). Near-infrared spectroscopy for monitoring muscle oxygenation. *Acta Physiologica Scandinavica*, 168(4), 615-622. <https://doi.org/10.1046/J.1365-201X.2000.00713.X>
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81-82(1), 209-230.
- Buchheit, M. (2010). Performance and physiological responses to repeated-sprint and jump sequences. *European Journal of Applied Physiology*, 110(5), 1007-1018. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1587-3>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with hr measures: Do all roads lead to rome? *Frontiers in physiology*, 5. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2014.00073>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Calcaterra, V., Lacerenza, M., Rossi, V., Zanelli, S., Contini, D., Amendola, C., Buttafava, M., Torricelli, A., & Zuccotti, G. (2024). Reference values for cerebral and peripheral tissue oximetry in children: A clinical td-nirs study. *Acta Paediatrica*, 00, 1-11. <https://doi.org/10.1111/APA.17459>
- Calmels, P. M., Nellen, M., Van Der Borne, I., Jourdin, P., & Minaire, P. (1997). Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexorextensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(11), 1224-1230.
- Çelebi, M. M., Akarçeşme, C., & Dalbayrak, B. E. (2018). Evaluation of postural balance and hamstring/quadriceps peak torque ratios according to leg dominance in Turkish female volleyball players. *Spor Hekimliği Dergisi*, 53(3), 123-130.
- Çelik, A. (2023). The most common injuries in volleyball players and their causes. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 12(3), 200-212. [www.ijtase.net](http://www.ijtase.net)
- Dal Pupo, J., Detanico, D., & dos Santos, S. G. (2012). Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(1), 41-51. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2012v14n1p41>
- De Ruyter, C. J., De Korte, A., Schreven, S., & De Haan, A. (2010). Leg dominance in relation to fast isometric torque production and squat jump height. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 247-255. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1209-0>
- Demirel, P. (2015). *Voleybolcularda müsabaka sırasındaki oyun hareketleri ve enerji tüketiminin belirlenerek, bazı antropometrik ve fizyolojik parametrelerle ilişkisinin değerlendirilmesi*. [Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Dilican, T., Baydemir, B., & Topçu, H. (2022). Voleybolcularda fiziksel özellikler ve denge performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Kafkas University Sport Sciences*, 29-40. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kafkassbd>
- Elmacı, S. (1998). *Diz Eklemleri*. Bağırhan Yayınevi.
- Endo, T., Kime, R., Fuse, S., Murase, N., Kurosawa, Y., & Hamaoka, T. (2021). Changes in optical path length reveal significant potential errors of muscle oxygenation evaluation during exercise in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(4), 853-859. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002530>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Erkmen, N., Suveren, S., Göktepe, A. S., & Yazıcıoğlu, K. (2007). Farklı branşlardaki sporcuların denge performanslarının karşılaştırılması. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(3), 115-122. [https://doi.org/10.1501/SPORM\\_0000000080](https://doi.org/10.1501/SPORM_0000000080)
- Farzam, P., Starkweather, Z., & Franceschini, M. A. (2018). Validation of a novel wearable, wireless technology to estimate oxygen levels and lactate threshold power in the exercising muscle. *Physiological Reports*, 6(7). <https://doi.org/10.14814/phy2.13664>
- Feldmann, A., Ammann, L., Gächter, F., Zibung, M., & Erlacher, D. (2022). Muscle oxygen saturation breakpoints reflect ventilatory thresholds in both cycling and running. *Journal of human kinetics*, 83(1), 87-97. <https://doi.org/10.2478/HUKIN-2022-0054>
- Feldmann, A., Schmitz, R., & Erlacher, D. (2019). Near-infrared spectroscopy-derived muscle oxygen saturation on a 0% to 100% scale: Reliability and validity of the moxy monitor. *Journal of biomedical optics*, 24(11), 1. <https://doi.org/10.1117/1.JBO.24.11.115001>
- FIVB. (2021). *FIVB-Volleyball\_Rules\_2021\_2024*. www.fivb.com. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.tvf.org.tr/\_dosyalar/MHGK\_Belgeler/FIVB-Volleyball\_Rules\_2021\_2024-EN.pdf
- Gabbett, T., Georgieff, B., & Domrow, N. (2007). The Use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of sports sciences*, 25(12), 1337-1344. <https://doi.org/10.1080/02640410601188777>
- Garcia, S., Delattre, N., Berton, E., Divrechy, G., & Rao, G. (2022). Comparison of landing kinematics and kinetics between experienced and novice volleyball players during block and spike jumps. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00496-0>
- Gathercole, R., Sporer, B., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. (2015). Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 84-92. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2013-0413>
- Gelabert-Rebato, M., Martin-Rincon, M., Galvan-Alvarez, V., Gallego-Selles, A., Martinez-Canton, M., Vega-Morales, T., Wiebe, J. C., Castillo, C. F. Del, Castilla-Hernandez, E., Diaz-Tiberio, O., & Calbet, J. A. L. (2019). A single dose of the mango leaf extract zynamite® in combination with quercetin enhances peak power output during repeated sprint exercise in men and women. *Nutrients*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/NU11112592>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Ghotbi, N., Bayat, M., Malmir, K., & Jalaei, S. (2021). The effects of lower extremity muscle fatigue on dynamic balance in volleyball players. *Iranian Rehabilitation Journal*, 19(1), 51-58. <https://doi.org/10.32598/irj.19.1.1003.1>
- Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Godolias, G., & Maganaris, C. N. (2006). The effects of soccer training and timing of balance training on balance ability. *European journal of applied physiology*, 96(6), 659-664. <https://doi.org/10.1007/S00421-005-0123-3>
- Grassi, B., & Quaresima, V. (2016). Near-infrared spectroscopy and skeletal muscle oxidative function in vivo in health and disease: A review from an exercise physiology perspective. *Journal of Biomedical Optics*, 21(9). <https://doi.org/https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.9.091313>
- Gürer, G., & Seçkin, B. (2001). Diz Biyomekaniği. *Romatizma* (2. bs, C. 16, Sayı 2, ss. 114-124).
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0253-Z/TABLES/2>
- Hansen, M. S., Dieckmann, B., Jensen, K., & Jakobsen, B. W. (2000). The reliability of balance tests performed on the kinesthetic ability trainer (KAT 2000). *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8(3), 180-185. <https://doi.org/10.1007/S001670050211>
- Hrysomallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221-232. <https://doi.org/10.2165/11538560-000000000-00000>
- İbiş, S., İri, R., & Aktuğ, Z. B. (2015). The effect of female volleyball players' leg volume and mass on balance and reaction time. *Journal of Human Sciences*, 12(2), 1296-1308. <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/3319>
- Jaén-Carrillo, D., Roche-Seruendo, L. E., Cartón-Llorente, A., & García-Pinillos, F. (2022). Agreement between muscle oxygen saturation from two commercially available systems in endurance running: Moxy monitor versus Humon Hex. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 236(3), 231-237. <https://doi.org/10.1177/17543371211015764>
- Jayalath, J. L. R., de Noronha, M., Weerakkody, N., & Bini, R. (2018). Effects of fatigue on ankle biomechanics during jumps: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 42, 81-91. <https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2018.06.012>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Jöbssis, F. F. (1977). Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science*, 198(4323), 1264-1267. <https://doi.org/10.1126/science.929199>
- Kalkan, H., & Pelvan, O. (2023). Investigation of the effects of different exercise models on heart rate variability and muscle oxygen saturation. *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi Cilt*, 3(3), 13-39.
- Karaca, A. A., & Gönendi, B. (2023). Voleybolun tarihçesi, teknikleri ve oyun kuralları. B. G. B. Koçyiğit (Ed.), *Spor Bilimlerinde Multidisipliner Araştırmalar 2023* içinde (1. bs, ss. 5-13). Efe Akademi Yayıncılık.
- Karadağ, A. D., Boyraz, E., Çoban, R., Öz dabakoğlu, M. V., & Bacak, N. (2024). Examining the relationship between body composition and jumping parameters in female volleyball players. *Journal of Human Sciences*, 21(1), 62-72. <https://doi.org/10.14687/jhs.v21i1.6463>
- Kilic, O., Maas, M., Verhagen, E., Zwerver, J., & Gouttebauge, V. (2017). Incidence, aetiology and prevention of musculoskeletal injuries in volleyball: A systematic review of the literature. *European Journal of Sport Science*, 17(6), 765-793. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1306114>
- Knudson, D. (2021). Fundamentals of Biomechanics. İçinde *Fundamentals of Biomechanics*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-51838-7>
- Konca, S. K., Cüce, İ., Akdeniz Çınar, F., Ülkü Demir, F. G., Yaprak Taş, E., Güç, A., Karabaş, Ç., Sayan, H., Aktaş, E., Cengiz, G., Yılmaz, B., Köksal, M., Baygöl Atalay, Y., Kozan, A. N., Gökbelen Bilen, D., & Yağmur, N. (2022). Diz Ağrıları. İçinde *Diz Ağrıları*. Akademisyen Kitabevi. <https://doi.org/10.37609/akya.1281>
- Kreissl, A., Jorda, A., Truschner, K., Skacel, G., & Greber-Platzer, S. (2019). Clinically relevant body composition methods for obese pediatric patients. *BMC Pediatrics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12887-019-1454-2>
- Laios, A., & Kountouris, P. (2010). Association between the line-up of the players and the efficiency of the serving team in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/24748668.2010.11868496>
- Lamoth, C. J. C., & van Heuvelen, M. J. G. (2012). Sports activities are reflected in the local stability and regularity of body sway: Older ice-skaters have better postural control than inactive elderly. *Gait & posture*, 35(3), 489-493. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2011.11.014>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Lian, Ø., Refsnes, P. E., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2003). Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. *American Journal of Sports Medicine*, 31(3), 408-413. <https://doi.org/10.1177/03635465030310031401/FORMAT/EPUB>
- Mala, L., Maly, T., Zahalka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavy, R., & Tuma, M. (2015). Body Composition of Elite Female Players in Five Different Sports Games. *Journal of Human Kinetics*, 45(1), 207. <https://doi.org/10.1515/HUKIN-2015-0021>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of strength and conditioning research*, 18(3), 551-555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2)
- Marques, M. C., Van Den Tillaar, R., Gabbett, T. J., Reis, V. M., & González-Badillo, J. J. (2009). Physical fitness qualities of professional volleyball players: determination of positional differences. *Journal of strength and conditioning research*, 23(4), 1106-1111. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E31819B78C4>
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2017a). Energy demands of volleyball. *Handbook of Sports Medicine and Science*, 1-14. <https://doi.org/10.1002/9781119227045.CH1>
- Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2017b). Energy demands of volleyball. İçinde *Handbook of Sports Medicine and Science* (ss. 1-14). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119227045.ch1>
- McGown, C., Fronske, H., & Moser, L. (2001). *Coaching Volleyball: Building a Winning Team*. Allyn and Bacon.
- Meyer, P. H., Missao, E. T., & McCully, K. (2021). Muscle oxidative capacity in the arms and legs of various types of endurance trained athletes. *Medical Research Archives*, 9(7). <https://doi.org/10.18103/MRA.V9I7.2505>
- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-González, J., Clemente-Suárez, V. J., & Zourdos, M. C. (2015). Influencia de la composición corporal en el rendimiento físico de jugadoras de voleibol en función de su posición de juego. *Nutricion Hospitalaria*, 31(2), 849-857. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.2.7658>
- Milić, M., Grgantov, Z., Chamari, K., Ardigò, L. P., Bianco, A., & Padulo, J. (2016). Anthropometric and physical characteristics allow differentiation of young female volleyball players according to playing position and level of expertise. *Biology of Sport*, 34(1), 19. <https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2017.63382>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Miranda-Fuentes, C., Chiroso-Ríos, L. J., Guisado-Requena, I. M., Delgado-Floody, P., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Changes in muscle oxygen saturation measured using wireless near-infrared spectroscopy in resistance training: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* (C. 18, Sayı 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084293>
- Mohammed, Z., Ali, B., Idris, M., Hamzaoui, H., & Messaliti, L. (2016). Impact of fat mass distribution body shapes on muscles strength and the joints pain. *BLDE University Journal of Health Sciences*, 1(2), 81. <https://doi.org/10.4103/2468-838X.196084>
- Molla, R. Y., Fatahi, A., Khezri, D., Ceylan, H. I., & Nobari, H. (2023). Relationship between impulse and kinetic variables during jumping and landing in volleyball players. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06757-4>
- Negara, J. D. K., Nuryadi, N., Firmansyah, H., Gumilar, A., Hambali, B., Purnomo, E., Festiawan, R., & Ockta, Y. (2024). The Effect of Vo2max on muscle oxygen saturation (SMO2) in university badminton athletes. *Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF)*. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>
- Ney Coutinho Pecegueiro do, A., Marco Martins, L., Felipe Malzac, F., Felipe Serrão Mendes de, S., Matheus Cardoso dos, S., Aridone, B., & Vinícius Soares, S. (2020). Volleyball injuries: Brazilian men's national squad sports medicine experience. *Archives of Sports Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.36959/987/248>
- Oldenburg, Steve. (2014). *Complete Conditioning for Volleyball* (C. 1). Human Kinetics.
- Özkan, A., & Kınışler, A. (2010). Sporcularda bacak hacmi, kütlesi, hamstring/quadriceps oranı ile anaerobik performans ve izokinetik bacak kuvveti arasındaki ilişki. *Spor Bilimleri Dergisi*, 21(3), 90-102.
- Pawlik, D., & Mroczek, D. (2022). Fatigue and training load factors in volleyball. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/ijerph191811149>
- Pawlik, D., & Mroczek, D. (2023). Influence of jump height on the game efficiency in elite volleyball players. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35729-w>
- Paz, G. A., Gabbett, T. J., Maia, M. F., Santana, H., Miranda, H., & Lima, V. (2017). Physical performance and positional differences among young female volleyball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(10). <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06471-9>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Perrey, S., & Ferrari, M. (2018). Muscle oximetry in sports science: A Systematic review. *Sports Medicine* (C. 48, Sayı 3, ss. 597-616). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0820-1>
- Perrey, S., Quaresima, V., & Ferrari, M. (2024). Muscle oximetry in sports science: An updated systematic review. *Sports Medicine* 2024, 1-22. <https://doi.org/10.1007/S40279-023-01987-X>
- Pethick, J., Winter, S. L., & Burnley, M. (2019). Relationship between muscle metabolic rate and muscle torque complexity during fatiguing intermittent isometric contractions in humans. *Physiological Reports*, 7(18), e14240. <https://doi.org/10.14814/PHY2.14240>
- Pinskerova, V., Johal, P., Nakagawa, S., Sosna, A., Williams, A., Gedroyc, W., & Freeman, M. A. R. (2004). Does the femur roll-back with flexion? *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 86(6). <https://doi.org/10.1302/0301-620X.86B6>
- Piucco, T., Giovana, S., & Santos, D. (2009). Association between body fat, vertical jump performance and impact in the inferior limbs in volleyball athletes. *Fit Perf J*, 8(1), 9-15. <https://doi.org/10.3900/fpj.8.1.9.e>
- Pocek, S., Milosevic, Z., Lakicevic, N., Pantelic-Babic, K., Imbronjev, M., Thomas, E., Bianco, A., & Drid, P. (2021). Anthropometric characteristics and vertical jump abilities by player position and performance level of junior female volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168377>
- Poček, S., & Vuković, M. (2013). *Impact of Body Height and Weight on Specific Motor Abilities of Volleyball Players*.
- Puhl, J., Case, S., Fleck, S., & Van Handel, P. (1982). Physical and physiological characteristics of elite volleyball players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(3), 257-262.
- Rebelo, A., Pereira, J. R., Cunha, P., Coelho-e-Silva, M. J., & Valente-dos-Santos, J. (2024). Training stress, neuromuscular fatigue and well-being in volleyball: A systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00807-7>
- Rebelo, A., Pereira, J. R., Martinho, D. V., & Valente-Dos-santos, J. (2023). Rating of perceived exertion in professional volleyball: A systematic review. *Journal of Human Kinetics*, 87, 143. <https://doi.org/10.5114/JHK/161614>
- Rebelo, A., Pereira, J. R., & Valente-dos-Santos, J. (2023). Effects of a preseason triphasic resistance training program on athletic performance in elite volleyball players an observational study. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 53(2), 163-170. <https://doi.org/10.1007/S12662-023-00877-8/TABLES/4>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Richards, D. P., Ajemian, S. V., Wiley, J. P., & Zernicke, R. F. (1996). Knee joint dynamics predict patellar tendinitis in elite volleyball players. 24(5), 676-683. <https://doi.org/10.1177/036354659602400520>
- Rudarlı Nalçakan, G. (2022). *Voleybola Özel Atletik Performans ve Metotları*. <https://tvf.org.tr/wp-content/uploads/2021/10/VOLEYBOLA-OZEL-ATLETIK-PERFORMANS-VE-METHODLARI.pdf?form=MG0AV3>
- Sarihalioğlu, N. (2019). Analysis of the relationship between proprioceptive sensory functions and body mass index parameters of football and volleyball players. *The Journal of International Anatolia Sport Science*, 4(2), 12-16. <https://doi.org/10.5505/jiasscience.2019.43534>
- Schons, P., Fischer, G., da Rosa, R. G., Berriel, G. P., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Relationship between muscle strength of the knee extensor and flexor and jump performance in volleyball players: A review. *Journal of Physical Education (Maringa)*, 29(1). <https://doi.org/10.4025/jphyseduc.v29i1.2926>
- Seyfioğlu, M. S., & Atıcı, E. (2020). Adolesan voleybolcularda kuadriceps femoris kasına uygulanan kinezyolojik bantlamının statik denge, endurans ve proprioepsiyon üzerine etkileri. *Ankara Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 253-263. <https://doi.org/10.33689/spormetre.657470>
- Shamsi, S., Seymen, E., Güryel, S., Çakto, P., & Yüksel, O. (2022). U14 yaş kategorisinde kadın basketbolculara uygulanan sekiz haftalık fonksiyonel kuvvet antrenmanlarının bazı fiziksel uygunluk parametrelerine etkisinin incelenmesi. *International Sport Science Student Studies*, 4(2), 70-81. <https://dergipark.org.tr/en/pub/i4s/issue/74720/1213697>
- Shaw, M. Y., Gribble, P. A., & Frye, J. L. (2008). Ankle bracing, fatigue, and time to stabilization in collegiate volleyball athletes. *Journal of Athletic Training*, 43(2), 164-171. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-43.2.164>
- Skazalski, C., Whiteley, R., & Bahr, R. (2018). High jump demands in professional volleyball—large variability exists between players and player positions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(11), 2293-2298. <https://doi.org/10.1111/SMS.13255>
- Smith, D. J., Roberts, D., & Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 10(2), 131-138. <https://doi.org/10.1080/02640419208729915>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Soylu, Ç., Altundağ, E., Akarçeşme, C., & Yıldırım, N. Ü. (2020). The relationship between isokinetic knee flexion and extension muscle strength, jump performance, dynamic balance and injury risk in female volleyball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 502-514. <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.153.03>
- Steiner, T., Maier, T., & Wehrin, J. P. (2019). Effect of endurance training on hemoglobin mass and VO2max in male adolescent athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(5), 912-919. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001867>
- Şenel, Ö., Can, B., & Güzel, N. A. (2005). Türk genç milli bayan voleybolcuların maksimal aerobik egzersiz sonrası laktat düzeylerinin incelenmesi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 45-50.
- Şimşek, E., & Arslan, H. (2019). The examination of relationship between balance performances and some anthropometric characteristics of athletes in different branches. İçinde *International Journal of Applied Exercise Physiology* (C. 8, Sayı 4). [www.ijaep.com](http://www.ijaep.com)
- Tabor, P., Iwańska, D., Mazurkiewicz, A., Urbanik, C., & Mastalerz, A. (2021). The hamstring/quadriceps ratio in young men and its relationship with the functional symmetry of the lower limb in young men. *Symmetry* 2021, Vol. 13, Page 2033, 13(11), 2033. <https://doi.org/10.3390/SYM13112033>
- Tabrizi, H. B., Abbasi, A., & Sarvestani, H. J. (2013). Comparing the static and dynamic balances and their relationship with the anthropometrical characteristics in the athletes of selected sports. *Middle East Journal of Scientific Research*, 15(2), 216-221. <https://doi.org/10.5829/idosi.mejsr.2013.15.2.7426>
- Tanasa, R. A., Dumitru, I. M., & Budaca, M. V. (2020). The Effects of gymnastic training on static balance among children aged 4 to 8. *Series IX Sciences of Human Kinetics*, 13(62)(1), 111-118. <https://doi.org/10.31926/BUT.SHK.2020.13.62.1.14>
- Taylor, K.-L., Chapman, D. W., Cronin, J. B., Newton, M. J., & Gill, N. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. Peer review fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *J. Aust. Strength Cond*, 20(1), 12-23.
- Theo Nikolaidis, P. (2013). Body mass index and body fat percentage are associated with decreased physical fitness in adolescent and adult female volleyball players. *Journal of Research in Medical Sciences*.
- Tüzün, E. H. (2019). Yorgunluk ve nöromusküler kontrol. *Türkiye Klinikleri Fizyoterapi ve Rehabilitasyon- Özel Konular*, 5(3), 75-82. <https://www.turkiyeklinikleri.com/article/tr-yorgunluk-ve-noromuskuler-kontrol-87296.html>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Tüzün F., Eryavuz M., & Akarırmak Ü. (1997). *Hareket Sistemi Hastalıkları*. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Tveter, A. T., & Holm, I. (2010). Influence of thigh muscle strength and balance on hop length in one-legged hopping in children aged 7-12 years. *Gait and Posture*, 32(2), 259-262. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.05.009>
- Ulrich, G., Bärtsch, P., & Friedmann-Bette, B. (2011). Total haemoglobin mass and red blood cell profile in endurance-trained and non-endurance-trained adolescent athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11), 2855-2864. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1920-5>
- Umutlu, G., & Erdoğan, A. T. (2021). A Different insight into neuromuscular performance evaluation: The influence of fatigue in hamstrings:quadriceps ratio. *Spor Bilimleri Dergisi*, 31(4), 152-162. <https://doi.org/10.17644/sbd.722549>
- Vasquez-Bonilla, A. A., Brazo-Sayavera, J., Timón, R., & Olcina, G. (2021). Measurement of resting muscle oxygenation and the relationship with countermovement jumps and body composition in soccer players. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 16(48), 215-223. <https://doi.org/10.12800/CCD.V16I48.1726>
- Vasquez-Bonilla, A. A., Tomas-Carus, P., Brazo-Sayavera, J., Malta, J., Folgado, H., & Olcina, G. (2023). Muscle oxygenation is associated with bilateral strength asymmetry during isokinetic testing in sport teams. *Science and Sports*, 38(4), 426.e1-426.e9. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.03.014>
- Vuorinen, K. (2018). Modern volleyball analysis and training periodization. *Coaching Science Follow-Up Course Part 2. Coaching Seminar*.
- Wilkosz, P., Kabacinski, J., Mackala, K., Murawa, M., Ostarello, J., Rzepnicka, A., Szczesny, L., Fryzowicz, A., Maczynski, J., & Dworak, L. B. (2021). Isokinetic and isometric assessment of the knee joint extensors and flexors of professional volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph18136780>
- Yapıcı, A. (2016). Factors effecting hamstrings to quadriceps peak torque ratio in volleyball players. *Journal of Human Sciences*, 13(3), 5282-5289. <https://www.j-humansciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/4199>
- Yenigün, Ö., Çolak, T., Bamaç, B., Yenigün, N., Özbek, A., Bayazıt, B., & Çolak, E. (2008). Voleybol oyuncularının diz ekleminin izokinetik performans değerleri ve hamstring (fleksör)/quadriceps (ekstansör) oranlarındaki farklılıkların belirlenmesi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 5(1). <http://besyo.kocaeli.edu.tr/>

## 7. KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

Yilmaz, H., & Seren, K. (2023). The muscle oxygen saturation and total hemoglobin levels at different intensities in highly trained adolescents. *Journal of Complementary Medicine Research*, 14(3), 143. <https://doi.org/10.5455/jcmr.2023.14.03.26>

Zadražnik, M., Marelić, N., & Rešetar, T. (2009). Differences in rotations between the winning and losing teams at the youth european volleyball championships for girls. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn*, 39(4).

Zhang, Q., Morel, B., Trama, R., & Hautier, C. A. (2021). Influence of fatigue on the rapid hamstring/quadriceps force capacity in soccer players. *Frontiers in Physiology*, 12, 627674. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2021.627674/BIBTEX>

Zhang, Z., & Zhang, M. (2023). Effect of different ankle braces on lower extremity kinematics and kinetics following special-induced fatigue for volleyball players with functional ankle instability. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16380>

