

T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CİMNASTİKÇİLERDE BİLATERAL AÇIK VE EKSTREMİTELER ARASI KUVVET  
ASİMETRİSİNİN YORGUNLUĞA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**Nazlı ÖZGÖR**

**Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2023**



T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CİMNASTİKÇİLERDE BİLATERAL AÇIK VE EKSTREMİTELER ARASI KUVVET  
ASİMETRİSİNİN YORGUNLUĞA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**Nazlı ÖZGÖR**

**Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER**

**ANKARA**

**2023**

**CİMNASTİKÇİLERDE BİLATERAL AÇIK ve EKSTREMİTELER ARASI KUVVET  
ASİMETRİSİNİN YORGUNLUĞA BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ**

**NAZLI ÖZGÖR**

**PROF. DR. AYŞE KİN İŞLER**

Bu tez çalışması 02.06.2023 tarihinde jürimiz tarafından “Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı” nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

- Jüri Başkanı:** *Prof. Dr. Tahir HAZIR*  
*Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
- Tez Danışmanı:** *Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER*  
*Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
- Üye:** *Doç. Dr. Ş. Alpan CİNEMRE*  
*Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
- Üye:** *Doç. Dr. Sinem HAZIR AYTAR*  
*Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi*
- Üye:** *Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÇELİK*  
*Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

13 Haziran 2023

*Prof. Dr. Müge YEMİŞÇİ ÖZKAN*

**Enstitü Müdürü**

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. (1)
- o Enstitü/ Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.(2)
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. (3)

...../...../.....  
Nazlı ÖZGÖR

1“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”

(1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir \*. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir. Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\*Tez **danışmanın** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Tez Danışmanının Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Nazlı ÖZGÖR

## TEŞEKKÜR

Kapısını çaldığım lisans yıllarımda beni geri çevirmeyip bana güvenen, hayatın her noktasında destekleriyle yanımda olduğunu gösteren, akademik anlamda beni her gün daha ileriye taşıyan, her hata yaptığımda yorulmadan doğrusunu öğreten, ben kendimden emin olamadığımda benden emin olan, yaptığımız bu çalışmanın her saniyesinde her konuda beni destekleyen tez danışmanım Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER'e,

Bu çalışma boyunca bizi hiçbir zaman geri çevirmeyen, çalışmanın istatistiksel analiz kısmında yol gösteren, her türlü yardımda emek ve vakit harcamaktan çekinmeyen Prof. Dr. Tahir HAZIR'a,

Bu çalışma için mesafe ve saat gözetmeksizin, programında bana yer ayıran, ölçümler boyunca benimle farklı spor salonlarına gelen, ölçümler haricinde birçok konuda bana yardımcı olan Arş. Gör. Mehmet Gören KÖSE'ye,

Araştırma boyunca antrenman saatlerinde, antrenman alanlarında yaptığım ölçümlerde bana destek olan cimnastik kulüplerine, programlarına dahil olmama izin veren hatta beni en içten özveriyle destekleyen antrenörlerime ve yorulmaktan kaçmayan, ellerinden gelen performansı gösteren cimnastikçi kardeşlerime,

Hayatın yoğunluğuna yetişmemi sağlayan, güçlü bir Cumhuriyet kadını olarak bana her an örnek olan, arkamdaki en büyük desteğim annem Sevgi ÖZGÖR'e ve bugün ben olmamda en çok yeri olan, benimle gurur duyacağına inandığım babam Kenan ÖZGÖR'e,

Bu araştırmanın en zorlu kısımlarında beni motive etmek için her zaman bir yol bulan, her akşam geç saatlere kadar bana eşlik eden ve bu uzun yolda stresimi paylaşan Batuhan ŞENYÜZLÜ'ye ,

Katkıları ve destekleri için çok teşekkür ederim.

## ÖZET

**Özgör, N., Cimnastikçilerde Bilateral Açık ve Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisinin Yorgunluğa Bağlı Değişiminin İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi, 2023, Ankara.** Bu çalışma, cimnastikçilerde, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimini incelemek amacıyla yapılmıştır. Cimnastik branşlarında (aerobik ve artistik) en az 4 yıl spor özgeçmişli olan 9-14 yaş aralığındaki 35 kız cimnastikçi çalışmaya gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar yaş gruplarına göre 9-11 (n=19) ve 12-14 yaş grubu (n=16) olarak iki gruba; zirve boy uzama hızından (ZBUH) belirlenen biyolojik olgunlaşma düzeyine göre ise ZBUH öncesi (n=15), ZBUH sırası (n=13) ve ZBUH sonrası (n=7) olarak üç gruba ayrılmıştır. Çalışmaya antropometrik ölçümler ile başlanmış ve ardından katılımcıların biyolojik olgunlaşma düzeyleri hesaplanmıştır. Bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin belirlenmesi için katılımcılar yorgunluk protokolü öncesi ve hemen sonrasında unilateral ve bilateral aktif sıçrama testlerine katılmıştır. Yorgunluk protokolü 180°'lik yön değiştirme içeren 20 metrelik her bir sprinti izleyen 10 tane maksimum aktif sıçramanın dinlenme verilmeden yapılması şeklinde uygulanmıştır. Yorgunluk protokolü; katılımcıların aktif sıçrama yükseklikleri, art arda üç aktif sıçrama için maksimum sıçrama yüksekliğinin %50'sine ulaşamadığında veya katılımcılar tükendiklerini belirttiklerinde sonlandırılmıştır. Verilerin analizi için bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde yaş grupları arasındaki fark bağımsız örneklem t-testi ile, olgunlaşma grupları arasındaki fark ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Yorgunluğa bağlı değişimlerin, yaş gruplarına ve biyolojik olgunlaşmaya göre farklarının test edilmesinde ise Karışık Desen ANOVA kullanılmıştır. F istatistiği anlamlı bulunduğunda Scheffe Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda, bilateral açıktaki yaş grubu ve olgunlaşma düzeyi etkisinin anlamlı olmadığı ( $p>0.05$ ), ancak yaş gruplarına ve olgunlaşma düzeyine göre yorgunluk etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür (sırasıyla,  $F_{(1,33)}=11,699$ ;  $p=0,002$ ;  $\eta^2=0,262$  ve  $F_{(1,32)}=5,962$ ;  $p=0,020$ ;  $\eta^2=0,157$ ). Ayrıca yaş grubu x yorgunluk etkileşimi ile olgunlaşma düzeyi x yorgunluk etkileşimi de anlamlıdır (sırasıyla,  $F_{(1,33)}=13,705$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,293$  ve  $F_{(2,32)}= 6,742$ ;  $p=0,004$ ;  $\eta^2=0,296$ ). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi için, yaş grubu ile olgunlaşma düzeyi etkisi istatistiksel olarak anlamlı değilken ( $p>0.05$ ), her iki değişken için yorgunluk etkisi anlamlıdır (sırasıyla,  $F_{(1,33)}=10,835$ ;  $p=0,002$ ;  $\eta^2=0,247$  ve  $F_{(1,32)}=9,575$ ;  $p=0,004$ ;  $\eta^2=0,230$ ). Ancak, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde yaş grubu x yorgunluk etkileşimi ile olgunlaşma düzeyi x yorgunluk etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0.05$ ). Sonuç olarak bu çalışmanın bulguları cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Ayrıca bilateral açığın yorgunluğa bağlı değişiminin yaşa ve biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaştığı ancak ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişiminin yaşa ve biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaşmadığı da belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilateral açık, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi, yorgunluk, cimnastik



## ABSTRACT

**Özgör, N., Fatigue-Related Variations in Bilateral Deficit and Interlimb Strength Asymmetry in Gymnasts, Hacettepe University, Graduate School of Health Sciences, M.Sc. Thesis in Sport Sciences and Technology, 2023, Ankara** This study aimed to investigate the fatigue-related changes in bilateral deficit and interlimb strength asymmetry in gymnasts. A total of 35 female gymnasts, aged between 9 and 14 years and with a minimum of 4 years of sport experience in gymnastics disciplines (aerobic and artistic), voluntarily participated in the study. The participants were divided into two age groups: 9-11 years (n=19) and 12-14 years (n=16). Additionally, they were categorized into three groups based on their level of biological maturity determined by peak height velocity (PHV): pre-PHV (n=15), PHV (n=13), and post-PHV (n=7). Anthropometric measurements were conducted at the beginning of the study, followed by the calculation of participants' biological maturity levels. To evaluate bilateral deficit and interlimb strength asymmetry, the participants performed unilateral and bilateral countermovement jump tests before and immediately after a fatigue protocol. The fatigue protocol consisted of 10 consecutive countermovement jumps without rest, each preceded by a 20-meter sprint involving a 180° change of direction. The fatigue protocol was terminated either when participants failed to reach 50% of their maximum jump height for three consecutive jumps or when they reported exhaustion. Independent samples t-test was used to analyze the differences in bilateral deficit and interlimb strength asymmetry between age groups, while one-way analysis of variance (ANOVA) was utilized to determine the differences among the maturity groups. The effects of fatigue-related changes were examined using mixed-design ANOVA, considering age groups and biological maturity. Scheffe's post hoc test was employed when significant differences were detected (F statistic). The results indicated that age group and maturity level did not have a significant effect on bilateral deficit ( $p > 0.05$ ). However, significant fatigue effects were observed with respect to age group and maturity level ( $F(1, 33) = 11.699, p = 0.002, \eta^2 = 0.262$  and  $F(1, 32) = 5.962, p = 0.020, \eta^2 = 0.157$ , respectively). Furthermore, significant interactions were found between age group and fatigue, as well as maturity level and fatigue ( $F(1, 33) = 13.705, p = 0.001, \eta^2 = 0.293$  and  $F(2, 32) = 6.742, p = 0.004, \eta^2 = 0.296$ , respectively). In terms of interlimb strength asymmetry, neither age group nor maturity level had a statistically significant effect ( $p > 0.05$ ); however, fatigue had a significant effect on both variables ( $F(1, 33) = 10.835, p = 0.002, \eta^2 = 0.247$  and  $F(1, 32) = 9.575, p = 0.004, \eta^2 = 0.230$ , respectively). Nevertheless, the interactions between age group and fatigue, as well as maturity level and fatigue, were not statistically significant for interlimb strength asymmetry ( $p > 0.05$ ). In conclusion, this study demonstrated that fatigue influenced bilateral deficit and interlimb strength asymmetry in gymnasts. Additionally, fatigue-related changes in bilateral deficit varied according to age and biological maturity, whereas interlimb strength asymmetry did not exhibit any variations related to age and biological maturity.

**KeyWords:** Bilateral deficit, interlimb strength asymmetry, fatigue, gymnastics

## İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xiii
TABLolar	xiv
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı	4
1.2. Problem	5
1.3. Alt Problemler	5
1.4. Denenceler	5
1.5. Sınırlılıklar	5
1.6. Sayıtlar	6
1.7. Araştırmanın Önemi	6
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	<b>7</b>
2.1. Cimnastik	7
2.1.1 Artistik Cimnastik	8
2.1.2 Aerobik Cimnastik	8
2.2. Büyüme ve Olgunlaşma	9
2.2.1 Olgunlaşmanın Belirlenmesi	12
2.2.2 Olgunlaşma ve Egzersiz / Performans İlişkisi	13
2.3. Bilateral Açık	14
2.3.1. Bilateral Açık ve Altta Yatan Olası Mekanizmalar	16
2.3.2 Bilateral Açığın Değerlendirilmesi	17

2.3.3. Bilateral Açık ve Olgunlaşma	18
2.3.4. Yorgunluk ve Bilateral Açık	19
2.3.5. Bilateral Açık ve Spor Yaralanmaları	19
2.3.6. Bilateral Açık ve Performans İlişkisi	20
2.3.7. Bilateral Açık ve Antrenman Etkisi	21
2.4. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi	22
2.4.1. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisinin Değerlendirilmesi	25
2.4.2. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Olgunlaşma	26
2.4.3. Yorgunluk ve Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi	27
2.4.4. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Spor Yaralanmaları	29
2.4.5. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Performans İlişkisi	30
2.4.6. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Antrenman Etkisi	31
2.4.7. Cimnastikçilerde Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi	32
2.5 Yorgunluk	33
2.5.1. Yorgunluğun Değerlendirilmesi	37
2.5.2. Çocuk ve Gençlerde Yorgunluk	38
<b>3. YÖNTEM</b>	40
3.1. Araştırma Grubu	40
3.2. Veri Toplama Araçları	40
3.2.1. Boy Uzunluğu Ölçümleri	40
3.2.2. Vücut ağırlığı ve Kompozisyonu Ölçümleri	41
3.2.3. Oturma Boyu Uzunluğu Ölçümleri	42
3.2.4. Sıçrama Yüksekliği Ölçümleri	42
3.2.5. Algılanan Zorluk Derecesi	42
3.3. Verilerin Toplanması	43
3.3.1. Antropometrik Ölçümler:	44
3.3.2. Biyolojik Olgunlaşmanın Belirlenmesi	45
3.3.3. Bilateral ve Unilateral Aktif Sıçrama (AS) Ölçümleri	45
3.3.4. Yorgunluk Protokolü	47
3.3.5. Bilateral Açığın (BA) Belirlenmesi	48

3.3.6. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisinin Belirlenmesi (ASİ)	48
3.4. Verilerin Analizi	49
<b>4. BULGULAR</b>	<b>50</b>
4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bulgular	50
4.2. Bilateral Açık Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence I - II)	55
4.3. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence III - IV)	58
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>61</b>
5.2. Bilateral Açık Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence I - II)	61
5.3. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence III - IV)	65
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>70</b>
6.1. Sonuç	70
6.2. Öneriler	71
<b>7. KAYNAKÇA</b>	<b>72</b>
<b>8. EKLER</b>	<b>81</b>
EK-1: Tez Çalışması Etik Kurul İzni	
EK-2: Orjinallik Ekran Çıktısı	
EK-3: Dijital Makbuz	
EK-4: Aydınlatılmış Onam Formu	
EK-5: Çocuk Onay Formu	
Ek-6: Ölçüm Formu	
Ek-7: Algılanan Zorluk Derecesi	
<b>9. ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>88</b>

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

<b>AS</b>	Aktif Sıçrama
<b>ASİ</b>	Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi
<b>BA</b>	Bilateral Açık
<b>BAİ</b>	Bilateral Açık İndeksi
<b>cm</b>	Santimetre
<b>CMJ</b>	Aktif Sıçrama
<b>EB</b>	Etki Büyüklüğü
<b>FIG</b>	Uluslararası Cimnastik Federasyonu
<b>kg</b>	Kilogram
<b>VYY</b>	Vücut Yağ Yüzdesi
<b>YVK</b>	Yağsız Vücut Kütlesi
<b>ZBUH</b>	Zirve Boy Uzama Hızı
<b>n<sup>2</sup></b>	Eta kare

**ŞEKİLLER**

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>2.1.</b> Zirve boy uzama hızı grafiği	12
<b>2.2.</b> Bilateral açık	14
<b>2.3.</b> Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisini etkileyen faktörler	22
<b>3.1.</b> Portatif stadiometre	41
<b>3.2.</b> Elektronik baskül ve BIA	41
<b>3.3.</b> Sıçrama matı ve entegre sistem	42
<b>3.4.</b> Araştırma deseni	44
<b>3.5.</b> Bilateral aktif sıçrama	46
<b>3.6.</b> Unilateral aktif sıçrama	46
<b>3.7.</b> Yorgunluk protokolü	47
<b>4.1.</b> Bilateral açık değerlerinde yaş grubu x yorgunluk etkileşim grafiği	57
<b>4.2.</b> Bilateral açık değerlerinde olgunlaşma x yorgunluk etkileşim grafiği	58

**TABLULAR**

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>4.1.</b> Katılımcıların yaş gruplarına göre tanımlayıcı istatistikleri ve t-testi sonuçları	51
<b>4.2.</b> Katılımcıların biyolojik olgunlaşma gruplarına göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA sonuçları	52
<b>4.3.</b> Katılımcıların yaş gruplarına göre aktif sıçrama yükseklikleri ve t-testi sonuçları	54
<b>4.4.</b> Katılımcıların biyolojik olgunlaşma düzeylerine göre aktif sıçrama yükseklikleri ve ANOVA sonuçları	55
<b>4.5.</b> Yaş gruplarına göre bilateral açık ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları	56
<b>4.6.</b> Biyolojik olgunlaşmaya göre bilateral açık ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları	57
<b>4.7.</b> Yaş gruplarına göre ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları	59
<b>4.8.</b> Biyolojik olgunlaşmaya göre ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları	59

## 1. GİRİŞ

Cimnastik, dünya çapında yaklaşık 50 milyon katılımcı ile uluslararası cimnastik federasyonun (FIG) tanımladığı; artistik, ritmik, trampolin ve aerobik dahil olmak üzere bir dizi alt disipline sahiptir (1). Özellikle artistik, aerobik ve ritmik cimnastik branşlarında teknik zorluk elementleri arasında tek ayaktan çıkışla gerçekleştirilen atlamalar ve çift bacak üzerinde yapılan sıçramalar yoğun şekilde kullanılmaktadır (2, 3). Ayrıca yapılan sıçrama ve atlamalar cimnastik rutinlerinin temelini oluşturmaktadır (2, 3). Bu nedenle, cimnastiğin farklı branşları içinde branşa özgü teknik elementlerin uygulanabilmesi için, özellikle alt vücut kas gruplarında yüksek düzeyde patlayıcı güce ihtiyaç vardır (4). Ayrıca cimnastik, denge, kuvvet, esneklik, çeviklik, koordinasyon ve dayanıklılık gerektiren bir spordur (2, 3).

Büyüme, olgunlaşma ve antrenman yükü, genç sporcularda yaralanmanın risk faktörleri olarak kabul edilirken ergenlik sırasında büyümedeki hızın en yüksek olduğu dönem, büyüme plaklarının daha kırılgan ve dış kuvvetlere karşı daha az dirençli hale gelmesine bağlı olarak genç sporcuların yaralanma riskinin arttığı bir zaman olarak tanımlanmaktadır (5). Büyüme hızının arttığı dönemlerde, kas dengesizlikleri genç sporcuların aşırı kullanım yaralanmalarına yatkınlığını artırabilir (6). Cimnastikte en sık yaralanmaların gözlemlendiği alt ekstremiteler için özellikle dikkat edilmesi gereklidir (7). Bu nedenle erken özelleşme ile yarışmalara çok erken yaşta başlanan, antrenman yükünün küçük yaşlardan itibaren yüksek olduğu cimnastikte spor yaralanmalarının önüne geçebilmek, minimuma indirebilmek ve performansı en üst düzeye taşıyabilmek için ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin ve bilateral açığın anlaşılması önemlidir.

Her iki ekstremitenin eşzamanlı olarak kasılması sırasında üretilen kuvvetin, sol ve sağ ekstremitelerin ayrı ayrı ürettiği kuvvetlerin toplamından daha düşük olduğu eski bir tarihte gözlemlenmiştir (8). Bu bulgu zamanla bilateral açık olarak adlandırılmıştır. Bilateral açık olgusu, nöromüsküler sistemin, her iki ekstremiteler ayrı hareket ettiğinde (tek taraflı kasılma) geliştirilen kuvvete göre iki ekstremiteler aynı anda çalıştığında (iki taraflı kasılma) maksimal kuvvet üretememesi olarak tanımlanmaktadır ve pozitif bir bilateral açık indeksi bilateral kolaylaştırmayı



gösterirken, negatif bir değer ise bilateral açığı göstermektedir (9). Bilateral açığın altında yatan mekanizmaların anlaşılması için yıllar içinde, psikolojik faktörler, görevle ilişkili faktörler, fizyolojik faktörler ve nörofizyolojik faktörler gibi olası mekanizmalar önerilmiştir (10). Bilateral açık geçmişten günümüze, maksimum istemli kasılma (11), izometrik kasılma (12), patlayıcı güç (13), maksimal güç üretimi (10) ve dikey sıçrama (14) gibi birçok sayıda, farklı hızda ve farklı şekilde kasılma türlerinde yapılan testlerle değerlendirilmiştir. Geçmiş yıllarda bilateral açık ve olgunlaşma arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada ergenlik öncesi, ergenlik dönemi ve ergenlik sonrası çocuk/genç grupları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (15). Yetişkinlerde ise bilateral açığın yaşla birlikte arttığı ve deneyimle azaldığı araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur ve daha deneyimli sporcuların, daha verimli ekstremiteler arası koordinasyona bağlı daha düşük bir bilateral açık gösterdikleri belirlenmiştir (16).

İnsanlar motor görevleri yerine getirirken tercihen vücudun daha kuvvetli veya baskın olan tarafını kullanmaktadırlar (17). Bu nedenle, sporcuların ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi gösterme eğiliminde olmaları şaşırtıcı değildir. Uzunluk/ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi, bir uzvun diğerine göre performansında veya fonksiyonunda görülen bir farktır ve genel olarak; anatomik veya morfolojik asimetrisi, esneklik asimetrisi, güç asimetrisi, strateji asimetrisi, beceri veya sonuç asimetrisi şeklinde kategorilere ayrılabilir (18). Asimetrisi arasında en sıklıkla incelenen konunun ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi olduğunu söylenebilir. Ekstremiteler arası güç çıktılarında gözlemlenen asimetrisinin, spora özgü beceriler de dahil olmak üzere performansı olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir ve Bishop ve arkadaşları (19), farkın en aza indirilmesinin olumlu sonuçlanacağı bildirmişlerdir. Ayrıca önceki araştırmalar, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin %15'ten daha büyük olması durumunda hem sporcu hem de sporcu olmayan popülasyonlarda, bu eşliğin altında orana sahip olan gruplara kıyasla artan yaralanma insidansı ile ilişkili olduğunu vurgulamaktadır (19). Ancak adölesan kadın futbolcularda sıçrama ve yön değiştirme testlerinde asimetrisi gözlemlenmesine rağmen, bu asimetrisinin performanslarına etki etmediği belirtilmiştir (20). Asimetrisinin performansta artışa

ya da düşüşe neden olup olmadığı veya yaralanma riskini artırıp artırmadığı tartışmalı bir konudur (18).

Dikey sıçrama, sporcularda alt ekstremitenin nöromusküler kapasitesini değerlendirmek için kullanılan yaygın bir yaklaşımdır ve sportif performansın çeşitli yönleriyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (21). Ancak Kozinc ve Šarabon (22), sıçrama testleri ile tespit edilen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerlerinin sportif performans ile negatif ilişkili olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tek bacakla yapılan dikey ve yatay sıçramalar asimetrilerin saptanmasında uygun hassasiyete sahip yöntemler olarak kullanılabilirler (19). Yapılan farklı kesitsel araştırmalarda, genç tenisçilerde (23) ve genç futbolcularda (20) ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi oranının tek bacak aktif sıçrama verilerinde en yüksek değerlerde fark gösterdiğini ortaya konmuştur. Dikey sıçrama ile belirlenen asimetrilere ek olarak, Bishop ve arkadaşlarının (24), farklı sıçrama testleri ile bilateral açığı belirlemek için yetişkin erkekler üzerinde yaptıkları araştırmalarında, asimetrinin belirlenmesine benzer olarak en büyük bilateral açık değeri, aktif sıçrama yüksekliğinde gözlemlenmiştir.

Farklı yaş gruplarında ve farklı branşlarda yapılan cimnastik yer serileri 60-90 sn aralığında değişmektedir (2, 3). Bu nedenle cimnastik serilerinde, vücuttaki enerji gereksinimleri açısından anaerobik hakimiyet açıktır ve yoğun anaerobik egzersizler sırasında yüksek performans, kas laktat değeri ile ilişkilidir (25). Ergenlik dönemi öncesi çocukların, daha büyük oranda yavaş kasılan kas liflerine sahip olmaları ve oksidatif enerji kaynaklarının göreceli kullanımına bağlı olarak fiziksel aktiviteleri gerçekleştirirken yetişkinlere göre periferik yorgunluğa daha dirençli oldukları yaygın olarak bilinmektedir (26). Önceki çalışmalarda genç erkek ve kız cimnastikçiler için kalp atım hızı zirve değerleri 160-190 atım/dk aralığında kaydedilmiştir (27). Literatüre bakıldığında küçük yaş gruplarında yarışan sporcuların cimnastik serilerine bağlı vücutlarında oluşan yorgunluk ve bunun performansa etkileri ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Ancak ergenlik öncesi ve ergenlik dönemindeki sporcuların yorgunluğa gösterdikleri benzer ya da farklı tepkiler spor yaralanmalarının önüne geçilmesi, antrenman programlarının düzenlenmesi ve buna bağlı olarak performansın artırılması için önemlidir. Sürekli olarak uygulanan maksimum istemli

kasılmalar sırasında oluşan yorgunluğun, bilateral ve unilateral olarak oluşturulmasına bağlı farklılıklar incelendiğinde, periferik yorgunlukta anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiş; kortikospinal uyarılabilirlik ve inhibisyon arasında farklılık bulunmamıştır (11). Ancak, bilateral açıktaki yorgunluğa bağlı değişimleri gözlemek için Anders ve arkadaşlarının (12) yaptıkları araştırmada tekrarlı aktif sıçramalar için unilateral olarak baskın ve baskın olmayan bacaklar üzerinde gerçekleştirilen sıçramalarda, bilateral yapılan sıçramalara göre daha fazla yorgunluk olduğu iletilmiştir. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde yorgunluğa bağlı değişimi gözlemek için yapılan bir araştırmada ise, dört setli bir çalışmanın son iki setinde yorgunluk indeksindeki artışla beraber dikey sıçrama ile belirlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerlerinde anlamlı farklılıklar ( $EB=1.16$ ) bulunmuştur (28).

Bilateral açığın (10, 22) ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin (19) atletik performansta etkisi büyük ölçüde bilinmemektedir. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin ve bilateral açığın değerlendirilmesinde atletik ve hasta popülasyonlar için önemi ve potansiyel etkileri göz önüne alındığında, farklı faktörlerin güçle ilgili değişkenler üzerindeki etkisini anlamak önemlidir (13). Cimnastik gibi hem unilateral hem de bilateral sıçramaların yer aldığı sporlarda yorgunluk sonucu oluşabilecek performans düşüşünün en aza indirilebilmesi ve yaralanmaların önüne geçilebilmesi için bilateral açık ve asimetrideki yorgunluğa bağlı değişimin anlaşılması önem taşımaktadır. Literatürde, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisindeki yorgunluğa bağlı değişimleri inceleyen araştırmalar olmasına rağmen, küçük yaş gruplarındaki etkileri ve olgunlaşma ile ilişkisi konusunda yorum yapabilmek için yeterli veri bulunmamaktadır. Buradan hareketle bu çalışmanın amacı, 9-14 yaş arasındaki cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimini incelemektir.

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Bu araştırma cimnastikçilerde, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimini incelemek amacıyla yapılmıştır.

## 1.2. Problem

Cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi yorgunluğa bağlı olarak değişmekte midir?

## 1.3. Alt Problemler

1. Cimnastikçilerde bilateral açığın yorgunluğa bağlı değişimi yaşa göre farklılaşmakta mıdır?
2. Cimnastikçilerde bilateral açığın yorgunluğa bağlı değişimi biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaşmakta mıdır?
3. Cimnastikçilerde ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi yaşa göre farklılaşmakta mıdır?
4. Cimnastikçilerde ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaşmakta mıdır?

## 1.4. Denenceler

1. Cimnastikçilerde, bilateral açığın yorgunluğa bağlı değişimi yaşa göre farklılaşmaktadır.
2. Cimnastikçilerde bilateral açığın yorgunluğa bağlı değişimi biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaşmaktadır.
3. Cimnastikçilerde, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi yaşa göre farklılaşmaktadır.
4. Cimnastikçilerde ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi biyolojik olgunlaşmaya göre farklılaşmaktadır.

## 1.5. Sınırlılıklar

1. Bu çalışma artistik ve aerobik cimnastik branşlarında aktif olarak yarışmalara katılan kız sporcular ile sınırlandırılmıştır.
2. Bu çalışmaya 9-14 yaş aralığında olan sporcular katılmışlardır.

3. Bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi yüzdelerin hesaplanması için sıçrama testlerinden sadece aktif sıçrama kullanılmıştır.

### **1.6. Sayıtlar**

Tüm katılımcıların, sıçrama testlerinde ve yorgunluk protokolünde maksimum eforla performans gösterdikleri varsayılmıştır.

### **1.7. Araştırmanın Önemi**

Cimnastik, küçük yaşlarda yarışmalara katılımın başladığı, erken özelleşilen bir spordur. Erken yaşlarda, zorlu antrenmanlarla başarı için performans artışı hedeflenir. Yüklenmenin yüksek olduğu genç yaşta sık görülebilen yaralanmalar, sporcular için sıklıkla karşılaşılan bir engel olabilmektedir. Her branşında sıçramaların temeli oluşturduğu cimnastik için artistik ve aerobik cimnastik branşlarında alt ekstremitte kuvvet ve güç yetileri önemlidir. Koreografilerde tek veya çift bacadan çıkışlar, tek veya çift bacak üzerine inişler, yer değiştirmelerin sağlandığı atlamalar, yer değiştirmeden uygulanan sıçramalar gibi farklı şekillerde, farklı şiddet, hacim ve sıklıkta sıçramalar kullanılmaktadır. Tek ve çift bacak üzerinde sıçramaların sıklıkla birlikte kullanıldığı cimnastik gibi sporlarda, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin etkilerin öğrenilmesi, yaralanmaların önlenmesi, performansın artırılması ve yaralanma sonrası rehabilitasyonun sağlanması için önemlidir. Bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi için küçük yaş gruplarında ve bu yaş gruplarının karşılaştırılmasında sınırlı sayıda çalışma olması ve verilerin tutarsız olması nedeniyle bu çalışma literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca benzer şekilde cimnastik gibi erken yaşta yüklenmenin yüksek olduğu sporlar için yorgunluğun, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerindeki etkisinin incelenmesi performans artışı ve yaralanmaların önlenmesi konularında literatüre ışık tutabilir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Cimnastik

Cimnastik, kuvvet, güç, çeviklik, esneklik, denge, koordinasyon ve dayanıklılık gerektiren hareketleri içeren bir spor türüdür. Dünya çapında cimnastiğin yönetim organı, Uluslararası Cimnastik Federasyonu (FIG)'dur. FIG dünyanın en eski uluslararası spor organizasyonu olarak 1896'da ilk modern olimpiyatların düzenlenmesinden bu yana olimpiyat oyunları içerisinde yer almaktadır. FIG günümüzde sekiz cimnastik branşını tanımlamaktadır. Bunlar, herkes için cimnastik, erkek ve kadın artistik cimnastik, ritmik cimnastik, trambolin cimnastik, akrobatik cimnastik, aerobik cimnastik ve parkurdur. Olimpiyat oyunlarında bu branşlar arasından yalnızca artistik, ritmik ve trambolin cimnastik branşları yer almaktadır. Erkek artistik cimnastik, atlama masası, paralel bar, barfiks, halka, kulplu beygir ve yer aletlerini içerirken, kadın artistik cimnastik, atlama masası, asimetrik paralel, denge ve yer aletlerini içerir. Ritmik cimnastik, bale ve dans benzeri adımların müzik eşliğinde, çember, top, labut, kurdele ve ip aletleri ile yapılan karmaşık hareketlerden oluşmaktadır. Trambolin cimnastik, bireysel, senkronize olarak trambolin üzerinde yüksek ve seri sıçramalar ile performans gösterir. Akrobatik cimnastik, statik (denge ve tutuşlar), dinamik (kaldırışlar ve fırlatmalar) ve kombine olmak üzere üç farklı rutinde kadınlar, erkekler veya karışık gibi, ikili, üçlü veya dördü gruplar halinde farklı kombinasyonlarda müzik eşliğinde yapılmaktadır. Aerobik cimnastik, karmaşık, yüksek yoğunluklu hareket kalıplarının, dinamik ve ritmik olarak müzik ile uyumlu olarak bir koreografi içinde zorluk elementleriyle birlikte yapıldığı ve bireysel, ikili, üçlü, beşli ve sekizli şeklinde kategorilere ayrılan bir cimnastik branşıdır. Parkur ise bloklar, duvarlar, barlar ve engeller içeren yarışma alanında, hız kategorisi için en kısa sürede, serbest stil kategorisi için yaratıcı hareketlerle gerçekleştirilen sıçrama, atlama ve koşuları içerir (2, 3, 7).

### 2.1.1 Artistik Cimnastik

Çocuk ve ergen yaş grupları için cimnastik branşları arasında katılım oranları açısından en popüler olanlardan biri olan artistik cimnastik, diğer cimnastik branşları gibi puanlama amacıyla belirli pozisyonlara ve tekniklere ulaşmak için geniş hareket aralıkları gerektiren estetik bir spordur. Kadınlar için artistik cimnastik, 4 alette başarılı performans sergileyebilmek için üst ve alt ekstremitelerde yüksek düzeyde kuvvet ve güç gerektirir (1, 29). Ekipmanların mekanik özellikleri, yarışma aletinin stabilizasyonunu ve bu da hareketlerin zorluğunu etkiler. Yani yer, barfiks, paralel, asimetrik paralel ve halka gibi farklı aletler üzerinde gerçekleştirilen amut hareketinde stabiliteyi korumak için gerekli faktörler oldukça farklıdır (1). Kadın artistik cimnastikçilerin zorlu antrenmanlara erken yaşlarda başladığı göz önüne alındığında, cimnastikçilerin büyüme ve olgunlaşma süreçlerinde ortaya çıkan biyolojik süreçlerin kuvvet, güç ve hız ölçümleri üzerindeki potansiyel etkilerini anlamak önemlidir (29).

Artistik cimnastikte her bir alette yüksek düzeyde performans gösterebilmek için gerekli kuvvet, güç, hız, denge, esneklik, koordinasyon gibi biyomotor bileşenler ve bu bileşenlerin enerji sistem gereksinimleri farklıdır. Ayrıca, bu bileşenlerin çocuklarda ve ergenlerde gelişimi, büyüme, olgunlaşma ve antrenman etkileşimleri nedeniyle doğrusal değildir. Artistik cimnastikte performans süreleri aletler arasında farklılık göstermektedir; atlama masası yaklaşık 5 saniye sürebilirken yer serisi 90 saniye sürebilir. Hem doğası hem de kısa süreli olması nedeniyle, adenozin trifosfat (ATP) ihtiyacı, fosfojen ve anaerobik glikolitik enerji sistemleri tarafından sağlanmaktadır (1, 30). Ayrıca cimnastik, hem statik hem de dinamik hareketler sırasında, üst ve alt ekstremitelerde, postüral kontrolü dengeleme ve sürdürme yeteneğini gerektirir (1).

### 2.1.2 Aerobik Cimnastik

1995 yılında ilk Dünya Şampiyonası Paris'te düzenlendiği günden bugüne popülerliği büyük ölçüde artan aerobik cimnastik, diğer cimnastik branşlarına göre yeni bir spor olarak kabul edilir (4). Olimpik olmayan bir cimnastik disiplini olduğu için, sürekli değişikliklere uğramaktadır (31). Aerobik cimnastik için enerji gereksinimleri

açısından anaerobik baskınlık açıktır (25). Ayrıca patlayıcı güç, aerobik cimnastik için performansta en önemli unsurlardan biridir. Aerobik cimnastikçiler, 1.15 – 1.20 dakikalık seri boyunca mükemmel yakın şekilde uygulanan zorluk elementleri ile beraber yoğun dinamik, ritmik ve sürekli; yüksek ve düşük etkili aerobik temel adım dizilerini doğru teknik ve sanatsal bir sunumla göstermelidirler (31). Aerobik cimnastikte performans, yarışma zemini üzerinde hızlı yön değişiklikleri içeren dinamik hareketlerden oluşur ve performans gelişimi için kuvvet, güç esneklik ve koordinasyon yetilerinin gelişimini gerektirir (25). Nispeten yeni olduğu için, bu spor dalında, yarışma ve antrenman performanslarındaki fizyolojik taleplerle ilgili yeterli sayıda bilimsel çalışma yapılmamıştır (4).

2022-2024 yılları arası geçerli olan kural kitapçığına göre, zorluğa puanlama sistemi öğeleri yedi farklı aileyi içeren üç ana grup altında ayrılır: A grubu yer elementleri, B grubu havadaki elementler, C grubu ayaktaki elementler. Bir yarışma serisinde performans seviyesini değerlendirmek için koreografi bileşenlerinin zorluk derecesine bakılır (4). Cimnastikte teknik olarak, sporcuların hareket aralığının geniş olması, yani spora özgü birçok farklı hareketi yapabilmeleri ve bu teknik hareketlerin gösterimini en az hata ile tamamlayabilmeleri beklenmektedir. Bu nedenle, aerobik cimnastik, sporcuların yüksek düzeyde özel teknik yeteneğe sahip olmalarını ve teknik hareketleri mükemmel yakın bir şekilde gerçekleştirebilmelerini gerektirir. Ayrıca senkronizasyon ve mekansal organizasyon, bireysel harici kategorilerde büyük önem taşırken, sporcuların kendi aralarında ve müzik ile yüksek düzeyde koordinasyonunu gerektirir (32).

## **2.2. Büyüme ve Olgunlaşma**

Büyüme, vücut kompozisyonundaki ve vücudun çeşitli sistemlerindeki, yağ, kas ve kemik gibi bileşen parçalarından herhangi birindeki, fiziksel, boyutsal ve ölçülebilir artışını ifade eder (33, 34). Büyümenin en önemli belirleyicisi genetik yatkınlıktır; boy uzunluğu ve boy uzama hızı genetik faktörlerden önemli ölçüde etkilenir (35). Olgunlaşma ise, yetişkin olgunluğuna ulaşılan kadar gereken süreyi ve değişim sürecini ifade eder (36). Geç çocukluk ve ergenlik döneminde, sinir ve



endokrin sistemlerin olgunlaşması, cinsel, iskelet ve somatik olgunlaşma için önemli faktörlerdir (37). Olgunlaşma, bedensel sistemler arasında, ilerleme zamanlaması ve temposu bakımından değişkendir (33, 36, 38). Yani, aynı kronolojik yaştaki bireylerin biyolojik olgunlaşma düzeyleri önemli ölçüde farklılık gösterebilir (39). Olgunlaşma sürecinde, önemli morfolojik ve nöral değişiklikler meydana gelir (40). Ayrıca bu süreç, hormonal değişiklikler ve çevresel faktörlerden de etkilenir (39). Özellikle ergenlik dönemindeki büyümeyi takiben olgunlaşma, fiziksel niteliklerin ve motor becerilerinin gelişimini etkiler (38). Çeşitli genetik ve çevresel faktörlerden etkilenen dinamik süreçler olan büyüme ve olgunlaşmada cinsiyet ve bireysel farklılıkların değerlendirilmesi, fiziksel aktivite ve spor da dahil olmak üzere birçok açıdan çok yararlıdır (34, 35, 41).

Boy uzamasındaki artış, bebeklik ve erken çocukluk döneminde oldukça hızlıdır; orta çocukluk döneminde nispeten sabittir; zirve boy uzama hızının gözlemlendiği ergenlik döneminde yine hızlıdır ve daha sonra yetişkinlik boyuna yaklaşıldıkça yavaşlar. Yaşamın ilk yıllarında gözlemlenen en yüksek boy uzama hızı, kızlarda yaklaşık 10, erkeklerde 12 yaşa kadar kademeli olarak azalır. Ergenlik ile, kızlarda yaklaşık 12, erkeklerde 14 yaş dolaylarında, boy uzama hızındaki artış zirve yapar ve daha sonra yavaş yavaş azalır; en sonunda yetişkin boyunun elde edilmesiyle sona erer. Bu büyüme paterni (boyut artışı ve hızı) genellikle, deri altı yağ kütlesi ve dağılımı hariç, vücut ağırlığı ve diğer fiziksel süreçler için benzerdir (33). Ergenlik döneminde gelişim, aynı kronolojik yaştaki gençler arasında zamanlama ve tempo açısından bireyler arası önemli farklılıklar gösteren doğrusal olmayan bir süreçtir (36). Olgunlaşmanın zamanlaması ve temposundaki bu farklılıklar hem fiziksel hem de psikolojik gelişimi etkilemektedir (42). Bu dönemde vücut boyutlarında, şeklinde ve kompozisyonunda hızlı, dinamik değişiklikler olur (35). Ergenlik döneminde vücut ağırlığında yaklaşık %50, boy uzunluğunda ise %15-25'lik bir artış olur (43).

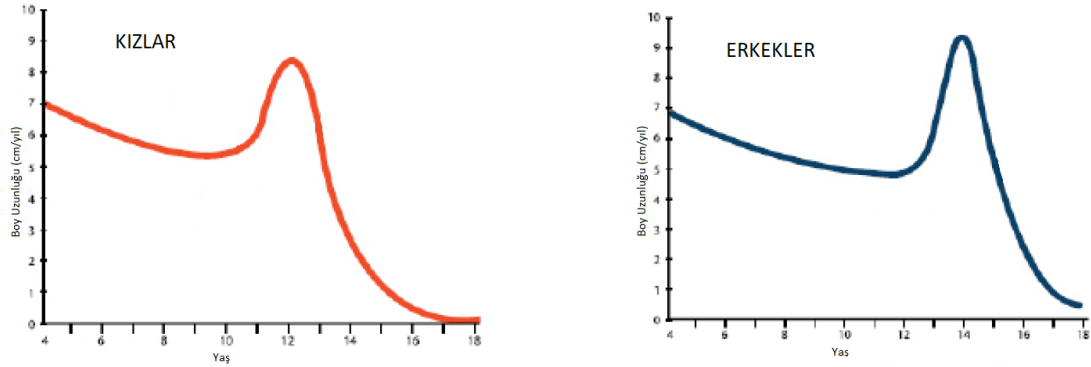
Bireyler kronolojik yaşa göre olgunlaşma aşamaları içinde geç gelişen, ortalama gelişen veya erken gelişen olarak sınıflandırılabilir (44). Aynı kronolojik yaştaki akranlarından daha erken olgunlaşan genç sporcuların yüksek performans gerektiren programlar için seçilmesi daha olasıdır çünkü erken olgunlaşma sonucu,

vücut kütlesi, boy uzunluğu, beden kütle indeksi ve yağsız vücut kütesinin daha yüksek değerler göstermesine ek olarak, sağlık topu fırlatma, el kavrama kuvveti, dikey sıçrama ve skuat sıçrama gibi fiziksel uygunluk testleri de daha iyi sonuçlar gösterebilir. Hormonal değişiklikler ve kas kütlesi artışı üzerindeki etkinin bir sonucu olarak güç üretimi erken olgunlaşan sporcularda daha yüksek olacaktır (36).

Spor branşlarında, kronolojik yaş, genç sporcuları kategorilere ayırmak, erken yaşta yetenekleri belirlemek veya antrenman programı hazırlanması için kılavuz oluşturmak için kullanılan yaygın bir kriterdir (39). Bu nedenle, kronolojik yaş genellikle, büyüme ve performans arasında yapılan araştırmalarda referans olarak alınır. Ancak, özellikle ergenlik yıllarında, aynı kronolojik yaşta bireyler arasında büyüme, olgunlaşma ve performans bakımından önemli farklılıklar olabilir. Fiziksel performans, birbirleriyle ilişkili olan büyüme ve olgunlaşma süreçlerin her ikisinden de etkilenir (33). Bu bağlamda biyolojik olgunlaşma düzeyinin yaklaşık olarak belirlenmesi, sporcularda, teknik becerilerin geliştirilmesi ve uzmanlaşması için önemli bir avantaj sağlar. Ayrıca, biyolojik olgunlaşma düzeylerine göre, kuvvet ve güç gibi belirli motor yeteneklerin uygun şekilde genç sporcular arasında eşleştirme yapmak antrenman, yarışma ve maç stratejileri için dikkate alınması gereken bir konudur (39).

Şekil 2.1'de verilen zirve boy uzama hızının en yüksek olduğu dönemin (ZBUH) görüldüğü yaş, düzenli fiziksel aktivite, düzenli antrenman, egzersiz ve spordan etkilenmez (33). Literatürde, ZBUH'nın ortalama kızlarda 12, erkeklerde 14 yaş civarında görüldüğü bilinmektedir (42). Kız ve erkek sporcular için ZBUH'nın olduğu yaş bu ortalamaya yakın olma eğilimindedir. Ancak her iki cinsiyet için de cimnastikçilerde ZBUH yaşları geç gelişim göstermektedir (33). Ayrıca, ergenlik döneminde, gelişimde ve cinsel olgunlaşmadaki gecikme başta cimnastikçiler, dansçılar ve uzun mesafe koşucuları olmak üzere çeşitli sporcularda belgelenmiştir. Farklı seviyelerde yarışmalara katılan cimnastikçiler içinde olimpiyat oyunlarında yarışan cimnastikçilerin en geç menarş yaşına sahip olduğu da bilinmektedir (35). Sezgisel olarak, cimnastik antrenörleri küçük yaşlarda genetik olarak daha kısa ve daha zayıf olması beklenen geç olgunlaşan sporcuların seçimini destekleyebilir. Ancak

çocuklar özellikle de ergenlik döneminde biyolojik olarak farklı oranlarda büyüme hızında dalgalanmalar yaşayabilirler (1).



**Şekil 2.1.** Zirve boy uzama hızı grafiği (45).

Yetişkin sporcularla karşılaştırıldığında, olgunlaşmamış kıkırdak ve kas sistemine sahip çocukluk çağındaki sporcular yaralanmalara karşı daha savunmasızdır (46, 47). Ayrıca çocuklar ergenlik döneminde, özellikle büyüme ve olgunlaşmanın hızlı değişim gösterdiği dönemlerde, artan yaralanma riskine sahip olabilirler (42, 48, 49). Hızlı fiziksel büyüme ve biyolojik olgunlaşma, kas iskelet sistemi ağırları ve yaralanmaları için risk faktörleridir. Anatomik düzeyde, büyüme plaklarının ve gelişmekte olan kemiğin yapısal kapasitesi, hızlı büyümenin gözlemlendiği dönemlerde aşılabılır ve bu durum ağırlara, yaralanmalara, kırıklara veya spesifik olmayan kas iskelet sistemi sorunlarının gelişmesine yol açabilir (50).

### 2.2.1 Olgunlaşmanın Belirlenmesi

Büyüme ve olgunlaşma üzerine yapılan araştırmalarda, biyolojik olgunlaşmanın belirlenmesi için iskelet olgunlaşması, cinsel olgunlaşma ve somatik olgunlaşma gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sadece iskelet olgunlaşması bebeklikten genç yetişkinliğe kadar incelenirken, cinsel ve somatik olgunlaşma ergenlik dönemiyle sınırlıdır (41). Olgunlaşmayı belirlemek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri, el ve el bileğindeki kemiklerin radyolojik olarak görüntülenmesidir, ancak sonuçların geçerliliğini ve güvenilirliğini sağlamak için yüksek deneyime sahip araştırmacılara ve ihtiyaç duyulan ekipmana erişmek zor

olduğu için her zaman kullanılması mümkün değildir (36). Bu yöntemle belirlenen ergenlik başlangıcı, iskelet olgunlaşmasına karşılık gelen belirli bir biyolojik yaşa, yani erkekler için 13 yıl ve kızlar için 11 yıllık bir kemik yaşına karşılık gelir (35).

Olgunlaşmanın belirlenmesinde, antropometrik özelliklere göre belirlenen, kolay, ucuz, taşınabilir ve zararsız olması gibi avantajlarıyla birlikte, geçerliliği ve güvenilirliği kanıtlanan formüller de kullanılmaktadır (36). Boy uzunluğu, oturma boyu uzunluğu, vücut ağırlığı ve kronolojik yaş verilerine bağlı belirlenen boy uzama hızının en yüksek olduğu dönem, bireyin olgunlaşma durumunu verir ve ZBUH öncesi, sırası ve sonrası olarak sınıflandırılabilir (40). Olgunlaşmanın değerlendirilmesi için, cinsel özelliklerin dolaylı analizi de kullanılabilir bir araçtır, ancak bu yöntem, pratik olmasına rağmen, öznel bir değerlendirmedir ve ikincil cinsel faktörlere dayanan, kendi kendine bildirilen bir değerlendirme olduğu için karışabilir (36). Bu nedenle biyolojik olgunlaşmanın, ergenlik belirteçleri olan antropometrik parametreler ya da kemik yaşı gibi ölçümlere göre tahmin edilerek belirlenmesi, daha kesin bir model gibi görünmektedir. (39).

### **2.2.2 Olgunlaşma ve Egzersiz / Performans İlişkisi**

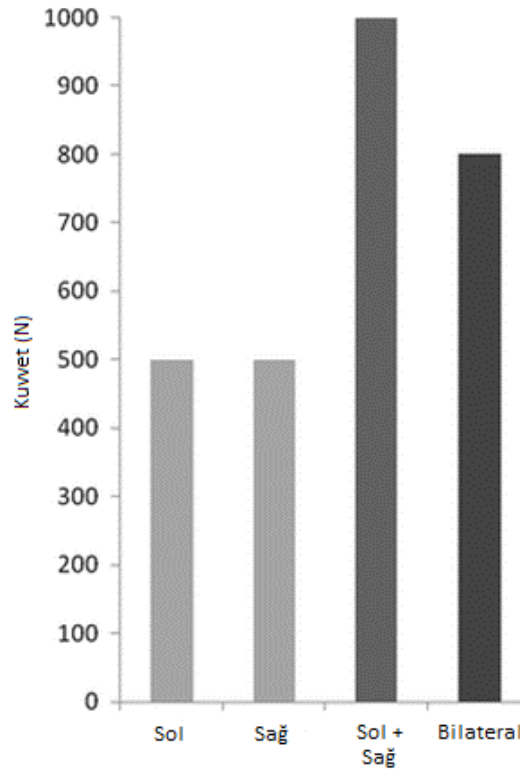
Çocukluk ve ergenlik döneminde uygulanan düzenli egzersiz, büyüme, olgunlaşma ve performans ilişkisi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Fiziksel aktivite, kardiyovasküler sistemin düzenlenmesi ve vücut kompozisyonundaki olumlu değişikliklerle ilişkili olduğu için büyüme üzerinde yararlı etkilere sahiptir. Ancak özellikle ergenlik döneminde yüksek şiddette ve sıklıkta yapılan antrenmanlar büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilir. Yoğun antrenmanın, iskelet olgunlaşması üzerinde ciddi etkileri vardır ve kronolojik yaşa kıyasla kemik yaşında önemli bir gecikmeye yol açar. Yoğun antrenmanın büyüme üzerindeki etkisi, antrenman içeriği, antrenmana başlama yaşı ve antrenmanın şiddeti gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (35).

Biyolojik olgunlaşmanın spor performansı üzerindeki etkisi nedeniyle, olgunlaşma aşamalarının değerlendirilmesi gerekli görünmektedir; bu aşamalardan ZBUH, olgunlaşma aşamasının en çok kullanılan göstergelerinden biridir (36). Ergenlik döneminde büyüme faktörleri üretimindeki artışın bir sonucu olarak, kemik ve kas

dokusundaki morfolojik değişiklikler gözlemlenir. İskelet kaslarının kasılma performansı, hız ve kuvvet bakımından artar (39). Ergenlik öncesi ve sonrası genç sporcular arasında, mutlak izometrik zirve kuvveti, dikey sıçrama yüksekliği ve sprint hızında önemli farklılıklar görülür (38).

### 2.3. Bilateral Açık

Bilateral açık ilk defa 1961'de Henry ve Smith (8) tarafından önerilirken unilateral olarak iki ekstremiten ile üretilen kuvvetlerin toplamının, iki ekstremitenin eşzamanlı kasılması sonucu üretilen kuvvetten daha büyük olması olarak açıklanmaktadır (51, 52)(Şekil 2.2). Yani bilateral açık, eşzamanlı gerçekleştirilen bilateral kasılma sırasında kas grubunun ürettiği maksimum kuvvetin, tek taraflı olarak ürettiği maksimum kuvvetlerin toplamından daha düşük olması olgusu ile tanımlanmaktadır (53). Başka bir şekilde bilateral açık, kasın tek başına kasılması ve kontralateral kas grubu ile kasılması durumunda güç üretme kapasitesindeki fark olarak da açıklanmaktadır (54, 55).



Şekil 2.2. Bilateral açık (10).

Bilateral açık, hem kadınlarda hem de erkeklerde; sporcu ve sedanterlerde; hem üst hem de alt ekstremitelerde; küçük ve büyük kas gruplarında gözlemlenebilen bir olgudur ve egzersiz programlarına duyarlı olduğu bilinmektedir (56, 57). Halterciler gibi çift taraflı egzersiz yapan sporcularda da bilateral kolaylaştırma olarak adlandırılan zıt bir durum da gözlenebilir (58, 59), bu nedenle bilateral açık çok değişken bir olgu olarak görünebilir. Pozitif bir bilateral açık indeksi bilateral kolaylaştırmayı gösterirken, negatif bir değer ise bilateral açığı göstermektedir (10).

Bilateral açık, çok sayıda araştırmanın konusu olmuştur ve çeşitli koşullar altında test edilmiştir; farklı kasılma türlerinde (izometrik, dinamik patlayıcı, izokinetik, izotonik), farklı şiddetlerde (maksimal ve submaksimal), üst veya alt ekstremitelerde, bir veya daha fazla eklem katılımında, sporcularda veya sedanter/orta derecede aktif bireylerde değerlendirilmiştir (24, 51, 60). Bu olgu, çoğu zaman, çeşitli sporlarda izometrik ve dinamik tek eklem kasılması ile değerlendirilirken, dikey sıçramalar gibi balistik hareketler sırasında da gözlemlenebilir (22, 54, 59). Bu nedenle bilateral açık, nöromüsküler performansla ilgili farklı parametrelerden etkilenen çok faktörlü bir olgudur (61). Çalışmalar, bilateral açık oluşumunu etkileyen çeşitli faktörlerle ilgili fikir birliği eksikliği olduğunu bildirmektedir (51, 53).

Nöromüsküler fonksiyonda oluşabilen farklılıkları ve bunun her iki ekstremitenin aynı anda kullanıldığı durumlarda nasıl ve neden yansıdığını anlamak, bilateral açığın altında yatan nedenleri araştırmak açısından önemlidir. Bilateral açığın nedenlerini açıklamak için Whitcomb ve arkadaşları (56), postural stabilite ve nöral inhibisyon olarak iki temel teori öne sürmüşlerdir. Skarabot ve arkadaşları (10) ise, bilateral açığın altında yatan mekanizmaların anlaşılması için, psikolojik faktörler, görevle ilişkili faktörler, fizyolojik faktörler ve nörofizyolojik faktörler gibi olası mekanizmalar önermişlerdir.

Bilateral açık ile ilgili geniş literatüre rağmen, spor performansı ile ilişkisi hala çok anlaşılabilir değildir (22). Çalışmaların çoğunluğu bilateral açık oluşumunu etkileyen temel mekanizmalarını açıklamayı amaçlarken, atletik performans ile ilişkisi ihmal edilmiştir (59). Bilateral açığın anlaşılması için yapılan araştırmalar; henüz atletik

performans üzerindeki etkisi tam olarak bilinmediğinden, performans ile ilişkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için önemlidir (9). Bilateral açık, nöromüsküler sistemin bir kontrol sınırlamasını temsil edebilir ve mutlak kuvvetin/gücün geliştirilmesini gerektiren sporlar için önemli etkileri olabilir (54).

Bilateral açığın performansla ilişkisinin belirlenmesi, unilateral ve bilateral kas kasılmalarını birleştiren sporlarda, sporcuların performansını optimize etmek için antrenörler tarafından antrenman programlarının bireyselleştirilmesine yönelik ilk adımı oluşturabilir (54) ve antrenman programı hazırlanmasında önemlidir (53). Önceki çalışmalar, bilateral olarak gerçekleştirilen direnç egzersizlerinin bilateral açığı azalttığını ve tek taraflı egzersizleri içeren egzersizlerin arttırdığını göstermiştir (59, 62). Başka bir deyişle, tek taraflı ve iki taraflı olacak şekilde gerçekleştirilen egzersizler sırasıyla unilateral ve bilateral gücü artırabilir (56).

### **2.3.1. Bilateral Açık ve Altta Yatan Olası Mekanizmalar**

Bilateral açık ve altında yatan olası mekanizmalar, bu olgunun keşfinden beri araştırmacılar arasında tartışma konusu olmuştur. Yıllar içerisinde araştırmacılar tarafından farklı mekanizmalar öne sürülmüştür ancak hala mekanizmaların karmaşıklığı nedeniyle tam olarak anlaşılmamıştır (10). Bilateral açığın oluşma nedenlerini açıklamak için Aune ve arkadaşları (52), bilateral açığın altında yatan mekanizmaları dört ana başlık altında toplamışlardır; psikolojik faktörler, hareketle ilişkili faktörler, fizyolojik faktörler ve nörofizyolojik faktörler. Literatürde bu mekanizmalar için algılanan efor gibi psikolojik faktörler; antrenman düzeyi, harekete aşinalık, postüral stabilite, ekstremitte baskınlığı gibi hareketle ilişkili faktörler; antagonist ve core bölgesi kaslarının katkısı, motor ünite aktivasyonu ve kas lifi tiplerinin inhibisyonu, kasılma tipi ve eklem açısı gibi fizyolojik faktörler; motor ünite aktivasyonu, spinal refleksler, üst merkezlerde nöral inhibisyon gibi nörofizyolojik faktörler önerilmiştir ancak nörofizyolojik mekanizmaların bilateral açığa katkısı belirsizliğini korumaktadır (10, 63).

Whitcomb ve arkadaşları (56) ise, postüral stabilite ve nöral inhibisyon olmak üzere iki temel teori öne sürmüşlerdir. Postüral stabilite teorisi, egzersizin postüral

stabilite gereksinimlerinin, bilateral açığın nedeni olabileceğini varsaymaktadır. Nöral inhibisyon teorisi ise, bilateral açığın unilateral kasılmalarda korteksteki karmaşık etkileşimlerden kaynaklanan, kontralateral motor sistemin nöral inhibisyonunun bir sonucu olduğunu öne sürmektedir. Postüral stabilite teorisinin yerine nöral inhibisyon teorisi, daha fazla dikkat çekmektedir (56).

### 2.3.2 Bilateral Açığın Değerlendirilmesi

Bilateral açık, farklı hareket ve kasılma tiplerinde gözlemlenen bir olgudur (10). Bu nedenle ilgili literatür tutarsızdır; dinamik, izometrik veya balistik gibi farklı kasılma tipleri ve farklı hareket kalıpları arasında bilateral açığın büyüklüğünde ve varlığında yüksek değişkenlik görülmektedir (63). Bilateral açığın büyüklüğü alt ekstremitelerde üst ekstremitelere göre daha büyüktür ve ayrıca kasılma hızıyla orantılı olarak artar (10). Muhtemelen daha küçük postüral stabilizasyon gereksinimi nedeniyle bilateral açık olgusu tek eklemlerle izometrik kasılmalar ile gösterilebilir. Çünkü hareketin mekaniği sınırlı olduğundan, olası mekanizmaların araştırılması için en uygun kasılma türü izometrik kasılmadır (64). Bilateral açık çoğunlukla tek eklemlerle testler ile araştırılmasına rağmen, sıçramalar gibi dinamik, patlayıcı ve balistik çok eklemlerle hareketler de gözlemlenebilir (22). Ayrıca, bilateral açığın dinamik kasılmalarla belirlenmesi izometrik kasılmalara kıyasla daha tutarlı bir olgu gibi görünmektedir (10).

İzometrik kasılmaları kullanan ilgili araştırmaların bilateral açık indeksi ortalama  $\% - 8,6 \pm 8,5$  bulunmuştur. Dinamik kasılmalarda, konsantrik, eksantrik ve/veya izokinetik kasılmalar arasında bilateral açık tutarlı değildir ancak bilateral açık indeksi ortalama olarak  $\% - 11,7 \pm 9,7$ 'dir. Konsantrik ve / veya eksantrik kasılmalarda bilateral açık ortalama olarak yaklaşık  $\% 10$  iken, izokinetik kasılmalar sırasında daha büyük bir aralığa sahiptir ve genellikle kasılma hızındaki artışlarla artar. Aktif sıçrama, uzun atlama, skuat sıçrama gibi balistik hareketlerde de bilateral açık değerlendirilmektedir (10).



### 2.3.3. Bilateral Açık ve Olgunlaşma

Dunstheimer ve arkadaşları (15), ergenlik öncesi, ergenlik ve ergenlik sonrası, erkek ve kız çocuklar arasındaki bilateral açığı karşılaştırmak için tek ve iki bacakla, bisiklet ergometresinde 30 saniyelik sprintler uygulamışlardır. Zirve ve ortalama güçteki bilateral açık %-8 ile %-20 arasında değişmiş ve kızlarda daha belirgin şekilde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bilateral açığın sadece motor ünite aktivasyonunun azalmasının bir sonucu olmadığı öne sürülmüştür (15). Kuruganti ve Seaman'ın (57), ergen, genç yetişkin ve yaşlı yetişkin kadınlar üzerinde yaptıkları araştırmalarında, bilateral ve unilaterale diz fleksiyonu ve ekstansiyonu için miyoelektrik sinyal genliklerinde herhangi bir değişiklik olmadan tüm yaş gruplarında benzer olarak % -20 ile % -32 arasında değişen bilateral açık bulmuşlardır.

Veligeas ve Bogdanis (65) ergenlik öncesi çocuklar üzerinde yaptıkları araştırmalarında, ergenlik öncesi erkek çocuklarında bilateral kolaylaştırma olarak adlandırılan yüksek ve pozitif bilateral açık değerleri (%7-13) görülmüştür, yani bilateral sıçrama yükseklikleri, tek ayak sağ- sol sıçrama yüksekliklerinin toplamından daha büyüktür. Buna karşılık, ergenlik öncesi kızların daha düşük bilateral açık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca ergenlik öncesi çocuklarda bilateral açık değerleri antrenman düzeyinden etkilenmezken yaşla birlikte bilateral açık indekste bir artış gözlemlenmiştir (65). Yapılan araştırmalar, basit reaksiyon zamanı veya maksimum istemli kasılmanın, sağlıklı genç yetişkinlere kıyasla (%-8,37), yaşamın ilk on yılında çocuklar (%0,64) ve yaşlı yetişkinler (%-2.41) için daha düşük olduğunu savunmaktadır (66). Çocuklarda henüz tamamlanmamış miyelinleşme ve kas grubunun görevi yerine getirirken, gelen komutun kontralateral kas grubuna da eş zamanlı gönderilmesi bu farkın ana sebepleridir. Bu durum yaşamın ilk on yılından sonra kaybolur ve yaşlanmayla birlikte tekrar artar (66). Ayrıca, ergenlik öncesi çocukların motor üniteleri aktive etme yeteneğinin azalması bilateral açığı daha da etkileyebilir ve bu olgunlaşma ile değişebilir (65).

### 2.3.4. Yorgunluk ve Bilateral Açık

Kas yorgunluğu, nöromüsküler performansla ilgili parametreleri etkileyebilecek kas fonksiyonunda değişimlere neden olabilir; ancak yorgunluğun bilateral açığı etkileyip etkilemediği ve nasıl etkilediği açık değildir (67). Nöral kontrol stratejilerindeki göreve özgü farklılıklardan, bilateral hareketler boyunca, daha düşük şiddet, metabolik yan ürünlerin birikmesini geciktirebilir ve unilaterale kıyasla uyarma-kasılma iletiminde eksiklik gelişimini zayıflatabilir (12). Unilateral ve bilateral diz ekstansiyonu sırasında, izokinetik tork ve nöromüsküler parametrelerdeki yorulmaya bağlı değişimleri incelemek amacıyla yapılan bir araştırmada, bilaterale (%42,8 ± 19,1) göre unilateral (dominant %56,0 ± 10,9 ve dominant olmayan %53,2 ± 11,6) performansta daha yüksek düşüşler gözlemlenmiş ve daha yüksek yorgunluk bildirilmiştir (12). Ayrıca, unilateral kasılmalarda, bilateral kasılmalara göre daha fazla yorgunluk oluşması bulgusu literatür ile tutarlıdır (68). Ancak, erkek judocular üzerinde 15 dk dinlenme aralıklı 4 x 4 dakikalık simüle edilmiş judo maçı ile oluşturulan yorgunluk sonucu, el kavrama kuvveti için bilateral açık değerleri, birinci ve ikinci maçlardan sonra yaklaşık %10 kadardır ve ön testten önemli bir fark göstermemiştir (67). Owings ve Grabinar (69) geçmiş yıllarda, bilateral açık ile motor ünite aktivasyon yeteneğinin azalması arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır ve iki farklı izokinetik kasılma hızı kullanılarak oluşturulan kassal yorgunluğun (saniyede 30° ve 150°), bilateral açık üzerindeki etkisinde farklılıklar bulmuşlardır. Bilateral açığın ve altında yatan mekanizmaların yorgunluktan nasıl etkilendiği belirsizliğini korumaktadır (12).

### 2.3.5. Bilateral Açık ve Spor Yaralanmaları

Yaşlı yetişkinlerde bilateral açığın bilateral aktiviteleri gerçekleştirme yeteneği üzerinde etkisi olduğu için muhtemelen yaralanma riskini artırabileceği öne sürülmüştür. Ancak literatürde, yaralanma ve/veya yaralanma riski ile bilateral açık arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır. Çünkü maksimum kasılmalar ile yapılan araştırmaların nadir olması ve dinamik kasılmalar sırasında yaklaşık %6-13 arası değişen bilateral açık seviyeleri genel popülasyonda yaralanmaya sebep olarak

görülmemektedir. Bununla birlikte, tek bir ekstremitenin mutlak maksimum kapasitesi, unilateral ve bilateral hareketler arasında farklılık gösterebilir ve bu farklılık bilateral eksiklik ya da kolaylaştırma olabileceği için potansiyel yaralanma riski göz ardı edilmemelidir. Bu nedenle bilateral açık ve yaralanma riski arasındaki ilişkinin gelecek dönemlerde araştırmalarda yer alması önemlidir (10).

### 2.3.6. Bilateral Açık ve Performans İlişkisi

Bilateral açığın büyüklüğünün sporda performans üzerindeki rolü hala belirsizliğini korumaktadır (10, 13). Geçmiş çalışmaların çoğunluğu bilateral açığın altında yatan temel mekanizmaları açıklamayı amaçlarken, atletik performans ile ilişkisi ihmal edilmiştir (59). Dikey sıçramada, bilateral açık ile elit sprinterlerde çıkış performansı arasındaki ilişkiyi araştıran Bračić ve arkadaşları (70), daha küçük bilateral açık ve daha yüksek zirve kuvvet üretimi arasında anlamlı bir korelasyon ( $r = -0.63$ ;  $p < 0.01$ ) bulmuşlardır. Bu durumda 10 ve 60 m sprint performanslarının daha düşük bir bilateral açık ile ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Genç erkek voleybolcularda, dikey sıçrama değişkenlerinden belirlenen bilateral açık ile doğrusal sprint, yön değiştirme ve yön değiştirme açığı arasındaki ilişki incelenmiştir (59). Daha düşük bilateral açık değerlerinin daha iyi doğrusal sprint hızı performansı ile ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır (59). Genç basketbolcular ve tenisçilerde, bilateral açık ve yön değiştirme hızı arasındaki ilişki incelendiğinde sadece erkek sporcular için istatistiksel olarak anlamlı, küçük ila orta dereceli ( $r = 0,21-0,52$ ) ilişkiler bulunmuştur; kız sporcular için anlamlı ilişkiler bulunmamıştır (22). Bishop ve arkadaşları (24) tarafından yapılan bir araştırmada dikey sıçramadaki daha yüksek bir bilateral açığın yön değiştirme hızı ile ilişkili olduğu (sırasıyla sol ve sağ için  $r = -0,48$  ve  $r = -0,53$ ) bildirilmiştir ancak doğrusal sprint ile ilişki bildirilmemiştir.

Sonuç olarak, bilateral hareketlerin birincil olarak kullanıldığı (kürek, halter gibi) sporlarda, daha düşük bilateral açık ile performansın ilişkili olduğu varsayılabilir; daha yüksek bilateral açık değerleri, unilateral hareketlerin öncelikli olarak yapıldığı sporlarda daha fazla potansiyel fayda sağlayabilir (71). Bilateral açık ve performans

arasındaki ilişkiyi belirlemek için farklı sporcu popülasyonlar üzerinde daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (10).

### **2.3.7. Bilateral Açık ve Antrenman Etkisi**

Üst veya alt ekstremitelerde kas gruplarında oluşan bilateral açık miktarı, yapılan antrenmandan önemli ölçüde etkilenebilir (72). Mevcut literatürde, bilateral egzersizlerin bilateral açığı azalttığı, unilateral egzersizlerin arttırdığı tutarlı olarak kabul edilmektedir; yani yapılan egzersiz türünün bilateral açık üzerinde etkisi olması beklenmektedir (10, 62). Yapılan bilateral kuvvet antrenmanları; bilateral maksimum kuvvet üretiminde, tek taraflı kuvvet üretimine göre daha yüksek artışlara yol açarak bilateral kolaylaştırmaya neden olabilir (54). Sıklıkla bilateral egzersizler yapan Olimpik halterciler üzerinde bilateral açık araştırıldığında, bilateral kolaylaştırma ile karşılaşılmıştır (58). Ayrıca sporcular arasında, daha deneyimli olanların daha düşük bilateral açık gösterdikleri de bilinmektedir (16).

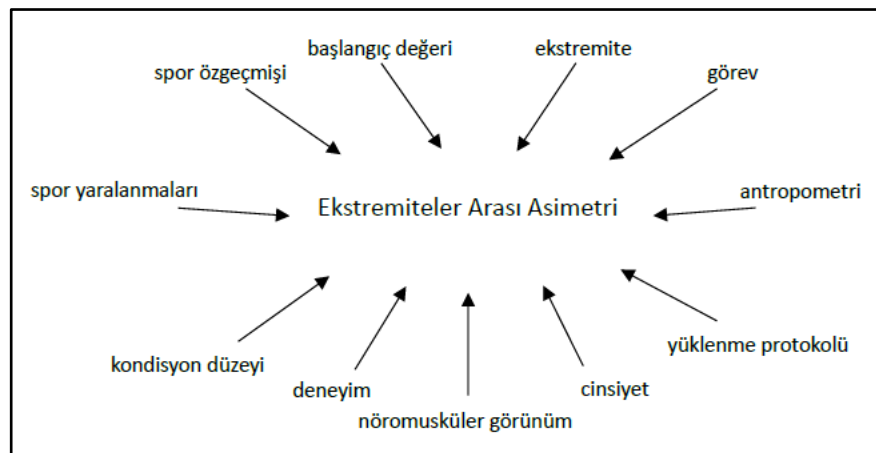
Plesa ve arkadaşlarının (59) voleybolcular üzerinde yaptıkları araştırmada, atletik performans ile ilişkisi bulunan bilateral açık değerleri için, performans gelişimi amaçlandığında, daha düşük bilateral açık düzeyine sahip sporcular için antrenman programlarında unilateral egzersizlerin daha yüksek miktarda kullanılması önerilmiştir. Bununla birlikte, bilateral egzersizler tamamen göz ardı edilmemelidir (22).

### **2.4. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi**

İnsan vücudu anatomik ve nörolojik açıdan asimetriktir; bu yüzden insanlar, bir motor beceriyi sergilerken tercihen vücudun, daha yetenekli veya daha baskın tarafını kullanırlar ve bu nedenle, sporcuların ekstremiteler arası dengesizlikler sergileme eğiliminde olmaları şaşırtıcı değildir (18, 73, 74). Çeşitli spor branşlarında, tekrarlanan, asimmetrik, spora özgü birçok hareket, kronik olarak tek taraflı yapıldığı için işlevsel bir adaptasyon olarak, bir ekstremitenin diğerine göre üstünlüğü yaygındır (18, 75). Ekstremiteler veya kas grupları arasındaki bu denge eksikliği, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi olarak adlandırılır (75).

Tanımı gereği ekstremite arası kuvvet asimetrisi sağ ve sol, baskın ve baskın olmayan, sağlıklı ve yaralanmış ekstremite arası bir dengesizliği ifade etmektedir ve aynı ekstremitedeki kas dengesizliğini ifade eden, eklem içi asimetri ile karşılaştırılmamalıdır (76). Kas asimetrisi, iki ekstremite arasındaki kuvvet açıklarını ifade eder ve kas çiftlerinin, kuvvet agonist/antagonist oranlarındaki değişiklikleri temsil eden kas dengesizliklerinden farklıdır (77). Ayrıca ekstremite arası kuvvet asimetrisi, mevcut literatürde, bir ekstremitenin diğerine göre performans veya fonksiyonundaki fark olarak da kavramsallaştırılmaktadır (78, 79). Şekil 2.3'te görüldüğü üzere, ekstremite arası kuvvet asimetrisi, araştırmanın tasarımı, konu seçimi, cinsiyet, spor geçmişi, fiziksel özellikler, yaralanma öyküsü, deneyim ve yapılan hareket gibi birçok faktörden etkilenmektedir (74).

Farklı kapasitedeki ekstremite arası kuvvet asimetrisi (alt ekstremite kuvveti, gücü, esnekliği ve dinamik dengesi gibi), çeşitli testlerle değerlendirilebilmektedir; ancak farklı testlerden üretilen ekstremite arası kuvvet asimetrisi değerlerini karşılaştırmak zordur (80). Çünkü, ekstremite arası kuvvet asimetrisi değerleri, kullanılan ölçüm yöntemine göre değişmektedir (20). Alt ekstremitede kuvvette ekstremite arası kuvvet asimetrisinin belirlenmesi için izotonik, izometrik, izokinetik ölçüm yöntemleri kullanılabileceği gibi, fonksiyonel asimetrisinin değerlendirilmesinde, tek bacak üzerinde gerçekleştirilen dikey sıçrama, uzun atlama, derinlik sıçraması gibi testler dahil olmak üzere sıçrama testleri de kullanılabilir (75, 81).



**Şekil 2.3.** Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisini etkileyen faktörler (74).

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin ölçülmesinde farklı yöntemlerin kullanılabilmesi sınıflandırma yelpazesini genişletmektedir (19). Kinetik ve kinematik değişkenler için ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi farklı değerler gösterebilir; bu nedenle, gözlemlenen tüm bu farklılıklar performans sonucuyla ilgili olmayabilir (19). Önceki araştırmalarda, ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin genellikle anatomik veya morfolojik asimetrisi, esneklik asimetrisi, kuvvet asimetrisi, strateji asimetrisi, beceri veya sonuç asimetrisi şeklinde sınıflandırılabilir olduğu belirtilmiştir (18, 78). Ayrıca, ekstremiteler arası farklılıkların ölçülmesi için yapılan araştırmalarla paralel olarak baskın ve baskın olmayan; daha güçlü ve daha zayıf; sağ ve sol; sağlıklı ve yaralanma geçirmiş gibi çok sayıda sınıflandırma yapılmıştır (19).

Literatürde, ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin, cinsiyet, yaş grubu, fiziksel aktivite düzeyi ve yaralanma durumları arasında %15'ten fazla asimetriye kadar değişen büyüklüklerde olduğunu bildirilmektedir ve genel olarak bu büyüklükte dengesizliklerin sıçrama, sprint ve yön değiştirme performanslarındaki düşüş ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (82). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi prevalansı göz önüne alındığında, asimetri eşiği oluşturulmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır (75). Asimetri değerlerinin yorumlanmasında bazı farklılıklar vardır; ancak genellikle ekstremiteler arası anormal farklılıkları tanımlamak için %10-15 arasında bir eşik kullanılmaktadır (82). Ayrıca kuvvet ve güç üzerinde yapılan önceki araştırmalar haricinde, dengedeki asimetrisi için Y denge testinde anterior sağ-sol erişim farkının >4 cm olması, aşırı kullanım yaralanması riskini arttırmaktadır (49). Bununla birlikte, başka bir bakış açısı olarak, asimetrinin görev, ölçüm ve popülasyona özgü farklılaşan doğası nedeniyle önceden belirlenmiş eşiklerin kullanımını sorgulamaktadır ve bunun yerine spesifik eşikleri ve bireysel değişkenliği göz önünde bulunduran daha bireysel bir yaklaşım önerilmektedir (18, 82).

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde, esneklik, güç ve motor kontrol gibi işlevsel yetenekleri açısından farklılıklar, özellikle sporcularda yaygındır (83). Çünkü asimetrisi aynı sporda uzun süreli antrenman sonucunda ortaya çıkabilir (46). Bu nedenle sporcularda, bir miktar asimetri seviyesinin kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir (67). Ayrıca üst lig oyuncularının, alt lig oyuncularına kıyasla daha

büyük değerlerde asimetriler göstermeleri, kuvvet asimetrilerinin seviyeden etkilenebileceğini düşündürmektedir ve bu nedenle, bazı durumlarda ekstremiteler arası dengesizlikler olması istenebilir (82). Tercih edilen ekstremitel baskınlığının belirgin olduğu spor hareketlerinde ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin artması beklenmektedir; ancak bu kavramı desteklemek için gerekli veriler sınırlıdır (19). Döngüsel veya devirli hareket kalıplarına sahip (örneğin, koşma, bisiklete binme veya yüzme), simetrik sporlarda da, ekstremiteler arası kuvvet asimetrileri gözlemlenir (74).

Güç ve kuvvetteki ekstremiteler arası farklılıklar, spor yaralanmaları için önemli risk faktörleridir ve spor performansındaki düşüşlerle ilişkilendirilirler (20, 84). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrileri, kalça, diz ve ayak bileği ile ilgili yaralanma riskinin artmasına ek olarak, spor performans belirteçleri ile negatif olarak ilişkilendirilmektedir (85). Asimetriler, sadece mekanik temelli değil, aynı zamanda nörolojik temelli olabilir. Nöromüsküler kontrol, asimetriler bağlamında önemli bir faktördür ve yorgunluktan etkilenebilir (74). Antrenman sırasında egzersize bağlı oluşan yorgunluğun, ekstremiteler arası kuvvet asimetrileri ve buna bağlı artan yaralanma riski üzerine etkilerinin araştırılması ve analiz edilmesi önemlidir (20). Bu nedenle ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin düzenli olarak değerlendirilmesi, antrenman programlarının bir parçası olmalıdır (86).

Ekstremiteler arası farklılıklar ve asimetri ile ilgili araştırmaların popülerliği son yıllarda artmıştır, bu alandaki araştırmalar asimetrinin atletik performans üzerindeki etkisine, yaralanma riski ile ilişkisine ve yaralanma rehabilitasyonuna odaklanmaktadır (18, 87). Farklı spor branşlarında, farklı popülasyonlarda gözlemlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin rolü ve fiziksel veya spor performansı üzerindeki etkileri henüz tam olarak bilinmemektedir (19). Ayrıca literatürde asimetrilerin büyüklüğü ile yaralanma ve performans üzerindeki etkisi ile ilgili bulgular da tutarsızdır (82).

### 2.4.1. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrilerinin Değerlendirilmesi

Literatürde bildirilen asimetriler çeşitli protokoller aracılığıyla belirlenmektedir. İzokinetik dinamometre, zirve torku ölçerken yüksek güvenilirliği nedeniyle kuvveti ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır; ancak saha tabanlı bir ortamda, yüksek bütçeli deneysel kurulumlar ve uzun protokoller kullanmak genellikle mümkün değildir (82). Ayrıca izokinetik dinamometreler, farklı kasılma hızlarında, ekstremiteler arası ve eklem içi farklılıkların belirlenmesi hakkında yararlı bilgiler sunabilir; ancak, bu tür yöntemler tipik olarak bir laboratuvar ortamıyla sınırlı olduğu için takım sporlarında uygulanmak için her zaman geçerli olmayabilir (88). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin izokinetik testler ile laboratuvar koşullarının kısıtlamaları altında izole edilmiş şekilde değerlendirilmesi yararlı olmasına rağmen, alternatif saha tabanlı testlerle karşılaştırıldığında zaman kullanımı açısından verimsizdir (85). Çeşitli sıçrama ve uzun atlama testleri de dahil olmak üzere sahada uygulanan bazı fonksiyonel performans testleri, izokinetik dinamometre ile ölçülen tek eklemlili ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ölçümlerine geçerli ve güvenilir alan tabanlı alternatifler olarak önerilmektedir (89). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin değerlendirilmesinde önemli noktalardan biri, sağlıklı sporcularda, patlayıcı güçteki asimetrisi tespit etmek için tek taraflı ölçüm yöntemlerinin kullanılmasının, iki taraflı olanlara göre daha hassas sonuçlar vermesidir (13).

Gerilme kısılma döngüsü ve yüksek oranlı kuvvet üretimi nedeniyle alt ekstremiteler arası kuvvetin/gücünün değerlendirilmesi için özellikle tek taraflı sıçrama testleri önerilmektedir (80). Ayrıca, alt ekstremitelerde asimetrilerin değerlendirilmesi için test seçiminde, tek bacak üzerinde gerçekleştirilen sprint, sıçrama, sıçrama inişi, yön değiştirme ve tekme gibi hareketler sporda yaygın olduğundan, tek taraflı sıçrama testlerinin kullanılması desteklenir (46, 80). Yatay düzlemdeki sıçramalar ile karşılaştırıldıklarında dikey sıçramalarda daha yüksek ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi gözlemlenir (90). Read ve arkadaşları (91), sıçrama testleri ile ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin belirlenmesinde ek olarak yaralanma riski altında olan sporcuları prospektif olarak tanımlamak için kullanılabileceğini öne sürmektedirler.



#### 2.4.2. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Olgunlaşma

Kızlarda yaklaşık 12, erkeklerde 14 yaşında, boy uzama hızının en yüksek olduğu dönemde, vücut boyutlarında (kol, bacak ve gövde) orantısız bir artış ve motor koordinasyonda bozulmalar görülebilmektedir. "Ergen beceriksizliği" adı verilen bu dönemde, düşük gelişim gösteren nöromusküler mekanizma ile eklem hareket açıklıklarında önemli sınırlılıklar oluşabilir (42, 50). Bu nedenle, ZBUH dönemi sırasında ekstremiteler arası farklılıklar artabilir (23).

Genç yaştaki sporcularda dikey sıçrama ölçümlerinin, asimetrileri tanımlamada daha hassas olması mümkündür (20). Dikey sıçrama ve uzun atlama gibi performans testlerindeki farklılıklar, kronolojik yaş gruplarında, performansın olgunlaşma aşamasından etkilenebileceğini gösterir (49). Genç erkek futbolcularda farklı kronolojik yaş gruplarının incelediği, ZBUH öncesi dönemde olanlara kıyasla, ZBUH döneminde ve sonrası dönemde, tek bacak dikey sıçrama sonrası iniş kuvvet asimetrilerinin, anlamlı olarak ( $p < 0.001$ ;  $d = 0.41-0.43$ ) daha yüksek olduğu gösterilmiştir (92). Ancak, benzer şekilde genç erkek futbolcularda yapılan bir araştırmada ise, Y denge testi ile belirlenen asimetrilerin olgunlaşmaya bağlı değişimi incelenmiş; gruplar arasında anlamlı farklılıklar olmadığı ve ortalama asimetri değerlerinin hiçbir olgunlaşma döneminde 4 cm eşiği aşmadığı iletilmiştir (49).

Elit tenisçilerde, kronolojik yaş ve olgunlaşma düzeyi grupları arasında tek bacak dikey sıçrama için ZBUH döneminde ( $19,31 \pm 12,19$ ) ve 14 yaş altı (U-14) grubunda ( $17,55 \pm 9,90$ ) en yüksek ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi yüzdeleri saptanmıştır; ancak kronolojik ve olgunlaşma yaş gruplarında, asimetriler arasında anlamlı farklılıklar bulunmamıştır (23). Benzer şekilde, Pardos-Mainer ve arkadaşlarının (20) yaptıkları araştırma sonucunda, ergenlik dönemindeki kadın futbolcularda ekstremiteler arası kuvvet asimetrileri ile fiziksel performans ölçümleri arasındaki ilişkide kesin bulgular göstermemiştir. Her iki tarafla gerçekleştirilen tek bacak dikey sıçrama, tek bacak öne sıçrama ve  $180^\circ$  yön değiştirme hızı testleri sonucunda en büyük asimetri farkı tek bacak dikey sıçrama testinde olacak şekilde grup ortalama asimetri yüzdeleri sırasıyla %11,6; %4,82 ve %2,91 olarak bulunmuş; U-18, U-16 ve U-14 yaş grupları arasında farklılıklar gözlemlenmemiştir (20).

Farklı kronolojik yaş grupları arasında ekstremite farklılıklarının fiziksel performansla etkileşimini araştıran literatür yetersizdir (20). Ayrıca, genç sporcularda olgunlaşma dönemine yaklaştıkça potansiyel olarak asimetri arttığı ve bu fiziksel performansta düşüşler ile ilişkili olabileceği için genç atletik popülasyonlarda asimetri ve olgunlaşma arasındaki etkileşim hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (23).

### **2.4.3. Yorgunluk ve Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi**

Genel olarak, kas yorgunluğu, nöromusküler performansla ilgili parametreleri etkileyebilecek kas fonksiyonunda değişikliğe neden olur ve ayrıca; üst ve alt ekstremitelerde biriken yorgunluğun kas dengesizliğine neden olabileceği öne sürülür (67). Son dönemdeki çalışmalar yorgunluğun, ekstremiteler arasındaki dengesizlikler nedeniyle alt ekstremitelerde asimetrisini etkileyen olası bir faktör olduğunu ve alt ekstremitelerde koordinasyonundaki değişiklik ile hareket kontrolünü etkileyerek hareket tekniğinde düzensiz kalıpların ortaya çıkmasına neden olabileceğini vurgulamaktadır (47, 93). Mevcut literatür, asimetrinin yorgunlukla daha belirgin hale gelme potansiyeli nedeniyle yorgunluğun ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerindeki etkisinin araştırılmasının önemini öne sürmektedir (20, 46).

Asimetri hem atletik performansta azalma hem de temassız yaralanma riskinde artış ile ilişki oldukları için dikkat çekmektedir. Egzersize ve atletik performansa bağlı oluşan yorgunluğun ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerindeki etkisinin değerlendirmek, temassız yaralanmaların altında yatan olası mekanizmaların anlaşılması açısından özellikle önemlidir (74, 83). Yorgunluk önemsiz veya önceden var olan ekstremiteler arası kuvvet asimetrisini artırır; bu durum nöromusküler kontrolde, propriyosepsiyon, postüral kontrol veya yorgunluğa bağlı motor koordinasyondaki değişiklikler nedeniyle hareket tekniklerindeki bozulmadan kaynaklanabilir (74).

Sıçrama sonrası yere iniş stratejilerinin, kaslar yoruldukça zamanla değiştiği bilinmektedir (74). İniş sırasında zirve zemin reaksiyon kuvveti, bacak sertliği ve eklem içi koordinasyon asimetrisinin, akut ve gecikmiş gerilme kısalma döngüsü yorgunluğu etkilerini doğrulamak amacıyla Knih ve arkadaşları (93) tarafından

yapılan, 14 set, 10 dikey sıçrama içeren yorgunluk protokolünün, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisini etkilemediği; ancak yorgunluğun bacak sertliği (EB = 0,61) ve zemin reaksiyon kuvveti (EB = 0,61) üzerinde orta derecede etki büyüklüğüne sahip olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, birbirini takip eden simüle edilmiş 4 dakikalık 4 judo maçında, her karşılaşma sonrası toplanan veriler sonucunda el kavrama kuvveti ve tek bacak dikey sıçrama testleri ile değerlendirilen üst ve alt ekstremiter asimetri büyüklüklerinin yorgunluğa bağlı olarak değişmediği iletilmiştir (67). Guan ve arkadaşlarının (46), erkek Taekwondocular üzerinde yaptıkları araştırmalarında (9,85 ± 0,80 yaş ortalaması), unilateral dikey sıçrama yüksekliği, uzun atlama mesafesi ve üçlü hop testi için dinlenmiş durumda %8,20; %6,64; %5,78 değerleri, yorgunlukta %12,76; %9,59; %9,69 olarak artış göstermiş ancak yorgunluk öncesi ve sonrası asimetri değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluktan etkilenmediğini ileten araştırmaların aksine, Konstantopoulos ve arkadaşlarının (83), 30 sn dinlenme aralıklı, 5 set, 20 tekrar olarak uyguladıkları toplam 100 tane dikey sıçrama içeren yorgunluk protokolü sonrası, unilateral dikey sıçrama yükseklikleri ile belirlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerinde, uçuş süresinde %8,8'lik bir azalmaya karşılık gelen %16,9'luk bir düşüş gözlemlenmiştir. Futbolcularda 90 dakikalık maç öncesinde, hemen sonrasında, 24 saat, 48 saat ve 72 saat sonrasında unilateral dikey sıçrama testleri ile ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi belirlenmiştir; sıçrama yükseklikleri (sırasıyla, %4,65; %17,22; %6,52; %5,47; %20,49), zirve kuvvetleri (sırasıyla, %14,71; %31,85; %29,45; %15,51; %20,58), zirve iniş kuvvetleri (sırasıyla, %7,22; %9,13; %15,22; %7,29; %13,72) ölçülmüştür ve maç sonrası çok yüksek artışla ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa duyarlı olduğu bulunmuştur (85).

Son zamanlarda, yorgunluğun ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ve yaralanma riski üzerindeki etkilerine daha fazla dikkat edilmektedir (20, 67). Bununla birlikte, artan ilgiye rağmen, yapılan çalışma sayısı sınırlıdır ve mevcut araştırmalarda sistematizasyon eksikliğinden dolayı bulgular belirsizliğini korumaktadır (74, 83). Ayrıca araştırmalar, yorgunluk etkisi altında unilateral sıçrama performansında bireysel olarak asimetriyi değerlendirmenin ve ölçmenin önemini belirtmektedir (46).

#### 2.4.4. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Spor Yaralanmaları

Literatürde ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi için, fiziksel veya sportif performansla karşılaştırıldığında, yaralanma riskine ve oluşumuna daha çok odaklanıldığı görülmektedir (19). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde, güçlü tarafın aksine zayıf tarafın ortalama bir yükü kaldıramaması, eşit olmayan kuvvet emilimi gibi durumlarda potansiyel olarak her iki ekstremitenin de sporda yaralanma riskinin artmasına neden olabileceği düşünülmektedir (46, 47, 80). Bunun nedeni, tekrarlı yüksek şiddetli yüklenmelerde, zayıf ekstremitenin tolerans kapasitesini, güçlü ekstremiteye göre daha erken aşması olarak açıklanabilir (84). Önceki araştırmalarda, %15'ten daha yüksek ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi sergileyen hem sporcu hem de sporcu olmayan popülasyonların, bu eşiğin altında asimetri gösteren gruplara kıyasla daha yüksek yaralanma riski ile karşı karşıya olduğu vurgulanmaktadır (19, 67). Ayrıca geçirilen bir spor yaralanması sonrası spora geri dönüş için %10'dan daha küçük bir asimetri farkı olması gerektiği de önerilmektedir (19). Asimetrisi üst ekstremitelerde yaralanmaları için etkili bir faktör olarak görülmediğinden çok sık tartışılmamaktadır (74).

Genel olarak dikey sıçramalar ve spora özgü hareketlerinin yere iniş biyomekaniği ile alt ekstremitelerde yaralanmaları ilişkileri sıklıkla incelenmiştir (74, 93, 94). İniş, temassız alt ekstremitelerde yaralanmaların çoğunun meydana geldiği yüksek etkiye sahip büyük zemin reaksiyon kuvveti yüklerine maruz kalınan bir hareket aşamasıdır (93). İniş gibi bilateral hareketlerin simetrik olarak gerçekleştirilebilmesi iyi bir koordinasyon gerektirir ve yükün ekstremiteler arasında eşit dağılımı daha iyi şok emilimini sağlayarak yaralanma sayısını minimuma indirecektir (93). Sıçrama ve iniş sırasında asimetri, baskın olmayan bacağın yumuşak doku yapılarında performansı azaltacak ve sporcuları bir çok alt ekstremitelerde yaralanmasına yatkın hale getirebilecek ek stres yaratır (48).

Alt ekstremitelerde dinamik denge, eklem hareket açıklığı, kas esnekliği, kuvvet ve gücündeki ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi, lise ve üniversite yaş gruplarındaki sporcularda, yaralanma riskindeki artış ile ilişkilendirilmektedir (47); bu da ekstremiteler arası dengesizliklerin azaltılmasının önemini göstermektedir (82). Genç

yaştaki erkek sporcularda büyüme ve olgunlaşmanın, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ile spor yaralanmaları arasındaki ilişkiye etkisini inceleyen bir çalışmada dinamik denge için ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde, olgunlaşma aşamaları arasında (ZBUH öncesi/sırası/sonrası) fark olduğu bildirilmiştir (49). Ayrıca, pediatrik yaştaki sporcularda (<18 yaş), yaş artışıyla beraber spor yaralanması riskinin arttığı bildirilmiştir, bu da o yaş gruplarındaki sporculardan elde edilen bulguları etkileyebilir (80). Asimetrilerin, her oyuncu için artan riske yol açabileceği doğal bir eşik vardır; muhtemelen bu eşik her sporcu için farklıdır ve bireysel analizlerdeki değişkenliğe dikkat etmek önemlidir (73). Ayrıca pediatrik yaştaki sporcularda büyüme ve olgunlaşmanın, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ile spor yaralanmaları arasındaki ilişkiye etkisine, daha fazla odaklanması gerektiği ve gelişim aşamalarına özel antrenman programlarının hazırlanması gerektiği önerilmektedir (80).

#### **2.4.5. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Performans İlişkisi**

Yapılan araştırmalar, sağlıklı, atletik popülasyonlardaki asimetriler ile spor performansı arasındaki bağlantıları göstermeye çalışmaktadır ve bu araştırmaların çoğu kuvvet temelli asimetriler ile bu değişkenlerin sprint, sıçrama ve yön değiştirme gibi temel performans göstergeleri üzerindeki etkilerine odaklanmaktadır (78). Futbolcular üzerine yapılan çok sayıda çalışma, sıçrama testleri ile belirlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi farklılıklarının daha düşük doğrusal sprint ve yön değiştirme hızı ile ilişkili olduğunu gösterirken, bunun aksine elit düzeydeki futbolcularda asimetri ve atletik performans arasında bir ilişkinin olmadığı bildirilen çalışmalar da bulunmaktadır (95). Asimetrilerin, her zaman işlev bozukluğuna neden olmayabileceğini öne süren çelişkili kanıtlar da vardır (82). Bazı durumlarda asimetri, özellikle elit sporlarda performansta önemli bir rol oynar ve bu nedenle, belirli bir derecede asimetri işlevsel olarak kabul edilebilir (73).

Son dönemdeki araştırmalar sonucunda, unilateral dikey sıçrama testlerinde ölçülen asimetri prevalansı ve atletik performans ölçümleri arasında korelasyonlar bildirilmiştir (96). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi oranı, yaklaşık %10 olduğunda, sıçrama yüksekliğinde azalmalara ve yön değiştirme süresinde artışlara neden olabilir

(19). Kuvvet, güç ve reaktif kuvvet gibi fiziksel niteliklerdeki ekstremite arası kuvvet asimetrisi değerlerine bağlı olarak fiziksel ve spor performansının azalması ile ilgili bulgular her zaman tutarlı değildir (76, 97). Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin, araştırma yapılan popülasyonlardaki, değerlendirme biçimlerindeki farklılıklara ve kısıtlılıklara bağlı olarak asimetri ve spor performansı arasındaki ilişki için çelişkili bulgular bulunmaktadır (13, 67, 95).

Bishop ve arkadaşlarının (90), genç futbolcu kızlarda yaptıkları araştırmalarında, tek bacak sıçrama yüksekliklerinden ölçülen yaklaşık %12.5'lik asimetri ile sprint hızındaki ( $r = 0,49-0,59$ ) ve sıçrama performansındaki ( $r = -0.47$  ile  $-0.58$ ) düşüşler arasında ilişkiler olduğu vurgulanmıştır. Genç tenisçiler üzerinde yapılan bir araştırmada, yön değiştirme hızı asimetrisi ile baskın ( $r = -0,53$ ) ve baskın olmayan ( $r = -0,57$ ) bacakta dikey sıçramalar arasında negatif korelasyon bulunmuştur ve yön değiştirme hızındaki asimetrisi daha yüksek olduğunda dikey sıçrama performansının düştüğü verilmiştir (79). Genç elit takım sporu sporcuları (14-18 yaş aralığı) üzerinde yapılan bir araştırmada ise, dikey sıçrama asimetrisi ile 30 m sprint süresi arasında erkeklerde ( $p < 0,01$ ;  $r = -0,48$ ), kızlarda ( $p < 0,05$ ;  $r = -0,30$ ) ve tüm grup için ( $p < 0,05$ ;  $r = -0,26$ ), anlamlı orta düzey negatif korelasyonlar bulunmuştur (84).

#### **2.4.6. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi ve Antrenman Etkisi**

Genç futbolcularda 6 haftalık core stabilite antrenman programının alt ekstremitelerde kas dengesizlikleri ve asimetrisi üzerine etkisini inceleyen bir araştırmada, unilateral dikey sıçrama testleri ile ölçülen ekstremite arası kuvvet asimetrisi core stabilite grubunda anlamlı bir düşüş ( $-71,4$ ;  $p = 0,02$ ) gösterirken, kontrol grubunda eş zamanlı artış ( $33,3$ ;  $p < 0,05$ ) gözlemlenmiştir (77). Antrenmanın asimetri üstünde gözlemlenen olumlu etkisinin aksine, Pardos-Mainer ve arkadaşlarının (98) genç futbolcu kızlarla yaptıkları bir araştırmada, 8 haftalık kuvvet ve güç kombine antrenmanın, fiziksel performans ve ekstremite arası kuvvet asimetrisi üzerinde etkisi incelenmiştir; hız ve yön değiştirme parametreleri için kontrol ve deney grubu arasında önemli grup/zaman etkileşimi bulunurken dikey

sıçrama yüksekliğinde ve unilateral dikey sıçrama ile belirlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde anlamlı bir etkileşim bulunmamıştır. Bununla birlikte, ekstremiteler arası kuvvet asimetrilerinin her iki grup için de azalmadığı iletilirken yaralanma riskini en aza indirmek ve performansı arttırmak için farklı antrenman yöntemlerinin kullanabileceği iletilmiştir (98).

Madruza-Parera ve arkadaşlarının (99), iki farklı şekilde uyguladıkları 8 haftalık kuvvet antrenman programları sonucunda genç erkek hentbolcularda fiziksel performans artışına ek olarak unilateral dikey sıçramalar ile belirlenen ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi indeksinde anlamlı zaman etkisi ( $p < 0,001$ ) ve gruplar arası anlamlı etkileşim ( $p = 0,037$ ,  $\eta p = 0,13$ ) gözlemlendiği raporlandırılmıştır. Bununla birlikte, asimetrideki azalma için, çeşitli tek taraflı koordinasyonel hareketleri içeren mevcut programlarla olumlu adaptasyonlar sağlanmış ancak farklı testler ile ölçülen yön değiştirme performansındaki asimetride anlamlı etkileşimler gözlemlenmemiştir (99). Antrenmanın ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerindeki etkisini inceleyen bir meta analizde, tek bacaklı uzun atlama ve yön değiştirme hızında, antrenman öncesi ve sonrası, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi küçük azalmalar gösterirken, tek bacaklı dikey sıçrama ve tek bacaklı yanlara sıçramada orta derecede etkiler bulunduğu iletilmiştir; ancak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bildirilmemiştir (76). Gonzalo-Skok ve arkadaşları (100), 17 yaş altı futbolcularda (U-17), üç farklı unilateral kuvvet antrenmanın, unilateral ve bilateral sıçrama performansı üzerindeki etkilerini ve buna bağlı asimetrideki değişimi incelemişlerdir. Kuvvet antrenmanına daha zayıf bacakla başlayan tüm grupların zayıf bacak performansları artmış ve asimetride düşüşler gözlemlenmiştir ancak genel olarak gruplarda ve gruplar arasında antrenman etkisi ile anlamlı fark oluşmamıştır (100).

#### **2.4.7. Cimnastikçilerde Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi**

Cimnastikçilerde kas asimetrileri yaygındır ve yaralanmaya yol açabilirler (101). Cimnastikçiler ( $11,19 \pm 1,89$  yıl) ile aktif olmayan kız çocukları ( $10,92 \pm 1,96$  yıl) arasındaki ekstremiteler arası kuvvet asimetrisindeki farklılıkları karşılaştıran bir

araştırmada, kalça abdüksiyonu ( $\%3.61 \pm 2.74$  ve  $\%19.56 \pm 14.80$ ) ve fleksiyonu ( $\%8.61 \pm 4.42$  ve  $\%15.73 \pm 10.43$ ); diz ekstansiyonu ( $\%14.61 \pm 9.22$  ve  $\%23.32 \pm 15.87$ ); ayak bileği plantar fleksiyonu ( $\%10.97 \pm 9.49$  ve  $\%24.11 \pm 19.81$ ) izometrik kuvvet performansındaki asimetri yüzdeleri arasında cimnastikçilerde daha düşük olacak şekilde anlamlı farklılıklar olduğu bulunmuştur (101). Benzer şekilde düzenli fiziksel aktiviteye katılmayan olmayan kız çocuklarının, kalça addüksiyonu ( $\%3.58 \pm 3.74$  ve  $\%4.47 \pm 3.20$ ), iç rotasyonu ( $\%14.43 \pm 10.16$  ve  $\%13.03 \pm 8.25$ ), dış rotasyonu ( $\%6.54 \pm 5.18$  ve  $\%6.78 \pm 4.91$ ) ve ekstansiyonu ( $\%10.41 \pm 7.45$  ve  $\%12.33 \pm 10.18$ ); diz fleksiyonu ( $\%13.99 \pm 8.03$  ve  $\%20.82 \pm 16.82$ ); ayak dorsal fleksiyonu ( $\%28.24 \pm 17.02$  ve  $\%30.21 \pm 11.70$ ) izometrik kuvvet ölçümlerinde ortalama asimetri yüzdeleri daha yüksektir. Ancak gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (101). Aynı araştırmada, cimnastikçilerin uyguladıkları 8 haftalık (5 hafta genel cimnastik, 3 hafta asimetri önleyici kuvvet programı) kuvvet temelli antrenman sonucunda kalça, diz ve ayak bileği kas grupları, ekstremiteler arası kuvvet asimetrileri değerlerinde anlamlı farklılıklar oluşmamıştır (101).

## 2.5 Yorgunluk

Yorgunluk, genellikle maksimum kuvvet ve güç üretme kapasitesindeki herhangi bir düşüş olarak tanımlanır (102, 103, 104, 105, 106, 107) ve bu bağlamda, tükenme durumundan ayrılarak performans üzerinde gözle görülür bir etkisi olmadan submaksimal seviyelerde gözlenebilir. Yani görev sürdürülebilse bile yorgunluk genellikle faaliyetin başlamasından kısa bir süre sonra başlar (103). Ayrıca yorgunluk genellikle performanstaki düşüşe ek olarak bir görevi tamamlamak için gereken algılanan çaba miktarındaki artışı da içerir (108). Başka bir deyişle, yorgunluk gelişimi, submaksimal kasılmalar sırasında hedef kuvveti sürdürebilen kas metabolizmasındaki algısal, nöromüsküler ve metabolik değişiklikleri içeren karmaşık bir süreçtir (12). Yorgunluk genellikle nöromüsküler sistemin olumsuz bir özelliği olarak kavramsallaştırılır. Ancak yorgunluk, aktivitenin olumsuz bir sonucu olarak değil, metabolik krizleri önleyen ve kas liflerinin bütünlüğünü koruyan, koruyucu bir olgu olarak görülmelidir (109). Yorgunluğun oluşma nedenlerini açıklamak zordur;



egzersizin türü ve şiddeti, ilgili kas grupları, egzersizin yapıldığı fiziksel ortam yorgunluk oluşumuna etki eden mekanizmalar içindedir (102).

Yorgunluk gelişiminde rol oynayan potansiyel faktörler, merkezi sinir sistemi ve yollarını içeren (nöromüsküler kavşağın üstündeki mekanizmalar) merkezi faktörler ve kas içinde oluşan periferik faktörler olarak iki kategoriye (109, 110). Merkezi faktörler arasında, motor nöron ateşleme oranlarındaki değişim, nörotransmitter aktivitesindeki düşüş, korteks uyarılabilirlik seviyelerinde değişim ve afferent geribildirim ile spinal uyarılabilirliğin inhibisyonu bulunur (106). Periferik faktörler arasında ise, yüksek şiddetli egzersiz sırasında yorgunluğun gelişmesinden sorumlu ana mekanizma, kas kasılması ve uyarılma-kasılma döngüsünün başarısızlığıdır (109). Yani periferik yorgunluk, aksiyon potansiyeli yayılımındaki veya kalsiyum salınımındaki veya lokal asidoza bağlı enzim aktivitesindeki değişimler sonucunda, kasın nöromüsküler birleşme seviyesinde veya daha distalinde uyarılma-kasılma bağlantısında, kuvvet üretme kapasitesinde bir azalmaya yol açan değişikliklerdir (106).

Merkezi ve periferik yorgunluğun incelenmesine yönelik yaklaşımlar, farklılıklar gösterse de her ikisi için sonuç olarak kuvvet üretiminde bir düşüş gözlemlenir (111). Merkezi ve periferik faktörlerin yorgunluk oluşumuna katkıları incelendiğinde; izometrik maksimal kasımlarda veya yüksek yoğunluklu dinamik egzersizde, yorgunluğun yaklaşık % 80'inin periferik faktörlerin oluşturacağı tespit edilmiştir (109). Merkezi sinir sistemi, submaksimal kasımlarda, giderek daha fazla sayıda motor nöronu aktive ederek ve/veya sinir iletim oranlarını arttırarak bir süre sabit bir kuvvet ortaya çıkarabilir. Giderek artan motor yorgunluğunun bir kısmı, merkezi sinir sisteminin içindeki bu mekanizmalardaki düşüşlerden kaynaklanır (112). Bu bağlamda, gerekli kas kuvvetini ortaya çıkarabilecek aktivasyon sinyallerini sağlamak ve ilgili kaslardan spinal/supraspinal seviyeye uygulanan yükü yönetmek için gerekli olan afferent geri bildirim seviyesini oluşturmak, sinir sisteminin karşılaştığı iki temel zorluktur (113).

Yüksek şiddetli egzersizde, ATP rejenerasyonu, anaerobik glikoliz sırasında kreatin fosfat (PCr) ve glikozun laktata hızlı bir şekilde parçalanması yoluyla sürdürülür.

Kas içi PCr içeriğinin tükenmesi ve laktat birikimi sonucu kas pH'ındaki düşüş, ATP rejenerasyon oranını etkiler (109). Periferik yorgunluk gelişimde, kas içi metabolitlerin birikim oranında gözlemlenen bu artış eşik seviyesine ulaşıldığında egzersiz yoğunluğunda düşüş veya egzersizin sonlandırılmasına neden olur (114). Sinir iletiminde başarısızlık veya kasın yanıt verememesi ile ilişkilendirilen periferik yorgunluğun ölçülmesi, merkezi yorgunluğa kıyasla nispeten daha kolay olduğu için daha geniş bir veri tabanı sağlar (111).

Merkezi ve periferik yorgunluk veya nöral ve kas yorgunluğu şeklinde ayırım yapılması sinir sistemi ve kas arasında belirgin bir sınır olmadığı için literatürde karışıklıklara yol açmaktadır (103). Kastaki yorgunluğa, birden çok mekanizma aynı anda etki ettiği için, çeşitli fizyolojik mekanizmaların spesifik rollerin belirlenmesi zordur (115). Yorgunluğun, kas lifleri içinde metabolitlerin birikiminden, motor korteksteki motor komut eksikliklerine kadar birçok farklı mekanizmanın neden olabileceği ve kas yorgunluğuna yol açan küresel bir mekanizma olmadığı iyi bilinmektedir. Bunun yerine, yorgunluğa neden olan mekanizmalar gerçekleştirilen göreve özgüdür (Enoka 2012; Enoka and Duchateau 2008). Yani tüm organizma düzeyinde, gerçekleştirilen görevin özellikleri, yorgunluğa en çok etkisi olan fizyolojik mekanizmadır (115, 116, 117). Görevin ana özellikleri ise süre, yoğunluk, aralıklı veya sürekli olması, yükseklik ve sıcaklık gibi çevre koşullarıdır (117).

Kas yorgunluğu ile ilgili literatür, özellikle de düşük-orta şiddette aktivitelerde, kadınların genellikle erkeklerden daha uzun dayanıklılık sürelerine sahip olduklarını, göstermektedir (104, 115). Literatürde, diz ekstansörlerinde izometrik bir kasılmada kadınların dayanıklılık süresinin, maksimumum %20'sindeki yüklerde erkeklerinkinden daha uzun olduğu, ancak maksimumun % 50 veya % 80'indeki yüklerde olmadığı iletilmiştir. Benzer şekilde, kadınlar erkeklere göre, maksimumun % 50, 60 ve 70'i olan yüklenmelerde dirsek fleksör kaslarıyla daha fazla sayıda tekrar yapabilirken maksimumun % 80 veya % 90'ı olan yüklerle yapamamışlardır (115). Bu cinsiyet farkları için, erkeklerin aktif kasılan daha büyük kas kütlesi, daha yüksek kas içi basıncı, daha düşük kan akışı ve kadınların glikolitik metabolizmayı daha az kullanması en yaygın açıklamalar içinde yer alırlar (104).

Bir motor görevin uzun süre yerine getirilmesi, genellikle kuvvet uygulama yeteneğinde bir düşüş olarak tanımlanan motor yorgunluğuna neden olur. Bu düşüşün çoğu, kas yorgunluğu olarak adlandırılan kaslarda geri dönüşümlü zayıflamadan kaynaklanır (112). Kas yorgunluğu ya da yorgunluk, kastaki performansta egzersize bağlı bir azalma olarak tanımlanabilir (111, 115). Egzersiz sonrası akut mekanik yorgunluk oluşabilir ve sporcuların performansını etkileyebilir (118). Ayrıca kas kuvvetini, eklem stabilitesini sprint mekaniğini bozabilir (110). Sürekli yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası yeterli bir dinlenme süresinin verilmemesi, yorgunluğun birikmesine neden olabilir.

Nöromusküler sistemde biriken yorgunluk sonucu, kas gerilme kılma döngüsündeki değişikliklere bağlı hareket hızları ve yoğunlukları farklılaşır (118). Örnek olarak, genç futbolcularda ( $14,5 \pm 0,2$  yaş ortalaması), 20 sn dinlenme aralıklı, 6 x (2x15 m) tekrarlı sprintler sonucunda oluşan yorgunluk, hem dominant, hem dominant olmayan, hem de çift ayak üzerindeki dengeyi etkileyerek, ölçümlerde daha yüksek salınımlara neden olmuştur (119). Başka bir örnek olarak, kadın futbolcularda ( $18,44 \pm 1,75$  yaş ortalaması), tekrarlı sprintler (30 sn dinlenmeli, 12 x 30 m sprint) sonucu oluşan yorgunluk sonrası maksimum tekme hızında %-5,67'lik anlamlı bir düşüş olduğu, şut isabetinde ise %-7,69'luk bir düşüş olduğu, ancak bunun istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gösterilmiştir (120). Benzer şekilde, Coventry ve arkadaşlarının (121), futbolcular üzerinde yaptıkları araştırmada, kısa süreli oyuna özgü yorgunluk parkuru ile vücutta akut yorgunluk oluşturarak tekme hızındaki değişimler incelenmiştir. Yorgunluk sonrası tekme hızı performansında önemli ölçüde farklılık gözlemlenmezken, hareket mekanik olarak etkilenmiştir; yorgunluk protokolü sonrası hareket aralığı (pelvis ve uyluk arası) ve açılma hızları artmıştır. Yani katılımcılar, yorgunluk protokolü sonrası, performans kaybını önlemek için tekme hızını korumalarına ek olarak hareket tekniklerinde düzenlemeler yapmışlardır (121).

Antrenmanın veya yarışma performansın neden olduğu yorgunluk, elit sporcular üzerinde yapılan epidemiyolojik çalışmalarda gösterildiği gibi, cimnastikçiler için çok kritik olarak kabul edilen vücut bölgelerinde yaralanma riskini artırabilir (122). Cimnastikçilerin yorgun bir durumda zorlu performanslar sergilemeleri,

yaralanma riskini artırabilir (1). Yaralanmanın nasıl ve neden oluşabileceğini anlayabilmek için, öncelikle yorgunluk varlığında hareket kalıplarının nasıl değiştiğinin belirlenmesi gereklidir (108). Koşma, sıçrama ve iniş gibi durumlarda insan vücudunun yerle teması, birçok fiziksel aktivite sırasında kas-iskelet sistemine yüklenen başlıca mekanizmadır. Vücut postürünün ayarlanması, eklem rotasyonunun düzenlenmesi gibi mekanizmalar, bu temasları aktif olarak yönetmek için kas gücünün sürekli kullanımını gerektirir. Bu durumda, kasların hem yerle temas öncesi (iniş öncesi hazırlık kas aktivitesi), hem de iniş sırasında (iniş sonrası kas aktivitesi) ) aktive edildiği bilinmektedir (123). Ayrıca genellikle, alt ekstremitte stres kırığı veya ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanması gibi sık karşılaşılan koşu ve iniş yaralanmaları, yorgun kaslara bağlı yetersiz teknikte çarpışma yönetiminden kaynaklanabilir (123). Bu nedenle, yorgunluk sonucu değişen nöromüsküler kontrol ve buna bağlı alt ekstremitte yaralanma riskinin artması, yetişkinlere kıyasla daha yüksek yaralanma insidansına sahip genç sporcular için antrenman programlarının planlanmasına büyük önem taşımaktadır (119).

### **2.5.1. Yorgunluğun Değerlendirilmesi**

Genel olarak alt ekstremitede yorgunluk, kas kontrolünü, hareket düzenlerini, nöromüsküler kontrolü etkiler ve farklı ölçüm yöntemleri ile belirlenebilir (106). Birçok araştırmacı yorgunluğu değerlendirmek için nöromüsküler fonksiyon testleri ve anketler (118). Nöromüsküler yorgunluğun altında yatan mekanizmaları etkileyen iki önemli özellik kasılma türü (izometrik, dinamik gibi) ve hareketin kapsadığı eklem sayıdır (tek eklem veya bütün vücut) (117). Yorgunluk protokolleri de genellikle, daha kısa sürede olan periferik (kaslara özgü) veya süresi daha uzun olan genel (kardiyovasküler ve motor sistemleri etkileyen) şeklinde kategorize edilir (106).

Çalışmalarda sıkça yer alan izometrik kuvvet üretimi, genellikle kas yorgunluğunu değerlendirmek için de kullanılır. Ancak yorgunluğun değerlendirilmesinde, izometrik kasılmada maksimum kuvveti koruma kapasitesi, motivasyon eksikliği ile sınırlandırılabilir. Özellikle küçük çocuklarda, 30 sn'den daha uzun izometrik maksimal istemli kasılmalar, motivasyonda düşüşe neden olarak kas yorgunluğunun hatalı belirlenmesine neden olabilir (109). Dinamik koşullarda güç

çıktısına göre yorgunluğun değerlendirilmesi, enerji üretimi ve kullanımında yer alan metabolik süreçler ile ilgili, izometrik kasılmalara kıyasla daha fazla bilgi verebilir. Ancak, dinamik kasılmalar sırasında (örneğin koşma, bisiklete binme ve kürek çekme) kas yorgunluğunun değerlendirilmesinde, yapay koşullarda elde edilen yorgunluk düzeyleri geçerli olmayabileceği için dikkat edilmelidir (109). Ayrıca, nöromusküler yorgunluk çalışmalarında, tek ve çift bacaklı sıçrama ve iniş dahil olmak üzere çok çeşitli yöntemler (106). Uygulanması daha kolay ve hızlı olduğundan, gerçek zamanlı geri bildirim sağladığından, daha az yorgunluğa yol açtığından ve sporcuların güvenini artırdığından dikey sıçrama testleri yorgunluğun ölçülmesinde kullanılabilirler (118).

### 2.5.2. Çocuk ve Gençlerde Yorgunluk

Çocuklar, bir veya daha fazla sayıda tekrarlanan, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında yorgunluğa yetişkinlerden daha dirençlidir. Ayrıca, ergenlik dönemi öncesi çocuklar, tekrarlayan sprint aktiviteleri sırasında daha düşük ancak daha kararlı güç çıktısına sahiptir (109). Çocukların yüksek şiddetli egzersizlerde performansını daha iyi koruyabilme yetenekleri, egzersiz sırasında daha düşük yorgunluk seviyeleri ve / veya egzersiz sonrası daha hızlı toparlanma ile ilişkili olabilir. Bu durum çocukların yetişkinlerinkinden nicel ve niteliksel olarak farklı olan kas profilleri ile açıklanabilir (124).

Yetişkinlerden daha düşük kas kütesine sahip olan çocuklar, yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında daha düşük mutlak güç üretirler. Ayrıca egzersiz sırasında, tip II kas liflerini aktive etme yeteneklerinin düşük olması ve oksidatif yollarla daha çok enerji üretilmesinin bir sonucu olarak daha düşük kas yan ürünleri oluşumuna yol açarak sürekli maksimal kasılmalar sırasında yorgunluğa karşı daha büyük direnç göstereceklerdir. Bu durumda daha düşük birikim gösteren kas yan ürünleri, algılanan eforun daha düşük derecelendirilmesine neden olabilir (109). Bütün bunlara ek olarak daha fazla oksidatif kapasite, daha iyi asit-baz regülasyonu, daha hızlı fosfokreatin yeniden sentezi, kardiyorespiratuar parametrelerin daha hızlı sentezi ve metabolik yan ürünlerin daha yüksek oranda uzaklaştırılması gibi faktörler çocuklarda yüksek yoğunluklu egzersizden sonra daha hızlı toparlanmayı açıklar (125).

Bir çocuğun yüksek Şiddetli egzersiz gerçekleştirme yeteneği, yani yorgunluğa direnci yaşa ve olgunlaşmaya bağlıdır; maksimal anaerobik görevlerin art arda tekrarlanmasıyla elde edilecek g çıktısı, yaşla birlikte azalır. Literatürde yorgunluğa dirençteki yaş/olgunlaşma ile ilgili farklılıkları açıklamak için motivasyon, aktif kas kütlesi, kas yapısı, kas metabolizması ve nöromüsküler aktivasyon gibi farklı mekanizmalar sunulmuŐtur (109). Yüksek Şiddetli egzersiz sonrası toparlanma sırasında, fosfokreatin, kardiyorespiratuar parametrelerin yeniden sentezi, H<sup>+</sup> ve laktat kas metabolitlerinin atılım oranları gibi bazı enerji substratlarının yeniden sentez oranlarındaki yaşa bağlı farklılıklar gözlemlenebilir (109).

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Araştırma Grubu

Araştırmaya lisanslı olarak cimnastik branşlarında (aerobik ve artistik) Türkiye Şampiyonaları'nda yarışan en az 4 yıl spor özgeçmişli olan 9-14 yaş aralığındaki 35 kız cimnastikçi gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar yarışma yaş gruplarına göre 9-11 (n=19) ve 12-14 yaş grubu (n=16) olarak iki gruba ayrılmıştır. Ayrıca katılımcılar, zirve boy uzama hızı (ZBUH) dönemine olan uzaklıklarını temel alan biyolojik olgunlaşmaya göre de sınıflandırılmıştır (ZBUH öncesi= <-1 (n=15); ZBUH sırası=-1< ZBUH <0,5 (n=13) ve ZBUH sonrası=>0,5 (n=7))(39, 92, 126). Katılımcının araştırmadan 6 ay öncesine kadar herhangi bir spor yaralanması öyküsü bulunması dışlanma kriteri sayılmıştır. Yapılan araştırma için Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 15 Şubat 2022 (Karar no:2022/03-63) tarihinde etik kurul izni alınmıştır (Ek-1). Çalışma öncesinde, kulüplere, antrenörlere, katılımcılara ve ailelere detaylı bilgi verilerek ailelere Veli İzin Formu (Ek-4); katılımcılara Aydınlatılmış Onam Formu (Ek-5) okutularak imzalatılmıştır ve araştırma, Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

#### 3.2. Veri Toplama Araçları

##### 3.2.1. Boy Uzunluğu Ölçümleri

Katılımcıların boy uzunlukları çıplak ayakla dik duruşta, hassasiyeti  $\pm 0,01$  santimetre (cm) olan portatif stadiometre (Holtain, İngiltere) ile ölçülmüştür (Şekil 3.1).



**Şekil 3.1.** Portatif stadiometre.

### 3.2.2. Vücut ağırlığı ve Kompozisyonu Ölçümleri

Katılımcıların vücut ağırlığı ve vücut kompozisyonları hassaslık derecesi  $\pm 0,1$  kilogram (kg) olan elektronik baskül ve biyoelektrik impedans analizörü (BIA) (Tanita 401-A, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Elektronik baskül ve BIA.

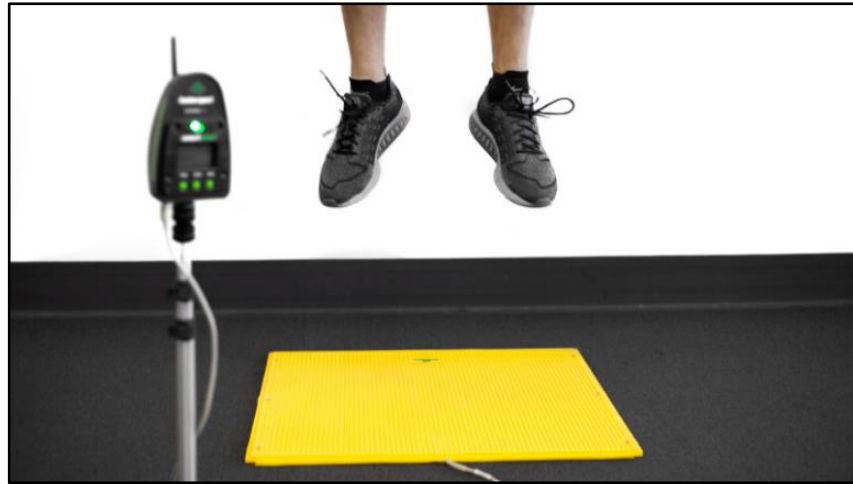


### 3.2.3. Oturma Boyu Uzunluğu Ölçümleri

Katılımcıların oturma boyu uzunlukları dik köşeli bir kasa yardımıyla, hassasiyeti  $\pm 0,01$  mm olan portatif stadiometre (Holtain, İngiltere) ile ölçülmüştür (Şekil 3.1).

### 3.2.4. Sıçrama Yüksekliği Ölçümleri

Katılımcılarda bilateral açık ile ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerlendirmek için unilateral ve bilateral aktif sıçrama yükseklikleri bilgisayara bir entegre sıçrama matı (Smart Jump Fusion Sport Australia) ile belirlenmiştir (Şekil 3.3). Elde edilen veriler bilgisayar programı yardımıyla cm cinsinden hesaplanarak kablosuz dijital bir ekran yardımı ile kayıt altına alınmıştır.



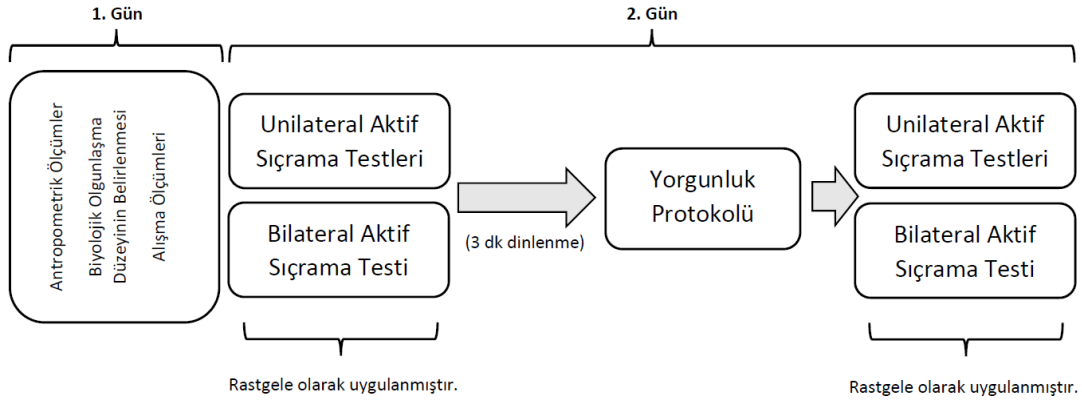
Şekil 3.3. Sıçrama matı ve entegre sistem.

### 3.2.5. Algılanan Zorluk Derecesi Ölçümleri

Algılanan zorluk derecesi (AZD), çocuklar ve genç yetişkinler için yüz ifadeleri görüntüleri kullanılarak tasarlanan algılanan efor ölçeği ile belirlenmiştir. Bu ölçekte 0 ile 10 arasında, 0-Aşırı Kolay'dan, 10-Aşırı Zor'a algılanan zorluk derecesi numaralanmıştır (127)(Ek-7). Algılanan zorluk derecesi 0 ile 10 arasında tam sayı olarak kaydedilmiştir.

### 3.3. Verilerin Toplanması

Farklı spor kulüpleri bünyesinde, yarışmalara hazırlanan 9-14 yaş aralığındaki katılımcıların test ve ölçümleri kendi antrenmanlarını sürdürdükleri spor salonlarında yapılmıştır. Şekil 3.4'de sunulan araştırma deseninde verildiği üzere katılımcıların fiziksel özellikleri ile biyolojik olgunlaşma düzeylerinin belirlenebilmesi için gerçekleştirilen antropometrik ölçümler, performans testleri öncesinde yapılmıştır. Tüm ölçümler öncesinde katılımcılara yapılacak performans testleri ile ilgili ayrıntılı bilgi verilerek test protokolü tanıtılmıştır. Ardından katılımcılar kendi belirledikleri hafif tempoda 5 dk koşu, 10 dk serbest açma germe egzersizleri, 2 adet arttırmalı alıştırmaya sprint koşusu ve 5 adet orta hacimli dikey sıçrama yaparak ısınmayı tamamlamışlardır. Isınmanın ardından testlere geçmeden önce 2 dk dinlenme verilmiştir. Yorgunluk protokolüne geçmeden önce, rastgele sırayla unilateral ve bilateral aktif sıçrama testleri uygulanmış ve yorgunluk kriteri için gerekli olan referans sıçrama yükseklikleri belirlenmiştir. Protokole devam edilmeden önce 3 dk dinlenme verilmiş (20) ve ardından içinde aktif sıçrama ve 180° yön değiştirmeli sprint bulunan yorgunluk protokolü uygulanmıştır (Şekil3.7). Ayrıca, yorgunluk protokolü içerisinde sporcuların protokolü nasıl algıladığının belirlenebilmesi için her setteki aktif sıçramalar öncesinde AZD, 0 ile 10 arasında değişen ve yüz ifadeleri ile gösterilen yorgunluk ölçütüne göre belirlenmiştir (127, 128). Yorgunluk protokolünün ardından dinlenme verilmeden katılımcılar unilateral ve bilateral aktif sıçrama testlerine rastgele sırayla tekrar katılmıştır. Tüm ölçümler ve uygulamalar katılımcıların yarışma döneminde yapılmış, testler katılımcıların en az 48 saat öncesinde yüksek şiddetli aktivite yapmadığı bir dinlenme gününün ertesinde uygulanmıştır. Tüm testler katılımcıların genelde antrenman yaptıkları 17.00-19.00 saatleri arasında uygulanmıştır.



**Şekil 3.4.** Araştırma deseni.

### 3.3.1. Antropometrik Ölçümler:

Katılımcıların vücut ağırlıkları, boy uzunlukları, oturma boyu uzunlukları ölçülmüş ve vücut kompozisyonları (vücut ağırlığı (kg), yağ oranı (%) ve yağ harici kütle (kg)) testler öncesinde belirlenmiştir. Antropometrik ölçümler, katılımcıların üzerinde standart spor kıyafetleri varken ayakkabısız olarak yapılmıştır.

Katılımcıların boy uzunlukları, eller bacakların yanında dik duruşta; topuklar, kalça, sırt ve baş stadiometreye dayalı bir şekilde, derin bir inspirasyon sonrası cm cinsinden ölçülmüştür. Oturma boyu uzunlukları ise, portatif stadiometre kasa üzerine yerleştirildikten sonra, kalça ve diz fleksiyon açısı 90° olacak şekilde, boy uzunluğu ölçümüne benzer olarak oturma pozisyonunda ölçülmüştür ve cm olarak kayıt altına alınmıştır. Ölçülen boy uzunluğundan, oturma boyu uzunluğu çıkarılarak bacak boyu uzunluğu da belirlenmiştir (129). Katılımcıların vücut kompozisyonu 50 kHz tek frekans ve 500  $\mu$ A akım veren tetrapolar BIA'da ölçülmüştür. Bunun için katılımcı çıplak ayakla, varsa takılarını (küpe, kolye vb.) çıkardıktan sonra çıplak ayak ile analizörün tablasındaki elektrotların üzerine basarak anatomik duruşta, hareketsiz şekilde durması istenmiştir. Üretici firmanın kullandığı kestirim formülünden VYY ve YVK değerleri cihazın yazıcısından otomatik çıktı şeklinde kayıt edilmiştir (130). Vücut ağırlığı, BIA uygulaması sırasında entegre elektronik baskül ile kaydedilmiştir. Ayrıca vücut ağırlığı ölçümleri sırasında standart giysiler için 0,5 kg dara farkı dikkate alınmıştır.

### 3.3.2. Biyolojik Olgunlaşmanın Belirlenmesi:

Katılımcıların biyolojik olgunlaşma düzeyleri Mirwald'ın aşağıda belirtilen formülüne (Formül 3.1.) göre; yaş, boy uzunluğu, bacak boyu uzunluğu, oturma boyu uzunluğu ve vücut ağırlığı değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır (131):

$$\text{Olgunluk İndeksi} = -9.376 + (0.0001882 \times (\text{bacak boyu uzunluğu} \times \text{oturma boyu uzunluğu})) + (0.0022 \times (\text{yaş} \times \text{bacak boyu uzunluğu})) + (0.005841 \times (\text{yaş} \times \text{oturma boyu uzunluğu})) + (-0.002658 \times (\text{yaş} \times \text{vücut ağırlığı})) + (0.07693 \times ((\text{vücut ağırlığı} / \text{boy uzunluğu}) \times 100)) \quad (3.1)$$

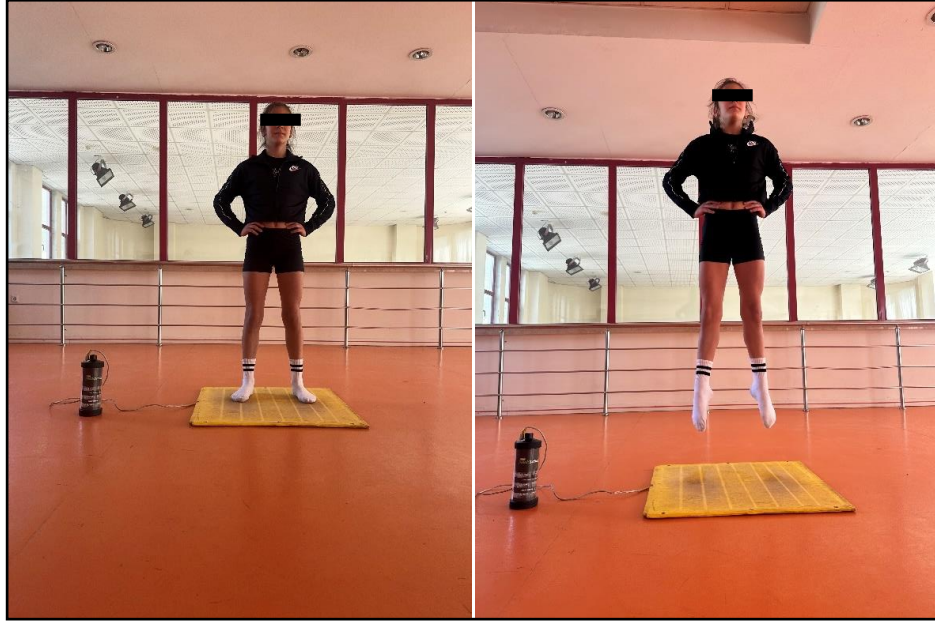
Burada belirtilen kronolojik yaş doğum yılının, ölçümlerin yapıldığı yıldan çıkarılmasıyla belirlenmiştir (129). Verilen denklemlere bağlı olarak hesaplanan biyolojik olgunlaşma verilerine göre katılımcılar, ZBUH öncesi (-1,0 ve daha düşük), ZBUH dönemi (-0,99 ile 0,5 arası) ve ZBUH sonrası (0,51 ve daha yüksek) olmak üzere 3 gruba ayrılmışlardır (40).

### 3.3.3. Bilateral ve Unilateral Aktif Sıçrama Ölçümleri:

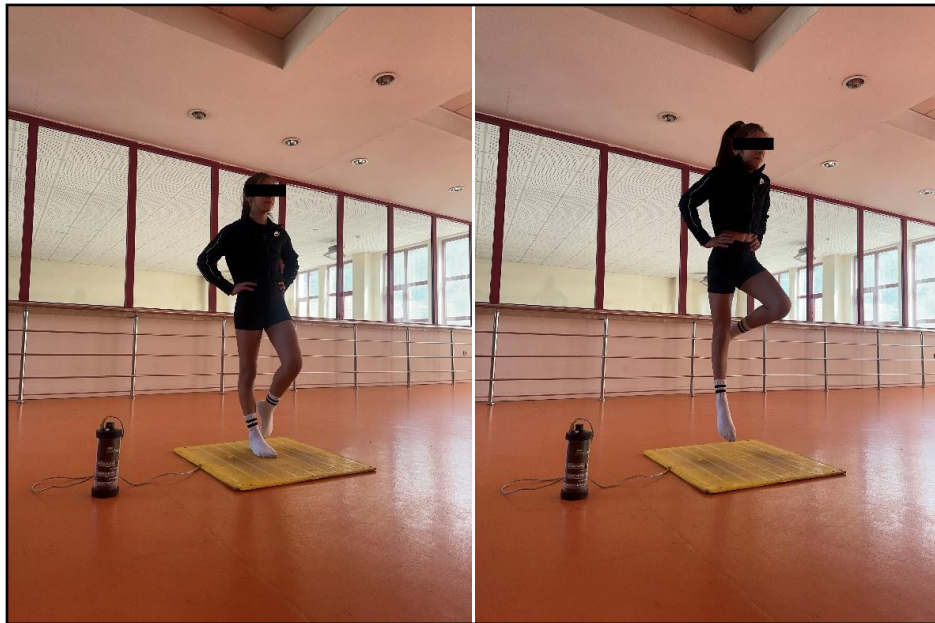
Bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin belirlenmesi için katılımcılar unilateral ve bilateral aktif sıçrama testlerine katılmışlardır. Referans değerlerin belirlenmesinde katılımcılar 60 sn dinlenme aralıkları ile 2'şer kez bilateral ve her iki bacakla unilateral aktif sıçrama yapmış ve her sıçrama için bireysel en iyi değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Yorgunluk protokolü sonrasında rastgele sırada unilateral ve bilateral sıçrama testleri 1'er kez uygulanmıştır. Ölçülen bilateral ve unilateral sıçrama yükseklikleri cm cinsinden kaydedilmiştir.

Bilateral aktif sıçrama için katılımcılardan çift ayak üstünde dik konumda sıçrama matının üstünde eller belde sabitlenmiş şekilde karşıya bakarak ayakta dik dururken hızla çökerek kendi istedikleri derinlikte bir hızlanma sonrası sıçrayabilecekleri kadar yükseğe sıçramaları istenmiştir (132) (Şekil 3.5). Katılımcıların bilateral sıçramada çift ayak üzerine düşmediği durumlarda, o denemenin değerleri geçersiz sayılarak 30 sn dinlenme sonrası test tekrarlanmıştır. Unilateral aktif sıçrama yükseklikleri, bilateral aktif sıçrama testi ile eşit koşullar altında tek ayak üzerinde gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Unilateral aktif sıçrama testinde katılımcılar çıkış

yaptıkları aynı bacak üzerine iniş yapacak şekilde sıçrama yapmayan bacak ile yerden destek almadan hareketi gerçekleştirmişlerdir (Şekil 3.6). Tek ayakta denge sağlandıktan sonra unilateral aktif sıçrama testi gerçekleştirilmiştir. Katılımcı unilateral herhangi bir sıçramada çift bacağa ya da diğer bacağa iniş gerçekleştirdiğinde o denemenin değerleri geçersiz sayılarak 30 sn dinlenme sonrası test tekrarlanmıştır.



Şekil 3.5. Bilateral aktif sıçrama.

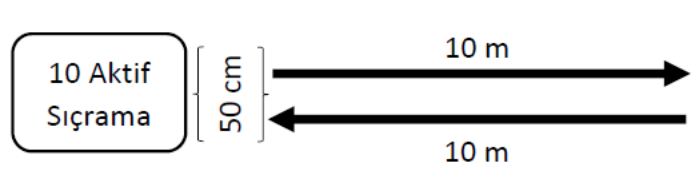


Şekil 3.6. Unilateral aktif sıçrama.

### 3.3.4. Yorgunluk Protokolü:

Yorgunluk oluşturmak için Behrens ve arkadaşlarının 2015 yılında kullandıkları, tekrarlı aktif sıçramalar ve sprintleri içeren yorgunluk protokolü temel alınmıştır (133). Bu protokol; 90° ile 0° diz fleksiyonu arasında gerçekleştirilen 5 maksimum aktif sıçrama ve sonrasında dinlenme olmadan gerçekleştirilen 30 metrelik 180° yön değiştirmeli bir sprintten oluşmaktadır. Bu protokolde, yön değiştirmeli sprintler ve aktif sıçramalar sonrasında dinlenme verilmeden aynı prosedür aktif sıçrama yüksekliği referans değerinin %50'sinin altına inene kadar ya da tükenme durumuna kadar tekrarlanmıştır.

Öncelikle Behrens ve arkadaşları (133) tarafından yapılan araştırmada kullanılan yorgunluk protokolü, cimnastiğe ve cimnastik minderine uyarlanmış, yön değiştirmeli sprint uzunluğu 20 metreye düşürülmüştür. Ancak yapılan ilk ölçümlerde yorgunluk protokolü ile beklenen yorgunluk kriterleri karşılanamadığı için yorgunluk protokolü tekrar modifiye edilmiştir. Sonlandırma kriterleri değiştirilmeden protokol içerisindeki sıçrama sayısı artırılmıştır. Yapılan bu çalışmada, Behrens ve arkadaşlarının (133) protokolünden farklı olarak, 20 metrelik 180° yön değiştirmeli her bir sprinti izleyen 10 tane maksimum aktif sıçramanın dinlenme verilmeden yapılması, yorgunluk protokolü olarak kullanılmıştır (Şekil 3.7). Yorgunluk protokolü; katılımcıların aktif sıçrama yükseklikleri, art arda üç aktif sıçrama için maksimum sıçrama yüksekliğinin %50'sine ulaşmadığında veya katılımcılar tükendiklerini belirttiklerinde sonlandırılmıştır. Katılımcılardan aktif sıçramaları ve sprintleri maksimum güç ve hızda gerçekleştirmeleri istenmiştir ve tüm protokol boyunca sözel olarak motive edilmişlerdir. Sprintlerin sonunda erken yavaşlamanın engellenmesi veya minimuma indirilmesi için sıçrama matı ve sprint başlangıç/bitiş noktası arasında 50 cm mesafe bırakılmıştır.



Şekil 3.7. Yorgunluk protokolü.

### 3.3.5. Bilateral Açığın Belirlenmesi:

Bilateral açık, referans değerlerinin belirlenebilmesi için yorgunluk protokolünden önce ve yorgunluk protokolü sonrası gerçekleştirilen aktif sıçrama testlerine bağlı olarak iki kez hesaplanmıştır. Referans değer olarak bilateral açığın belirlenmesinde unilateral ve bilateral aktif sıçrama testlerindeki en iyi sıçrama yüksekliği değerleri kullanılmıştır. Bilateral açık her iki ekstremitte için unilateral ve bilateral aktif sıçrama değerlerine göre aşağıda verilen Bilateral Açık İndeksi (BAİ) formülüne (Formül 3.2) göre hesaplanmıştır (58):

$$BAİ (\%) = \left[ 100 \times \left( \frac{\text{Bilateral AS (cm)}}{\text{Sağ Unilateral AS (cm)} + \text{Sol Unilateral AS (cm)}} \right) \right] - 100 \quad (3.2.)$$

BAİ < %0 ise unilateral sıçrama yüksekliğinin toplamı bilateral sıçrama yüksekliğinden daha büyüktür. Tam tersine, BAİ > %0 olduğu zaman bilateral sıçrama yüksekliğinin, unilateral sıçrama yüksekliklerinin toplamından daha büyük olduğunu göstermektedir. Yani bilateral açık indeksinden hesaplanan sonucun negatif yönde olması bilateral açık olduğunu gösterirken, pozitif bir bilateral açık indeks bilateral kolaylaştırmayı gösterir.

### 3.3.6. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisinin Belirlenmesi:

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi (ASİ), referans değerlerin belirlenebilmesi için performans testlerinin başında ve yorgunluk protokolünün ardından tekrar edilen sıçrama testlerinden unilateral aktif sıçrama verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Her bacak için en yüksek sıçrama değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi, sıçrama yüksekliğinden Bishop ve arkadaşlarının (134) önerdikleri Formül 3.3'te de verilen yüzde fark yöntemine göre hesaplanmıştır:

$$ASİ (\%) = \frac{100}{\text{Maksimum Unilateral AS (cm)}} \times \text{Minimum Unilateral AS (cm)} \times (-1) + 100 \quad (3.3.)$$

### 3.4. Verilerin Analizi

Tanımlayıcı istatistikler (antropometrik özellikler ve sıçrama yükseklikleri), yaş gruplarına ve biyolojik olgunlaşmaya göre sınıflandırılarak ortalama ve standart sapma değerleri olarak hesaplanmıştır. İki sınıflandırmaya göre tüm değişkenlerin normal dağılıma uyumları Kolmogorov-Smirnov Testi ile kontrol edilmiştir ve normal dağılımdan sapma önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Ayrıca Levene Testi ile varyansların homojenliği de sınanmıştır.

Yaş gruplarına göre değişkenler arası farklar için bağımsız örneklem t-testi kullanılmıştır. Biyolojik olgunlaşmaya göre farkların belirlenmesinde ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. F istatistiği anlamlı çıktığında farkın hangi gruptan kaynaklandığının belirlenebilmesi için Scheffe Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

Bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde yorgunluğa bağlı değişimlerin, yaş gruplarına göre gözlemlenen değerleri arasındaki farklar 2 x 2 (yaş grubu x yorgunluk) Karışık Desen ANOVA ile test edilmiştir. Benzer şekilde bilateral açığın ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimlerinin, biyolojik olgunlaşmaya göre farklarının test edilmesinde ise 2 x 3 (biyolojik olgunlaşma grubu x yorgunluk) Karışık Desen ANOVA kullanılmıştır. F istatistiği anlamlı bulunduğu Scheffe Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Etki büyüklüğü için kısmi eta kare ( $\eta^2$ ) hesaplanmıştır. Kısmi eta kare ( $\eta^2$ )  $\geq 0,01$  küçük;  $\geq 0,06$  orta ve  $\geq 0,14$  büyük etki olarak raporlandırılmıştır.

Tüm istatistiksel işlemlerde Statistical Package for Social Sciences (SPSS) 23.0 paket programı (IBM, ABD) kullanılmıştır ve istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak  $p < 0.05$  alınmıştır.



## 4. BULGULAR

Cimnastikçilerde sıçrama performansına bağlı hesaplanan bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerlerinin yorgunluğa bağlı değişiminin araştırıldığı bu çalışmaya, farklı kulüplerden yarışmalara katılan, 9-14 yaş arasındaki 35 kız sporcu katılmıştır. Tek bacak ve çift bacak üzerinde gerçekleştirilen aktif sıçrama yüksekliklerinden hesaplanan bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisindeki yorgunluğa bağlı değişim yaşa ve biyolojik olgunlaşmaya göre incelenmiş ve bu doğrultuda çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

### 4.1. Katılımcılara Ait Tanımlayıcı Bulgular

Çalışmaya katılan toplam 35 kız cimnastikçinin ortalama yaşları  $11,40 \pm 1,37$  yıl, boy uzunlukları  $145,15 \pm 9,98$  cm, oturma boyu uzunlukları  $76,04 \pm 5,18$  cm, bacak boyu uzunlukları  $69,10 \pm 5,33$  cm, vücut ağırlıkları  $36,37 \pm 8,51$  kg, vücut yağ yüzdeleri  $\%13,61 \pm 6,23$ , yağsız vücut kütleleri  $30,98 \pm 5,20$  kg ve ZBUH dönemine olan uzaklıkları  $-0,758 \pm 1,27$  yıldır. Katılımcıların bir haftada yaptıkları antrenman süreleri ortalama  $13,31 \pm 3,24$  saat, antrenman yaşları ise  $6,04 \pm 1,13$  yıldır. Sporcuların yorgunluk protokolünü tamamladıkları ortalama set sayısı  $8,31 \pm 2,61$ 'dir. Ayrıca, yorgunluk protokolü sonundaki AZD ortalaması  $8,80 \pm 1,96$ 'dir. Bunun yanında katılımcıların yaş gruplarına (9-11 yaş: n=19; 12-14 yaş: n=16) göre yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kütlesi, oturma boyu uzunluğu, bacak boyu uzunluğu, ZBUH dönemine olan uzaklıkları, antrenman yaşları, yorgunluk protokolü sırasındaki ulaştıkları set sayısı ve AZD verilerine ait ortalama, standart sapma değerleri ve t-testi bulguları Tablo 4.1'de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Katılımcıların yaş gruplarına göre tanımlayıcı istatistikleri ve t-testi sonuçları

Değişkenler	9-11 Yaş Grubu (n=19)		12-14 Yaş Grubu (n=16)		t	p
	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS		
Yaş (yıl)	10,37	0,76	12,63	0,81	-8,506	<b>0,000</b>
Boy Uzunluğu (cm)	138,86	6,97	152,63	7,62	-5,575	<b>0,000</b>
Vücut Ağırlığı (kg)	31,30	4,70	42,41	8,14	-5,044	<b>0,000</b>
Vücut Yağ Yüzdesi (%)	11,37	3,97	16,29	7,43	-2,497	<b>0,018</b>
Yağsız Vücut Kütlesi (kg)	27,47	3,00	35,16	4,04	-6,456	<b>0,000</b>
Bacak Boyu Uzunluğu (cm)	66,03	4,18	72,75	4,18	-5,369	<b>0,000</b>
Oturma Boyu Uzunluğu (cm)	72,84	3,30	79,84	4,41	-4,740	<b>0,000</b>
ZBUH Dönemine Uzaklık (yıl)	-1,68	0,87	0,33	0,70	-7,598	<b>0,000</b>
Antrenman Yaşı (yıl)	5,50	0,69	6,69	1,25	-3,557	<b>0,001</b>
Yorgunluk Set Sayısı	8,53	2,61	8,06	2,67	0,517	0,609
AZD	9,26	1,55	8,25	2,29	1,549	0,65

9-11 ve 12-14 yaş gruplarının ortalama ve standart sapma değerlerinin verildiği Tablo 4.1'e göre, yaş ( $t_{(33)}=-8,506$ ;  $p=0,000$ ), boy uzunluğu ( $t_{(33)}=-5,575$ ;  $p=0,000$ ), vücut ağırlığı ( $t_{(33)}=-5,044$ ;  $p=0,000$ ), vücut yağ yüzdesi ( $t_{(33)}=-2,497$ ;  $p=0,018$ ), yağsız vücut kütlesi ( $t_{(33)}=-6,456$ ;  $p=0,000$ ), oturma boyu uzunluğu ( $t_{(33)}=-4,740$ ;  $p=0,000$ ), bacak boyu uzunluğu ( $t_{(33)}=-5,369$ ;  $p=0,000$ ), ZBUH dönemine olan uzaklık ( $t_{(33)}=-7,598$ ;  $p=0,000$ ) ve antrenman yaşı ( $t_{(33)}=-3,557$ ;  $p=0,001$ ) değerleri 12-14 yaş grubunda daha yüksek olacak şekilde yaş grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir. Ancak, yorgunluk protokolünde gerçekleştirilen yorgunluk set sayısı ( $t_{(33)}=0,517$ ;  $p=0,609$ ) ve yorgunluk protokolünde AZD ( $t_{(33)}=1,549$ ;  $p=0,065$ ) için gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır.

Katılımcıların biyolojik olgunlaşmaya göre sınıflandırılması, bu sınıflandırmalara ait tanımlayıcı bulgular ve gruplar arası farkların belirlenmesi için yapılan tek yönlü ANOVA sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.2.** Katılımcıların biyolojik olgunlaşma gruplarına göre tanımlayıcı istatistikleri ve tek yönlü ANOVA sonuçları

Değişkenler	ZBUH Öncesi (n=15)		ZBUH Sırasında (n=13)		ZBUH Sonrası (n=7)		F	p
	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS		
	Yaş (yıl)	10,20	0,78	11,69	0,48	13,43		
Boy Uzunluğu (cm)	136,37	5,48	147,92	3,75	158,86	6,17	50,407	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
Vücut Ağırlığı (kg)	29,65	3,68	36,70	2,77	50,19	5,33	71,306	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
Vücut Yağ Yüzdesi (%)	10,10	3,44	13,39	4,26	21,57	7,18	14,512	<b>0,000</b> <sup>#a</sup>
Yağsız Vücut Kütlesi (kg)	26,57	2,59	31,73	2,18	39,06	1,59	72,784	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
Oturma Boyu Uzunluğu (cm)	71,67	2,54	77,31	3,02	83,07	3,14	40,344	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
Bacak Boyu Uzunluğu (cm)	64,70	3,52	70,58	2,30	75,79	4,10	29,922	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
ZBUH Dönemine Uzaklık (yıl)	-1,91	0,59	-0,49	0,35	1,20	0,45	100,534	<b>0,000</b> <sup>*#a</sup>
Antrenman Yaşı (yıl)	5,33	0,62	6,23	0,97	7,21	1,29	10,608	<b>0,000</b> <sup>*a</sup>
Yorgunluk Set Sayısı	8,40	1,99	7,92	3,30	8,86	2,61	0,293	0,748
AZD	9,40	1,29	8,08	2,36	8,86	2,19	1,638	0,210

\*ZBUH öncesi grup ile ZBUH sonrası grup arasında anlamlı fark vardır.

#ZBUH sonrası grup ile ZBUH sonrası grup arasında anlamlı fark vardır.

<sup>a</sup>ZBUH öncesi grup ile ZBUH sonrası grup arasında anlamlı fark vardır.

Yaşa bağlı yapılan sınıflandırmaya benzer şekilde biyolojik olgunlaşmaya göre sınıflandırılan katılımcılara ait tanımlayıcı verilerin, yaş ( $F_{(2;34)}=63,978$ ;  $p=0,000$ ), boy uzunluğu ( $F_{(2;34)}=50,407$ ;  $p=0,000$ ), oturma boyu uzunluğu ( $F_{(2;34)}=40,344$ ;  $p=0,000$ ),

bacak boyu uzunluğu ( $F_{(2;34)}=29,922$ ;  $p=0,000$ ), vücut ağırlığı ( $F_{(2;34)}=71,306$ ;  $p=0,000$ ), vücut yağ yüzdesi ( $F_{(2;34)}=14,512$ ;  $p=0,000$ ), yağsız vücut kütlesi ( $F_{(2;34)}=72,784$ ;  $p=0,000$ ), ZBUH dönemine olan uzaklık ( $F_{(2;34)}=100,534$ ;  $p=0,000$ ) ve spor özgeçmiş (  $F_{(2;34)}=10,608$ ;  $p=0,000$ ) değerleri, ZBUH öncesinde, sırasında ve sonrasında olacak şekilde 3 grupta değerlendirildiğinde, gruplar arası anlamlı farklar bulunmuştur. Ancak yaş gruplarına benzer şekilde sadece yorgunluk protokolündeki yorgunluk set sayısı ( $F_{(2;34)}=0,293$ ;  $p=0,748$ ) ve AZD ( $F_{(2;34)}=1,638$ ;  $p=0,210$ ) için gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Yapılan Scheffe post-hoc analizi sonucunda, yaş ( $p=0,000$ ), boy uzunluğu ( $p=0,000$ ), vücut ağırlığı ( $p=0,000$ ), yağsız vücut kütlesi ( $p=0,000$ ), oturma boyu uzunluğu ( $p=0,000$ ), bacak boyu uzunluğu ( $p=0,000$ ), ZBUH dönemine uzaklık ( $p=0,000$ ) ve antrenman yaşı ( $p=0,047$ ) ZBUH sırası dönemdeki sporcuların ZBUH öncesi dönemine göre anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde, yaş ( $p=0,000$ ), boy uzunluğu ( $p=0,000$ ), vücut ağırlığı ( $p=0,000$ ), vücut yağ yüzdesi ( $p=0,003$ ), yağsız vücut kütlesi ( $p=0,000$ ), oturma boyu uzunluğu ( $p=0,001$ ), bacak boyu uzunluğu ( $p=0,007$ ) ve ZBUH dönemine uzaklık ( $p=0,000$ ) ZBUH sonrası dönemdeki sporcuların ZBUH sırası dönemine göre anlamlı derecede yüksektir. Yine benzer şekilde yaş ( $p=0,000$ ), boy uzunluğu ( $p=0,000$ ), vücut ağırlığı ( $p=0,000$ ), vücut yağ yüzdesi ( $p=0,000$ ), yağsız vücut kütlesi ( $p=0,000$ ), oturma boyu uzunluğu ( $p=0,000$ ), bacak boyu uzunluğu ( $p=0,000$ ), ZBUH dönemine uzaklık ( $p=0,000$ ) ve antrenman yaşı ( $p=0,000$ ) ZBUH sonrası dönemdeki sporcuların ZBUH öncesi dönemine göre anlamlı derecede yüksektir.

Tüm katılımcıların yorgunluk protokolü öncesindeki sağ bacak unilateral aktif sıçrama yüksekliği ortalama  $16,10 \pm 2,46$  cm, sol bacak unilateral aktif sıçrama yüksekliği ortalama  $15,84 \pm 2,27$  cm, bilateral aktif sıçrama yüksekliği ise ortalama  $30,44 \pm 4,13$  cm olarak belirlenmiştir. Yorgunluk protokolü sonrasında ise sağ bacak unilateral aktif sıçrama yüksekliği ortalama  $13,12 \pm 2,67$  cm, sol bacak unilateral aktif sıçrama yüksekliği ortalama  $12,55 \pm 2,33$  cm, bilateral aktif sıçrama yüksekliği ise ortalama  $25,92 \pm 3,12$  cm bulunmuştur. 35 katılımcının referans bilateral açık değerleri ortalaması  $\% -4,23 \pm 10,30$  iken, yorgunluk protokolü sonrasında ortalama olarak bilateral kolaylaştırmaya giderek  $\% 2,77 \pm 14,50$  olmuştur. Ayrıca, bütün katılımcıların

ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerleri ortalama  $8,59 \pm 6,94$  iken yorgunluk protokolü sonrası ortalama  $13,35 \pm 9,26$  olarak artış göstermiştir.

Çalışmaya katılan sporcuların hem yorgunluk protokolü öncesinde hem de hemen sonrasında kaydedilen unilateral ve bilateral aktif sıçrama yükseklikleri, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi yüzdelerinin yaş gruplarına göre tanımlayıcı istatistikleri ile t-testi bulguları Tablo 4.3'te verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Katılımcıların yaş gruplarına göre aktif sıçrama (AS) yükseklikleri ve t-testi sonuçları

Değişkenler	9-11 Yaş Grubu (n=19)		12-14 Yaş Grubu (n=16)		t	p
	$\bar{x}$	SS	$\bar{x}$	SS		
	Referans Değerler					
Sağ Unilateral AS (cm)	15,258	2,183	17,109	2,465	-2,356	<b>0,025</b>
Sol Unilateral AS (cm)	15,145	1,809	16,683	2,530	-2,092	<b>0,044</b>
Bilateral AS (cm)	28,664	3,474	32,556	3,929	-3,110	<b>0,004</b>
Yorgunluk Protokolü						
Sağ Unilateral AS (cm)	12,143	2,441	14,282	2,521	-2,544	<b>0,016</b>
Sol Unilateral AS (cm)	11,784	2,079	13,469	2,359	-2,246	<b>0,031</b>
Bilateral AS (cm)	25,452	2,990	26,481	3,293	-0,969	0,340

Tablo 4.3'te de görüldüğü üzere, 12-14 yaş grubunun sıçrama yükseklikleri 9-11 yaş grubuna göre daha yüksektir. Yorgunluk protokolü öncesindeki referans değerler için sağ bacak unilateral aktif sıçrama ( $t_{(33)} = -2,356$ ;  $p=0,025$ ), sol bacak unilateral aktif sıçrama ( $t_{(33)} = -2,092$ ;  $p=0,044$ ) ve bilateral aktif sıçrama ( $t_{(33)} = -3,11$ ;  $p=0,004$ ) yüksekliklerinde; yorgunluk protokolü sonrası için sağ bacak unilateral aktif sıçrama ( $t_{(33)} = -2,544$ ;  $p=0,016$ ), sol bacak unilateral aktif sıçrama ( $t_{(33)} = -2,246$ ;  $p=0,031$ ) yüksekliklerinde gruplar arasında 12-14 yaş grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Ancak yorgunluk protokolü sonrası bilateral aktif sıçrama yüksekliklerinde ( $t_{(33)} = -0,969$ ;  $p=0,340$ ) istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir.

**Tablo 4.4.** Katılımcıların biyolojik olgunlaşma düzeylerine göre aktif sıçrama (AS) yükseklikleri ve ANOVA sonuçları

Değişkenler	ZBUH Öncesi (n=15)		ZBUH Sırası (n=13)		ZBUH Sonrası (n=7)		F	p	
	$\bar{X}$	SS	$\bar{X}$	SS	$\bar{X}$	SS			
Referans Değerler	Sağ Unilateral AS (cm)	15,192	2,266	16,947	2,698	16,492	2,023	1,981	0,155
	Sol Unilateral AS (cm)	15,108	1,984	16,715	2,799	15,821	1,170	1,830	0,177
	Bilateral AS (cm)	28,550	3,645	31,956	4,211	31,690	3,811	3,108	0,058
Yorgunluk Protokolü	Sağ Unilateral AS (cm)	12,110	2,617	13,562	2,816	14,465	1,861	2,303	0,116
	Sol Unilateral AS (cm)	11,672	1,943	13,360	2,863	12,946	1,497	2,057	0,144
	Bilateral AS (cm)	25,464	2,901	26,631	3,146	25,587	3,778	0,520	0,600

Biyolojik olgunlaşmaya göre ayrılan 3 grubun sıçrama yükseklikleri karşılaştırıldığında (Tablo 4.4.), yorgunluk protokolü öncesi referans değerlerde sağ bacak unilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=1,981$ ;  $p=0,155$ ), sol bacak unilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=1,830$ ;  $p=0,177$ ), bilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=3,108$ ;  $p=0,058$ ) yüksekliklerinde ve yorgunluk protokolü sonrası sağ bacak unilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=2,303$ ;  $p=0,116$ ), sol bacak unilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=2,057$ ;  $p=0,144$ ), bilateral aktif sıçrama ( $F_{(2;34)}=0,520$ ;  $p=0,600$ ) yüksekliklerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

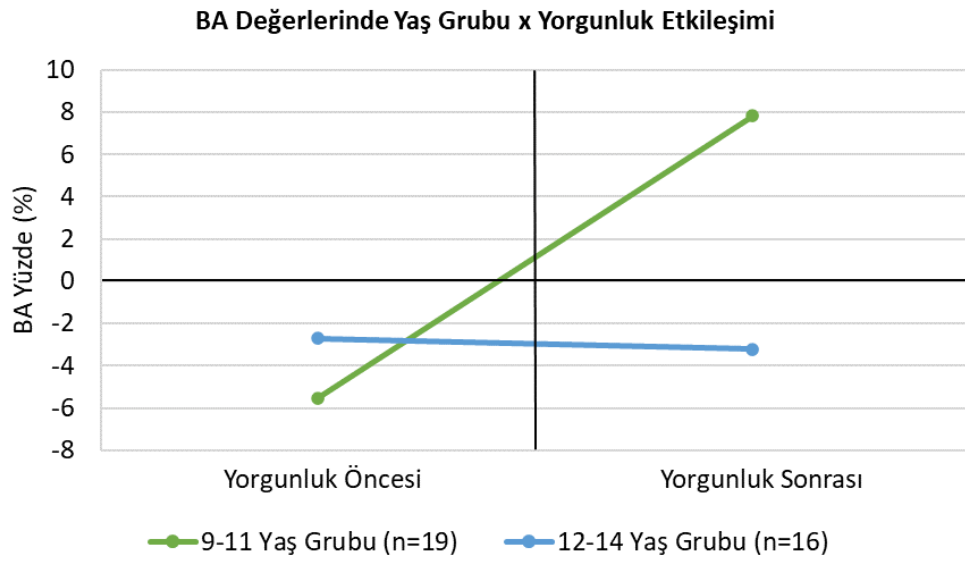
#### 4.2. Bilateral Açık Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence I - II)

Katılımcıların bilateral açık ile yorgunluğa bağlı değişiminin yaş grubu ve biyolojik olgunlaşma sınıflandırmasına göre tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları sırasıyla Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da, etkileşim grafikleri ise sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.5.** Yaş gruplarına göre bilateral açık (BA) ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları

BA [%]	9-11 Yaş Grubu	12-14 Yaş Grubu	Yaş Grubu		Yorgunluk		Yaş Grubu x Yorgunluk	
			F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$
Referans BA (%)	-5,52 ± 7,76	-2,70 ± 12,79	1,279 (p=0,266)	0,037	11,699 (p=0,002)*	0,262	13,705 (p=0,001)*	0,293
Yorgunluk BA (%)	7,83 ± 13,03	-3,23 ± 14,20						

Yapılan analizler sonucunda Tablo 4.5'te görüldüğü gibi bilateral açık üzerine yaş ( $F_{(1;33)}=1,279$ ;  $p=0,266$ ;  $\eta^2=0,037$ ) etkisi anlamlı değildir. Bilateral açık üzerinde yorgunluk etkisi ( $F_{(1;33)}=11,699$ ;  $p=0,002$ ;  $\eta^2=0,262$ ) ve yaş grubu x yorgunluk ( $F_{(1;33)}=13,705$ ;  $p=0,001$ ;  $\eta^2=0,293$ ) etkileşimi anlamlıdır. Yorgunluk etkisi ve yaş grubu x yorgunluk etkileşimindeki anlamlı farklılık için etki büyüktür ( $\eta^2 \geq 0,14$ ). Yorgunluk etkisindeki bu farklılık bütün katılımcılar için yorgunluk protokolü öncesi ortalama  $-4,23 \pm 10,30$  olan bilateral açık yüzdesinin, yorgunluk protokolü sonrası ortalama  $2,77 \pm 14,50$  olarak bilateral kolaylaştırma yönünde değişim göstermesi ile açıklanabilir. Yaş grubu x yorgunluk etkileşimindeki anlamlı farklılık ise, yorgunluğun bilateral açık üzerindeki etkisinin yaşa bağlı olarak önemli miktarda değiştiğini gösterir. Şekil 4.1'de yaş grubu x yorgunluk etkileşimi verilmiştir. Yorgunluk protokolü sonrasında, 12-14 yaş grubunda küçük bir değişiklik gözlemlenirken, 9-11 yaş grubunda bilateral açıktaki oluşan yüzdesel artış sonucu bilateral kolaylaştırma gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.1.** Bilateral açık değerlerinde yaş grubu x yorgunluk etkileşim grafiği.

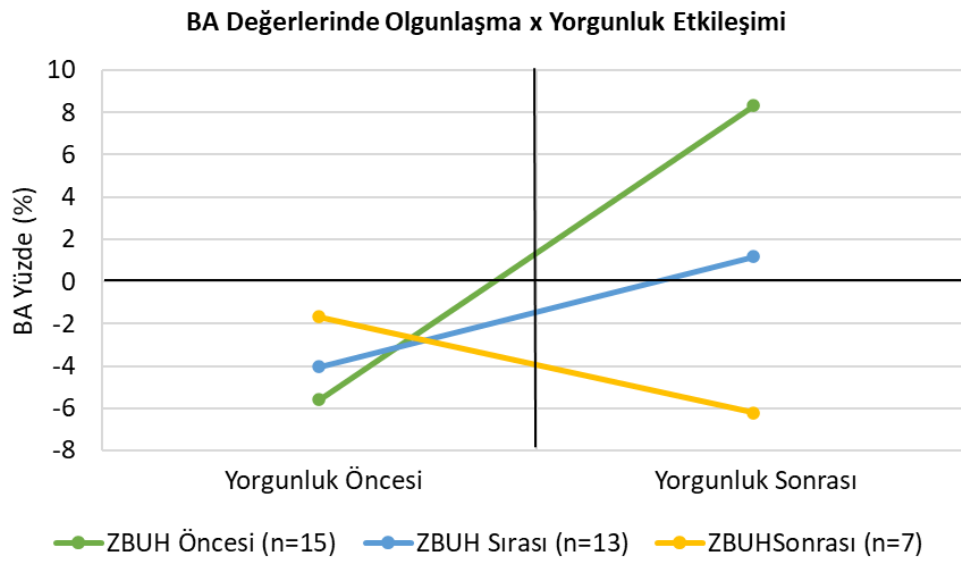
**Tablo 4.6.** Biyolojik olgunlaşmaya göre bilateral açık (BA) ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları

BA [%]	ZBUH Öncesi	ZBUH Sırası	ZBUH Sonrası	Olgunlaşma		Yorgunluk		Olgunlaşma x Yorgunluk	
				F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$
Referans BA (%)	-5,59 ± 7,71	-4,03 ± 13,26	-1,68 ± 9,90	0,609 (p=0,550)	0,037	5,962 (p=0,020)*	0,157	6,742 (p=0,004)*	0,296
Yorgunluk BA (%)	8,33 ± 11,35	1,19 ± 16,58	-6,21 ± 12,80						

Yaş gruplarında yapılan analizlere benzer şekilde bilateral açık üzerine olgunlaşma ( $F_{(2;32)}= 0,609$ ;  $p=0,550$ ;  $\eta^2=0,037$ ) etkisi anlamlı bulunmamıştır. Buna karşılık bilateral açık üzerine hem yorgunluk etkisi ( $F_{(1;32)}=5,962$ ;  $p=0,020$ ;  $\eta^2=0,157$ ) hem de olgunlaşma x yorgunluk ( $F_{(2;32)}= 6,742$ ;  $p=0,004$ ;  $\eta^2=0,296$ ) etkileşimin anlamlı olduğu görülmüştür (Tablo 4.6). Hem yorgunluk etkisi hem de olgunlaşma x yorgunluk etkileşimi için bu anlamlı farklarda büyük etki gözlemlenmiştir ( $\eta^2 \geq 0,14$ ). Yorgunluk etkisindeki anlamlı farklılık, tüm grup için yorgunluk protokolü sonrası bilateral açıktaki değişimden kaynaklanmaktadır. Olgunlaşma x yorgunluk etkileşimindeki anlamlı farklılık, yorgunluk sonucu bilateral açıktaki değişimlerin olgunlaşma



düzeyinden etkilendiğini göstermektedir. Şekil 4.2’de olgunlaşma x yorgunluk etkileşimi verilmiştir. Olgunlaşma x yorgunluk etkileşimindeki anlamlı fark; yorgunluk protokolü sonrasında, protokol öncesine göre ZBUH öncesi ve sırası olgunlaşma gruplarında bilateral açık yüzdelerinde artış, ZBUH sonrası grubunda ise yüzdesel olarak düşüş gözlemlenmesinden kaynaklanmış olabilir (Tablo4.4). Bu durumda ZBUH öncesi ve sırası olgunlaşma düzeyindeki katılımcılar için bilateral açıktaki azalma ve hatta bilateral kolaylaştırma gözlemlenirken, ZBUH sonrası dönemdekiler için bilateral açıktaki artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2.).



**Şekil 4.2.** Bilateral açık değerlerinde olgunlaşma x yorgunluk etkileşim grafiği.

#### 4.3. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence III - IV)

Katılımcıların ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerleri ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi, yaşa ve biyolojik olgunlaşmaya göre incelenmiş, tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları sırasıyla Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de.

**Tablo 4.7.** Yaş gruplarına göre ekstremiterler arası kuvvet asimetrisi (ASİ) ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları

ASİ [%]	9-11 Yaş Grubu	12-14 Yaş Grubu	Yaş Grubu		Yorgunluk		Yaş Grubu x Yorgunluk	
			F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$
			Referans ASİ (%)	9,48 ± 7,71	7,53 ± 5,98	0,181 (p=0,674)	0,005	10,835 (p=0,002)*
Yorgunluk ASİ (%)	13,39 ± 10,27	13,30 ± 8,24						

9-11 ve 12-14 yaş grupları için yapılan analizlerde, ekstremiterler arası kuvvet asimetrisi üzerine yaş ( $F_{(1,33)}=0,181$ ;  $p=0,674$ ;  $\eta^2=0,005$ ) etkisi anlamlı değildir. Buna karşılık yorgunluk ( $F_{(1,33)}=10,835$ ;  $p=0,002$ ;  $\eta^2=0,247$ ) etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür (Tablo 4.7). Yorgunluk etkisindeki anlamlı fark için bütün katılımcıların ekstremiterler arası kuvvet asimetrisi değerlerine bakıldığında, yorgunluk protokolü öncesi ortalama  $8,59 \pm 6,94$  iken yorgunluk protokolü sonrası ortalama  $13,35 \pm 9,26$  olarak artış göstermiştir. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi için yaş grubu x yorgunluk etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı ( $F_{(1,33)}=0,403$ ;  $p=0,530$ ;  $\eta^2=0,012$ ) değildir; yorgunluk etkisi yaş gruplarına göre farklılaşmamaktadır.

**Tablo 4.8.** Biyolojik olgunlaşmaya göre ekstremiterler arası kuvvet asimetrisi (ASİ) ortalamaları ve tekrarlı ölçümlerde ANOVA sonuçları

ASİ [%]	ZBUH Öncesi	ZBUH Sırası	ZBUH Sonrası	Olgunlaşma		Yorgunluk		Olgunlaşma x Yorgunluk	
				F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$	F	Kısmi $\eta^2$
				Referans ASİ (%)	10,93 ± 7,90	7,71 ± 6,51	5,18 ± 3,70	1,306 (p=0,285)	0,075
Yorgunluk ASİ (%)	14,58 ± 10,95	13,63 ± 8,27	10,18 ± 7,32						

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerleri için iki yaş grubu arasında yapılan değerlendirmeye benzer şekilde biyolojik olgunlaşmaya göre ZBUH öncesi,

sırası ve sonrası dönemleri arasında, olgunlaşma ( $F_{(1;32)}=1,306$ ;  $p=0,285$ ;  $\eta^2=0,075$ ) etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülürken; yorgunluk ( $F_{(1;32)}=9,575$ ;  $p=0,004$ ;  $\eta^2=0,230$ ) etkisinin anlamlı olduğu görülmüştür (Tablo 4.8). Yaş gruplarında yapılan analizlere benzer olarak yorgunluğun ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerinde büyük etkisi vardır ( $\eta^2 \geq 0,14$ ). Ancak yorgunluk x olgunlaşma ( $F_{(2;33)}=0,236$ ;  $p=0,791$ ;  $\eta^2=0,015$ ) etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisindeki yorgunluğa bağlı oluşan farklılıklar, olgunlaşma düzeyinden etkilenmemektedir.

## 5. TARTIŞMA

Bu araştırma 9-14 yaş aralığındaki cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremite arası kuvvet asimetrisi değerlerinin yorgunluğa bağlı değişiminin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bilateral açık ve ekstremite arası kuvvet asimetrisi, bilateral ve unilateral aktif sıçrama yükseklikleri baz alınarak hesaplanmıştır. Vücut üzerinde stres oluşturmak için tükenme durumuna kadar, tekrarlı dikey sıçramalar ve 180° yön değiştirmeli sprint içeren bir yorgunluk protokolü kullanılmıştır. Elde edilen bulgular denenceler doğrultusunda tartışılmıştır.

### 5.2. Bilateral Açık Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence I - II)

Bilateral açık, bilateral ve unilateral aktif sıçramalar arasındaki farka bağlı olarak formülden (58) hesaplanmıştır. Hem yaş grubuna (9-11 yaş/12-14 yaş) hem de biyolojik olgunlaşma düzeyine (ZBUH öncesi, sırası ve sonrası) göre yapılan sınıflandırmalar için yaş grubu etkisi ya da olgunlaşma etkisi anlamlı bulunmamıştır. Ancak her iki sınıflandırma için yorgunluk etkisi ile yaş grubu x yorgunluk ve olgunlaşma x yorgunluk etkileşimleri anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.5 ve Tablo 4.6). Genç sporcular üzerinde bilateral açığın belirlenmesi için yapılan sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır ve bu araştırmanın bulguları ile benzer değildir. Ayrıca bilateral açığın farklı popülasyonlar üstünde farklı testlerle ölçülmesi nedeniyle çok farklı sonuçlar bulunmaktadır. Araştırmamızda sıçrama yüksekliklerindeki farklılığa bağlı hesaplanan bilateral açık, başka çalışmalarda zirve güç (22), el kavrama kuvveti (67), izokinetik kuvvet/güç (57), yer reaksiyon kuvveti (93), bisiklet ergometresi (15) ve basit reaksiyon zamanı (66) gibi farklı yöntemlerle de belirlenmiştir.

Ergenlik ve sonrasında çocukların motor üniteleri aktive etme yeteneğindeki artış bilateral açığı etkileyebilir. Başka bir deyişle, bilateral açık olgunlaşma düzeyinden etkilenebilir (65). Ancak araştırmamızda bu durumun aksine, bilateral açığın yaşa ya da olgunlaşma düzeyine göre farklılık göstermediği görülmektedir. Yorgunluk protokolü öncesinde, 9-11, 12-14 yaş gruplarında ve ZBUH öncesi, sırası, sonrası olgunlaşma gruplarında %-1 ile %-6 arasında değişen bilateral açık gözlemlenmiştir.

Yorgunluk protokolü sonrasında ise, yaş ve olgunlaşma gruplarında %-7 ile %9 arasında değişen bilateral açık ve bilateral kolaylaştırma yüzdeleri bulunmuştur. Bu bulguyla benzer şekilde Dunstheimer ve arkadaşları (15), zirve güç ve toplam mekanik iş için %-8 ile %-20 arasında değişen bilateral açık olduğunu iletmislerdir. Çalışmada kız ve erkek çocuklar arasındaki, ergenlik öncesi (Tanner Skalası I, 6.0 – 9.9 yaş), ergenlik dönemi (Tanner Skalası II-IV, 11.0 – 14.9 yaş) ve ergenlik sonrası (Tanner Skalası V, 17.0 – 20.9 yaş), bilateral açığı karşılaştırmak için tek ve iki bacakla, bisiklet ergometresinde 30 saniyelik sprintler uygulamışlardır. Her iki ayakla unilateral ve bilateral olarak uygulanan kısa süreli yüksek şiddetli bisiklet egzersizleri sonucunda, zirve güç için %-7,2 ile %-16,7 arasında, toplam mekanik iş için %-7,3 ile %-20,4 arasında değişen bilateral açık bulmuşlardır. Ayrıca yapılan testler sonucunda farklı olgunlaşma dönemindeki çocuk ve gençler arasında, olgunlaşma düzeyinin bilateral açık üzerine anlamlı etkisi olmadığı iletilmiştir ( $p=0,34$ ) ve bilateral açığın kızlarda erkeklere göre daha belirgin olduğu bulunmuştur ( $p=0,03$ ) (15).

Kozinc ve Sarabon (22) kız ve erkek genç basketbolcu ve tenisçilerde bilateral açık ile yön değiştirme performansı arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Yaptığımız araştırmadaki katılımcı grubundan yaş olarak daha büyük olan genç (ortalama 17,9 yaş) basketbolcu kızlarda unilateral ve bilateral sıçrama yüksekliklerindeki bilateral açık ortalama %-5,40 olarak bulunmuştur. Bizim bulgumuza benzer olan bu değer aksine genç tenisçi kızlarda (ortalama 15,7 yaş) %3,9; genç basketbolcu ve tenisçi erkeklerde (sırasıyla ortalama 16,7 ve 16,8 yaş) ise sırasıyla %2,14 ve %3,72 değerleri ile karşılaştırılırken bilateral kolaylaştırma gözlemlenmiştir. Ayrıca aynı çalışmada cinsiyet farketmeksizin bütün gruplar için zirve güç değerlerinde, %16,16 ile %18,13 değerleri arasında değişen bilateral kolaylaştırma bulunmuştur.

Her yaş grubunda bilateral açık ile karşılaştığımız araştırmamızın bulguları, daha önce bilateral kolaylaştırma ile sonuçlanan bazı araştırmalar ile çelişmektedir. Yaptığımız araştırmanın aksine, Veligekas ve Bogdanis (65) yaptıkları araştırmalarında, ergenlik dönemi öncesi kız ve erkek çocuklarda değişen pozitif bilateral açık (bilateral kolaylaştırma) ile karşılaşmışlardır. Veligekas ve Bogdanis (65), araştırmalarında kronolojik yaşlarına göre 10 ve 12 yaş olarak; fiziksel aktivite düzeylerine göre

antrenmanlı ve antrenmansız olarak farklı sınıflandırmalar kullanmışlardır. Sınıflanan grupların bilateral açık ölçümlerinin karşılaştırılması için sıçrama yüksekliği ve zirve güçten yararlanmışlardır. Yaş grupları arasındaki karşılaştırmaya bakıldığında sıçrama yüksekliği için hem kız hem de erkek çocuklarında, 10 yaş grubuna göre 12 yaş grubunda daha yüksek yüzdelerde pozitif bilateral açık olduğu gözlemlenmiştir ( $p<0.02$ ). Yani yaşla birlikte pozitif bilateral açık indekste bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca yaş gruplarına bakılmaksızın, kızların pozitif bilateral açık indeksi erkeklere göre daha düşük bulunmuştur (kızlar %1,4; erkekler %9,0). Aynı araştırmada antrenman durumuna göre yapılan sınıflandırma için kızlar ve erkeklerde sıçrama yüksekliği için bilateral açık değerlendirilmiştir. Antrenmansız çocukların pozitif bilateral açık değerleri antrenmanlı çocuklara göre daha yüksek bulunmuştur ancak anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

Araştırmamıza yakın bir yaş grubu olarak, 17-19 yaş aralığındaki 20 yaş altı futbol takımında oynayan futbolcularda, sezon öncesi, sezonda ve sezon sonrası bilateral açık değerlendirilmiştir (135). Araştırmamızın aksine futbolcularda sıçrama yüksekliğinden belirlenen bilateral açık değerleri sezon öncesinde %9,79; sezonda %17,51 ve sezon sonrasında %20,22 bulunarak bilateral kolaylaştırma gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan araştırmada sadece sıçrama yüksekliği parametresi, bilateral açık için sezon boyunca anlamlı farklılık göstermiştir (EB: 1,15 -1,57).

Kas yorgunluğu, nöromüsküler performansla ilgili parametreleri etkileyerek kas fonksiyonunda değişimlere neden olabilir; ancak yorgunluğun bilateral açık üzerindeki etkisi açık değildir (67). Araştırmamızda yorgunluk protokolü sonrası bilateral açıktaki yaş gruplarına ya da olgunlaşma düzeylerine göre farklı değişimler gözlemlenmiştir. Uyguladığımız yorgunluk protokolü sonrasında bilateral açıktaki en büyük değişim yaş grupları arasında %-5,52'den %7,83'e doğru pozitif yönde, 9-11 yaş grubunda; olgunlaşma grupları arasında %-5,59'dan %8,33'e doğru pozitif yönde, ZBUH öncesi grubunda olmuştur. Başka bir deyişle yorgunluk protokolü sonrası bilateral kolaylaştırma görülmüştür. Unilateral kasılmalarda, bilateral kasılmalara göre daha fazla yorgunluk oluşarak bilateral açığın yorgunluğa bağlı olarak azalması bulgusu literatür ile tutarlıdır. Ayrıca bilateral açık, 12-14 yaş grubu ve ZBUH sonrası

gruplarında yorgunluk protokolü sonrası negatif yönde daha da artmıştır. 12-14 yaş grubu için %-2,70'den %-3,23'e ve ZBUH sonrası olgunlaşma düzeyi için %-1,68'den %-6,21'e değişim gözlenmiş, yani bilateral açık artmıştır. Bu durum, yorgunluk protokolü sonrası bilateral sıçramada, yorgunluk etkisinin, unilaterale sıçramalara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Yani bilateral kas kasılması yorgunluktan daha fazla etkilenmiştir.

Araştırmamızdaki 9-11 yaş ve ZBUH öncesi gruplarında izlenen duruma benzer sonuçlar bulan Anders ve arkadaşları (12), 50 tekrarlı unilaterale ve bilateral izokinetik diz ekstansiyonu sırasında yorgunluğu ölçmüşlerdir. Unilaterale ve bilateral olarak ölçülen izokinetik tork ve nöromusküler parametrelerdeki yorulmaya bağlı değişimlerden bilateral açığı belirlemişlerdir. 5. tekrarda ölçülen bilateral açık %-16,4'tür ve sonraki tekrarlardan önemli ölçüde daha düşüktür. Yorgunluk arttıkça bilateral açık azalmış ve bilateral kolaylaştırma görülmeye başlanmıştır. Yorgunluktaki artış sonucu, 35. tekrardan sonra, 40. tekrarda %7,9; 45. tekrarda %7,0 ve 50. tekrarda (son tekrar) %3,8 olmak üzere baştaki bilateral açığın yerini bilateral kolaylaştırma almıştır. Yorgunluk oluşumu arttıkça unilaterale performansta (dominant %56,0 ± 10,9 ve dominant olmayan %53,2 ± 11,6), bilaterale göre (%42,8 ± 19,1) daha yüksek düşüşler gözlemlenmiş ve daha yüksek yorgunluk bildirilmiştir.

Yaptığımız araştırmanın bulgularının aksine Kons ve arkadaşları (67) yaptıkları araştırmalarında el kavrama kuvveti için simüle edilmiş judo maçı ile oluşturulan yorgunluğun bilateral açığı etkilemediğini ileri sürmüşlerdir. Erkek judocular üzerinde 15 dk dinlenme aralıklı 4 x 4 dakikalık simüle edilmiş judo maçı ile oluşturulan yorgunluk sonucu, el kavrama kuvveti için bilateral açık değerleri, birinci ve ikinci maçlardan sonra yaklaşık %10 olarak ön testten önemli bir fark göstermemiştir. Bilateral açıktaki anlamlı yorgunluk etkisi ile karşılaştığımız araştırmamız ile Kons ve arkadaşlarının (67) araştırma bulguları çelişmektedir. Ancak ölçüm yapılan popülasyonun özellikleri, araştırma deseni, yorgunluk protokolü ve ölçüm yöntemi araştırmamıza göre farklılık göstermektedir.

Bilateral açığın performans üzerindeki etkilerinin araştırıldığı araştırma sayısı sınırlıdır. Özellikle bilateral ve unilaterale sıçramaların sıklıkla kullanıldığı, yarışmaların

ve üst düzey performansın erken yaşlarda başladığı cimnastikte, performansın arttırılması, yaralanma riski üzerindeki etkilerinin anlaşılması için bilateral açık ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca bilateral açık ve altında yatan mekanizmaların yorgunluktan nasıl etkilendiği belirsizliğini koruyan bir konudur (12). Özellikle genç sporcularda bilateral açık ve bilateral açığın yorgunluktan etkilenme potansiyeli ile ilgili bulgular yeterli değildir. Küçük yaş gruplarında yorgunluk ve bilateral açık üzerine yapılan araştırmalar kısıtlıdır. Bu nedenle bu konu hakkında daha fazla araştırma yapılması önerilebilir.

### **5.3. Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisi Değerlerinin Yaşa ve Biyolojik Olgunlaşmaya Göre İncelenmesi (Denence III - IV)**

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi, sağ ve sol ayak üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilen unilateral aktif sıçrama testleri sonucunda sıçrama yükseklikleri arasındaki yüzdesel farka göre hesaplanmıştır. Hem yaş grupları hem de biyolojik olgunlaşma düzeyine göre gruplar arasındaki fark benzerdir. Ayrıca yaş grubu x asimetri ve olgunlaşma x asimetri etkileşimleri de anlamlı değildir. Her iki sınıflandırma için sadece yorgunluk etkisi anlamlı farka neden olmuştur. (Tablo 4.7. ve Tablo 4.8.).

ZBUH döneminde ve ergenliğin erken evrelerinde görülebilen, vücut boyutlarındaki (kol, bacak ve gövde) orantısız artış ve motor koordinasyondaki bozulmaların, ekstremiteler arası farklılıklarda artışa neden olabileceği düşünülmektedir (23, 48). Ancak araştırmamızda bu durumun aksine yaş artışı ve olgunlaşma düzeyindeki ilerleme ile ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin düştüğü belirlenmiştir. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde, yaş grupları ya da olgunlaşma düzeyleri arasında anlamlı farklılık belirlenmemesine rağmen en yüksek ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi yüzdesi 9-11 yaş grubunda (%9,48) ve ZBUH öncesi dönemde (%10,93) gözlemlenmiştir. Benzer şekilde Pardos-Mainer ve arkadaşlarının (20) ergenlik dönemindeki kadın futbolcularda ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi ile fiziksel performans ölçümleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda, U-18 (ortalama %10,9), U-16 (ortalama %11,6) ve U-14 (ortalama %12,1)



yaş grupları arasında aktif sıçrama ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde farklılıklar gözlemlenmemiştir. Ayrıca, yaptığımız araştırmadaki unilateral aktif sıçrama asimetri yüzdelerinin diğer araştırmalardan daha düşük olduğu da dikkat çekmektedir.

Yaptığımız araştırmanın bulguları farklı popülasyonlarda yapılan önceki bazı araştırmalar ile çelişmektedir. Read ve arkadaşları (48), genç erkek futbolcularda yaptıkları araştırmalarında, farklı kronolojik yaş gruplarında iniş kuvvet asimetrilerini incelemiş ve katılımcıları olgunlaşma düzeylerine göre yaptığımız araştırmaya benzer şekilde, ZBUH öncesi, sırası ve sonrası olarak üç grupta incelemiştir. Unilateral aktif sıçramada iniş fazı asimetrileri için ZBUH döneminde ve sonrası dönemdeki asimetrilerin, küçük etki büyüklüğünde, anlamlı olarak ( $p < 0.001$ ;  $d = 0.41-0.43$ ), ZBUH öncesi dönemde olanlara göre daha yüksek olduğunu gösterilmiştir. Benzer şekilde, Madruga-Parera ve arkadaşları (23), 18 yaş altı elit tenisçilerde, U18, U16, U14, U12 ve ZBUH öncesi, sırası, sonrası olarak iki farklı gruplandırma altında farklı testler ile ölçtükleri asimetrileri karşılaştırmışlardır. Yaptığımız araştırmaya benzer olarak, kronolojik ve olgunlaşma yaş gruplarında, asimetriler arasında anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Ancak, olgunlaşma düzeyine göre ZBUH öncesi dönemde %14,49 olan aktif sıçrama yüksekliği asimetrisi, ZBUH döneminde %19,31 olarak artış göstermiş ve ZBUH sonrası dönemde ise ortalama %12,53 olarak ZBUH öncesi dönemden daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yaş grupları arasında ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin en yüksek değeri %17,55 ile U14 grubunda, en düşük değeri %12,34 ile U18 grubunda bulunmuştur. Bu bulgular genç sporcularda olgunlaşma dönemine yaklaştıkça potansiyel olarak asimetrilerin arttığı ve bunun fiziksel performansta düşüşler ile ilişkili olabileceği düşüncesini desteklemektedir. Ancak araştırmamızda bunun aksine yaş gruplarına ya da olgunlaşma düzeylerine göre ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin farklılaşmadığını görmekteyiz. Bu durum, araştırmaların farklı sporlarda, farklı antrenman programlarının uygulamakta olan farklı popülasyonlar üzerinde yapılmasından kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Cimnastikte, hareket teknikleri sıklıkla tek taraflı olarak uygulanmaktadır ve bu nedenle asimetriler gözlemlenebilmektedir. Ceklić and Šarabon (101), kadın artistik

cimnastikçilerde (yaş:  $11,19 \pm 1,89$  yıl) kalça, diz ve ayak bileği izometrik kuvvet farklılıklarını ve asimetrilerini değerlendirdikleri çalışmalarında kalça abdüksiyonu ve fleksiyonu; diz ekstansiyonu; ayak bileği plantar fleksiyonu izometrik kuvvet asimetrilerinin, düzenli fiziksel aktiviteye katılmayan kontrol grubunda anlamlı olarak daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kalça addüksiyonu, iç rotasyonu, dış rotasyonu ve ekstansiyonu; diz fleksiyonu ve ayak dorsal fleksiyonu izometrik kuvvet asimetrilerinin de benzer şekilde cimnastikçilerde daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuç cimnastikte, unilateral ve bilateral kuvvet egzersizlerinin sıklıkla antrenmanlarda uygulanması sonucu asimetrilerin azalmasına neden olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde cimnastikçiler üzerinde yapılan araştırmamızda aktif sıçrama yüksekliklerine göre ölçülen ekstremite arası kuvvet asimetrisi yüzdelerinin yaş ve olgunlaşma düzeyi arttıkça düşüş göstermesi, unilateral ve bilateral kuvvet egzersizlerinin antrenman programlarında kullanımının çeşitlendirilmesi ve şiddetinin artırılmasının bir sonucu olabilir.

Üst ve alt ekstremitelerde oluşan yorgunluk performansı etkileyerek kas dengesizliklerine neden olabilir (67). Son yıllarda yorgunluk, alt ekstremitte asimetrilerini etkileyen bir faktör olarak görülürken ve yorgunluk sonucu oluşan koordinasyon kayıplarının hareket tekniklerindeki değişikliklere neden olabileceği düşünülmektedir (47, 93). Araştırmamızda da literatür ile uyumlu olarak katılımcıların ekstremite arası kuvvet asimetrisi düzeyleri yorgunluktan etkilenmektedir. Yetişkinler üzerinde yapılan araştırmalarda, yüksek simetri (%95-100), orta simetri (%90-95), orta asimetri (%85-90) ve yüksek asimetri( $\%<85$ ) şeklindeki sınıflandırmaya bakıldığında, araştırmamızda yorgunluk protokolü öncesinde %8,59 ortama ile orta simetri gösteren ekstremite arası kuvvet asimetrisi, yorgunluk oluşumu sonucunda artış göstererek %13,35 ortalama ile orta asimetri olacak şekilde değişim göstermiştir (136, 137). 9-11 ve 12- 14 yaş grupları için; yorgunluk protokolü öncesi sırasıyla %9,48 ve %7,53 olan asimetri değerlerin yorgunluk protokolü sonrası sırasıyla %13,39 ve %13,30 olarak artış göstermiştir. Ancak bu artışın yaş grubundan etkilenmediği dikkat çekmektedir. Benzer şekilde ZBUH öncesi, sonrası ve sonrası olgunlaşma düzeyleri için; yorgunluk protokolü öncesi sırasıyla %10,93; %7,71 ve %5,18 olan asimetri değerleri

yorgunluk protokolü sonrası sırasıyla %14,58; %13,63 ve %10,18 olarak artış göstermiştir. Ancak bu artışların da yaş gruplarına benzer şekilde olgunlaşma düzeyinden etkilenmediği görülmektedir. Araştırmamızda, yaş gruplarına ve olgunlaşma düzeylerine göre yapılan değerlendirmeler için ekstremite arası kuvvet asimetrisinde yorgunluk etkisi gözlemlenmesi, kas yorgunluğunun, hareket kontrolünü etkileyerek, teknikte değişikliklere neden olması sonucu olabilir.

Araştırmamıza benzer şekilde, Konstantopoulos ve arkadaşlarının (83), 100 tane dikey sıçrama kullanarak alt ekstremitede oluşturdukları yorgunluk sonucunda, unilateral aktif sıçrama yüksekliklerinden belirlenen ekstremite arası kuvvet asimetrisinde artış gözlemlenmiştir. Bu artışın postüral kontroldeki azalma ile ilişkili olabileceği iletilmiştir. Bromley ve arkadaşlarının (85), genç erkek futbolcularla yaptıkları araştırmalarında, futbol maçı öncesinde ve sonrasında ekstremite arası kuvvet asimetrisi belirlemiştir. Unilateral aktif sıçrama performansına bağlı olarak ölçülen asimetri, maç öncesinde, hemen sonrasında, 24 saat, 48 saat ve 72 saat sonrasında belirlenmiştir. Maç öncesinde ve hemen sonrasında, ekstremite arası kuvvet asimetrisi, sıçrama yüksekliklerinde %4,65 iken %17,22; zirve kuvvetlerinde %14,71 iken %31,85, zirve iniş kuvvetlerinde ise %7,22 iken %9,13 olarak artış göstermiştir. Maç sonrası gözlemlenen yüksek artışlar ile ekstremite arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa duyarlı olduğu bulunmuştur.

Yorgunluğun ekstremite arası kuvvet asimetrisi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Knih ve arkadaşları (93) tarafından yapılan araştırma sonucunda, araştırmamızın aksine yorgunluğun ekstremite arası kuvvet asimetrisini etkilemediği bulunmuştur. 14 set, 10 tane dikey sıçramanın uygulandığı protokolde, yorgunluk, alt ekstremitede, bacak sertliği asimetrisi (EB = 0,61) ve zemin reaksiyon kuvveti asimetrisi (EB = 0,61) üzerinde orta derecede etki büyüklüğüne sahip ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan farklılık göstermiştir. Benzer şekilde Kons ve arkadaşlarının (67) yaptıkları, simüle edilmiş 4 dakikalık 4 judo maçında, alt ve üst ekstremitelerde yorgunluk sonucunda değişim göstermemiştir. Her karşılaşmadan sonra toplanan verilerde, el kavrama kuvveti ve sıçrama performansı (sıçrama yüksekliği, zirve güç, zirve kuvvet, ortalama güç, hız ve uzun atlama) asimetri

değerlerinin yorgunluktan etkilenmediği görülmüştür. Ancak ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluktan etkilenmediğini gösteren bu araştırmalar yaptığımız araştırmadan farklı olarak yetişkin erkek sporcular üstünde yapılmıştır. Guan ve arkadaşlarının (46), yaş ortalaması 9,85 yaş olan erkek Taekwondocular üzerinde yaptıkları araştırmada, ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerleri yorgunluktan etkilenerek artış göstermiş ancak anlamlı fark bulunmamıştır. Yorgunluk sonrası, unilateral aktif sıçrama yüksekliği asimetrisi %8,20'den %12,76'ya; uzun atlama mesafe asimetrisi %6,64'ten %9,59'a ve üçlü hop testi asimetrisi için %5,78'den %9,69'a artış göstermiştir; ancak bu artışlar anlamlı değildir.

Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi performansta düşüş ve temassız yaralanma riskinde artış ile ilişkidir. Asimetrisinin her sporcu için bireysel ve farklı olan, yaralanma riskinde artışa sebep olabileceği bir eşik vardır (73). Cimnastikçilerde, performanstaki ekstremiteler arası farklılıklar erken yaşlardan itibaren gözlemlenmektedir. Erken çocukluk döneminde daha yüksek düzeyde olan asimetrisinin yaralanma risk faktörünü azaltmak için, gelişim aşamalarına uygun hazırlanan özel antrenman programlarının uygulanmasına, ZBUH öncesi dönemde sporcularda başlanmalıdır. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin minimum düzeye indirilmesi ve ZBUH döneminde oluşabilecek artışların önlenmesi için uygulanan bu programların ergenlik döneminde de sürdürülmesi önemlidir. Ayrıca son dönemde, yorgunlukla daha da artış gösteren ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin etkilerine daha sık odaklanılmasına rağmen yapılan çalışma sayısı sınırlıdır ve bulgular belirsizliğini korumaktadır.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 6.1. Sonuç

Bu çalışma, cimnastikçilerde, bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişiminin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda:

1. 9-11 ve 12- 14 yaş grupları arasında, yorgunluk protokolü sonrası ölçülen bilateral aktif sıçrama yükseklikleri hariç diğer sıçrama testleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). ZBUH öncesi, sırası ve sonrası arasında unilateral ve bilateral aktif sıçrama yüksekliklerinde anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

2. 9-11 ve 12-14 yaş gruplarında bilateral açık için, yaş grubunun anlamlı etkisi yoktur ( $p>0,05$ ). Yorgunluğun bilateral açık üzerinde büyük düzeyde anlamlı etkisi bulunmaktadır ( $p=0,002$ ). Ayrıca yine büyük etki büyüklüğüne sahip istatistiksel olarak anlamlı bir yaş grubu x olgunlaşma etkileşimi bulunmuştur ( $p=0,001$ ).

3. ZBUH öncesi, sırası ve sonrası grupları arasında, bilateral açık için istatistiksel olarak anlamlı olgunlaşma etkisi görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Biyolojik olgunlaşma grupları için yorgunluk, bilateral açık üzerinde anlamlı düzeyde büyük etkiye sahiptir ( $p=0,020$ ). Olgunlaşma x yorgunluk etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p=0,004$ ).

4. Ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde yaş grubu etkisi ve yaş grubu x olgunlaşma etkileşimi anlamlı değildir ( $p>0,05$ ). Ancak yorgunluk etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ve büyük etki büyüklüğüne sahiptir ( $p=0,002$ ).

5. Biyolojik olgunlaşma grupları için ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinde olgunlaşma düzeyi etkisi ve olgunlaşma x yorgunluk etkileşimi anlamlı değilken ( $p>0,05$ ) yorgunluk etkisi anlamlıdır ( $p=0,004$ ).

## 6.2. Öneriler

1. ZBUH sonrası dönemdeki değişimlerin daha detaylı incelenebilmesi için gelecekteki araştırmalarda 14 yaş üstü sporcuların da dahil edildiği çalışmalar yapılabilir.

2. Kadın cimnastikçiler üzerinde yapılan bu çalışmaya ek olarak erkekler üzerinde benzer araştırma desenleri oluşturularak yapılan çalışmalar ile bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi için cinsiyet farklılıkları araştırılabilir.

3. Bu çalışmada, aktif sıçramalarla belirlenen bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi değerlerinin, cimnastikteki sıçrama ve atlamalara benzer şekilde daha detaylı olarak değerlendirilebilmesi için gelecekteki çalışmalarda, ölçümler için farklı sıçrama (skuat sıçrama, derinlik sıçraması gibi) ve atlama testleri de ek olarak kullanılarak incelenebilir.

4. Ekstremiteler arası farklılıkların belirlenmesinde, sağ ve sol bacak aktif sıçrama ölçümlerine dayandırılan bu çalışmaya ek olarak gelecekteki araştırmalarda baskın ve baskın olmayan bacaklar üstünde gerçekleştirecek ölçümler şeklinde sınıflandırmalar kullanılabilir.

5. Bu çalışmada, vücutta yorgunluk oluşturmak için sprint ve aktif sıçramalardan oluşan bir yorgunluk protokolü kullanılmıştır. Sonraki çalışmalarda, cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluk durumunda nasıl etkilendiğinin araştırılması için cimnastik hareketlerini de içeren daha kapsamlı bir yorgunluk protokolü kullanılarak değerlendirilebilir.

6. Bu araştırmada yorgunluğun bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisi üzerine olan etkisi aktif sıçrama yüksekliğinden belirlenmiştir. Gelecekteki çalışmalarda sıçramalar sırasındaki kinematik parametreler de değerlendirilerek sıçrama sırasında oluşan yorgunluğa bağlı değişim incelenebilir.

## 7.KAYNAKÇA

1. Moeskops S, Oliver JL, Read PJ, Cronin JB, Myer GD, Lloyd RS. The physiological demands of youth artistic gymnastics: applications to strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*. 2019;41(1):1-13.
2. Fédération Internationale de Gymnastique [cited 2023. Available from: <https://www.gymnastics.sport/site/>].
3. Türkiye Cimnastik Federasyonu [cited 2023. Available from: <https://www.tcf.gov.tr/>].
4. Puiu M, Dragomir A. Neuromuscular and physiological assessment during a vertical jumping test in aerobic gymnastics. *BRAIN Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*. 2021;11(4Sup1):156-66.
5. Patel TS, McGregor A, Fawcett L, Bekker S, Williams S, Williams K, et al. Coach awareness, knowledge and practice in relation to growth and maturation and training load in competitive, young gymnasts. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 2021;16(3):528-43.
6. Arnold A, Thigpen CA, Beattie PF, Kissenberth MJ, Shanley E. Overuse physéal injuries in youth athletes: risk factors, prevention, and treatment strategies. *Sports health*. 2017;9(2):139-47.
7. Thomas RE, Thomas BC. A systematic review of injuries in gymnastics. *The Physician and sportsmedicine*. 2019;47(1):96-121.
8. Henry FM, Smith LE. Simultaneous vs. separate bilateral muscular contractions in relation to neural overflow theory and neuromoter specificity. *Research Quarterly American Association for Health, Physical Education and Recreation*. 1961;32(1):42-6.
9. Skarabot J. Neural mechanisms of bilateral deficit in maximal force production in specific groups of athletes. 2016.
10. Skarabot J, Cronin N, Strojnik V, Avela J. Bilateral deficit in maximal force production. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(11-12):2057-84.
11. Koral J, Oranchuk DJ, Wrightson JG, Twomey R, Millet GY. Mechanisms of neuromuscular fatigue and recovery in unilateral versus bilateral maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology*. 2020;128(4):785-94.
12. Anders JPV, Keller JL, Neltner TJ, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO. Task-specific performance fatigability and the bilateral deficit during isokinetic leg extensions. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*. 2021;21(1):4.
13. Sarabon N, Kozinc Z, Bishop C, Maffiuletti NA. Factors influencing bilateral deficit and inter-limb asymmetry of maximal and explosive strength: motor task, outcome measure and muscle group. *Eur J Appl Physiol*. 2020;120(7):1681-8.
14. Bobbert MF, de Graaf WW, Jonk JN, Casius LJ. Explanation of the bilateral deficit in human vertical squat jumping. *J Appl Physiol (1985)*. 2006;100(2):493-9.
15. Dunstheimer D, Hebestreit H, Staschen B, Strassburg HM, Jeschke R. Bilateral deficit during short-term, high-intensity cycle ergometry in girls and boys. *Eur J Appl Physiol*. 2001;84(6):557-61.

16. Vieluf S, Godde B, Reuter EM, Voelcker-Rehage C. Effects of age and fine motor expertise on the bilateral deficit in force initiation. *Exp Brain Res*. 2013;231(1):107-16.
17. Bishop C, Read P, Chavda S, Turner A. Asymmetries of the lower limb: The calculation conundrum in strength training and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*. 2016;38(6):27-32.
18. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA. Assessing interlimb asymmetries: Are we heading in the right direction? *Strength & Conditioning Journal*. 2021;43(3):91-100.
19. Bishop C, Turner A, Read P. Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *Journal of sports sciences*. 2018;36(10):1135-44.
20. Pardos-Mainer E, Bishop C, Gonzalo-Skok O, Nobari H, Pérez-Gómez J, Lozano D. Associations between inter-limb asymmetries in jump and change of direction speed tests and physical performance in adolescent female soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(7):3474.
21. Tufano JJ, Malecek J, Steffl M, Stastny P, Hojka V, Vetrovsky T. Field-based and lab-based assisted jumping: unveiling the testing and training implications. *Frontiers in physiology*. 2018;9:1284.
22. Kozinc Z, Sarabon N. Bilateral deficit in countermovement jump and its association with change of direction performance in basketball and tennis players. *Sports Biomech*. 2021:1-14.
23. Madruga-Parera M, Romero-Rodríguez D, Bishop C, Beltran-Valls MR, Latinjak AT, Beato M, et al. Effects of maturation on lower limb neuromuscular asymmetries in elite youth tennis players. *Sports*. 2019;7(5):106.
24. Bishop C, Berney J, Lake J, Loturco I, Blagrove R, Turner A, et al. Bilateral Deficit During Jumping Tasks: Relationship With Speed and Change of Direction Speed Performance. *J Strength Cond Res*. 2021;35(7):1833-40.
25. Kyselovičová O, Danielová K. The functional response to training and competition load in aerobic gymnastics athletes. *Acta facultatis educationis physicae universitatis Comenianae*. 2012;52(2):31-6.
26. Birat A, Bourdier P, Piponnier E, Blazevich AJ, Maciejewski H, Duché P, et al. Metabolic and fatigue profiles are comparable between prepubertal children and well-trained adult endurance athletes. *Frontiers in physiology*. 2018;9:387.
27. Marina M, Rodríguez FA. Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines. *Biology of sport*. 2014;31(3):217-22.
28. Bishop C, McAuley W, Read P, Gonzalo-Skok O, Lake J, Turner A. Acute Effect of Repeated Sprints on Interlimb Asymmetries During Unilateral Jumping. *J Strength Cond Res*. 2021;35(8):2127-32.
29. Moeskops S. The effects of growth, maturation and training on strength and power development in young artistic female gymnasts: Cardiff Metropolitan University; 2020.
30. Jemni M. Energetics of gymnastics. *The Science of Gymnastics*: Routledge; 2017. p. 5-22.



31. Kyselovičová O, Zemková E. MODIFIED AEROBIC GYMNASTICS ROUTINES IN COMPARISON WITH LABORATORY TESTING OF MAXIMAL JUMPS. *Sport Scientific & Practical Aspects*. 2010;7(1).
32. Chen Y, Wang A, Yin X. FATIGUE AND REHABILITATION IN THE TRAINING OF GYMNASTS. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2023;29.
33. Beunen G, Malina RM. Growth and biologic maturation: relevance to athletic performance. *The young athlete*. 2008;1:3-17.
34. Hills AP, Byrne NM. An overview of physical growth and maturation. Cytokines, growth mediators and physical activity in children during puberty. 2010;55:1-13.
35. Georgopoulos NA, Markou KB, Theodoropoulou A, Vagenakis GA, Mylonas P, Vagenakis AG. Growth, pubertal development, skeletal maturation and bone mass acquisition in athletes. *Hormones (Athens)*. 2004;3(4):233-43.
36. Albaladejo-Saura M, Vaquero-Cristobal R, Gonzalez-Galvez N, Esparza-Ros F. Relationship between Biological Maturation, Physical Fitness, and Kinanthropometric Variables of Young Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(1).
37. Malina RM. Secular trends in growth, maturation and physical performance: a review. *Anthropol Rev*. 2004;67:3-31.
38. Moeskops S, Oliver JL, Read PJ, Cronin JB, Myer GD, Haff GG, et al. The influence of biological maturity on dynamic force–time variables and vaulting performance in young female gymnasts. *Journal of Science in Sport and Exercise*. 2020;2(4):319-29.
39. Almeida-Neto PFd, de Medeiros RCdSC, de Matos DG, Baxter-Jones AD, Aidar FJ, de Assis GG, et al. Lean mass and biological maturation as predictors of muscle power and strength performance in young athletes. *Plos one*. 2021;16(7):e0254552.
40. Murtagh CF, Brownlee TE, O'Boyle A, Morgans R, Drust B, Erskine RM. Importance of speed and power in elite youth soccer depends on maturation status. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2018;32(2):297-303.
41. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity: *Human kinetics*; 2004.
42. Lopez-Valenciano A, Ayala F, De Ste Croix MBA, Barbado D, Moreno-Perez V, Sanz-Rivas D, et al. The Association Between Chronological Age and Maturity Status on Lower Body Clinical Measurements and Asymmetries in Elite Youth Tennis Players. *Sports Health*. 2022:19417381221083319.
43. Miranda VPN, Faria FRd, Faria ERd, Priore SE. Somatic maturation and body composition in female healthy adolescents with or without adjustment for body fat. *Revista Paulista de Pediatria*. 2014;32:78-84.
44. Almeida-Neto PFd, Matos DGd, Baxter-Jones AD, Batista GR, Pinto VCM, Dantas M, et al. The effectiveness of biological maturation and lean mass in relation to muscle strength performance in elite young athletes. *Sustainability*. 2020;12(17):6696.
45. Balyi I, Way R. The role of monitoring growth in long-term athlete development. *Canadian sport for life*. 2005;2(1):47-64.

46. Guan Y, Bredin S, Jiang Q, Taunton J, Li Y, Wu N, et al. The effect of fatigue on asymmetry between lower limbs in functional performances in elite child taekwondo athletes. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2021;16(1):1-11.
47. Bredin S, Jiang Q, Taunton J, Li Y, Wu N, Wu L, et al. The Effect of Fatigue on Asymmetry Between Lower Limbs in Functional Performances in Elite Child Taekwondo Athletes. 2020.
48. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Croix MBDS, Lloyd RS. The effects of maturation on measures of asymmetry during neuromuscular control tests in elite male youth soccer players. *Pediatric exercise science*. 2018;30(1):168-75.
49. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Farooq A, Croix MDS, Lloyd RS. Utility of the anterior reach Y-BALANCE test as an injury risk screening tool in elite male youth soccer players. *Physical therapy in sport*. 2020;45:103-10.
50. Swain M, Kamper SJ, Maher CG, Broderick C, McKay D, Henschke N. Relationship between growth, maturation and musculoskeletal conditions in adolescents: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2018;52(19):1246-52.
51. Padulo J, Kuvacic G, Ardigo LP, Dhahbi W, Esposito F, Samozino P, et al. Bilateral deficit magnitude increases with velocity during a half-squat exercise. *J Sports Sci*. 2022:1-8.
52. Aune TK, Aune MA, Ettema G, Vereijken B. Comparison of bilateral force deficit in proximal and distal joints in upper extremities. *Hum Mov Sci*. 2013;32(3):436-44.
53. Carr JC, Bembem MG, Black CD, Ye X, Defreitas JM. Bilateral deficit in strength but not rapid force during maximal handgrip contractions. *Eur J Sport Sci*. 2021;21(6):836-43.
54. Turnes T, Silva BA, Kons RL, Detanico D. Is Bilateral Deficit in Handgrip Strength Associated With Performance in Specific Judo Tasks? *J Strength Cond Res*. 2022;36(2):455-60.
55. Kuruganti U, Murphy T, Pardy T. Bilateral deficit phenomenon and the role of antagonist muscle activity during maximal isometric knee extensions in young, athletic men. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(7):1533-9.
56. Whitcomb E, Ortiz O, Toner J, Kuruganti U. The bilateral limb deficit (BLD) phenomenon during leg press: a preliminary investigation into central and peripheral factors. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021;13(1):89.
57. Kuruganti U, Seaman K. The bilateral leg strength deficit is present in old, young and adolescent females during isokinetic knee extension and flexion. *Eur J Appl Physiol*. 2006;97(3):322-6.
58. Howard JD, Enoka RM. Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *J Appl Physiol (1985)*. 1991;70(1):306-16.
59. Plesa J, Kozinc Z, Sarabon N. Bilateral Deficit in Countermovement Jump and Its Influence on Linear Sprinting, Jumping, and Change of Direction Ability in Volleyball Players. *Front Physiol*. 2022;13:768906.
60. Beethe AZ, Flanagan SD, Lovalekar M, Fisher LE, Nindl BC, Connaboy C. The Bilateral Deficit Phenomenon in Elbow Flexion: Explanations for Its Inconsistent Occurrence and Detection. *Percept Mot Skills*. 2022;129(1):47-62.

61. Kons RL, Ache-Dias J, Gheller RG, Bishop C, Detanico D. Bilateral deficit in the countermovement jump and its associations with judo-specific performance. *Res Sports Med.* 2022;1-12.
62. Beurskens R, Gollhofer A, Muehlbauer T, Cardinale M, Granacher U. Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. *PLoS One.* 2015;10(2):e0118535.
63. Skarabot J, Alfonso RP, Cronin N, Bon J, Strojnik V, Avela J. Corticospinal and transcallosal modulation of unilateral and bilateral contractions of lower limbs. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(11-12):2197-214.
64. Jakobi JM, Chilibeck PD. Bilateral and unilateral contractions: possible differences in maximal voluntary force. *Canadian journal of applied physiology.* 2001;26(1):12-33.
65. Veligekas P, Bogdanis GC. Bilateral deficit in vertical jumping in pre-pubertal boys and girls. *Journal of Physical Education and Sport.* 2013;13(1):120.
66. Vieluf S, Aschersleben G, Panzer S. Lifespan development of the bilateral deficit in a simple reaction time task. *Exp Brain Res.* 2017;235(4):985-92.
67. Kons RL, Pupo JD, Gheller RG, Costa FE, Rodrigues MM, Bishop C, et al. Effects of successive judo matches on interlimb asymmetry and bilateral deficit. *Phys Ther Sport.* 2021;47:15-22.
68. Matkowski B, Place N, Martin A, Lepers R. Neuromuscular fatigue differs following unilateral vs bilateral sustained submaximal contractions. *Scandinavian journal of medicine & science in sports.* 2011;21(2):268-76.
69. Owings TM, Grabiner MD. Fatigue effects on the bilateral deficit are speed dependent. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(8):1257-62.
70. Bračić M, Supej M, Peharec S, Bačić P, Čoh M. An investigation of the influence of bilateral deficit on the counter-movement jump performance in elite sprinters. *Kinesiology.* 2010;42(1.):73-81.
71. Ascenzi G, Ruscello B, Filetti C, Bonanno D, Di Salvo V, Nunez FJ, et al. Bilateral Deficit and Bilateral Performance: Relationship with Sprinting and Change of Direction in Elite Youth Soccer Players. *Sports (Basel).* 2020;8(6).
72. Rejc E, di Prampero PE, Lazzer S, Grassi B, Simunic B, Pisot R, et al. A 35-day bed rest does not alter the bilateral deficit of the lower limbs during explosive efforts. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(6):1323-30.
73. Raya-Gonzalez J, Clemente FM, Castillo D. Analyzing the Magnitude of Interlimb Asymmetries in Young Female Soccer Players: A Preliminary Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(2).
74. Heil J, Loffing F, Busch D. The Influence of Exercise-Induced Fatigue on Inter-Limb Asymmetries: a Systematic Review. *Sports Med Open.* 2020;6(1):39.
75. Lin J, Shen J, Zhou A, Badicu G, Grosz WR. The Effects of Inter-Limb Asymmetry on Change of Direction Performance: A Systematic Review. *Symmetry.* 2022;14(10):2177.
76. Bettariga F, Turner A, Maloney S, Maestroni L, Jarvis P, Bishop C. The effects of training interventions on interlimb asymmetries: a systematic review with meta-analysis. *Strength and Conditioning Journal.* 2022;44(5):69-86.

77. Dello Iacono A, Padulo J, Ayalon M. Core stability training on lower limb balance strength. *Journal of sports sciences*. 2016;34(7):671-8.
78. Philipp NM, Crawford DA, Garver MJ, Strohmeier HS. Evaluating Novel Methods of Classifying Interlimb Asymmetries Within Collegiate American Football Players. *Int J Exerc Sci*. 2022;15(6):473-87.
79. Madruga-Parera M, Bishop C, Fort-Vanmeerhaeghe A, Beltran-Valls MR, Skok OG, Romero-Rodriguez D. Interlimb Asymmetries in Youth Tennis Players: Relationships With Performance. *J Strength Cond Res*. 2020;34(10):2815-23.
80. Guan Y, Bredin SS, Taunton J, Jiang Q, Wu N, Warburton DE. Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: a systematic review of prospective cohort studies. *Journal of clinical medicine*. 2022;11(2):360.
81. Bishop C, Read P, Brazier J, Jarvis P, Chavda S, Bromley T, et al. Effects of Interlimb Asymmetries on Acceleration and Change of Direction Speed: A Between-Sport Comparison of Professional Soccer and Cricket Athletes. *J Strength Cond Res*. 2021;35(8):2095-101.
82. Parkinson AO, Apps CL, Morris JG, Barnett CT, Lewis MG. The Calculation, Thresholds and Reporting of Inter-Limb Strength Asymmetry: A Systematic Review. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2021;20(4):594.
83. Konstantopoulos I, Kafetzakis I, Chatziilias V, Mandalidis D. Fatigue-Induced Inter-Limb Asymmetries in Strength of the Hip Stabilizers, Postural Control and Gait Following a Unilateral Countermovement Vertical Jump Protocol. *Sports (Basel)*. 2021;9(3).
84. Fort-Vanmeerhaeghe A, Bishop C, Buscà B, Aguilera-Castells J, Vicens-Bordas J, Gonzalo-Skok O. Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PloS one*. 2020;15(3):e0229440.
85. Bromley T, Turner A, Read P, Lake J, Maloney S, Chavda S, et al. Effects of a Competitive Soccer Match on Jump Performance and Interlimb Asymmetries in Elite Academy Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2021;35(6):1707-14.
86. Kozinc Ž, Šarabon N. Inter-limb asymmetries in volleyball players: Differences between testing approaches and association with performance. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2020;19(4):745.
87. Heishman A, Daub B, Miller R, Brown B, Freitas E, Bemben M. Countermovement jump inter-limb asymmetries in collegiate basketball players. *Sports*. 2019;7(5):103.
88. Bishop C, Read P, Lake J, Loturco I, Dawes J, Madruga M, et al. Unilateral Isometric Squat: Test Reliability, Interlimb Asymmetries, and Relationships With Limb Dominance. *J Strength Cond Res*. 2021;35(Suppl 1):S144-S51.
89. Bishop C, Turner A, Jarvis P, Chavda S, Read P. Considerations for selecting field-based strength and power fitness tests to measure asymmetries. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2017;31(9):2635-44.
90. Bishop C, Read P, McCubbine J, Turner A. Vertical and horizontal asymmetries are related to slower sprinting and jump performance in elite youth female soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2021;35(1):56-63.


91. Read PJ, Oliver JL, Croix MBDS, Myer GD, Lloyd RS. A review of field-based assessments of neuromuscular control and their utility in male youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research*. 2019;33(1):283.
92. Read PJ, Oliver JL, Myer GD, Croix MBDS, Belshaw A, Lloyd RS. Altered landing mechanics are shown by male youth soccer players at different stages of maturation. *Physical Therapy in Sport*. 2018;33:48-53.
93. Knihs DA, Zimmermann HB, Pupo JD. Acute and Delayed Effects of Fatigue on Ground Reaction Force, Lower Limb Stiffness and Coordination Asymmetries During a Landing Task. *J Hum Kinet*. 2021;76:191-9.
94. Wong TL, Huang CF, Chen PC. Effects of lower extremity muscle fatigue on knee loading during a forward drop jump to a vertical jump in female athletes. *Journal of human kinetics*. 2020;72:5.
95. Bishop C, Read P, Stern D, Turner A. Effects of Soccer Match-Play on Unilateral Jumping and Interlimb Asymmetry: A Repeated-Measures Design. *J Strength Cond Res*. 2022;36(1):193-200.
96. Bishop C, Read P, Chavda S, Jarvis P, Brazier J, Bromley T, et al. Magnitude or Direction? Seasonal Variation of Interlimb Asymmetry in Elite Academy Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2022;36(4):1031-7.
97. Philipp NM, Crawford DA, Garver MJ, Davis DW, Hair JN. Interlimb Asymmetry Thresholds that Negatively Affect Change of Direction Performance in Collegiate American Football Players. *Int J Exerc Sci*. 2021;14(4):606-12.
98. Pardos-Mainer E, Casajus JA, Bishop C, Gonzalo-Skok O. Effects of Combined Strength and Power Training on Physical Performance and Interlimb Asymmetries in Adolescent Female Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2020;15(8):1147-55.
99. Madruga-Parera M, Bishop C, Fort-Vanmeerhaeghe A, Beato M, Gonzalo-Skok O, Romero-Rodriguez D. Effects of 8 Weeks of Isoinertial vs. Cable-Resistance Training on Motor Skills Performance and Interlimb Asymmetries. *J Strength Cond Res*. 2022;36(5):1200-8.
100. Gonzalo-Skok O, Moreno-Azze A, Arjol-Serrano JL, Tous-Fajardo J, Bishop C. A Comparison of 3 Different Unilateral Strength Training Strategies to Enhance Jumping Performance and Decrease Interlimb Asymmetries in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019:1256-64.
101. Čeklić U, Šarabon N. Comparison between gymnasts and non-gymnasts in isometric strength of the lower limbs. *European Journal of Translational Myology*. 2021;31(1).
102. Hunter SK, Duchateau J, Enoka RM. Muscle fatigue and the mechanisms of task failure. *Exerc Sport Sci Rev*. 2004;32(2):44-9.
103. Barry BK, Enoka RM. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integrative and comparative biology*. 2007;47(4):465-73.
104. Enoka RM, Duchateau J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. *The Journal of physiology*. 2008;586(1):11-23.
105. Hureau TJ, Ducrocq GP, Blain GM. Peripheral and Central Fatigue Development during All-Out Repeated Cycling Sprints. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(3):391-401.
106. Barber-Westin SD, Noyes FR. Effect of fatigue protocols on lower limb neuromuscular function and implications for anterior cruciate ligament injury

- prevention training: a systematic review. *The American journal of sports medicine*. 2017;45(14):3388-96.
107. Cooper CN, Dabbs NC, Davis J, Sauls NM. Effects of Lower-Body Muscular Fatigue on Vertical Jump and Balance Performance. *J Strength Cond Res*. 2020;34(10):2903-10.
108. Abergel RE, Tuesta E, Jarvis DN. The effects of acute physical fatigue on saute jump biomechanics in dancers. *J Sports Sci*. 2021;39(9):1021-9.
109. Ratel S, Duché P, Williams CA. Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports Medicine*. 2006;36:1031-65.
110. Wdowski MM, Clarke N, Eyre ELJ, Morris R, Noon M, Eustace SJ, et al. The effect of fatigue on first stance phase kinetics during acceleration sprint running in professional football players. *Sci Med Footb*. 2021;5(2):90-6.
111. Williams C, Ratel S. *Human muscle fatigue*: Routledge; 2009.
112. Lorist MM, Kernell D, Meijman TF, Zijdewind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *J Physiol*. 2002;545(1):313-9.
113. Enoka RM, Baudry S, Rudroff T, Farina D, Klass M, Duchateau J. Unraveling the neurophysiology of muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(2):208-19.
114. Hureau TJ, Olivier N, Millet GY, Meste O, Blain GM. Exercise performance is regulated during repeated sprints to limit the development of peripheral fatigue beyond a critical threshold. *Exp Physiol*. 2014;99(7):951-63.
115. Semmler JG, Kutzscher DV, Enoka RM. Gender differences in the fatigability of human skeletal muscle. *J Neurophysiol*. 1999;82(6):3590-3.
116. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* (1985). 1992;72(5):1631-48.
117. Place N, Millet GY. Quantification of neuromuscular fatigue: what do we do wrong and why? *Sports Medicine*. 2020;50(3):439-47.
118. Chang CC, Chen TY, Wu CL, Ho PY, Chiang CY. Effect of Acute Judo Training on Countermovement Jump Performance and Perceived Fatigue among Collegiate Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(24).
119. Pau M, Ibba G, Attene G. Fatigue-induced balance impairment in young soccer players. *J Athl Train*. 2014;49(4):454-61.
120. Torreblanca-Martinez V, Nevado-Garrosa F, Otero-Saborido FM, Gonzalez-Jurado JA. Effects of fatigue induced by repeated-sprint on kicking accuracy and velocity in female soccer players. *PLoS One*. 2020;15(1):e0227214.
121. Coventry E, Ball K, Parrington L, Aughey R, McKenna M. Kinematic effects of a short-term fatigue protocol on punt-kicking performance. *J Sports Sci*. 2015;33(15):1596-605.
122. Pau M, Laconi I, Leban B. Effect of fatigue on postural sway in sport-specific positions of young rhythmic gymnasts. *Sport Sciences for Health*. 2021;17:145-52.
123. Zadpoor AA, Nikooyan AA. The effects of lower-extremity muscle fatigue on the vertical ground reaction force: a meta-analysis. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2012;226(8):579-88.

124. Bontemps B, Pignonier E, Chalchat E, Blazeovich AJ, Julian V, Boccock O, et al. Children exhibit a more comparable neuromuscular fatigue profile to endurance athletes than untrained adults. *Frontiers in physiology*. 2019;10:119.
125. Ratel S, Lazaar N, Williams C, Bedu M, Duche P. Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatrica*. 2003;92(11):1248-54.
126. Peña-González I, Fernández-Fernández J, Cervelló E, Moya-Ramon M. Effect of biological maturation on strength-related adaptations in young soccer players. *PloS one*. 2019;14(7):e0219355.
127. Chen Y-L, Chiou W-K, Tzeng Y-T, Lu C-Y, Chen S-C. A rating of perceived exertion scale using facial expressions for conveying exercise intensity for children and young adults. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2017;20(1):66-9.
128. Lamb KL, Eston R, Parfitt G. *Effort perception*. Oxford University Press; 2017.
129. Matthews BL, Bennell KL, McKay HA, Khan KM, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, et al. The influence of dance training on growth and maturation of young females: a mixed longitudinal study. *Annals of human biology*. 2006;33(3):342-56.
130. De Onis M, Blössner M, Borghi E, Morris R, Frongillo EA. Methodology for estimating regional and global trends of child malnutrition. *International journal of epidemiology*. 2004;33(6):1260-70.
131. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(4):689-94.
132. Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2004;18(3):551-5.
133. Behrens M, Mau-Moeller A, Wassermann F, Plewka A, Bader R, Bruhn S. Repetitive jumping and sprinting until exhaustion alters hamstring reflex responses and tibial translation in males and females. *Journal of Orthopaedic Research®*. 2015;33(11):1687-92.
134. Bishop C, Read P, Lake J, Chavda S, Turner A. Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength & Conditioning Journal*. 2018;40(4):1-6.
135. Bishop C, Abbott W, Brashill C, Loturco I, Beato M, Turner A. Seasonal Variation of Physical Performance, Bilateral Deficit, and Interlimb Asymmetry in Elite Academy Soccer Players: Which Metrics Are Sensitive to Change? *J Strength Cond Res*. 2022.
136. Best S, Bergin R, Royer S, Winters J, Poploski K, Heebner N, et al. Knee Extension Strength Asymmetry does not affect Peak Power or Fatigue during the Wingate Test: 1743 Board# 4 May 31 2: 00 PM-3: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018;50(5S):406.
137. Hazır Aytar S, Kulaksız T. Diz Ekstansiyon Kuvvet Asimetrisinin Anaerobik Güç ve Kapasite Üzerine Etkisi 2019.

## 8. EKLER

## EK-1 Tez Çalışması Etik Kurul İzni



**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557 - 335  
Konu : ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

**Toplantı Tarihi** : 15 ŞUBAT 2022 SALI  
**Toplantı No** : 2022/03  
**Proje No** : GO 22/148(Değerlendirme Tarihi: 15.02.2022)  
**Karar No** : 2022/03-63

Üniversitemiz Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER'in sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Mehmet Gören KÖSE ile birlikte çalışacakları ve Nazlı ÖZGÖR'ün yüksek lisans tez çalışması olan, GO 22/148 kayıt numaralı "*Cimnastikçilerde Bilateral Açık ve Ekstremiteler Arası Asimetrisinin Yorgunluğa Bağlı Değişiminin İncelenmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 01 Mart 2022 – 01 Mart 2023 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur**. Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

1. Prof. Dr. G. Burça AYDIN	(Başkan)	8. Doç. Dr. Hande Güney DENİZ	(Üye)
2. Prof. Dr. M. Özgür UYANIK	(Üye)	9. Doç. Dr. Tolga YILDIRIM	(Üye)
KATILMADI			
3. Prof. Dr. Ayşe Kin İŞLER	(Üye)	10. Doç. Dr. Merve BATUK	(Üye)
4. Prof. Dr. Sibel PEHLİVAN	(Üye)	11. Doç. Dr. Gülcan KOÇ	(Üye)
5. Doç. Dr. H. Tuna Çak ESEN	(Üye)	12. Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR	(Üye)
6. Doç. Dr. Nüket Paksoy ERBAYDAR	(Üye)	13. Av. Buket ÇINAR	(Üye)
7. Doç. Dr. Betül Çelebi SALTİK			

---

Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu  
06100 Sıhhiye-Ankara  
Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580 • E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

Ayrıntılı Bilgi için:



## EK-2 Orijinallik Ekran Çıktısı

## Cimnastikçilerde Bilateral Açık ve Ekstremiteler Arası Kuvvet Asimetrisinin Yorgunluğa Bağlı Değişiminin İncelenmesi

## ORJİNALLİK RAPORU

% <b>4</b>	% <b>4</b>	% <b>1</b>	% <b>1</b>
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

## BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<a href="http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080">www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</a> İnternet Kaynağı	% <b>1</b>
<b>2</b>	<a href="http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080">openaccess.hacettepe.edu.tr:8080</a> İnternet Kaynağı	% <b>1</b>
<b>3</b>	<a href="http://www.sporhekimligidergisi.org">www.sporhekimligidergisi.org</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>4</b>	<a href="http://acikbilim.yok.gov.tr">acikbilim.yok.gov.tr</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>5</b>	<a href="http://elib.uni-stuttgart.de">elib.uni-stuttgart.de</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>6</b>	<a href="http://burkonturizm.com">burkonturizm.com</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>
<b>7</b>	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	<% <b>1</b>
<b>8</b>	<a href="http://www.mdpi.com">www.mdpi.com</a> İnternet Kaynağı	<% <b>1</b>

cedar.wvu.edu

## EK-3 Dijital Makbuz

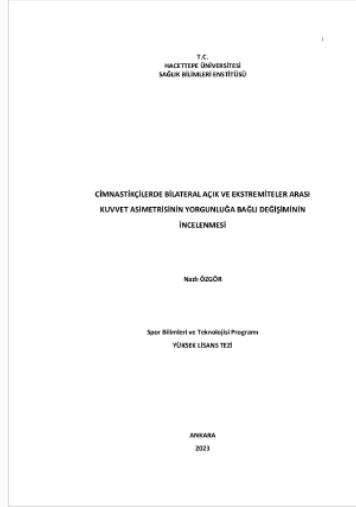


### Dijital Makbuz

Bu makbuz ödevinizin Turnitin'e ulaştığını bildirmektedir. Gönderiminize dair bilgiler şöyledir:

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen: Nazli Ozgor  
Ödev başlığı: Yüksek Lisans Tezi  
Gönderi Başlığı: Cimnastikçilerde Bilateral Açık ve Ekstremiteler Arası Kuvvet ...  
Dosya adı: Kuvvet\_Asimetrisinin\_Yorgunlu\_a\_Ba\_l\_De\_i\_iminin\_ncelenm...  
Dosya boyutu: 1.68M  
Sayfa sayısı: 83  
Kelime sayısı: 22,320  
Karakter sayısı: 145,389  
Gönderim Tarihi: 12-Haz-2023 02:50ÖS (UTC+0300)  
Gönderim Numarası: 2114450992



## EK-4 Aydınlatılmış Onam Formu

### ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN AYDINLATILMIŞ VELİ/ VASİ ONAM FORMU

Sevgili Veli/Vasi,

Benim adım Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER. Yardımcı araştırmacılarım Ar. Gör. Mehmet Gören KÖSE ve Nazlı ÖZGÖR ile beraber bu araştırmayı planladık. Cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi ile ilgileniyoruz. Çok erken yaşta yarışmalara başlanan, antrenman yoğunluğunun yüksek olduğu cimnastikte spor yaralanmalarının önüne geçebilmek, minimuma indirebilmek ve performansı en üst düzeye taşıyabilmek için bu araştırmanın önemli olduğunu düşünüyoruz.

Bu çalışmada çocuğunuza ilk olarak antropometrik ölçümler (boy uzunluğu, oturma boyu uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kompozisyonu) yapılarak başlanacak ve ardından çocuğunuzun biyolojik olgunlaşma düzeyi yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve oturma boyu uzunluğu verilerinden formül yardımıyla hesaplanacaktır. Bu protokole göre çocuğunuz ısınmanın ardından rastgele sırayla tek ve çift bacaklı sıçrama testlerine katılacaktır. Sonrasında içinde sıçrama ve koşu bulunan bir yorhunluk parkurunu tamamlayacaktır ve sıçrama yükseklikleri tekrardan ölçülecektir. Testte sıçrama matı yardımıyla sıçrama yükseklikleri ölçülecektir ve cm cinsinden kaydedilecektir. Elde edeceğimiz veriler bilgisayar programında analiz edilerek değerlendirme yapılacaktır. Kesinlikle bir başkası için kullanılan hiçbir malzeme çocuğunuz için kullanılmayacaktır. Bu çalışma kapsamında bizler çocuğunuzun spor salonuna iki kez gelerek, ölçümleri gerçekleştireceğiz. Ölçümler için çocuğunuzun, birinci gün yaklaşık 10 dk ve ikinci gün yaklaşık 45 dk vakit ayırması gerekecektir. Bu araştırmanın sonuçları ileriye dönük olarak cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimi konusunda ileriye dönük bilgi verecektir. Bu çalışmaya çocuğunuzun katılması için sizden herhangi bir ücret istenmeyecek veya katıldığınız takdirde ek bir ödeme de yapılmayacaktır.

Bu araştırmaya katılmak tamamen sizin ve çocuğunuzun isteğine bağlıdır, siz veya çocuğunuz çalışmaya katılmak istemezse katılmayabilirsiniz. Önce çocuğunuzun çalışmaya katılmasını kabul etmeniz bile sonradan vazgeçebilirsiniz, çalışmaya devam edip etmemek tamamen sizin ve çocuğunuzun isteğine bağlıdır. Aklınıza şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğiniz zaman bana sorabilirsiniz. Telefon numaram ve adresim aşağıda verilmiştir. Telefon numaramdan bana günün herhangi bir saatinde ulaşabilirsiniz. Bu araştırmaya çocuğunuzun katılmasını kabul ediyorsanız aşağıya lütfen adınızı ve soyadınızı yazıp imzanızı atınız. İmzaladıktan sonra size formun bir kopyası verilecektir.

Tarih:

#### Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres

Tel.

İmza

#### Görüşme tanığı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

**Sorumlu Araştırmacı :** Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER

**Adres:**

**İş Tel:**

**Cep Tel:**

**e-Mail:**

## EK-5 Çocuk Onay Formu

### ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN ÇOCUK RIZA FORMU

Sevgili Kardeşim,

Benim adım Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER, yardımcı araştırmacılarım Arş. Gör. Mehmet Gören KÖSE ve Nazlı ÖZGÖR ile birlikte cimnastikçilerle bir araştırma yapıyoruz. Amacımız cimnastikçilerde bilateral açık ve ekstremiteler arası kuvvet asimetrisinin yorgunluğa bağlı değişimini öğrenmektir. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz. Bu araştırmaya katılmayı öneriyoruz.

Çok erken yaşta yarışmalara başlanan, antrenman yoğunluğunun yüksek olduğu cimnastikte spor yaralanmalarının önüne geçebilmek, minimuma indirebilmek ve performansı en üst düzeye taşıyabilmek için bu araştırmanın önemli olduğunu düşünüyoruz. Bu araştırmaya katılacak olursan seninle sıçrama ve koşu içerikli bazı testlere katılacağız. Yapılan bu testler sırasında seni biraz yormamız gerekiyor ancak bu yorgunluk bir cimnastikçi olarak senin daha önce karşılaştığından fazla bir yorgunluk olmayacaktır. Yapacağımız sıçramalar ile senin performansını ölçerken içinde hem sıçrama hem de koşu bulunan bir yorgunluk parkuru ile vücudunda yorgunluğa bağlı doğal ve geçici değişimler oluşmasını sağlayacağız. Bu çalışma kapsamında bir kez, kendi antrenman yaptığın spor salonunda bizlere yaklaşık 45 dk vakit ayırmanı isteyeceğiz.

Bu araştırmanın sonuçları senin yaşlarında, senin gibi yarışmalara katılan cimnastikçiler için yararlı bilgiler sağlayacaktır. Bu araştırmanın sonuçlarını başka araştırmacılara da söyleyeceğiz, sonuçları bildireceğiz ama senin adını söylemeyeceğiz.

Bu araştırmaya katılıp katılmamak için karar vermeden önce anne ve baban ile konuşup onlara danışmalısın. Onlara da bu araştırmadan bahsedip onaylarını/izinlerini alacağız. Anne ve baban tamam deseler bile sen kabul etmeyebilirsin. Bu araştırmaya katılmak senin isteğine bağlı ve istemezsen katılmazsın. Bu nedenle hiç kimse sana kızmaz ya da küsmez. Önce katılmayı kabul etsen bile sonradan vazgeçebilirsin, bu tamamen sana bağlı. Kabul etmediğin durumda da bizler diğer işlemlerde sana önceden olduğu gibi iyi davranırız, önceye göre farklılık olmaz.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kâğıtta yazıyor. Bu araştırmaya katılmayı kabul ediyorsan aşağıya lütfen adını ve soyadını yaz ve imzanı at. İmzaladıktan sonra sana ve ailene bu formun bir kopyası verilecektir.

#### Muhtemel Risk ve rahatsızlıklar:

- 1.Uygulanan testler ve yorgunluk protokolü sonunda bir yorgunluk hissedeceksiniz. Ancak bu geçici bir durumdur.

Tarih:

#### Katılımcı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza

#### Görüşme tanığı

Adı, soyadı:

Adres:

Tel.

İmza:

**Sorumlu Araştırmacı :** Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER

**Adres:**

**İş Tel:**

**Cep Tel:**

**e-Mail:**

## Ek-6 Ölçüm Formu

## Ölçüm Formu

Katılımcı Sıra Numarası:

Yaş:

Doğum Ayı/Yılı:

Spor Branşı:

Spor Özgeçmişi:

Haftada Antrenman Sayısı:

Günlük Antrenman Saati:

Boy Uzunluğu:

Oturma Boyu Uzunluğu:

Vücut Ağırlığı:

Yağ Yüzdesi:

Daha önce regl oldunuz mu: Evet / Hayır

Regl Olma Yaşı:

Referans Değerler Dikey Sıçrama Yükseklikleri:

	Sağ Bacak DS (cm)	Sol Bacak DS (cm)	Bilateral DS (cm)
1. Ölçüm			
2. Ölçüm			
Tekrar Ölçümü			

DS: Dikey Sıçrama

Yorgunluk Protokolü Ölçümü:

Yorgunluğu Belirleyecek %50 Sıçrama Yüksekliği:

Tam Gerçekleştirilen Set Sayısı:

Son Setteki Sıçrama Sayısı:

Son Sıçrama Yüksekliği:

	Sondan 3. DS	Sondan 2. DS	Son DS
1. Ölçüm			

DS: Dikey Sıçrama

Yorgunluk Protokolü Sonrası Dikey Sıçrama Yükseklikleri:

	Sağ Bacak DS (cm)	Sol Bacak DS (cm)	Bilateral DS (cm)
1. Ölçüm			
Tekrar Ölçümü			

DS: Dikey Sıçrama

## Ek-7 Algılanan Zorluk Derecesi

