T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARTİSTİK BUZ PATENİNDE BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SIÇRAYIŞLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

Zeynep Dilruba SANOĞLU

Hareket ve Antrenman Bilimleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA
2026

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARTİSTİK BUZ PATENİNDE BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SIÇRAYIŞLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

Zeynep Dilruba SANOĞLU

Hareket ve Antrenman Bilimleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA

ANKARA
2026

ARTİSTİK BUZ PATENİNDE BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SIÇRAYIŞLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

ZEYNEP DİLRUBA SANOĞLU

DR. ÖĞR. ÜYESİ ARİF MİTHAT AMCA

Bu tez çalışması 02.10.2026 tarihinde jürimiz tarafından "Hareket ve Antrenman Bilimleri Programı" nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	*Prof. Dr. Sadettin KİRAZCI* *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Eğitim Fakültesi*
Tez Danışmanı:	*Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA* *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
Üye:	*Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER* *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
Üye:	*Prof. Dr. Şükrü Alpan CİNEMRE* *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*
Üye:	*Dr. Öğr. Üyesi Serdar ARITAN* *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur. 27 Ekim 2026

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.

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

27/10/2026

Zeynep Dilruba SANOĞLU

i

---

[1] *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"*

*(1) Madde 6. 1. Lisansüstü tezle ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** 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 **danışmanının** 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 iş birliği 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 **danışmanının** 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 Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Zeynep Dilruba SANOĞLU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen ve araştırmamı buz üzerinde gerçekleştirebilmem için gerekli koşulların oluşturulmasına katkı sağlayan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat Amca'ya içtenlikle teşekkür ederim. Tez çalışmamın veri toplama sürecinde sahada bulunarak bilgi, deneyim ve destekleriyle çalışmama katkı sağlayan Arş. Gör. Dr. Nihat Özgören ve Dr. Öğr. Üyesi Deniz Durdubaş'a teşekkür ederim. Bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşarak çalışmama katkı sağlayan ISU Teknik Uzmanı Timuçin Özbükücü'ye ve Ulusal Hakem Ege Ergazi'ye teşekkür ederim. Araştırmamın gerçekleştirilebilmesi için buz pisti kullanım imkânı sağlayan Ümitköy Spor Kompleksi tesis yönetimine, Unika Buz Pateni Spor Kulübü antrenörleri Umut Can Kaygusuz ve Ali Demirboğa'ya, Altın Patenciler Buz Pateni Spor Kulübü antrenörü Tayfun Anar'a, Feniks Spor Kulübüne ve Vizyon Buz Sporları Spor Kulübü antrenörleri Umur Öztaşdelen ve Tomi Pulkkinen'e; ekipman desteğiyle veri toplamamıza olanak sağlayan Alpmed Tıbbi Cihazlar'a teşekkür ederim. Araştırmaya gönüllü olarak katılarak çalışmamın gerçekleştirilmesini mümkün kılan tüm sporculara ve araştırma sürecindeki destekleri ve iş birlikleri için velilerine teşekkür ederim. Son olarak, eğitim hayatım boyunca bana inanan, her koşulda yanımda olan ve desteklerini her zaman hissettiren aileme ve arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Sanoğlu, Z.D., Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hareket ve Antrenman Bilimleri Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2026. Bu çalışmanın amacı, üçlü Salchow sıçrayışının temel biyomekanik özelliklerini betimlemek ve başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasındaki kinematik farklılıkları keşfedici bir yaklaşımla ortaya koymaktır. Çalışmaya, yarışmalarda üçlü Salchow sıçrayışı gerçekleştirmiş sekiz kadın sporcu dahil edilmiş, veri toplama sırasında çalışma kriterlerine uygun sıçrayış gerçekleştiremeyen iki sporcu çalışma dışında bırakılmıştır. Sıçrayışlara ait veriler, 8 Miqus kamera ve Qualisys yazılımı kullanılarak toplanmış; Theia3D, Visual3D, MATLAB ve Excel yazılımlarıyla analiz edilmiştir. Kalkış anının belirlenmesinde kullanılan yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunurken, iniş anının belirlenmesinde anlamlı farklılık saptanmamıştır. Başarılı sporcuların ortalama uçuş süresi (0,521 ± 0,021 s), başarısız sporcularınkinden (0,471 ± 0,009 s) anlamlı düzeyde daha uzun bulunmuştur. VKM'nin dikey yer değiştirmesinden hesaplanan sıçrama yüksekliğinde gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmazken, uçuş süresinden teorik olarak hesaplanan yükseklikte başarılı grup lehine anlamlı farklılık saptanmıştır. Başarılı sporcuların ortalama pelvis ve toraks açısal hızları daha yüksek olmakla birlikte, gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Başarılı sporcuların ayak, pelvis ve toraks üzerinden hesaplanan tur miktarları anlamlı düzeyde daha yüksek bulunurken, başarısız sporcularda itiş fazının daha uzun sürdüğü ve bu fazda VKM'nin daha fazla dikey yer değiştirdiği görülmüştür. Bulgular, sıçrayış başarısının yalnızca açısal hız veya sıçrama yüksekliğiyle açıklanamayabileceğini, uçuş süresi ve açısal hızın birlikte değerlendirilmesinin önemli olabileceğini düşündürmektedir. Literatürdeki bulgular karşılaştırılırken kalkış anını belirleme yönteminin ve tur miktarının hesaplandığı vücut üyesinin dikkate alınması önerilmektedir. Bulgular, sınırlı örneklem büyüklüğü nedeniyle dikkatle yorumlanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Biyomekanik, Theia3D, Açısal Hız, Hareket Analizi

ABSTRACT

Sanoğlu, Z.D., Kinematic Analysis of Successful and Unsuccessful Salchow Jumps in Figure Skating, Hacettepe University Graduate School of Health Sciences, Movement and Training Sciences Program, Master's Thesis, Ankara, 2026. The aim of this study was to describe the fundamental biomechanical characteristics of the triple Salchow jump and to explore the kinematic differences between successful and unsuccessful jumps. Eight female figure skaters who had performed a triple Salchow jump in competition were included in the study. Two skaters were excluded because they could not perform a jump meeting the study criteria during data collection. Jump data were collected using eight Miqus cameras and Qualisys software and analyzed using Theia3D, Visual3D, MATLAB, and Excel. A statistically significant difference was found among the methods used to determine the take-off instant, whereas no significant difference was observed for the landing instant. The mean flight time of successful skaters (0.521 ± 0.021 s) was significantly longer than that of unsuccessful skaters (0.471 ± 0.009 s). No significant difference was found between the groups in jump height calculated from the vertical displacement of the center of mass (COM), whereas jump height theoretically calculated from flight time was significantly greater in the successful group. Although successful skaters exhibited higher mean pelvis and thorax angular velocities, the differences between groups were not statistically significant. The number of rotations calculated from the foot, pelvis, and thorax was significantly greater in successful skaters, whereas unsuccessful skaters exhibited a longer propulsion phase and greater vertical COM displacement during this phase. The findings suggest that jump success may not be explained by angular velocity or jump height alone and that considering flight time and angular velocity together may be important. When comparing findings across studies, it is recommended that the method used to determine the take-off instant and the body segment used to calculate the number of rotations be taken into account. The findings should be interpreted with caution due to the limited sample size.

Key Words: Biomechanics, Theia3D, Angular Velocity, Motion Analysis.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER	xv
TABLOLAR	xvii
1. GİRİŞ	**1**
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Problemler	2
1.3. Alt Problemler	3
1.4. Denenceler	3
1.5. Sınırlılıklar	4
1.6. Sayıltılar	5
1.7. Çalışmanın Önemi	5
2. GENEL BİLGİLER	**7**
2.1. Buz Pateninin Yapısal Özellikleri	7
2.2. Artistik Buz Pateninde Sıçrayışlar	8
2.3. Sıçrayışlarda Rotasyonun Değerlendirilmesi	8
2.4. Üçlü Salchow Sıçrayışının Özellikleri	10
2.5. Salchow Sıçrayışının Biyomekanik Yapısı	11
2.6. Sıçrayışlarda Açısal Momentum	12
2.7. İlgili Literatürün İncelenmesi	13
3. GEREÇ ve YÖNTEM	**17**
3.1. Araştırma Modeli	17
3.2. Katılımcılar	17
3.3. Veri Toplama Araçları	19
3.4. Veri Toplama Prosedürü	22
3.5. Verilerin Analizi	24

3.5.1. Theia3D İşaretleyicisiz Hareket Yakalama Sistemi 26
3.5.2. Analiz Anlarının ve Sıçrayış Fazlarının Belirlenmesi 28
3.5.3. Kinematik Değişkenlerin Hesaplanması 30
3.5.4. Açısal Kinematik Verilerin Belirlenmesi 34
3.5.5. İstatistiksel Hesaplamalar 37
4. BULGULAR **39**
4.1. Kalkış ve İniş Anlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması 39
4.2. Uçuş Süresine İlişkin Bulgular 40
4.3. Sıçrama Yüksekliğine İlişkin Bulgular 42
4.4. T4 Anına Ulaşma Yüzdesine İlişkin Bulgular 43
4.5. Açısal Hıza İlişkin Bulgular 44
4.6. Uçuş Sırasında Gerçekleştirilen Tur Miktarı 48
4.7. T2–T3 Evresine İlişkin Bulgular 51
4.8. VKM Kalkış Açısına İlişkin Bulgular 52
4.9. Hakem Değerlendirmesine Dayalı Tur Miktarına İlişkin Bulgular 53
5. TARTIŞMA **55**
5.1. Kalkış ve İniş Anlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması 55
5.2. Uçuş Süresinin Değerlendirilmesi 57
5.3. Sıçrama Yüksekliğinin Değerlendirilmesi 59
5.4. T4 Anına Ulaşma Yüzdesine İlişkin Bulgular 62
5.5. Sıçrayışlarda Açısal Hızın Değerlendirilmesi 63
5.6. Uçuş Sırasında Gerçekleştirilen Tur Miktarının Değerlendirilmesi 68
5.7. T2-T3 Fazına İlişkin Bulguların Değerlendirilmesi 70
5.8. Sıçrayışın Kalkış Anındaki Eğikliğinin Değerlendirilmesi 72
6. SONUÇ ve ÖNERİLER **74**
6.1. Sonuçlar 74
6.2. Öneriler 76
7. KAYNAKLAR **78**
8. EKLER **81**
EK-1: Tez Çalışması Etik Kurul İzinleri

EK-2: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu

EK-3: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu – Çocuk Rıza Formu

EK-4: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu – Anne ve Baba veya Yasal Vasi (Kanuni Temsilci) İçin

EK-5: Katılımcı Veri Toplama Formu

EK-6: Orijinallik Raporu

9. ÖZGEÇMİŞ **95**

SİMGELER ve KISALTMALAR

<	Hedeflenen tur sayısından 90°'den fazla, 180°'den az eksik gerçekleştirilen sıçrayışlar
<<	Hedeflenen tur sayısından 180° veya daha fazla, 270°'den az eksik gerçekleştirilen sıçrayışlar
3B	3 Boyutlu
ANOVA	Varyans analizi
C3D	Üç boyutlu hareket verilerinin saklandığı dosya biçimi
FHD	Tam yüksek çözünürlük (Full High Definition)
GOE	Buz pateninde elementlerin uygulama kalitesini gösteren icra puanı
$h_{sıçrama_t}$	Sıçrama yüksekliği (havada kalma süresinden yapılan hesap)
H_{VKM}	Sıçrayış sırasındaki VKM dikey yer değişimi
IMU	Ataletsel Ölçüm Birimi
ISU	Uluslararası Paten Birliği
JASP	Jeffrey's Amazing Statistics Program, ücretsiz, açık kaynaklı istatistik analiz programı
k	Kare sayısı
K#	Katılımcı Numarası. Metin içerisinde K1, K2, K3, K4, K5, K6 şeklinde kullanılmıştır
N_{Tur_ayak}	Sol ve sağ ayak üyelerinden hesaplanan sıçrayış dönüş tur sayısı
N_{Tur_pelvis}	Pelvis üyesinden hesaplanan sıçrayış dönüş tur sayısı
N_{Tur_thorax}	Toraks üyesinden hesaplanan sıçrayış dönüş tur sayısı
$Pelvis_\theta z$	Pelvis üyesinin dikey eksene göre bulunduğu açısal pozisyon
$Pelvis_\omega z$	Pelvis üyesinin açısal hızı (derece/saniye)
$Pelvis_\omega z_{ort}$	Pelvisin uçuş fazındaki ortalama açısal hızı (derece/saniye)
$Pelvis_\omega z_{tepe}$	Pelvisin uçuş fazındaki tepe açısal hızı (derece/saniye)

q	Hedeflenen tur sayısından 90° eksik gerçekleştirilen sıçrayışlar
QTM	Qualisys Track Manager yazılımı
SağAyak_θz	Sağ ayak üyesinin dikey eksene göre bulunduğu açısal pozisyon
SD	Serbestlik derecesi
SolAyak_θz	Sol ayak üyesinin dikey eksene göre bulunduğu açısal pozisyon
T1	VKM'nin aşağı yönlü hareketinin başladığı an
T2	Dikey VKM hızının negatifteyken 0'dan geçip pozitifte arttığı an
T3	Sporcunun yerden kalkış anı
T4	Dikey VKM konumunun maksimum yüksekliğe ulaştığı an
T5	Sporcunun yere iniş anı
T6	Dikey VKM hızının negatif değerinin azalmaya başlayıp pozitife geçtikten sonra tekrar sıfırdan geçtiği an
$t_{itiş}$	İtiş fazı süresi (saniye)
Toraks_θz	Toraks üyesinin dikey eksene göre bulunduğu açısal pozisyon
Toraks_ωz	Toraks üyesinin açısal hızı (derece/saniye)
$Toraks_\omega z_{ort}$	Toraksın uçuş fazındaki ortalama açısal hızı (derece/saniye)
$Toraks_\omega z_{tepe}$	Toraksın uçuş fazındaki tepe açısal hızı (derece/saniye)
$t_{uçuş}$	Uçuş fazı süresi (saniye)
$V_{kalkış}$	Sporcunun yerden kalkış hızı (metre/saniye)
VKM	Vücut Kütle Merkezi
$\mathbf{VKM_\Delta z_{T3\text{-}T2}}$	İtiş fazındaki VKM dikey hareketi
VKM_x	Vücut kütle merkezi x konumu (metre)
VKM_y	Vücut kütle merkezi y konumu (metre)
VKM_z	Vücut kütle merkezi z konumu (metre)
$\mathbf{Y_{Pelvis_\omega ztepe}}$	Uçuş fazı içerisinde pelvisin tepe açısal hıza (z) ulaşma anı (%)

Y_{T4}	T4 anının uçuş fazı içerisindeki zamansal konumu (%)
$Y_{Toraks_\omega ztepe}$	Uçuş fazı içerisinde toraksın tepe açısal hıza (z) ulaşma anı (%)
Δt	İki kare arasındaki süre (saniye)
$\theta_{kalkış}$	Kalkış açısı (derece)
θ_{Tur_ayak}	Sol ve sağ ayak üyelerinden hesaplanan sıçrayış dönüş açısı (derece)
θ_{Tur_pelvis}	Pelvis üyesinden hesaplanan sıçrayış dönüş açısı (derece)
θ_{Tur_thorax}	Toraks üyesinden hesaplanan sıçrayış dönüş açısı (derece)

Sıçrayış Kodları: Sıçrayışın tur sayısını ve türünü belirten kısaltmalar

1, 2, 3 ve 4	Sırasıyla tur sayısına göre tekli, ikili, üçlü ve dörtlü sıçrayışları belirtir
A	Axel sıçrayışı
F	Flip sıçrayışı
Lo	Loop (Rittberger) sıçrayışı
Lz	Lutz sıçrayışı
S	Salchow sıçrayışı
T	Toeloop sıçrayışı

ŞEKİLLER

Şekil	**Sayfa**
2.1. Buz pateni botu ve çeliğinin genel görünümü.	7
2.2. Soldan sağa buz pateni çeliğinin kenarlarının gösterimi: sağ ayak iç kenar, düz konum, sağ ayak dış kenar.	8
2.3. Triple Salchow sıçrayışının şematik gösterimi ve kalkış öncesinde çeliğin takip ettiği iz.	10
2.4. Sol geri iç kenar gösterimi.	12
2.5. Sol geri dış kenar gösterimi.	12
3.1. Kamera yerleşimleri ve test düzeneği.	19
3.2. Kamera kablo bağlantı akışı ve ekipmanlar.	21
3.3. Buz üzerinde kameraların yerleşimi, kablolamaları ve çekim alanının görüntüsü.	21
3.4. Çekim alanının orijin belirleme ve kalibrasyon işlemlerinden bir görüntü.	22
3.5. Testler sırasında kayıt bilgisayarı ve çekim alanı.	23
3.6. QTM yazılımı ekran görüntüsü.	24
3.7. Theia yazılımı ekran görüntüsü ve veri üzerine yerleştirilmiş iskelet modeli.	25
3.8. Visual3D yazılımı ekran görüntüsü ve iskelet modeli.	26
3.9. VKM dikey hızı ve konumu üzerinden analiz anlarının belirlenmesini gösteren örnek veri. Grafik üzerinde işaretli noktalar sırasıyla T1-6 anlarını göstermektedir.	30
3.10. Hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarının belirlenmesi için tanımlanan ön rotasyon açısı ve T3 ile T5 pozisyonlarındaki kalkış ve iniş ayak pozisyonları.	37
4.1. Katılımcıların ortalama uçuş süreleri ve standart sapma değerleri.	41
4.2. Teorik olarak hesaplanan ve VKM dikey yer değişiminden hesaplanan sıçrama yükseklikleri.	42
4.3. VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anının uçuş fazı içerisindeki % konumu.	44
4.4. Kalkış anındaki (T3) toraks ve pelvis açısal hızları.	45
4.5. Uçuş fazında toraks ve pelvisin ulaştığı ortalama açısal hızlar.	46
4.6. Uçuş fazında toraks ve pelvisin ulaştığı pik açısal hızlar.	47

4.7. Uçuş fazında VKM tepe noktası ile toraks ve pelvis pik açısal hızlarına ulaşma anları. 48
4.8. Gövde, pelvis ve ayak üyelerine göre uçuş sırasında gerçekleştirilen tur açıları. 49
4.9. Gövde, pelvis ve ayak üyelerine göre uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarları. 50
4.10. T2-T3, itiş fazında VKM yer değiştirmesi. 51
4.11. İtiş Fazı(T2-T3) VKM dikey yer değiştirmesi. 52
4.12. T3 anı VKM'nin bileşke hızının yatay düzlemle yaptığı açı. 53

TABLOLAR

Tablo **Sayfa**

3.1. Katılımcıların antropometrik özellikleri ve tanımlayıcı istatistikler. 18

3.2. Theia3D tam vücut kinematik modelinin vücut üyelerinin yapısı ve eklem özellikleri. 27

4.1. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler. 39

1. GİRİŞ

Popüler bir kış sporu olan artistik buz pateni, kökeni Kuzey Avrupa'da ulaşım amacıyla kullanılan ve zamanla rekreatif ve rekabetçi bir spor dalına dönüşen bir spordur.

Artistik buz pateninde teknik olarak en zorlu elementler sıçrayış elementleridir. Sıçrayış elementlerinin puanları sıçrayışın zorluğuna ve gerçekleştirilen tur sayısına göre değişmektedir. Yarışmalarda kazanılan toplam puanın büyük bir kısmı sıçrayışlardan gelmektedir (1). Bu puan avantajı nedeniyle son yıllarda hem erkekler hem de kadınlar, daha fazla turdan oluşan sıçrayışları gerçekleştirmeye çalışmaktadır.

Tur sayısı arttıkça sporcular fizyolojik sınırlarını daha fazla zorlamakta ve daha etkili tekniklere ihtiyaç duymaktadır. Bir sıçrayışın havadaki fazının yaklaşık bir saniyenin yarısı kadar sürdüğü düşünüldüğünde, teknik farkların gözle tespit edilmesi zorlaşmaktadır. Sıçrayışın hazırlık, uçuş ve iniş fazlarında eklem açıları, açısal hız, dikey hız, sıçrama yüksekliği ve uçuş süresi gibi parametrelerin biyomekanik olarak analiz edilmesi, oldukça kısa sürede gerçekleşen bir hareket hakkında gözlemsel değerlendirmeyle elde edilebilecek bilgilerden çok daha ayrıntılı ve nicel veriler sunmaktadır. Bu veriler sporcuların ve antrenörlerin etkili teknik geliştirmesine katkı sağlamaktadır.

Literatürde sıçrayışların detaylı kinematik analizini yapan çalışmaların çok azı, sıçrayışların başarılı ve başarısız denemelerini birlikte değerlendirip aralarındaki farklara değinmektedir (1, 2, 3). Bu durum, başarısız sıçrayışların nedenlerine ilişkin bilgi düzeyini sınırlandırmaktadır. Mevcut çalışmaların büyük çoğunluğu yalnızca başarılı gerçekleşen sıçrayışların kinematik bilgisine ulaşmamıza olanak tanımaktadır (3, 4). Bu nedenle, artistik buz pateninde sıçrayışların başarılı ve başarısız denemelerinin kinematik olarak incelenmesi, elit sporcuların bu hareketi nasıl yaptıklarının detaylı olarak ortaya konması ve birlikte değerlendirilerek aralarındaki farklılıkların ortaya konması önemli araştırma problemleri olarak öne çıkmaktadır.

Artistik buz pateni sıçrayışlarının biyomekanik analizinde kullanılan yöntemler açısından literatürde farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Açısal hız ve pik açısal hız gibi değişkenler, çalışmalar arasında farklı biçimlerde tanımlanabildiği gibi, farklı

vücut üyeleri üzerinden de ölçülebilmektedir. Benzer şekilde, sıçrayışın farklı fazlarındaki eğiklik açısı farklı eksenlere göre tanımlanabilmektedir. Literatürdeki bu yöntemsel farklılıklar, çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapılmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca farklı yöntemlerle elde edilen ölçümlerin benzer kavramlarla ifade edilmesi, aynı değişkeni temsil etmeyen değerlerin birbiriyle karşılaştırılması riskini doğurmaktadır. Bu yöntemsel farklılıkların yanı sıra, literatürde sıçrayış türlerinin incelenme sıklığı açısından da farklılıklar bulunmaktadır. Biyomekanik çalışmaların önemli bir bölümü Axel sıçrayışına odaklanırken, üçlü Salchow sıçrayışını inceleyen çalışmalar daha sınırlıdır. Bu nedenle, başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarının kinematik özelliklerinin incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, artistik buz pateninde üçlü Salchow sıçrayışının başarılı ve başarısız denemelerini kinematik açıdan inceleyerek sıçrayışın temel biyomekaniksel özelliklerini betimlemek ve temel kinematik değişkenlerin başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasındaki farklılıklarını keşfedici bir yaklaşımla ortaya koymaktır.

Çalışmanın ikincil amacı, sıçrayışa ilişkin kinematik özelliklerin ve hareket olaylarının belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemleri değerlendirmek, karşılaştırmak ve bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıkları incelemektir.

1.2. Problemler

Elit artistik buz pateni sporcularının başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarının kinematik özellikleri nelerdir?

Elit artistik buz pateni sporcularının başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışları arasında temel kinematik değişkenler açısından nasıl farklılıklar gözlenmektedir?

Farklı yöntemlerle belirlenen kalkış ve iniş anları arasında farklılıklar var mıdır?

Üçlü Salchow sıçrayışlarında pelvis, gövde ve ayak pozisyonlarına göre belirlenen tur açısı ve tur sayısı arasında farklılıklar var mıdır?

1.3. Alt Problemler

1. Başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasında uçuş süresi nasıl değişmektedir?
2. Başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasında açısal hız değişkenleri nasıl değişmektedir?
3. Başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarında sıçrama yükseklikleri nasıl değişmektedir?
4. Başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarında tamamlanan tur sayısı nasıl değişmektedir?
5. VKM, pelvis ve gözlem yöntemleriyle belirlenen kalkış ve iniş anları arasında farklılık var mıdır?
6. Yöntemler arasındaki fark, kalkış ve iniş anlarında farklılaşmakta mıdır?

1.4. Denenceler

Bu çalışmanın temel yaklaşımı, artistik buz pateninde başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarının kinematik özelliklerini betimlemek ve bu iki performans durumu arasındaki farklılıkları keşfedici bir yaklaşımla incelemektir. Çalışmada belirli bir nedensel mekanizmayı sınamaktan veya belirli bir kinematik değişkenin başarı üzerindeki etkisini ortaya koymaktan ziyade, sporun doğal koşullarında gerçekleştirilen başarılı ve başarısız sıçrayışların kinematik özelliklerinin tanımlanması ve karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Araştırmanın başlangıcında, literatürdeki bilgiler ve sıçrayışın biyomekanik özellikleri doğrultusunda, başarılı ve başarısız denemeler arasında bazı kinematik farklılıkların bulunabileceği öngörülmüştür. Bununla birlikte, çalışma öncelikle betimsel ve keşfedici bir yaklaşımla planlandığından, aşağıda belirtilen beklentiler araştırmanın temelini oluşturan doğrulayıcı hipotezler olarak değil, incelemeye yön veren bilimsel beklentiler olarak değerlendirilmiştir:

Başarılı üçlü Salchow sıçrayışlarında uçuş süresinin başarısız sıçrayışlara kıyasla daha uzun olması beklenmiştir.

Başarılı sıçrayışlarda sporcunun pelvisinin kalkış anındaki dikey açısal hızının ve uçuş fazındaki ortalama dikey açısal hızının, başarısız sıçrayışlara kıyasla daha yüksek olması beklenmiştir.

Başarılı sıçrayışlarda, pelvisin uçuş fazı boyunca gerçekleştirdiği dikey eksendeki toplam rotasyon miktarının, başarısız sıçrayışlara kıyasla daha fazla olması beklenmiştir.

Başarılı sıçrayışlarda, sporcunun sıçrayış öncesinde sol ayağı ile uçuş doğrultusu arasında oluşturduğu açının, başarısız sıçrayışlara kıyasla daha büyük olması beklenmiştir.

1.5. Sınırlılıklar

1. Bu çalışma, ulusal veya uluslararası resmi bir yarışma programında üçlü Salchow sıçrayışını gerçekleştirmiş ve Ankara'da yaşayan üst düzey kadın sporcularla sınırlandırılmıştır. Bu kriterleri sağlayan toplam 10 sporcu bulunmaktadır. Başarılı performans gösteren altı sporcudan beşi (iki sporcu çalışma sırasında başarılı sıçrayış yapamadığı için analizlere dahil edilmemiştir), başarısız performans gösteren dört sporcudan üçü çalışmaya katılmıştır.

2. Çalışmanın örneklemi, araştırmacı tarafından geniş bir sporcu havuzundan yaş, deneyim, ergenlik, boy, vücut kütlesi gibi özelliklere göre seçilmiş bir örneklemden ziyade, belirlenen yarışma performansı durumunu temsil eden erişilebilir sınırlı sayıdaki üst düzey sporculardan (başarılı ve başarısız performanslar için 3'er katılımcı) oluşmaktadır. Çalışmanın amacı yaşın veya diğer bireysel özelliklerin (deneyim, ergenlik, boy, vücut kütlesi vb.) performans üzerindeki etkisini incelemek değildir. Katılımcılar, elit sporcular arasından yarışma performanslarına göre başarılı ve başarısız olarak sınıflandırılmıştır. Bununla birlikte, örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle bireysel farklılıkların sonuçları etkileyebileceği kabul edilmiş ve bu nedenle sonuçlarda başarılı/başarısız performansların ortalamalarının yanı sıra bireysel katılımcı verileri de sunulmuştur.

3. Çalışmada başarılı ve başarısız performanslar arasındaki farklılıklar değerlendirilirken betimsel veriler ve bireysel karşılaştırmalar yanı sıra istatistiksel testler de yapılmıştır. Ancak bu kadar küçük bir örneklemde sonuçların belirsiz olabileceği ve bireysel farklılıkların etkili olabileceği bilinmektedir. Bu nedenle

yapılan karşılaştırmalarda yalnızca *p* değerleri değil, etki büyüklükleri, güven aralıkları ve bireysel sporcu verileri de sunulmuştur.

4. Sporcular kendi patenleriyle testlere katılmışlardır. Çalışmada gerçekleştirilen hareketin zorluğu da dikkate alınarak paten ve bıçak konusunda bir kısıtlamaya gidilmemiş ve bu değişkenin etkisi kontrol edilememiştir.

1.6. Sayıltılar

1. Katılımcıların tüm sıçrayışları en üst düzey performansla gerçekleştirdikleri varsayılmıştır.

2. Testler, hep aynı buz pateni pistinde, pistin aynı alanında buzun üzerine kurulan kameralarla veri toplanarak gerçekleştirilmiştir. Buzun mekanik özelliklerinin testler sırasında değişmediği varsayılmıştır.

1.7. Çalışmanın Önemi

Bu çalışma, literatürde sınırlı sayıda incelenen Salchow sıçrayışının kinematik özelliklerini ele alarak biyomekanik açıdan kapsamlı bilgiler sunmayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle, ilgili alandaki bilgi birikimine katkı sağlaması beklenmektedir.

Buna ek olarak, milisaniyelerin dahi önemli olduğu bu spor dalında, antrenörlerin gözle tespit etmekte zorlanacağı teknik detaylara erişebilecekleri ve uygulama sırasında kullanabilecekleri bir kaynağın oluşturulması öngörülmektedir.

Üçlü Salchow sıçrayışını 2025-2026 sezonu Türkiye Şampiyonası'nda yalnızca 4 kadın başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmiştir. Dünyada ise her geçen gün kadın sporcular koreografilerinde daha fazla üçlü sıçrayışa yer vermektedir (5). Kimi zaman kadınlar kategorisinde dörtlü sıçrayışları görmek bile artık mümkündür. Buna karşın, Türkiye'de üst düzey kadın sporcuların gerçekleştirdiği üçlü sıçrayışlara ilişkin biyomekanik veriler oldukça sınırlıdır (6). Bu nedenle Türkiye'de artistik buz pateni sporunun gelişimine katkı sağlanabilmesi için başarılı ve başarısız sıçrayışların birlikte incelenerek değerlendirilmesine, bu sıçrayışlara ilişkin temel kinematik özelliklerin betimlenmesine ve sıçrayışlar arasındaki farklılıkların ele alınmasına ihtiyaç vardır.

Literatürde yalnızca kadın sporcular üzerinde gerçekleştirilen çalışmaların sınırlı sayıda olması nedeniyle, bu çalışmanın yalnızca kadınlar üzerinde

yürütülmesinin daha homojen bir grupta inceleme yapılmasına olanak tanıyacağı düşünülmektedir. Bu durumun cinsiyete bağlı değişkenlerin etkisini azaltmaya ve bulguların daha tutarlı bir şekilde yorumlanmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

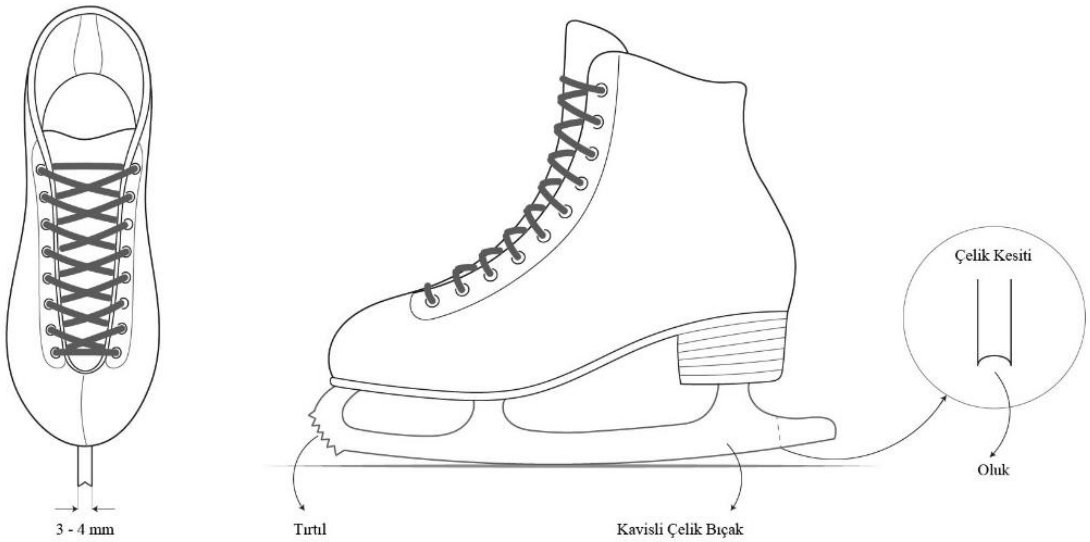
Bu çalışmanın bir diğer önemi, sıçrayış performansının yalnızca başarılı denemeler üzerinden değil, başarılı ve eksik denemelerin karşılaştırılması yoluyla değerlendirilmesidir. Başarılı sıçrayışların incelenmesi, sıçrayışın gerçekleştirilmesinde kullanılan kinematik özelliklerin ortaya konulmasına olanak sağlarken, başarısız denemelerin de değerlendirmeye alınması sıçrayış başarısıyla ilişkili olabilecek farklılıkların belirlenmesine katkı sağlayabilir. Başarılı ve başarısız gerçekleştirilen sıçrayışları birlikte değerlendiren ve aralarındaki farklılıkları ortaya koyan sınırlı sayıda çalışmadan biri olması sebebiyle, gelecek çalışmalar için bir referans oluşturma potansiyeli taşıdığı düşünülmektedir.

Çalışma aynı zamanda kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler açısından da önem taşımaktadır. Literatürde bu olay anlarının belirlenmesinde farklı yaklaşımların kullanılması nedeniyle, bu çalışmada kalkış ve iniş anları VKM, pelvis ve gözlem olmak üzere üç farklı yöntemle belirlenmiş ve yöntemler arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Böylece, farklı yöntemlerle belirlenen kalkış ve iniş anlarının birbirleriyle ne ölçüde uyum gösterdiğine ilişkin bilgi sağlanması beklenmektedir.

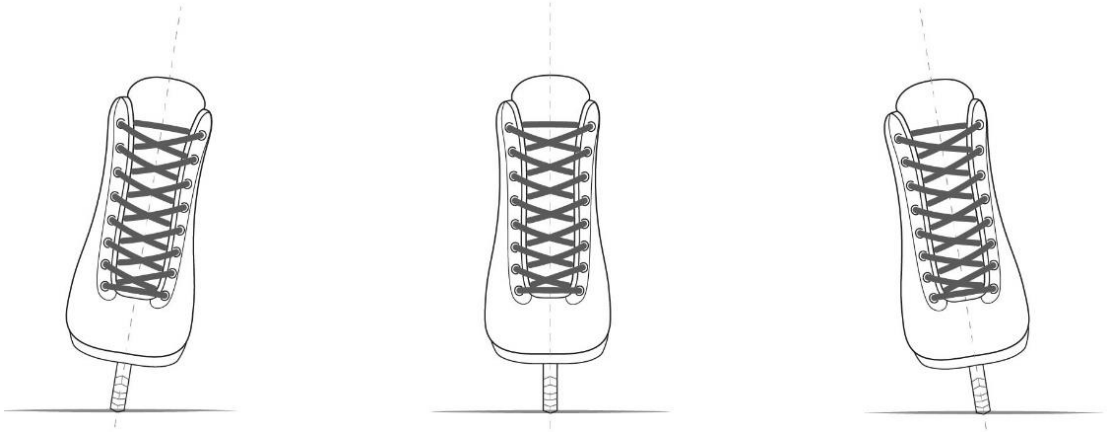
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Buz Pateninin Yapısal Özellikleri

Profesyonel buz patenleri ayrı ayrı satılan iki parçadan oluşur. Bu parçalar, Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, patenin üst kısmını oluşturan botlar ve buz yüzeyi ile temas halinde bulunan çeliklerdir. Çelikler botlara vidalar yardımıyla sabitlenir. Çelikler enine kesitte yaklaşık 4 mm'dir (6). Şekil 2.1'de de görüldüğü üzere, çeliğin buzla temas eden yüzeyinde sporcunun iç ve dış kenarlara basabilmesine olanak tanıyan bir oyuk bulunur (7). Çeliğin en ön kısmında sporcuların sıçrayışlara çıkış ve iniş sırasında kullandıkları tırtık kısmı bulunur. Sporcular, Şekil 2.2'de gösterildiği gibi, patenlerini sağa ve sola eğerek iç ve dış kenarlar üzerinde kaymakta ve patenlerine yön vermektedir.



Şekil 2.1. Buz pateni botu ve çeliğinin genel görünümü.



Şekil 2.2. Soldan sağa buz pateni çeliğinin kenarlarının gösterimi: sağ ayak iç kenar, düz konum, sağ ayak dış kenar.

2.2. Artistik Buz Pateninde Sıçrayışlar

Artistik buz pateninde 6 çeşit sıçrayış vardır. Bunlar Axel, Salchow, Toeloop, Loop, Flip ve Lutz sıçrayışlarıdır. Bu sıçrayışlar, uçuşa başlama biçimlerine göre çeliğin kenar kısmıyla ve tırtık kısmıyla gerçekleştirilen sıçrayışlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Axel, Salchow ve Loop, kenar ile uçuşa başlanan sıçrayışlardır. Toeloop, Lutz ve Flip ise tırtıkla uçuşa başlanan sıçrayışlardır. Axel sıçrayışı dışında kalan tüm sıçrayışlar tam turları içeren dönüş sayısına sahiptir. Axel sıçrayışı ise buçuklu turları içerir. Örneğin, üç tur dönülen bir Salchow hareketi 'üçlü Salchow' olarak isimlendirilirken, 'üçlü Axel' üç buçuk tur içermektedir. Axel sıçrayışı dışında kalan tüm sıçrayışlara geriden girilirken, Axel sıçrayışına önden girilir. Tüm bu yönleriyle Axel sıçrayışı en zorlu sıçrayış olarak kabul edilmekle birlikte, üçlü sıçrayışların puanları şu sırayla artmaktadır: Toeloop, Salchow, Loop, Flip, Lutz ve Axel.

2.3. Sıçrayışlarda Rotasyonun Değerlendirilmesi

Artistik buz pateninde 2004–2005 sezonundan itibaren Uluslararası Paten Birliği (ISU) tarafından geliştirilen yeni değerlendirme sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde sporcuların performansları teknik panel ve hakem paneli tarafından ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Teknik panel, gerçekleştirilen elementlerin türünü, rotasyon sayısını, sıçrayışa çıkış kenarını ve benzeri teknik özelliklerini belirlerken, hakem

paneli ise elementlerin uygulama kalitesini icra puanı (GOE) aracılığıyla değerlendirmektedir.

İcra puanı, elementlerin olumlu ve olumsuz özellikleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Hakemler, öncelikle elementin olumlu özelliklerini ISU tarafından yayımlanan listelere göre değerlendirerek başlangıç GOE'sini belirlemekte; ardından mevcut hatalara bağlı olarak yine ISU'nun yayımladığı listeye göre gerekli kesintileri uygulayarak nihai GOE puanını oluşturmaktadır. Elementler +5 ile −5 arasında GOE puanı alabilmektedir. GOE değeri, elementin temel değerine eklenen veya temel değerden çıkarılan puan miktarını belirlemektedir. Her bir artı ve eksi %10'luk bir değişim yaratmaktadır. Örneğin, -5 GOE değerlendirmesi alan bir sıçrayış baz puanının üzerine %50'lik bir kesintiye uğramaktadır. +2 GOE skoruna ulaşan bir element ise baz puanı üzerine %20 ek puan elde etmektedir.

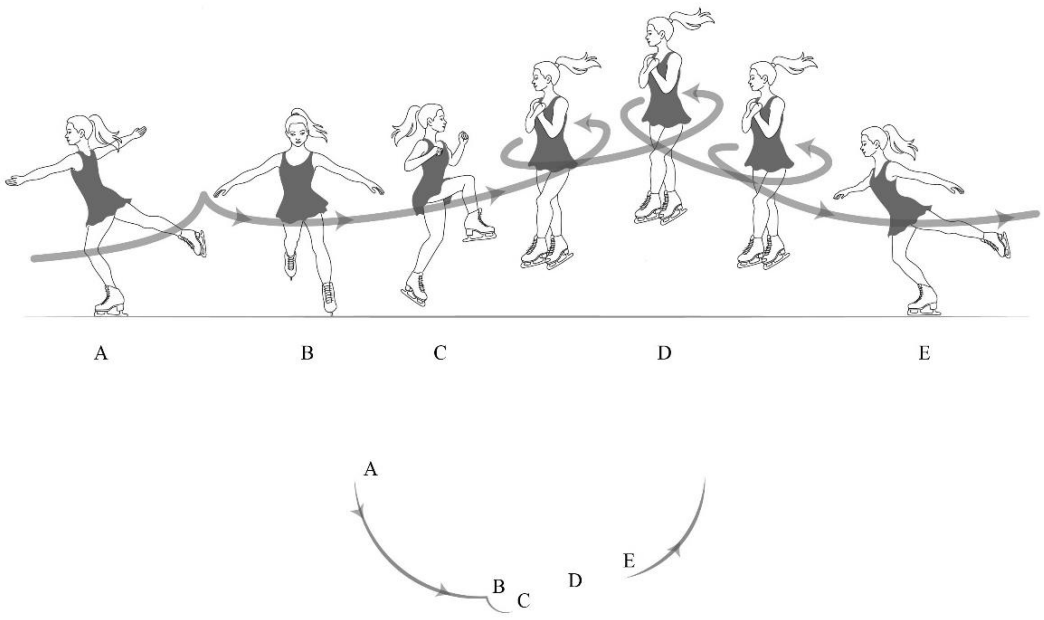
Değerlendirmenin ardından ISU hakem sistemi tarafından tüm elementlerin ve program bileşenlerinin yer aldığı protokol yayınlanmaktadır. Bu protokollerde elementlere özgü teknik özellikler ve hatalar çeşitli semboller kullanılarak gösterilmektedir. Hakem, icra ve program bileşenlerinin puanları da bu tabloda yer almaktadır.

ISU kurallarına göre, sıçrayış hedeflenen turdan ¼ tur eksik ise sıçrayış protokolde "q" işaretiyle gösterilir ve teknik panel tarafından sıçrayışın tam puanı verilir. Hakemler tarafından icra puanı -2 ile değerlendirilir. Herhangi bir artı özellik olmaması durumunda hareketin puanı %20 kesintiye uğrar. Sıçrayış ¼'ten fazla fakat ½ den az eksik ise "<" işareti ile gösterilir. Hareketin baz puanı %20'lik kesintiye uğrar. Ayrıca -2 veya -3 icra puanı ile değerlendirilir. Baz puanındaki kesintinin üzerine herhangi bir artı özellik olmaması durumunda aldığı GOE'ye göre %20'lik veya %30'luk bir kesinti daha uygulanır. Son olarak, hareket ½ den fazla eksik ise "<<" işareti ile tanımlanır. Bir alt rotasyon turu ile aynı baz puanı uygulanır. Buna ek olarak -3 veya -4 icra puanı uygulanır. Sıçrayış ¼ tura kadar hedeflenen turu geçebilir. Hedeflenen turu çeyrek turdan fazla geçen sıçrayışlar ise bir üst rotasyon seviyesindeki sıçrayışın denemesi olarak değerlendirilmektedir.

2.4. Üçlü Salchow Sıçrayışının Özellikleri

Üçlü Salchow, üç tur dönülen sıçrayışlar arasında en düşük puana sahip ikinci sıçrayış türüdür. Bir diğer ifadeyle, Uluslararası Paten Birliği'ne (ISU) göre en kolay ikinci üçlü sıçrayıştır. Salchow sıçrayışı, saat yönünün tersine dönen bir sporcu için sol geri iç kenardan uçuşa başlanan bir kenar sıçrayışıdır. Bu sıçrayışta sağ bacağın salınımı açısal momentumun oluşturulmasına katkı sağlar ve sporcu sıçrayışı sağ ayak üzerine inişle tamamlar. Sporcu gerekli turu döndükten sonra sağ ayağına iniş yapmayı başarırsa, hareket teknik panel tarafından tam puan olarak değerlendirilir. Hareketin dengeli yapılıp yapılmaması, sıçrayışın yüksekliği gibi faktörler, hakemler tarafından icra puanı olarak ayrıca pozitif veya negatif olarak değerlendirilebilmektedir.

Geleneksel olarak sporcu, sol ayakla öne dış kenar kayıştan sol geri iç kenar kayışa geçerek iç kenar üzerinden sıçrayışa çıkar. Geleneksel girişlerin yanı sıra sporcular, teknik tercihleri doğrultusunda sıçrayışa farklı giriş varyasyonları ile de başlayabilmektedir. Sol geri iç kenardan sonra, sıçrayışın temel yapısı benzerlik göstermektedir. Ancak sıçrayışlar, serbest ayağın (buzla temas etmeyen ayağın) salınım sırasında buza temas edip etmemesi ve serbest ayağın kullandığı kenar (iç veya dış) gibi faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Üçlü Salchow sıçrayışının genel hareket yapısı Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Triple Salchow sıçrayışının şematik gösterimi ve kalkış öncesinde çeliğin takip ettiği iz.

2.5. Salchow Sıçrayışının Biyomekanik Yapısı

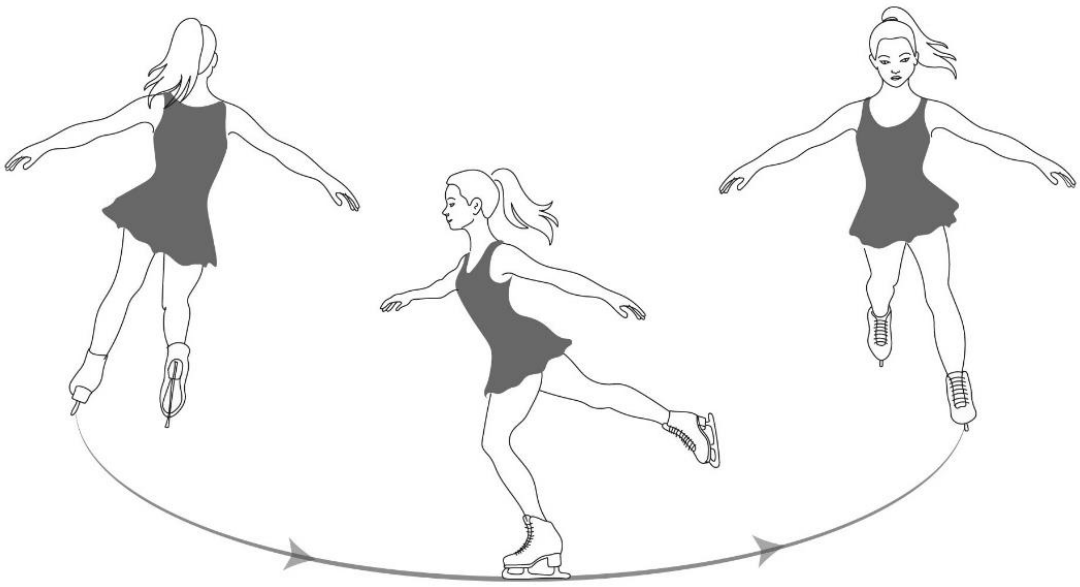
Sıçrayışlar, biyomekanik analizlerde hareketin daha iyi anlaşılabilmesi için fazlara ayrılarak incelenmektedir. Bu çalışmalar farklı faz tanımlama yaklaşımları içerebilmekte olup faz seçimleri çalışmanın amacına ve yöntemine göre şekillenebilmektedir. Sıçrayışlar için yaygın olarak kabul gören fazlar: sıçramaya çıkış anı, uçuş ve uçuştan sonraki ilk temas anı olarak özetlenebilmektedir.

Literatürde en fazla incelenen sıçrayışın Axel olması nedeniyle, en ayrıntılı faz tanımlamaları da bu sıçrayış için yapılmaktadır. Bu tanımlama büyük ölçüde kayma fazı (*glide*), geçiş fazı (*transition*), dönme fazı *(pivot),* uçuş fazı (*flight*) *ve* iniş fazı *(landing)* olarak yapılmaktadır. Kayma; sol ayakta vücut kütle merkezinin (VKM) aşağı yönlü hareketini içeren fazı, geçiş; VKM'nin yukarı yönlü hareketini, dönme; tırtık üzerindeki dönüşü, uçuş; kalkış anından iniş anına kadar olan süreyi ve iniş; sıçrayıştan sonraki yere ilk temas anından sonraki bölümü ifade etmektedir.

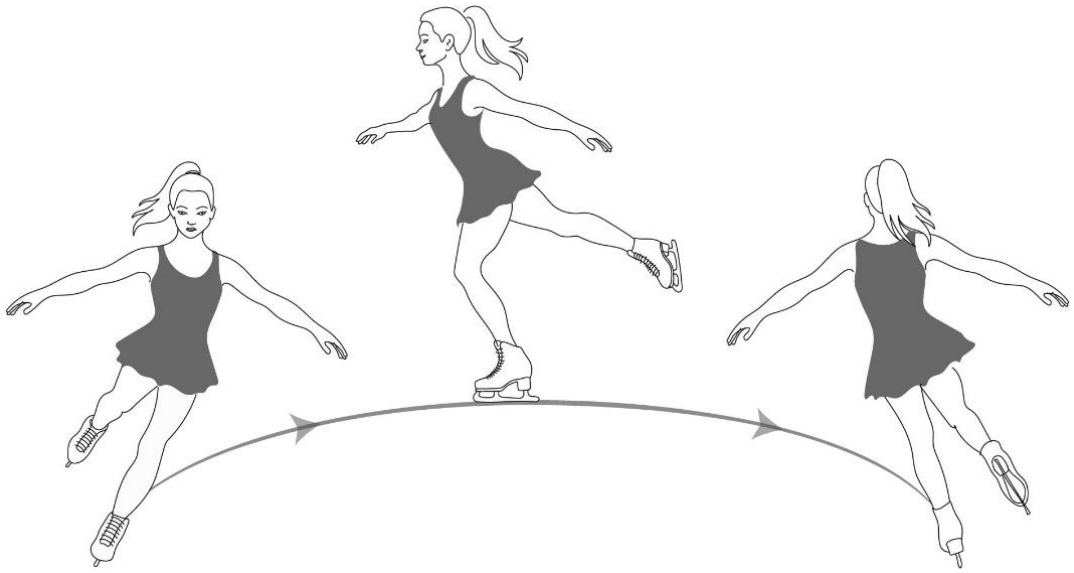
Salchow sıçrayışı, diğer tüm sıçrayışlarda olduğu gibi, kendine ait geleneksel (ön dış üç) veya geleneksel olmayan bir girişle başlar. Ardından, vücut kütle merkezinin aşağı yönlü hareketi sırasında sporcu geri iç kenar basarak rotasyonu başlatır (Şekil 2.4). Bu adımı takiben VKM'nin yukarı yönlü hareketi başlar. Aynı zamanda sporcu patenini yerde rotasyon yönünde döndürmeye devam eder. Tırtık üzerinden bir süre daha dönerek havaya çıkan sporcu, hareketin uçuş öncesi fazını tamamlayarak uçuş fazına geçiş yapar. Çeliğin buzun üzerinde çizdiği iz Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

Uçuş sırasında sporcu, kollarını ve bacaklarını VKM'ye yakın tutarak dengesini korumaya çalışırken, aynı zamanda eylemsizlik momentini azaltarak açısal hızını hedeflenen rotasyon sayısına uygun bir seviyede ayarlamaya çalışır.

Bu sürecin ardından sporcu, sağ ayağının (saat yönünün tersine dönüş yapan bir sporcu için) geri dış kenarına (Şekil 2.5) tek ayak dengeli bir iniş gerçekleştirmektedir. Rotasyonun tamamlanıp tamamlanmadığı ve buza dengeli iniş yapıp yapmadığı bu aşamada belirlenmektedir. Bu nedenle, hareketin başarılı ya da başarısız olduğunun değerlendirilmesinde iniş fazı belirleyici bir aşama olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2.4. Sol geri iç kenar gösterimi.



Şekil 2.5. Sol geri dış kenar gösterimi.

2.6. Sıçrayışlarda Açısal Momentum

Açısal momentum, patencinin dönme ekseni etrafındaki açısal hareketinin bir ölçüsüdür (8). Açısal momentum, eylemsizlik momenti (I) ile açısal hızın (ω) çarpımı olarak ifade edilmektedir: $L = I\omega$

Açısal momentum, vücut üyelerinin hareketiyle sıçrama öncesinde oluşturulmakta ve sıçrama başladıktan sonra, dış bir tork etkisi olmadığı sürece sabit

kalmaktadır. Bu nedenle sporcunun sıçrayışı gerçekleştirebilmesi için kalkış anında yeterli açısal momentumu üretebilmesi önemlidir. Literatürde kenar sıçrayışlarında açısal momentum üretiminin fazlara göre benzerlik göstermesi, bu sıçrayışların benzer bir açısal momentum üretim mekanizması izlediğini düşündürmektedir (9). Bu mekanizma bağlamında açısal momentumun en yüksek değerine kayma fazının sonunda, geçiş fazının ise başında ulaşıldığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, havaya çıkış anından sonra sıçrayışın başarılı bir şekilde tamamlanmasında belirleyici olan kritik faktörlerden biri açısal hızdır.

Açısal hızlar literatürde farklı referans noktaları baz alınarak ölçülmüştür. Bazı çalışmalar omuz üyesini referans alırken, bazıları ise pelvisi referans almıştır. Bu yöntem farklılıkları, çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapılmasını sınırlayabilmektedir. Sporcu, uçuş fazı sırasında eylemsizlik momentini azaltarak (vücut üyelerini kütle merkezine yaklaştırarak) açısal hızını artırabilmektedir.

Bu nedenle başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasındaki farklılıkların anlaşılmasında açısal momentum, açısal hız ve eylemsizlik momenti arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

2.7. İlgili Literatürün İncelenmesi

Artistik buz pateni alanında yapılan biyomekanik çalışmalar, büyük ölçüde sıçrayışların kinematik özelliklerinin incelenmesine odaklanmıştır. Literatürde en fazla biyomekanik çalışmanın Axel sıçrayışı üzerinde yapıldığı görülmektedir (1). Axel sıçrayışının önden girilmesi ve diğer sıçrayışlara kıyasla yarım tur fazla rotasyon içermesi gibi teknik özellikleri, bu sıçrayışın daha fazla araştırılmasında etkili olmuş olabilir. Bunun yanı sıra, mevcut yarışma kuralları çerçevesinde diğer sıçrayışlara göre daha sık gerçekleştirilmesi ve en yüksek puan değerine sahip sıçrayış olması da araştırmacıların dikkatini Axel'e yöneltmiş olabilir.

Diğer sıçrayış türlerinin ise literatürde daha sınırlı biçimde incelendiği görülmektedir. Dörtlü sıçrayışlar incelendiğinde, en fazla çalışmanın dörtlü *Toeloop* ve dörtlü *Salchow* üzerinde yapıldığı görülmektedir. Dörtlü sıçrayışların teknik olarak oldukça zorlu olması ve yalnızca üst düzey sporcular tarafından başarılabilmesi, bu sıçrayışlara ilişkin veri toplamayı daha da sınırlı hale getirmektedir. Bu nedenle,

araştırmaların daha fazla sayıda sporcu tarafından gerçekleştirilebilen sıçrayışlar üzerinde yoğunlaştığı düşünülmektedir.

Sıçrayışlarda gerekli dönüş sayısının tamamlanabilmesi için sporcunun ortalama açısal hızı ile havada kalma süresi arasında bir denge sağlaması gerekmektedir (8). Literatürdeki bazı çalışmalar, sıçrayışlarda rotasyon sayısındaki artışın sıçrama yüksekliğini anlamlı düzeyde değiştirmediğini (10-13); sporcuların ekstra rotasyonu, açısal hızlarını artırarak gerçekleştirme eğiliminde olduklarını göstermektedir (9). Tüm vücut açısal momentumu, sıçrayışın icrası ve çıkış stabilitesi için anahtar rol oynamaktadır. Fakat yapılan çalışmalar, sporcuların rotasyon sayısını artırmak için kalkış öncesindeki açısal momentumlarını artırmaktan ziyade, havada eylemsizlik momentlerini azaltma eğiliminde olduklarını göstermektedir (9, 11). Bu durum, optimal sıçrayış performansının yalnızca açısal momentumla değil, kalkış mekaniği ve havadaki postür kontrolü gibi diğer biyomekanik faktörlerin koordineli bir şekilde bütünleşmesini gerektirdiğini göstermektedir (9).

Ancak bu çalışmaların çoklu rotasyonlu sıçrayışları gerçekleştirebilen sporcular üzerinde yapıldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle söz konusu bulguların aynı sıçrayışın farklı rotasyon sayılarında yüksek rotasyon kapasitesine sahip sporcular tarafından kullanılan stratejileri yansıttığı düşünülmektedir. Nitekim King ve ark. (12) tarafından 2004 yılında yayımlanan çalışmada, 4'lü Toeloop (4T) gerçekleştirebilen sporcuların 3'lü Toeloop'ları (3T) ile 4T gerçekleştiremeyen sporcuların 3T'ları karşılaştırılmış ve 4T gerçekleştirebilen sporcuların 3T'larında daha uzun uçuş süresine sahip olduğu saptanmıştır. Bu durum teknik yeterlilikteki farklılıkların hareketin uygulanmasında mekanik farklılıklara neden olabileceğini göstermektedir. Özellikle elit düzeydeki sporcuların aşırı açısal momentum üretiminden kaçınarak daha etkili hareket stratejileriyle rotasyon kontrolünü optimize ettikleri ve bu sayede daha yüksek stabilite ve tutarlılık sağladıkları düşünülmektedir (9).

Bu bağlamda literatürde yer alan çalışmaların büyük ölçüde başarılı sıçrayışlar ve yüksek rotasyon becerisine sahip sporcular üzerinde yürütüldüğü görülmektedir. Fakat bu bulgular, sporcuların daha yüksek rotasyon gerektiren sıçrayışları gerçekleştirebilmek için hangi parametreleri geliştirmeye ihtiyaç duyduklarını ve

başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasındaki biyomekanik farklılıkların rolünü keşfetme konusunda sınırlı kalmaktadır. Bu durum, sıçrayışların başarısını belirleyen mekanik faktörlerin tam olarak ortaya konmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, başarılı ve başarısız Salchow sıçrayışlarının birlikte detaylı biyomekanik analizlerinin yapılması ve bu sıçrayışların kinematik özelliklerinin betimlenerek aralarındaki kinematik farklılıkların ortaya konmasının literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Literatürde kullanılan yöntemler incelendiğinde, kızılötesi kameralar ve sporcuların üzerine yerleştirilen işaretleyiciler aracılığıyla elde edilen iki ve üç boyutlu görüntülere dayalı çalışmaların yaygın olduğu görülmektedir (9,14,15,16). Bu çalışmaların yanı sıra, işaretleyicilere ve kameralara ihtiyaç duymadan ivmeölçer ve jiroskoplar kullanılarak gerçekleştirilen ve Ataletsel Ölçüm Birimi (IMU) olarak adlandırılan sistemlere dayalı çalışmalar da bulunmaktadır (3, 5, 17, 18).

Özellikle büyük örneklem gruplarına sahip çalışmalarda, katılımcılara işaretleyici yerleştirmek zaman alıcı bir süreç olabilmektedir. Ayrıca veri toplama sürecinde ek müdahaleler gerektiğinden, katılımcının çoğu zaman doğal antrenman ve yarışma koşullarında izlenmesi mümkün değildir. Bu nedenlerle, son yıllarda gelişen teknoloji ve görüntü işleme algoritmaları sayesinde kamera tabanlı işaretleyicisiz görüntü yakalama sistemleri pek çok alanda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (19). Yapay zekâ destekli işaretleyicisiz görüntü yakalama sistemleri, doğal koşullarda veri toplanmasına olanak tanıması ve işaretleyici yerleştirme gereksinimini ortadan kaldırarak zaman tasarrufu sağlaması gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Ayrıca işaretleyici yerleşimi sırasında oluşabilecek insan kaynaklı hataları ortadan kaldırmaktadır (20). İşaretleyicisiz sistemler arasında Theia3D (Theia Markerless Inc., Kingston, ON, Canada) yazılımı son yıllarda yapılan araştırmalarda en çok kullanılan yazılımlardan biridir.

Theia3D, 500.000'den fazla elle işaretlenmiş insan görüntüsü ile eğitilmiş, senkronize iki boyutlu video görüntülerini kullanarak üç boyutlu insan pozu tahmini gerçekleştiren, derin öğrenme tabanlı, işaretleyicisiz bir hareket yakalama sistemidir. Senkronize ve kalibre edilmiş görüntülerden insan vücuduna ait 51 anatomik referans noktasının iki boyutlu konumu belirlenmekte ve bu bilgiler kullanılarak üç boyutlu

anatomik referans noktaları hesaplanmaktadır (20). Elde edilen bu üç boyutlu anatomik referans noktalarına göre bireye özgü biyomekanik model ölçeklendirilmekte, ardından ters kinematik yöntemi uygulanarak vücut üyelerinin uzaydaki konumları ve yönelimleri belirlenmektedir. Kanko ve ark., Theia3D ile işaretleyici tabanlı hareket yakalama sistemini karşılaştırdıkları çalışmada, eklem merkezleri ile alt ekstremite üye açılarının büyük ölçüde benzer olduğunu göstermiştir (20). Yoma ve ark., Theia3D'nin tek ayaklı görevlerde işaretleyici tabanlı sistemlerle karşılaştırılabilir ölçüm hatasına sahip güvenilir kinematik veriler sağladığını ve sporcuların düzenli takibinde güvenle kullanılabileceğini göstermiştir (21). Bu çalışmalar, Theia3D'nin geçerli ve güvenilir kinematik veriler sağladığını ve işaretleyici tabanlı hareket yakalama sistemleriyle uyumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Literatürde üçlü Salchow sıçrayışını inceleyen çalışmaların sınırlı sayıda olduğu ve bu çalışmaların yalnızca başarılı sıçrayışlara odaklandığı görülmektedir. Ayrıca, mevcut araştırmalarda çoğunlukla iki boyutlu yarışma görüntülerine dayalı analizlerin veya kontrollü deney ortamlarında işaretleyici sistemlerin ve IMU'ların kullanıldığı dikkat çekmektedir. Buna karşın, doğal ortamda elde edilen verilerle başarılı ve başarısız sıçrayışların birlikte değerlendirildiği, temel kinematik özelliklerinin betimlendiği ve aralarındaki farklılıkların karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışmaların yetersiz olması, bu alanda önemli bir boşluğa işaret etmektedir.

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma, artistik buz pateninde üst düzey sporcuların üçlü Salchow sıçrayışına ilişkin kinematik özelliklerini betimlemek, başarılı ve başarısız denemeler arasındaki farklılıkları incelemek ve hareket olaylarının belirlenmesinde kullanılan farklı yöntemleri karşılaştırmak amacıyla yürütülen betimsel ve karşılaştırmalı bir gözlemsel çalışmadır. Çalışmada, sporcuların başarılı ve başarısız Salchow sıçrayışlarına ilişkin temel kinematik değişkenler betimlenerek bu sıçrayışlar arasındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca, bazı kinematik değişkenlerin hesaplanmasında ve hareket olaylarının belirlenmesinde kullanılan farklı yöntem ve yaklaşımlar değerlendirilerek karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

3.2. Katılımcılar

Çalışma, ulusal veya uluslararası resmi bir yarışma programında üçlü Salchow sıçrayışını gerçekleştirmiş ve Ankara'da yaşayan son derece sınırlı sayıdaki elit kadın sporcuyla gerçekleştirilmiştir.

Katılımcılarda düzenli olarak artistik buz pateni antrenmanı yapıyor olma, mevcut bir yaralanması bulunmama ve son üç ay içerisinde alt ekstremite yaralanması yaşamamış olma kriterleri aranmıştır.

Üçlü Salchow sıçrayışını resmi yarışmada başarılı şekilde gerçekleştiren altı sporcudan beşi ve üçlü Salchow sıçrayışını resmi yarışmada deneyip başarılı olamayan dört sporcudan üçü, kriterleri sağlayarak gönüllü olarak çalışmaya katılmışlardır. Resmi yarışmada başarılı sıçrayış gerçekleştiren iki sporcu, çalışma sırasında başarılı sıçrayış yapamadığı için analizlere dahil edilmemiştir. Dolayısıyla örneklem, araştırmacı tarafından geniş bir sporcu havuzundan deneyim, yaş gibi özelliklere göre seçilmiş bir örneklemden ziyade, belirlenen yarışma performansı durumunu temsil eden erişilebilir elit sporculardan oluşmaktadır.

Tüm katılımcılar daha önce yarışma programlarında üçlü Salchow sıçrayışına yer vermiş olsalar da, sporculardan üçü hem yarışmada hem de testler sırasında bu sıçrayışı tam olarak ve başarılı bir şekilde yapabilmiştir. Bu sporcular başarılı sıçrayış

grubunu (katılımcı 1, 2 ve 3), hareketi eksik tur ile yapan diğer sporcular ise başarısız sıçrayış grubunu (katılımcı 4, 5 ve 6) oluşturacak şekilde değerlendirmeler yapılmıştır.

Katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo 3.1'de sunulmuştur. Katılımcıların yaşları 12-22 yaş gibi geniş bir aralıkta değişmekle birlikte, yaş bu araştırmanın inceleme değişkenlerinden biri olarak belirlenmemiştir. Ayrıca araştırmanın özgül örneklem yapısı nedeniyle yaş açısından eşleştirilmiş daha geniş bir örneklem oluşturulması mümkün olmamıştır.

Tablo 3.1. Katılımcıların antropometrik özellikleri ve tanımlayıcı istatistikler.

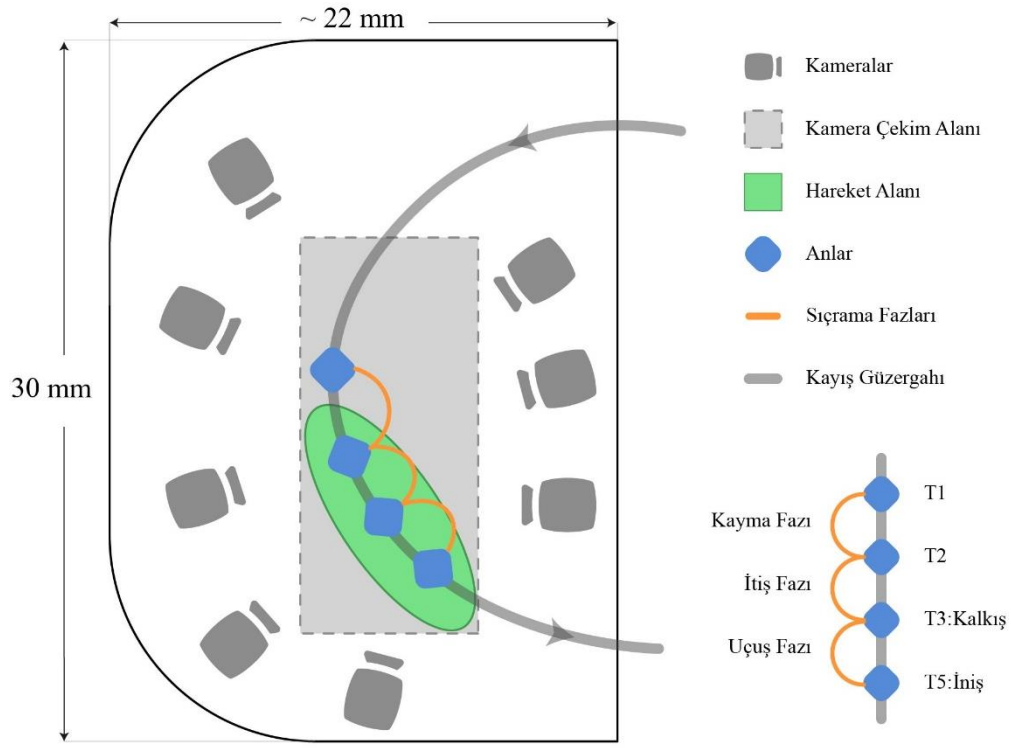
Katılımcı Numarası	Yaş	Vücut Kütlesi (kg)	Boy (m)	Branşa Özgü Spor Yaşı (yıl)
1	15	45	1,54	7
2	14	36	1,49	9
3	22	55	1,63	19
4	12	33	1,45	7
5	14	55	1,70	10
6	16	47	1,63	8
Ortalama	15,50	45,17	1,57	10,00
Standart Sapma	3,45	9,26	0,10	4,56

Araştırma için Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma Etik Kurulu'ndan 18.03.2025 tarihinde (Karar No: 2025/07-05) etik kurul izni alınmıştır (EK 1). Katılımcılar gönüllülük esasına göre çalışmaya dahil edilmiş olup, 18 yaşın üzerinde sporculardan kendilerinin (EK 2), 18 yaşın altındaki sporculardan ise hem kendilerinin (EK 3) hem de yasal vasilerinin (EK 4) bilgilendirilmiş onamları alınmıştır. Ayrıca bu araştırma, Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

3.3. Veri Toplama Araçları

Buzda yapılan Salchow sıçrayışlarının biyomekanik analizinin yapılabilmesi için işaretleyicisiz hareket analizi sistemi kullanılmıştır. Bu amaçla, 8 adet Qualisys Miqus Video Plus kamera kullanılmış ve kayıtlar Qualisys Track Manager (QTM) yazılımı aracılığıyla toplanmıştır. Sistem karbon fiber kalibrasyon çubuğu ve L-çerçeve kullanılarak kalibre edilmiştir.

Kameralar, işaretleyicisiz hareket analizi sistemi için önerilen U şeklindeki yerleşimi sağlayacak ve hareket alanı etrafını saracak şekilde, 5 tane solda, 3 tane de sağda konumlandırılmıştır. Sporcuların harekete giriş yapmak için kaydığı ve çıkışta kullanma ihtimali olan sağ taraftaki giriş ve çıkış koridorları boş bırakılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kamera yerleşimleri ve test düzeneği.

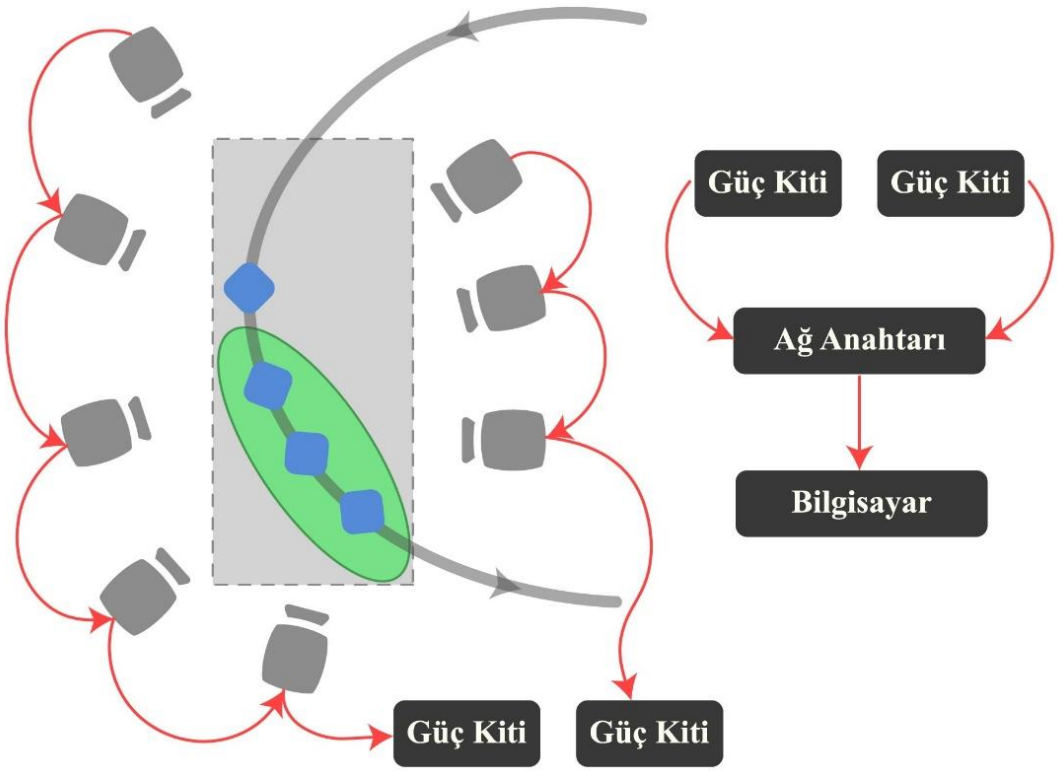
Kameralar 8 adet kauçuk ayaklı tripod üzerine sabitlenmiştir. Kamera yükseklikleri, sporcuların sıçrama yapacakları da göz önüne alınarak, yaklaşık 170-180 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Çekim alanına olan mesafeleri yakalama görüntüsünde katılımcıların tamamı görünecek ve mümkün olduğunca katılımcılar

görüntünün yarısını kaplayacak şekilde ayarlanmıştır. Her bir kamera için çekim alanının ortasına göre netlik ayarı yapılmıştır. Aydınlık ve net bir görüntü kaydı alabilmek için diyafram açıklığı ve ışık şiddeti, buz yüzeyinde aşırı parlama olmayacak şekilde en açık pozisyona ayarlanmıştır. Kameraların birbirlerini görmesi nedeniyle oluşabilecek hataları engellemek için kameralar, QTM yazılımında sağ ve sol olmak üzere iki gruba ayrılarak gecikmeli pozlama özelliği etkinleştirilmiştir. Bu işlemler sonrasında, hâlen görüntüde yer alan parlak alanlar QTM yazılımında maskelenerek kalibrasyon sırasında sorun yaratmalarının önüne geçilmiştir. Kayıt hızı olarak, kameraların FHD çözünürlükte izin verdiği en yüksek hız olan 100 Hz tercih edilmiştir.

Kameralar, iki ayrı zincir halinde birbirine bağlanmış ve gigabit ağ anahtarı üzerinden bilgisayara bağlanmıştır. Kamera kablolarının tamamı buzla temas etmeyecek şekilde sabitlenerek bağlantılar kurulmuştur. Çıkış koridorunda bulunan kablo paten alanı etrafındaki fiber cam üzerinden geçirilerek sporcuların bu kabloya takılmaması sağlanmıştır.

Hareket analizi sistemi için kullanılan tüm ekipmanların listesi şu şekildedir:

- Tripod x 8 adet
- Kamera (Qualisys Miqus Video Plus Kamera) x 8 adet
- Kamera bağlantı kablosu x 8 adet
- Bağlantı güç kiti (PB) x 2 adet
- Ethernet switch x 1 adet
- Ethernet kablosu x 3 adet
- Kalibrasyon kiti
- Dizüstü Bilgisayar (QTM, Theia, V3D yazılımları)



Şekil 3.2. Kamera kablo bağlantı akışı ve ekipmanlar.



Şekil 3.3. Buz üzerinde kameraların yerleşimi, kablolamaları ve çekim alanının görüntüsü.



Şekil 3.4. Çekim alanının orijin belirleme ve kalibrasyon işlemlerinden bir görüntü.

3.4. Veri Toplama Prosedürü

Veriler Ankara ilinde bulunan Ümitköy Spor Kompleksi buz pateni salonunda üç farklı oturumda toplanmıştır. Testler katılımcıların düzenli antrenman döngüsüyle senkronize olarak gerçekleştirilmiştir. Her sporcu, kendi patenleri ve antrenman kıyafetleriyle katılım sağlamıştır. Test sırasında sporculara herhangi bir ek ekipman kullandırılmamıştır. Sporculardan yalnızca bol olmayan ve beyazın dışında kalacak giysiler giymeleri istenmiştir.

Katılımcılar test öncesinde karada bireysel ısınmalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu süreçte, test düzeneği araştırmacılar tarafından Şekil 3.2'de gösterildiği şekilde kurulmuş, ardından kalibre edilmiştir. Katılımcıların sıçrayışları gerçekleştirmesi beklenen bölge huniler ve tahta kalemi yardımıyla işaretlenmiştir.

Sporcular test alanına tek tek alınmıştır. Buz üzerinde ısınmaları için zaman verilmiş ve bu süre boyunca sınırlamaya gidilmemiştir. Katılımcıların hazır olduklarını belirtmelerinin ardından 3'lü Salchow sıçrayışı yapmaları istenmiştir.

Denemeler arasında, katılımcıların soğuma riskini en aza indirmek ve yorgunluktan kaynaklanan performans kaybını sınırlamak amacıyla dinlenme süresi sınırlandırılmamış; sporcuların bireysel gereksinimlerine göre belirlenmesine izin verilmiştir. Sporcu hazır olduğunu söylediğinde, bir sonraki sıçrayışa geçilmiştir.

Sporcuların her bir sıçrayışı Bölüm 3.3'te detayları anlatılan hareket analizi sistemi ile kayıt altına alınmıştır.

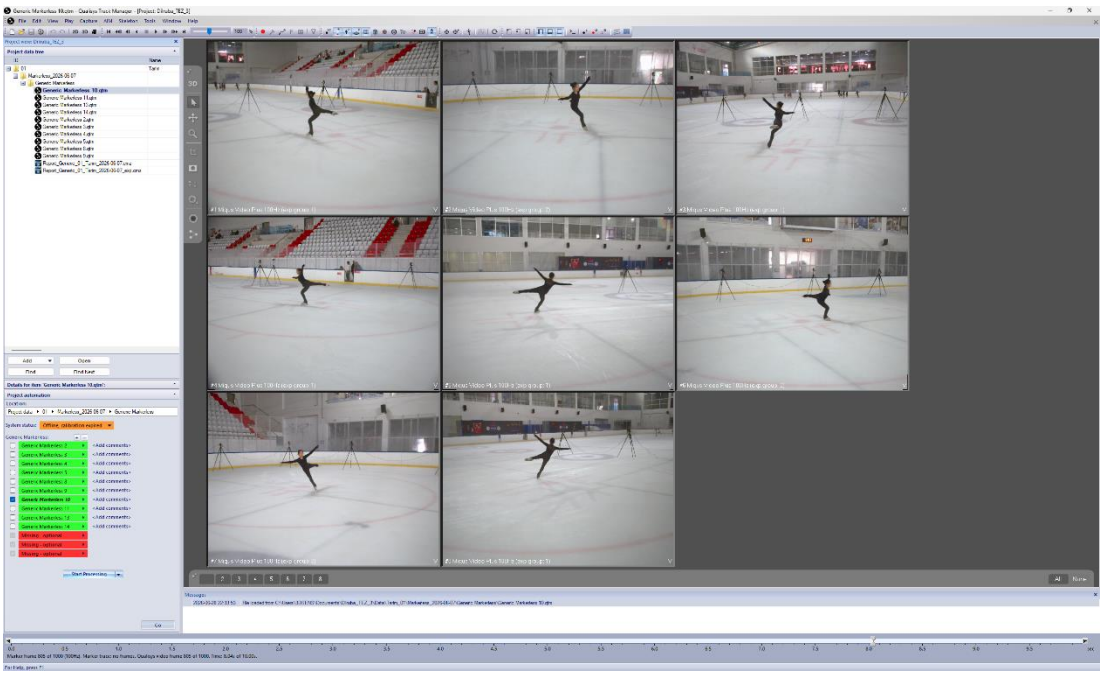
Başarılı sıçrayış grubunda yer alan sporculardan en fazla çeyrek tur eksik gerçekleştirilen (tam ve q) ve tek ayak üzerinde iniş yapılan dört sıçrayış; başarısız sıçrayış grubunda yer alan sporculardan ise çeyrek turdan fazla eksik (<, <<) gerçekleştirilen ve tek ayak üzerinde iniş yapılan dört sıçrayış tez verisine dahil edilmiştir. Sıçrayışlar sırasında bir antrenör denemelerin eksik veya tam tur gerçekleştiğini gözlem yoluyla belirlemiş ve test süresince tüm denemeleri katılımcı veri toplama formuna kaydetmiştir. Her bir katılımcıdan, araştırma kapsamında belirlenen kriterleri karşılayacak yeterli sayıda denemeye ulaşılıncaya kadar ölçüm alınmaya devam edilmiştir.



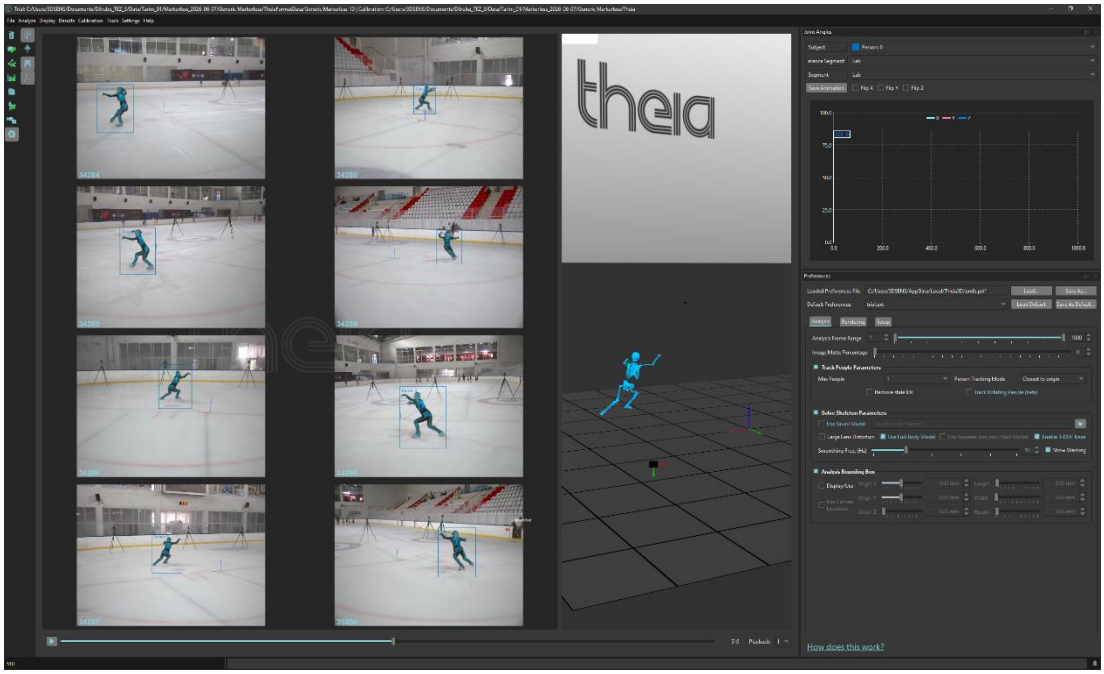
Şekil 3.5. Testler sırasında kayıt bilgisayarı ve çekim alanı.

3.5. Verilerin Analizi

Verilerin işlenmesi ve analizinde, Qualisys Track Manager yazılımının çözümleme ve biyomekanik analiz modülü olan *Functional Assessment Module* kullanılmıştır. Kaydedilen görüntüler, bu modül aracılığıyla Theia işaretleyicisiz hareket yakalama yazılımına aktarılmıştır. Theia yazılımında görüntüler tam vücut modeli (Full-Body model) kullanılarak otomatik olarak işlenmiş ve her sporcu için 3B iskelet modeli oluşturulmuştur.

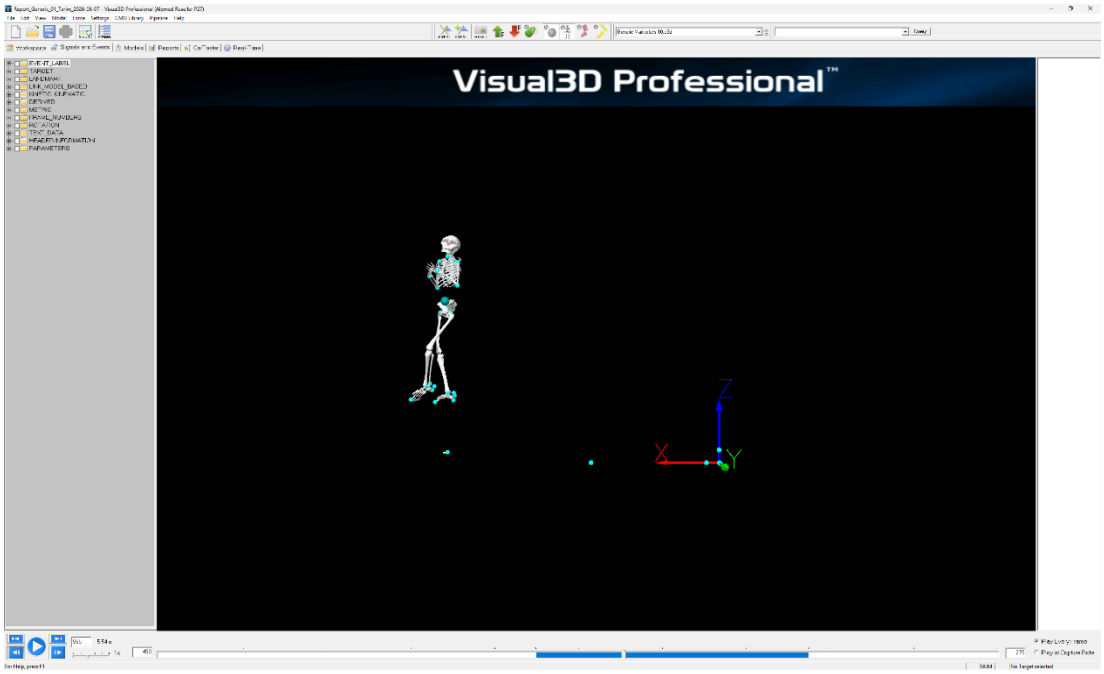


Şekil 3.6. QTM yazılımı ekran görüntüsü.



Şekil 3.7. Theia yazılımı ekran görüntüsü ve veri üzerine yerleştirilmiş iskelet modeli.

Bu veriler Theia yazılımı üzerinden c3d dosyası olarak Visual 3D yazılımına aktarılmış ve biyomekanik model üzerinden *Functional Assessment Module* bağlantısıyla otomatik olarak çözümlenmiştir. Bu çözümleme ile modeldeki tüm anatomik noktalar için doğrusal kinematik veriler, tüm eklemler için açısal kinematik veriler ve tüm vücut üyeleri için hem doğrusal hem de açısal kinematik veriler elde edilmiştir. Ayrıca, vücut kütle merkezinin konumu da çözümleme sırasında hesaplanmıştır. Bu veriler, metin (.csv) dosyası olarak yazılımdan dışarı aktarılmış ve sonraki analizler Matlab ve Excel kullanılarak yapılmıştır. Bu açılara ek olarak, çalışma kapsamında elde edilen veriler kullanılarak uçuş süresi, yatay mesafe, dikey hız, çıkış açısı ve eğiklik açısı değişkenleri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen veri işleme ve analiz sonuçları aşağıdaki alt başlıklarda ayrıntılı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.8. Visual3D yazılımı ekran görüntüsü ve iskelet modeli.

3.5.1. Theia3D İşaretleyicisiz Hareket Yakalama Sistemi

Theia, kamuya açık ve özel milyonlarca görüntü ile eğitilmiş, derin öğrenme tabanlı bir işaretleyicisiz hareket yakalama sistemidir. Eğitim aşamasında kullanılan görüntüler; insan türleri, çekim ortamı, arka plan, kişinin/kişilerin pozu, görüntü kaynağı ve diğer faktörler açısından geniş bir çeşitlilik göstermektedir. Theia3D işaretleyicisiz görüntü yakalama sistemi, tüm vücut üzerinde 124 anatomik anahtar noktayı takip ederek ters kinematik ile vücut üyelerinin pozlarını hesaplar. Bu sürecin sonunda 19 katı vücut üyesinden oluşan bir iskelet modeli oluşturulmaktadır. Bu modeli oluşturan vücut üyeleri: pelvis, gövde, toraks, baş, sağ üst kol, sol üst kol, sağ ön kol, sol ön kol, sağ el, sol el, sağ uyluk, sol uyluk, sağ alt bacak, sol alt bacak, sağ ayak, sol ayak ve patella'dır.

Theia3D, Visual3D için özel olarak hazırlanmış C3D dosyaları üretmektedir. Böylelikle Theia'nın işaretsiz hareket yakalama verileri Visual3D'nin veri işleme araçlarıyla birlikte kullanılabilmektedir (22). Ancak bu dosyalar klasik işaretleyici tabanlı sistemlerin ürettiği C3D dosyalarından farklılık göstermektedir. İşaretleyicili sistemlerde dosyada işaretleyicilerin konum bilgileri bulunurken, Theia3D dosyaya vücut üyelerinin uzaydaki konum ve yönelim bilgilerini, vücut üyelerine ait yerel koordinat sistemini 4x4 dönüşüm matrisleri şeklinde kaydetmektedir (23).

Bu tez çalışmasında video verileri Theia3D yazılımının tam vücut modeli kullanılarak işlenmiştir. Tüm vücut modeli, pelvisin kök üye olarak tanımlandığı; üst ekstremite, alt ekstremite ve baş üyelerinden oluşan tek bir kinematik zincirden oluşmaktadır. Vücut üyelerinin yapısı ve üye bağlantıları Tablo 3.2'de gösterilmiştir (24).

Tablo 3.2. Theia3D tam vücut kinematik modelinin vücut üyelerinin yapısı ve eklem özellikleri.

Üye	**Üst üye**	**Başlangıç Noktası**	**Eklem Türü**	**Proksimal**	**Distal**
Pelvis	Laboratuvar	Pelvisin orta noktası	Serbest Eklem 6 SD	_	Abdomen
Abdomen	Pelvis	Pelvisin başlangıç noktası	İki rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon, addüksiyon/abdüksiyon)	Pelvis	Toraks
Toraks	Abdomen	Boyun tabanı	Üç rotasyonel SD, bir doğrusal SD (Z ekseni boyunca)	Abdomen	Boyun
Boyun	Toraks	Boyun tabanı	Üç rotasyonel SD	Toraks	Baş
Baş	Boyun	C1	Üç rotasyonel SD	Boyun	_
Sağ üst kol	Toraks	Sağ omuz	Serbest eklem (6 SD)	Sağ omuz	Sağ Dirsek
Sağ alt kol	Sağ üst kol	Sağ dirsek	İki rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon, supinasyon/pronasyon)	Sağ dirsek	Sağ el bileği
Sağ el	Sağ alt kol	Sağ el bileği	İki rotasyonel SD (Fleksiyon/ekstansiyon, radyal/ulnar deviasyon)	Sağ el bileği	Sağ el metakarpaller)
Sol üst kol	Toraks	Sol omuz	Serbest eklem (6 SD)	Sol omuz	Sol dirsek
Sol alt kol	Sol üst kol	Sol dirsek	İki rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon, supinasyon/pronasyon)	Sol dirsek	Sol el bileği
Sol el	Sol alt kol	Sol el bileği	İki rotasyonel SD (Fleksiyon/ekstansiyon, radyal/ulnar deviasyon)	Sol el bileği	Sol metakarpaller
Sağ üst bacak (Femur)	Pelvis	Sağ kalça	Üç rotasyonel SD	Sağ kalça	Sağ diz
Sağ alt bacak (Tibia/Fibula)	Sağ üst bacak	Sağ diz	İki veya üç rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon, addüksiyon/abdüksiyon,iç/ dış rotasyon)	Sağ diz	Sağ ayak bileği
Sağ ayak	Sağ alt bacak	Sağ ayak bileği	Serbest eklem (6 SD),sınırlı translasyon	Sağ ayak bileği	Sağ ayağın ortası
Sağ ayak parmakları	Sağ ayak	Sağ ayağın ortası	Bir rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon)	Sağ ayağın ortası	Sağ ayak baş parmağı
Sol üst bacak (Femur)	Pelvis	Sol kalça	Üç rotasyonel SD	Sol kalça	Sol diz
Sol alt bacak (Tibia/Fibula)	Sol üst bacak	Sol diz	İki veya üç rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon, addüksiyon/abdüksiyon,iç/ dış rotasyon)	Sol diz	Sol ayak bileği
Sol ayak	Sol alt bacak	Sol ayak bileği	Serbest Eklem (6 SD), sınırlı translasyon	Sol ayak bileği	Sol ayağın ortası
Sol ayak parmakları	Sol ayak	Sol ayağın ortası	Bir rotasyonel SD (fleksiyon/ekstansiyon)	Sol ayağın ortası	Sol ayağın baş parmağı

3.5.2. Analiz Anlarının ve Sıçrayış Fazlarının Belirlenmesi

Sıçrayışların daha iyi anlaşılabilmesi, incelenebilmesi ve karşılaştırılabilmesi amacıyla hareket fazlara ayrılmıştır. Fazların belirlenmesinde biyomekanik açıdan anlamlı anlar esas alınmıştır. İlk olarak bu anlar belirlenmiş, ardından ardışık iki an arasında gerçekleşen süreçler sıçrayışın alt fazları olarak tanımlanmıştır. Katılımcıların sıçrayışa farklı giriş teknikleri kullanarak başlamaları nedeniyle, tüm sporcularda ortak olarak gözlemlenen geri iç kenar kayışını takiben VKM'nin aşağı yönlü hareketinin başladığı an (T1) analiz başlangıcı olarak kabul edilmiştir. Sıçrayışlar kayma, itiş, uçuş ve iniş olmak üzere dört fazda incelenmiştir.

Literatürde sıçrayışlar sırasında yerden kalkış ve yere iniş anlarının belirlenmesi amacıyla farklı yöntemler kullanılmıştır. Yerden çıkış anını dikey VKM hızının azalmaya başladığı ilk kare olarak belirleyen çalışmalar bulunmaktadır (6,13). Sertoğlu (6), 2024 yılında yayımladığı tezinde iniş anını yukarı çıkışın ardından dikey VKM hızının artmaya başladığı ilk veri noktası olarak belirlemiştir. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise yüksek hızlı kameralarla elde edilen görüntüler üzerinden bu anların uzman tarafından manuel olarak belirlenmesidir (4,9,14,16,25). Bu çalışmada kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde literatürde kullanılan yaklaşımlar dikkate alınarak VKM dikey hızı, pelvis dikey hızı ve kamera görüntülerine dayalı gözlem olmak üzere 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler yalnızca olay anlarının belirlenmesine ilişkin metodolojik karşılaştırmada kullanılmış, diğer kinematik değişkenlerin hesaplanmasında ise VKM dikey hızına dayalı olarak belirlenen T3 ve T5 anları esas alınmıştır. Aşağıda anların ve fazların ayrıntılı tanımı verilmiştir.

T1 anı: Dikey VKM hızının 0'dan geçip negatifte arttığı an olarak belirlenmiştir.

T2 anı: Dikey VKM hızının negatifteyken 0'dan geçip pozitifte arttığı an olarak belirlenmiştir.

T3 anı (kalkış anı): Bu anın belirlenmesinde 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler:

- VKM: Vücut kütle merkezinin dikey hızının pozitif yönde tepe noktasına ulaştığı ve azalmaya başladığı ilk an olarak belirlenmiştir.

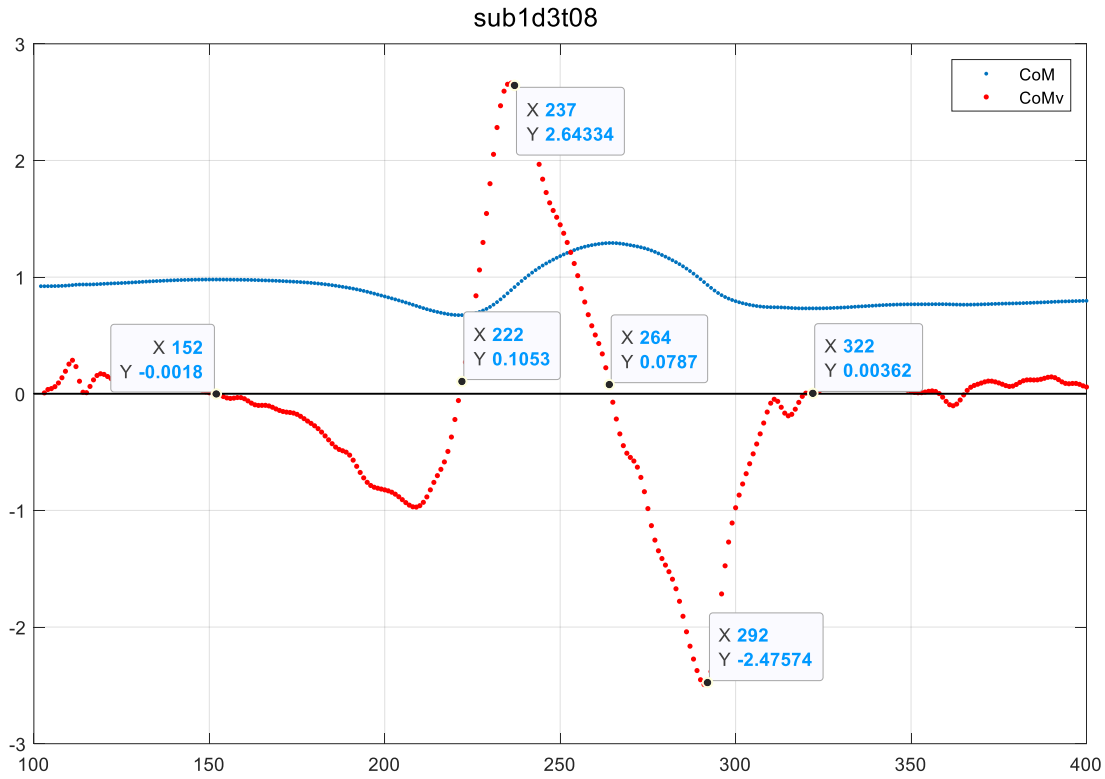
- Pelvis: Pelvis kütle merkezinin dikey hızının pozitif yönde tepe noktasına ulaştığı ve azalmaya başladığı ilk an olarak belirlenmiştir.
- Gözlem: Araştırmacı tarafından hareket alanını kaydeden kamera görüntüleri izlenerek paten bıçağının kalkış öncesinde buzla son temas ettiği kare olarak belirlenmiştir.

T4 anı: Dikey VKM konumunun maksimum yüksekliğe ulaştığı an olarak tanımlanmıştır. Dikey VKM hızının sıfıra en yakın olduğu nokta ve VKM konumu kontrol edilerek belirlenmiştir.

T5 anı (iniş anı): Bu anın belirlenmesinde 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler:

- VKM: Vücut kütle merkezinin dikey hızının negatifte tepe noktasına ulaştığı ve artmaya başladığı ilk an olarak belirlenmiştir.
- Pelvis: Pelvis kütle merkezinin dikey hızının negatifte tepe noktasına ulaştığı ve artmaya başladığı ilk an olarak belirlenmiştir.
- Gözlem: Araştırmacı tarafından hareket alanını kaydeden kamera görüntüleri izlenerek paten bıçağının buzla ilk temas ettiği kare olarak belirlenmiştir.

T6 anı: Dikey VKM hızının negatif değerinin azalmaya başlayıp pozitife geçtikten sonra tekrar sıfırdan geçtiği nokta olarak belirlenmiştir. An olarak özel bir anlamı olmayan bu nokta tüm sporcularda hareketlerin sonunu belirlemek için kullanılmıştır.



Şekil 3.9. VKM dikey hızı ve konumu üzerinden analiz anlarının belirlenmesini gösteren örnek veri. Grafik üzerinde işaretli noktalar sırasıyla T1-6 anlarını göstermektedir.

Kayma fazı: T1 ve T2 anları arasındaki süreci ifade etmektedir.

İtiş fazı: T2 ve T3 anları arasındaki süreci ifade etmektedir.

Uçuş fazı: T3 ve T5 anları arasındaki süreci ifade etmektedir.

İniş fazı: T5 ve T6 anları arasındaki süreci ifade etmektedir.

3.5.3. Kinematik Değişkenlerin Hesaplanması

Faz Sürelerinin Hesaplanması

Faz süreleri, o fazın başlangıç anı ile bitiş anı arasındaki kare sayıları (k) kullanılarak hesaplanmıştır. Görüntüler saniyede 100 kare hızında toplandığından, hesaplanan kare sayısı $\Delta t = 0{,}01$ ile çarpılarak zaman değerleri elde edilmiştir.

İtiş fazı süresi: T2 ve T3 anları arasındaki kare sayıları kullanılarak hesaplanmıştır.

$$(t_{itiş} = (k_{T3} - k_{T2}) * \Delta t \qquad (0.1)$$

Uçuş fazı süresi: T3-T5 anları arasındaki kare sayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değer aynı zamanda sporcunun havada kalma süresini de göstermektedir ve daha sonra teorik hesaplamalarda kullanılacaktır.

$$(t_{uçuş} = (k_{T5} - k_{T3}) * \Delta t \qquad (0.2)$$

Vücut Kütle Merkezi Konum ve Hızlarının Belirlenmesi

Global koordinat sistemi x, y ve z eksenlerine göre katılımcıların vücut kütle merkezlerinin konumları her bir an için Visual 3D yazılımından alınmıştır. Ardından yine bu eksenlere göre her bir an için hızları belirlenmiştir. Sporcunun z eksenindeki hız bileşeni dikey hızı gösterirken, x ve y eksenlerindeki bileşenler sırasıyla yatay eksenlerdeki hızları ve bileşkesi de bileşke yatay hızı göstermektedir.

Aşağıdaki değişkenler her bir an için belirlenmiştir

Vücut kütle merkezi konum değişkenleri: VKM_x, VKM_y, VKM_z

Vücut kütle merkezi hız değişkenleri: $VKM_vx, VKM_vy, VKM_vz, VKM_vxy$

Sporcunun yerden kalkış hızı ayrıca uçuş süresi ($t_{uçuş}$) kullanılarak teorik olarak da hesaplanmıştır.

$$V_{kalkış} = \frac{g t_{uçuş}}{2} \qquad (0.3)$$

Vücut Kütle Merkezi Yer Değişimlerinin Belirlenmesi

T3 anındaki VKM pozisyonuna göre VKM'nin T4 ve T5 anlarındaki yer değiştirmeleri belirlenmiştir.

Hesaplanan değişkenler: $VKM_\Delta x, VKM_\Delta y, VKM_\Delta z, VKM_\Delta xy, VKM_\Delta xyz$

$$VKM_\Delta x_{T4} = VKM_x_{T4} - VKM_x_{T3} \quad (0.4)$$

$$VKM_\Delta y_{T4} = VKM_y_{T4} - VKM_y_{T3} \quad (0.5)$$

$$VKM_\Delta z_{T4} = VKM_z_{T4} - VKM_z_{T3} \quad (0.6)$$

$$VKM_\Delta xy_{T4} = \sqrt{VKM_x_{T4}{}^2 + VKM_y_{T4}{}^2} \quad (0.7)$$

$$VKM_\Delta xyz_{T4} = \sqrt{VKM_\Delta x_{T4}{}^2 + VKM_\Delta y_{T4}{}^2 + VKM_\Delta z_{T4}{}^2} \quad (0.8)$$

$$VKM_\Delta x_{T5} = VKM_x_{T5} - VKM_x_{T3} \quad (0.9)$$

$$VKM_\Delta y_{T5} = VKM_y_{T5} - VKM_y_{T3} \quad (0.10)$$

$$VKM_\Delta z_{T5} = VKM_z_{T5} - VKM_z_{T3} \quad (0.11)$$

$$VKM_\Delta xy_{T5} = \sqrt{VKM_x_{T5}{}^2 + VKM_y_{T5}{}^2} \quad (0.12)$$

$$VKM_\Delta xyz_{T5} = \sqrt{VKM_\Delta x_{T5}{}^2 + VKM_\Delta y_{T5}{}^2 + VKM_\Delta z_{T5}{}^2} \quad (0.13)$$

T3 anındaki VKM pozisyonları hareket başlangıcı olarak 0 kabul edilmiştir.

$$VKM_x_{T3} = 0\ ;\ VKM_y_{T3} = 0\ ;\ VKM_z_{T3} = 0 \quad (0.14)$$

İtiş fazındaki VKM dikey hareketi VKM'nin T3 ve T2 anlarındaki pozisyonlarından aşağıdaki formülle hesaplandı. Çalışma verileri değerlendirilirken ayrıca sporcuların boylarına göre de normalize edilmiştir.

$$VKM_\Delta z_{T3-T2} = VKM_z_{T3} - VKM_z_{T2} \quad (0.15)$$

Kalkış Açısının Belirlenmesi

Kalkış açısı, T3 anındaki dikey VKM hızı (VKM_vz) ve yatay VKM hızı (VKM_vxy) kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmış ve derece (°) cinsinden ifade edilmiştir.

$$\theta_{kalkış} = tan - 1\left(\frac{VKM_vz}{VKM_vxy}\right) \quad (0.16)$$

Uçuş Fazında Vücut Ekseninin Dikey Eksene Göre Eğikliğinin Belirlenmesi

Sporcunun gövdesinin uzunlamasına ekseni ile dikey eksen arasındaki açı olarak tanımlanmıştır

Sıçrama Yüksekliğinin Hesaplanması

Sıçrama yüksekliği 2 farklı şekilde hesaplanmıştır.

a) Uçuş süresinden: havada kalma süresi ve yerçekimi ivmesi (g) kullanılarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$h_{sıçrama_t} = \frac{g\ t_{uçuş}{}^2}{8} \quad (0.17)$$

b) VKM yer değişiminden: VKM'nin T4 anındaki dikey konumundan T3 anındaki dikey konumu çıkarılarak hesaplanmıştır.

$$H_{VKM} = VKM_z_{T4} - VKM_z_{T3} \qquad (0.18)$$

T4'e Ulaşma Yüzdesinin Belirlenmesi

VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anının uçuş fazı içerisindeki zamansal konumunu belirlemek amacıyla, T3 ile T4 arasında geçen süre toplam uçuş süresine (T3–T5) oranlanmış ve yüzde olarak ifade edilmiştir.

$$Y_{T4=}\frac{t_{T4} - t_{T3}}{t_{T5} - t_{T3}} \times 100 \qquad (0.19)$$

3.5.4. Açısal Kinematik Verilerin Belirlenmesi

Yapılacak analiz ve değerlendirmelerde kullanılmak üzere toraks, pelvis ve sol/sağ ayak vücut üyelerine ait açısal konum ve açısal hız verileri Visual3D programından dışarı aktarılmış ve her bir an için aşağıdaki değişkenler belirlenmiştir.

Açısal konum verileri: $Toraks_\theta z, Pelvis_\theta z, SolAyak_\theta z, Sağ Ayak_\theta z$

Açısal hız verileri: $Toraks_\omega z, Pelvis_\omega z$

Uçuş Fazındaki Ortalama Açısal Hızların Belirlenmesi

Katılımcıların uçuş fazındaki (T3-T5) her bir kare için pelvis ve toraks açısal hız değerleri belirlenmiş ve bu değerlerin ortalaması alınarak pelvis ve toraksın uçuş fazındaki ortalama açısal hızları hesaplanmıştır.

$$Toraks_\omega z_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \omega z_{Toraks,i}}{N} \qquad (0.20)$$

$$Pelvis_\omega z_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \omega z_{Pelvis,i}}{N} \qquad (0.21)$$

i: Uçuş fazındaki ilgili kareyi, N: T3–T5 arasındaki toplam kare sayısını temsil etmektedir.

Tepe Açısal Hız ve Tepeye Ulaşma Zamanının Hesaplanması

Katılımcının uçuş fazında (T3 ve T5 anları arasında) ulaştığı en yüksek açısal hız değeri tepe açısal hız olarak tanımlanmıştır. Bu değer hem toraks hem de pelvis açısal hızları kullanılarak iki ayrı şekilde belirlenmiştir.

$$Toraks_\omega z_{tepe} = (\ Toraks_\omega z[k]) \quad (0.22)$$

$$Pelvis_\omega z_{tepe} = (\ Pelvis_\omega z[k]) \quad (0.23)$$

Tüm katılımcılar için tepe açısal hıza ulaşma anları belirlenmiş ($t_{Toraks_\omega z_{tepe}}$, $t_{Pelvis_\omega z_{tepe}}$) ve uçuş fazının yüzde kaçında tepe açısal hıza ulaşıldığı hem toraks hem de pelvis için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$Y_{Toraks_{\omega z_{tepe}}} = \frac{t_{Toraks_\omega z_{tepe}} - t_{T3}}{t_{T5} - t_{T3}} * 100 \qquad (0.24)$$

$$Y_{Pelvis_{tepe}} = \frac{t_{Pelvis_\omega z_{tepe}} - t_{T3}}{t_{T5} - t_{T3}} * 100 \quad (0.25)$$

Uçuş Sırasında Gerçekleştirilen Tur Açısı ve Tur Sayısının Hesaplanması

Tur açısının hesabında toraks, pelvis ve ayak açısal pozisyonlarından yola çıkılarak 3 farklı yöntem kullanılmıştır.

Toraks ve pelvisten hesaplanan tur açıları için; ilgili üyenin global koordinat sisteminde T5 anındaki ve T3 anındaki dikey eksene (z) göre açısal konumları kullanılmıştır. Bu iki andaki açısal konumlar arasındaki fark, havada dönülen uçuş tur açısı olarak belirlenmiştir.

$$\theta_{Tur_thorax} = Toraks_\theta z_{T5} - Toraks_\theta z_{T3} \qquad (0.26)$$

$$\theta_{Tur_pelvis} = Pelvis_\theta z_{T5} - Pelvis_\theta z_{T3} \quad (0.27)$$

Ayak pozisyonları üzerinden hesaplanan tur açısı için ise; iniş ayağı olan sağ ayağın T5 anındaki açısal konumundan, kalkış ayağı olan sol ayağın T3 anındaki açısal konumu çıkarılarak toplam dönülen uçuş tur açısı hesaplanmıştır.

$$\theta_{Tur_ayak} = Sağ Ayak_\theta z_{T5} - Sol Ayak_\theta z_{T3} \qquad (0.28)$$

Hesaplanan uçuş tur açısı değerleri 360 dereceye bölünerek uçuş tur sayısı hesaplanmıştır.

$$N_{Tur_thorax} = \frac{\theta_{Tur_thorax}}{360} \qquad (0.29)$$

$$N_{Tur_pelvis} = \frac{\theta_{Tur_pelvis}}{360} \qquad (0.30)$$

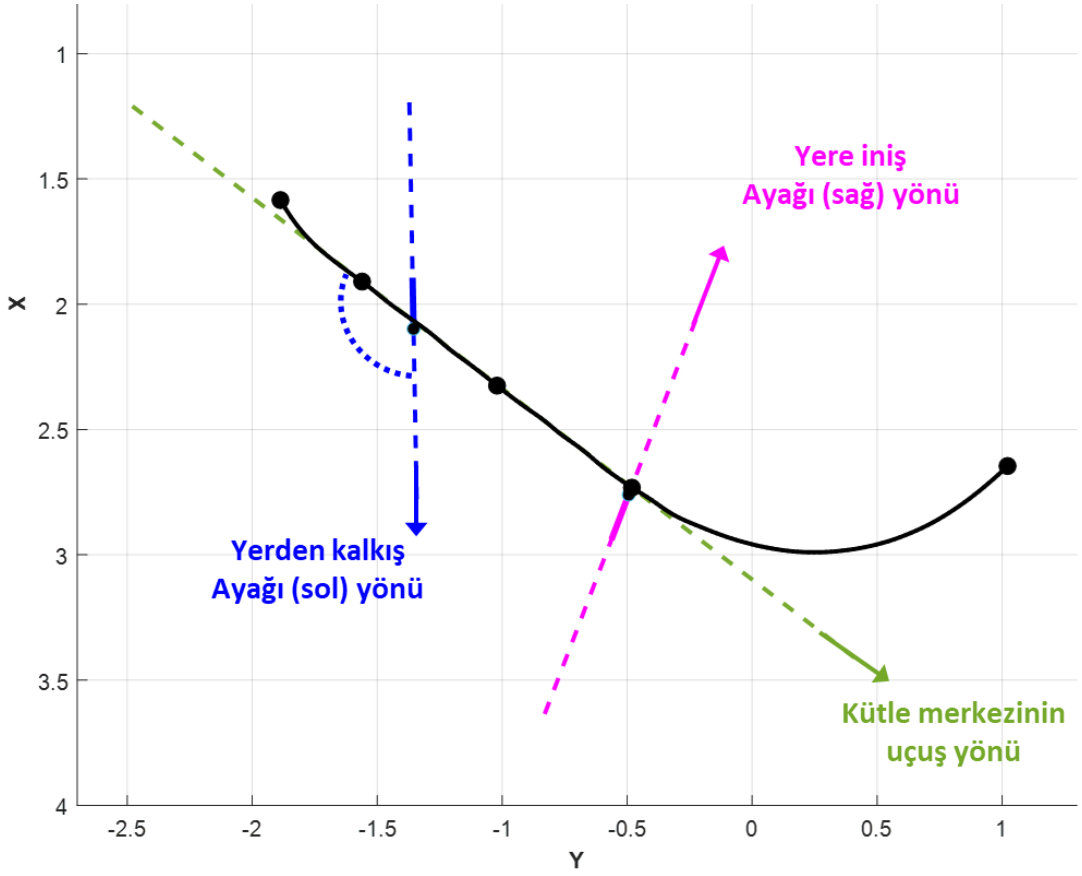
$$N_{Tur_ayak} = \frac{\theta_{Tur_ayak}}{360} \qquad (0.31)$$

Hakem Değerlendirmesine Dayalı Tur Miktarının Belirlenmesi

Bu değişken, tur miktarının yarışma değerlendirmesiyle uyumlu biçimde belirlenebilmesi için geliştirilmiştir. ISU kurallarında sıçrayışlarda gerçekleştirilen tur miktarının değerlendirilmesine ilişkin bilgiler bulunmakla birlikte, bu bilgiler tur miktarının kinematik veriler kullanılarak matematiksel olarak hesaplanabilmesi için yeterli ayrıntıyı içermemektedir. Bu nedenle, hakemlere danışılarak yarışma sırasında

kullanılan pratik değerlendirme yaklaşımı belirlenmiş ve hakemlerin sıçrayış rotasyonunu uçuş yönünü referans alarak değerlendirdiği bilgisinden hareketle matematiksel bir hesaplama yaklaşımı geliştirilmiştir.

Sporcunun konum verileri kullanılarak uçuş sırasında VKM'nin yatay iz düşümünün çizdiği doğrultu 'uçuş doğrultusu' olarak belirlenmiş ve sporcunun inmesi istenen yön olarak kabul edilmiştir. Kalkış anındaki (T3) sol ayağın, VKM'nin 'uçuş doğrultusu' ile yaptığı açı sıçrayışın ön rotasyonu olarak nitelendirilmiştir. Ön rotasyon, buz üzerinde gerçekleştirilmesine rağmen hakemler tarafından sporcunun havada döndüğü varsayılan tur miktarını ifade etmektedir. Bu nedenle, ön rotasyon açısı ile uçuş sırasında ayaklardan ölçülen tur açısının toplamı (θ_ön rotasyon + θ_uçuş), "hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarı" olarak tanımlanmıştır. ISU'nun eksik rotasyon değerlendirmesinde tolere ettiği 90°'lik sınır dikkate alınarak üçlü Salchow sıçrayışı için hedeflenen 1080°'den 90° çıkarılmış ve hesaplanan tur miktarının 990°'ye ulaşıp ulaşmadığı değerlendirilmiştir. Hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarı, bu çalışmada sıçrayışların başarılı ve başarısız gruplara ayrılmasında kullanılmamış, yalnızca grupların kinematik özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla hesaplanmıştır.



Şekil 3.10. Hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarının belirlenmesi için tanımlanan ön rotasyon açısı ve T3 ile T5 pozisyonlarındaki kalkış ve iniş ayak pozisyonları.

3.5.5. İstatistiksel Hesaplamalar

Çalışmanın betimsel ve gözlemsel yapısı nedeniyle veriler hem sporcular özelinde hem de başarılı ve başarısız sıçrayış performansları için ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak betimlenmiştir. Ayrıca grafikler aracılığıyla sunulmuş ve görselleştirilmiştir. Yöntemsel bazı farklılıkların sonuçlara etkisinin karşılaştırılabilmesi ve veri sayısı az olsa da bazı öne çıkan değişkenlerin başarılı ve başarısız performanslar arasındaki farklılıklarının karşılaştırılmasında istatistiksel yöntemlerden faydalanılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi JASP (ver. 0.98.1) yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde 3 farklı yöntemle hesaplama yapılmış ve bu yöntemler arasında anlardaki değişim incelenmiştir. Üç farklı yöntem (VKM, pelvis ve gözlem) ile iki farklı olay (kalkış ve iniş) arasındaki farklılıkların incelenmesi

amacıyla iki yönlü tekrarlı ölçümler varyans analizi (3 × 2 repeated-measures ANOVA) uygulanmıştır. Analizde yöntem ve olay faktörlerinin ana etkileri ile yöntem × olay etkileşimi değerlendirilmiştir. Analiz öncesinde, tekrarlı ölçümlerin faktörleri için küresellik varsayımı Mauchly küresellik testi ile incelenmiştir. Yöntem faktörü için küresellik varsayımının sağlandığı belirlenmiş ve analiz küresellik varsayımı altında gerçekleştirilmiştir. Yöntem × olay etkileşimi için ise küresellik varsayımının ihlal edildiği belirlenmiş ve bu etki için Greenhouse–Geisser düzeltmesi uygulanmıştır. Anlamlı ana etki veya etkileşimlerin hangi düzeylerden kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla basit ana etkiler ve ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilmiş; çoklu karşılaştırmalardan kaynaklanabilecek Tip I hata olasılığını kontrol etmek amacıyla Bonferroni ve Holm düzeltmeleri kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p<.05$ olarak kabul edilmiştir.

Uçuş süresi, sıçrama yüksekliği, toplam rotasyon açısı gibi değişkenlerde gruplar arasındaki farklılıkların incelenmesinde bağımsız örneklem t testi (independent-samples t-test) kullanılmıştır. Analizlerde her sporcunun dört denemesinden elde edilen ortalama değer esas alınmış ve her sporcu istatistiksel analizde bir gözlem birimi olarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki ortalama farklar %95 güven aralıkları ile birlikte raporlanmıştır. Farkların büyüklüğünü değerlendirmek amacıyla küçük örneklemlerdeki yanlılığı düzeltmek üzere Hedges' g etki büyüklüğü hesaplanmış ve bu değerler %95 güven aralıklarıyla sunulmuştur. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edilmiştir. Bulguların yorumlanmasında yalnızca p değerleri değil, ortalama farklar, etki büyüklükleri ve bunlara ait güven aralıkları da dikkate alınmıştır. Örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle istatistiksel sonuçlar ihtiyatlı bir biçimde yorumlanmıştır. Bağımsız örneklem t testinin normallik varsayımı, her iki gruptaki verilerin dağılımı Shapiro–Wilk testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, grup başına örneklem büyüklüğünün düşük olması ($n=3$), normallik testlerinin varsayımdan sapmaları belirleme gücünü sınırlandırabileceğinden, test sonuçlarının sınırlılıkları dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Kalkış ve İniş Anlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Kalkış (T3) ve iniş (T5) olay anları VKM, pelvis ve gözlem olmak üzere üç farklı yöntemle belirlenmiştir. Tablo 4.1'de kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmuştur.

Tablo 4.1. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

Yöntem	Olay	N	Ortalama (Ort.)	Standart Sapma (SS)	Standart Hata (SH)	Varyasyon Katsayısı (VK)
VKM	Kalkış	25	362,2	126,6	25,32	0,3494
	İniş	25	411,0	124,4	24,88	0,3027
Pelvis	Kalkış	25	364,0	127,0	25,41	0,3490
	İniş	25	410,3	123,9	24,78	0,3020
Gözlem	Kalkış	25	363,8	127,2	25,45	0,3497
	İniş	25	410,5	124,7	24,93	0,3037

VKM, pelvis ve gözlem yöntemleriyle belirlenen olay anları arasında farklılık olup olmadığını incelemek amacıyla 3×2 iki yönlü tekrarlı ölçümler için ANOVA testi uygulanmıştır.

ANOVA analizi öncesinde küresellik (sphericity) varsayımı Mauchly's Testi ile değerlendirilmiştir. Yöntem ana etkisi için küresellik varsayımının sağlandığı ($W = 0,9597$; $p = 0,623$), ancak Yöntem x Olay etkileşimi için küresellik varsayımının ihlal edildiği saptanmıştır ($W = 0,7690$; $p = 0,049$). Bu nedenle, Yöntem x Olay etkileşimi değerlendirilirken Greenhouse-Geisser düzeltmeli serbestlik dereceleri ve p-değerleri dikkate alınmıştır.

Yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ($F(1,923; 46,140) = 4,045$; $p = 0,025$). Yöntem ve Olay faktörleri arasında istatistiksel olarak yüksek düzeyde anlamlı bir etkileşim etkisi tespit edilmiştir ($F(1,625; 38,990) = 29,470$; $p < 0,001$). Yöntem x Olay etkileşiminin anlamlı çıkması, yöntemler

arasındaki farkın incelenen olay türüne (T3 veya T5) bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Anlamlı çıkan etkileşim etkisinin detaylarını belirlemek amacıyla her bir olay (T3 ve T5) için ayrı ayrı basit ana etkiler (*Simple Main Effects*) analizi yapılmış ve yöntemler ikili olarak Bonferroni düzeltmeli Post-Hoc testi ile karşılaştırılmıştır.

Kalkış (T3) olayı için yapılan basit ana etki analizi, yöntemler arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir ($F(2; 24) = 22{,}800$; $p < 0{,}001$). Bonferroni Post-Hoc test sonuçlarına göre, VKM yöntemi (362,20 ± 126,60), Çıkış (T3) anını tespit etmede Pelvis yöntemine (364,00 ± 127,00) kıyasla ortalama 1,72 kare ($p_{Bonf} < 0{,}001$) ve Gözlem yöntemine (363,80 ± 127,20) kıyasla ortalama 1,56 kare ($p_{Bonf} < 0{,}001$) daha düşük/erken tespit etmiştir. Bu farklar istatistiksel olarak anlamlıdır. Pelvis ve Gözlem yöntemleri arasında ise Çıkış (T3) anı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır (Ort. Fark = 0,160; $p_{Bonf} = 1{,}000$).

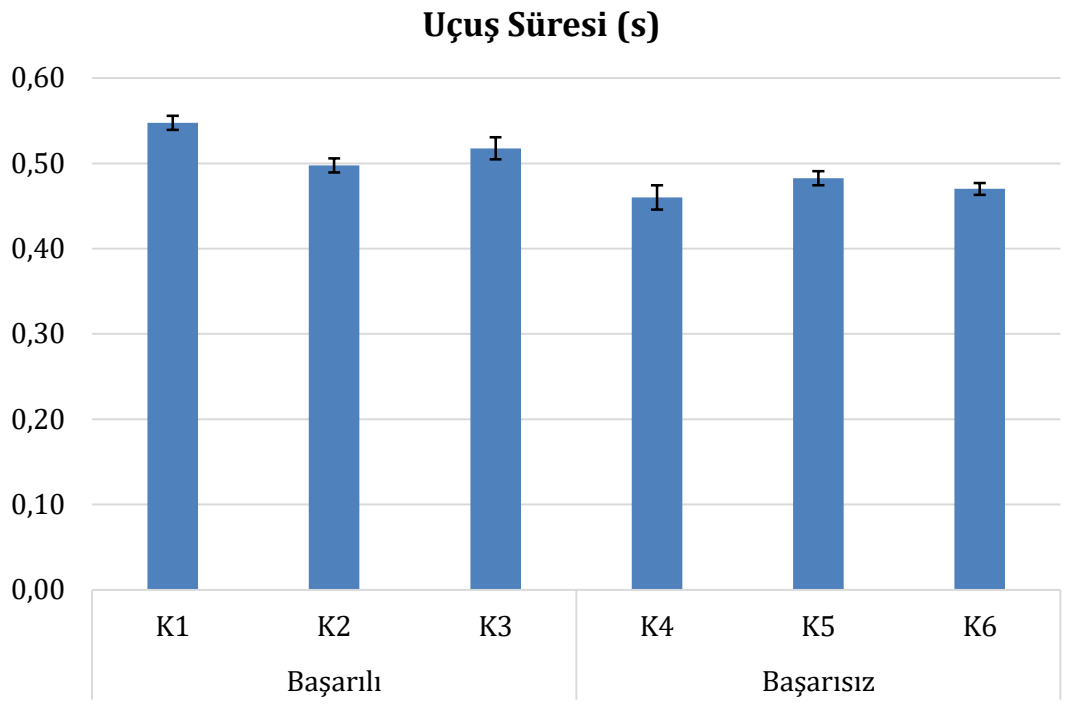
İniş (T5) olayı için yapılan basit ana etki analizi 0,05'e çok yakın olsa da yöntemler arasında anlamlı bir farka işaret etmektedir ($F(2; 24) = 3{,}240$; $p = 0{,}048$). Bonferroni Post-Hoc test sonuçlarına göre, iniş (T5) anında VKM (411,00 ± 124,40), Pelvis (410,30 ± 123,90) ve Gözlem (410,50 ± 124,70) yöntemlerinin ortalama değerleri birbirine son derece yakın bulunmuştur. Çoklu karşılaştırma (Bonferroni) düzeltmesi uygulandığında; VKM ile Pelvis ($p_{Bonf} = 0{,}435$), VKM ile Gözlem ($p_{Bonf} = 0{,}276$) ve Pelvis ile Gözlem ($p_{Bonf} = 1{,}000$) yöntemleri arasındaki ikili farkların hiçbiri istatistiksel olarak anlamlılık sınırına ulaşamamıştır.

Elde edilen istatistiksel bulgular değerlendirildiğinde, Çıkış (T3) anının belirlenmesinde VKM yönteminin Pelvis ve Gözlem yöntemlerine kıyasla sistematik olarak yaklaşık 1,6-1,7 kare daha erken/düşük değerler ürettiği ve bu farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, İniş (T5) anının tespitinde her üç yöntemin de birbiriyle tam bir uyum gösterdiği ve yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görülmüştür. Pelvis ve Gözlem yöntemleri ise hem T3 hem de T5 anlarında birbirleriyle birebir örtüşen sonuçlar sergilemiştir.

4.2. Uçuş Süresine İlişkin Bulgular

Uçuş süreleri ($t_{uçuş}$) bireysel olarak incelendiğinde, farklı gruplarda yer alan Katılımcı 2 ve Katılımcı 5'in birbirine yakın ortalama uçuş sürelerine sahip olduğu görülmüştür. Başarılı sıçrayış grubunda yer alan Katılımcı 2 ortalama 0,498 saniye

havada kalırken, başarısız sıçrayış grubunda yer alan Katılımcı 5 ortalama 0,483 saniye havada kalmıştır. Başarılı grupta yer alan diğer iki katılımcı olan Katılımcı 1 ve Katılımcı 3'ün sırasıyla ortalama 0,548 saniye ve 0,518 saniye havada kaldıkları belirlenmiştir. Başarısız grupta yer alan Katılımcı 4 ve Katılımcı 6'nın ise sırasıyla ortalama 0,460 saniye ve 0,470 saniye havada kaldıkları saptanmıştır. Katılımcıların ortalama uçuş süreleri ve standart sapma değerleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



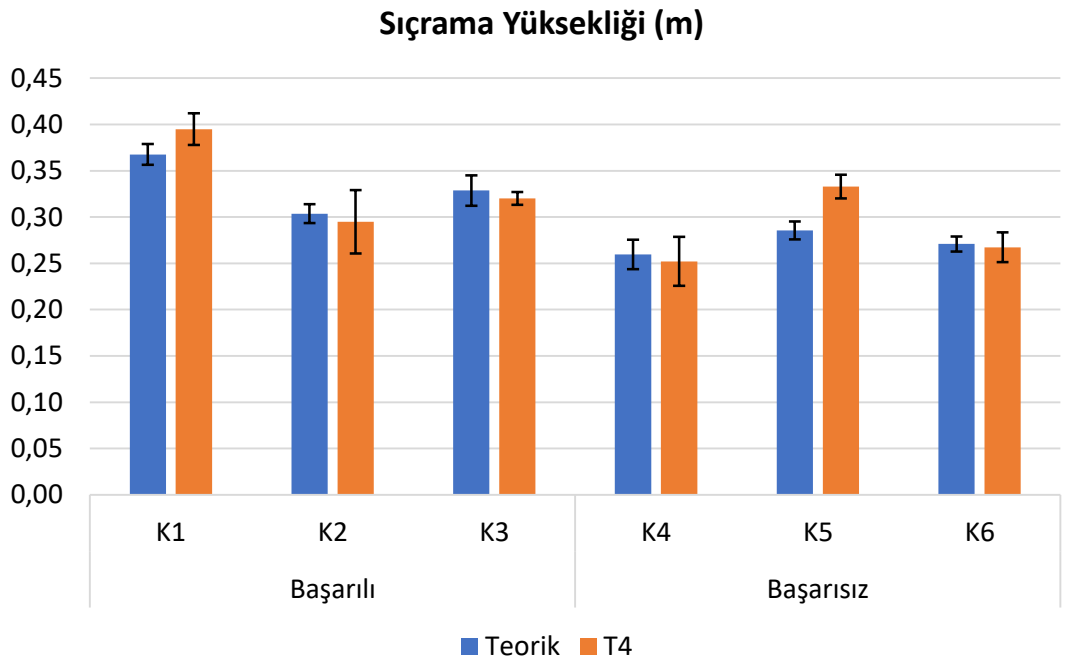
Şekil 4.1. Katılımcıların ortalama uçuş süreleri ve standart sapma değerleri.

Başarılı (B) sporcuların ortalama uçuş süresi (0,521 ± 0,021 s), Başarısız (E) sporculara (0,471 ± 0,009 s) kıyasla 50,33 ms daha uzun bulunmuştur. Başarılı ve başarısız sporcuların ortalama uçuş süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur: $t(4)=3,149$, $p=0,035$. Ortalama fark için elde edilen etki büyüklüğü yüksek bir nokta tahmini göstermiştir (Hedges'g=2,052, %95 GA [-0,120, 4,093]); ancak güven aralığının geniş olması ve sıfırı içermesi nedeniyle etki büyüklüğünün kesinliğine ilişkin belirsizlik yüksektir.

4.3. Sıçrama Yüksekliğine İlişkin Bulgular

Katılımcıların vücut kütle merkezinin T3 ve T4 anları arasındaki yer değişiminden hesaplanan sıçrama yüksekliği (H_{VKM}) bireysel olarak incelendiğinde başarılı grupta yer alan Katılımcı 1, Katılımcı 2 ve Katılımcı 3 sırasıyla 0,395 ± 0,017 m, 0,295 ± 0,034 m, 0,320 ± 0,007 m, başarısız sıçrayış grubunda yer alan Katılımcı 4, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6 ise sırasıyla 0,252 ± 0,027 m, 0,333 ± 0,013 m, 0,267 ± 0,016 m sıçrama yüksekliğine ulaştığı görülmektedir. Başarısız grupta yer alan Katılımcı 5'in sıçrama yüksekliğinin başarılı grupta yer alan Katılımcı 2 ve Katılımcı 3'ten daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.2, T4).

Katılımcıların uçuş süresi kullanılarak hesaplanan teorik sıçrama yüksekliği ($h_{sıçrama}$) bireysel olarak incelendiğinde başarılı grupta yer alan Katılımcı 1, Katılımcı 2 ve Katılımcı 3 sırasıyla 0,368 ± 0.011 m, 0.304 ± 0.010 m, 0.329 ± 0.016, başarısız sıçrayış grubunda yer alan Katılımcı 4, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6 ise sırasıyla 0,260 ± 0,016, 0,286 ± 0,010, 0,271 ± 0,008 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2, Teorik).



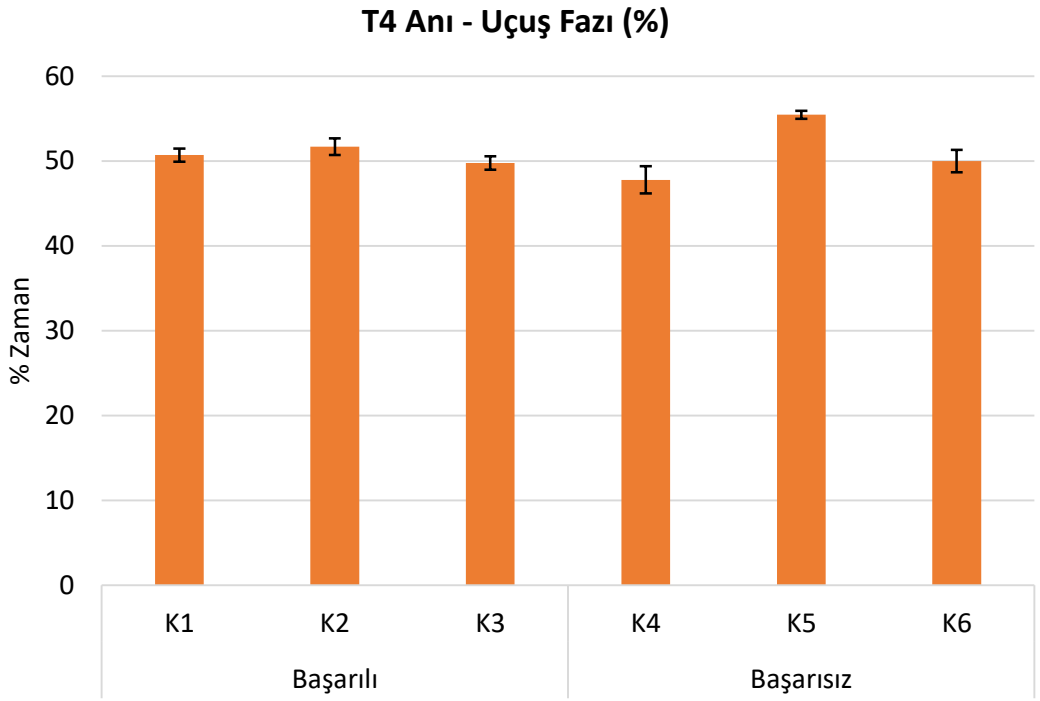
Şekil 4.2. Teorik olarak hesaplanan ve VKM dikey yer değişiminden hesaplanan sıçrama yükseklikleri.

Kütle merkezi yer değişimi üzerinden hesaplanan sıçrama yüksekliği (H_{VKM}) değerleri açısından başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasında yapılan karşılaştırmada

istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (t(4) = 1,350, p = 0,248, Levene p = 0,704, Shapiro-Wilk p = 0,108). Başarılı sporcuların ortalaması 0,34 ± 0,05 m iken, başarısız sporcuların ortalaması 0,28 ± 0,04 m düzeyindedir. Diğer yandan, başarılı ve başarısız sporcuların teorik olarak hesaplanan sıçrama yüksekliği ($h_{sıçrama}$) değerleri arasında yapılan bağımsız örneklem t-testi sonucunda gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir (t(4) = 3,053, p = 0,038). Verilerin normallik (Shapiro-Wilk p = 0,957) ve varyansların homojenliği (Levene p = 0,241) varsayımlarını sağladığı görülmüştür. Başarılı sporcuların ortalaması 0,33 ± 0,03 m iken, başarısız sporcuların ortalaması 0,27 ± 0,01 m olarak bulunmuştur. Ortalama fark için elde edilen etki büyüklüğü yüksek bir nokta tahmini göstermiştir (Hedges' g = 1,912, %95 GA [-0,100, 3,924]); ancak örneklem sayısının azlığına bağlı olarak güven aralığının geniş olması ve sıfırı (veya sınır değerleri) içermesi nedeniyle etki büyüklüğünün kesinliğine ilişkin belirsizlik bulunmaktadır.

4.4. T4 Anına Ulaşma Yüzdesine İlişkin Bulgular

VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anının uçuş fazı içerisindeki zamansal konumu (Y_{T4}) incelendiğinde, başarılı grupta K1, K2 ve K3'ün T4 anına sırasıyla uçuş fazının %50,690 ± 0,767; %51,687 ± 0,972 ve %49,773 ± 0,796'sında ulaştığı belirlenmiştir. Başarısız grupta ise K4, K5 ve K6'nın T4 anına sırasıyla uçuş fazının %47,777 ± 1,608; %55,443 ± 0,474 ve %49,988 ± 1,322'sinde ulaştığı görülmüştür.



Şekil 4.3. VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anının uçuş fazı içerisindeki % konumu.

4.5. Açısal Hıza İlişkin Bulgular

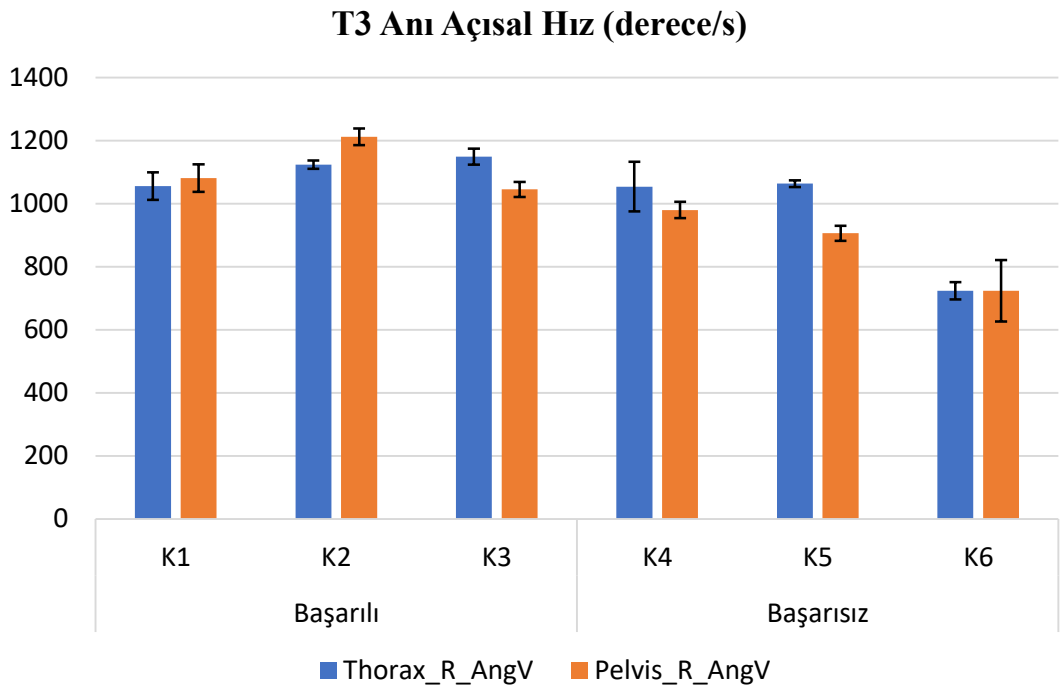
Bu çalışmada açısal hız toraks ve pelvis üyelerinden ayrı ayrı (*Toraks_ωz, Pelvis_ωz*) hesaplanmıştır.

T3 anındaki toraks açısal hızları başarılı sporcularda K1, K2 ve K3 için sırasıyla 1055,669 ± 43,674; 1123,579 ± 13,586 ve 1149,135 ± 25,564 °/s, başarısız sporcularda K4, K5 ve K6 için sırasıyla 1054,118 ± 79,011; 1063,359 ± 10,677 ve 723,612 ± 27,373 °/s olarak belirlenmiştir.

T3 anındaki pelvis açısal hızları ise başarılı sporcularda K1, K2 ve K3 için sırasıyla 1081,301 ± 43,827; 1211,745 ± 26,296 ve 1045,200 ± 23,697 °/s, başarısız sporcularda K4, K5 ve K6 için sırasıyla 979,787 ± 25,712; 906,260 ± 23,801 ve 723,668 ± 97,046 °/s olarak belirlenmiştir.

Başarılı sporcuların T3 anındaki toraks açısal hızı ortalama 1109,461 ± 39,442 °/s, başarısız sporcuların ise ortalama 947,030 ± 158,025 °/s bulunmuştur. T3 anındaki pelvis açısal hızı ise başarılı grupta ortalama 1112,749 ± 71,536 °/s, başarısız grupta ise 869,905 ± 107,674 °/s olarak bulunmuştur. T3 anındaki başarılı-başarısız

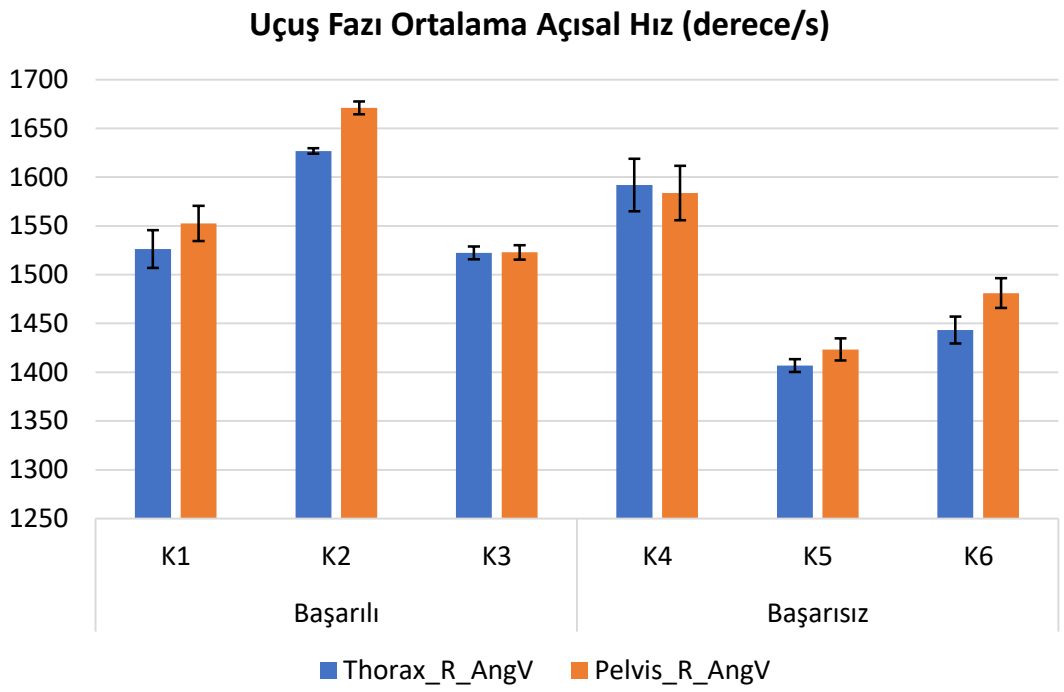
sporcuların ortalamaları incelendiğinde, başarılı sporcuların hem toraks hem de pelvis ortalama açısal hızlarının başarısız sporculardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Başarısız sporcuların T3 anı ortalama toraks ve pelvis açısal hız değerleri, başarılı sporcuların açısal hızlarına kıyasla %14 ve %21 oranında daha düşüktür.



Şekil 4.4. Kalkış anındaki (T3) toraks ve pelvis açısal hızları.

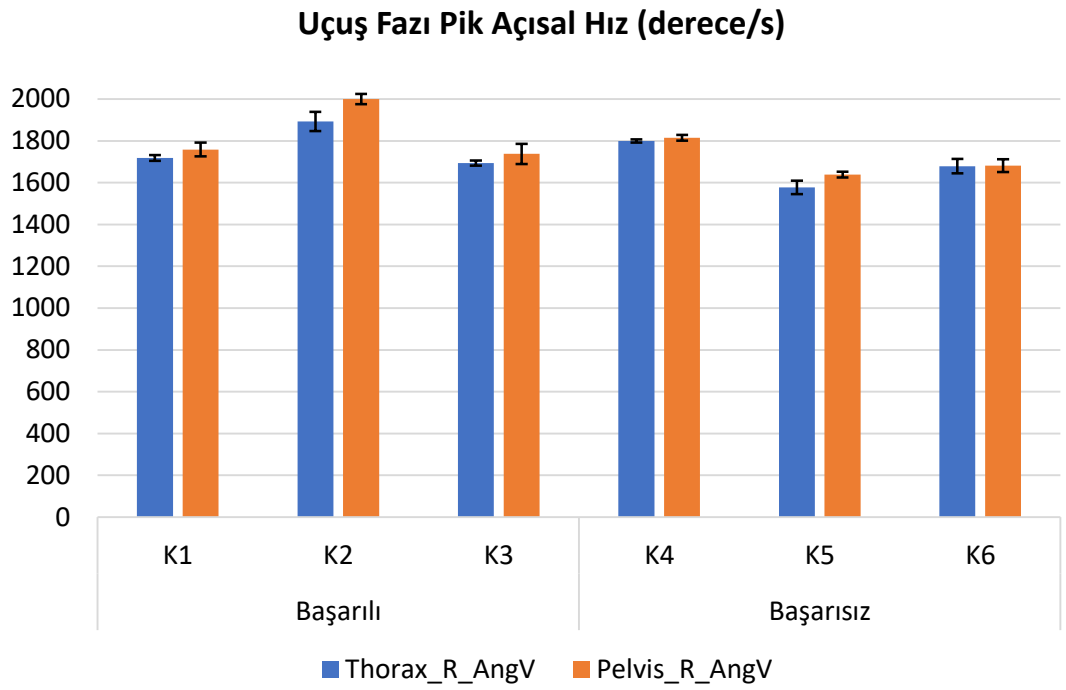
Uçuş fazı ortalama açısal hız değerleri (*Toraks_ωz*$_{ort}$*, Pelvis_ωz*$_{ort}$) Şekil 4.5'te verilmiştir. Katılımcı 1, Katılımcı 2, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6'nın pelvis ortalama açısal hızları toraks açısal hızlarından daha yüksek bulunmuştur. Genel eğilimin aksine, Katılımcı 4'ün toraks açısal hız ortalaması pelvis açısal hız ortalamasından daha yüksektir. Pelvis ve toraks ortalama açısal hızları arasındaki en düşük fark Katılımcı 3'te gözlenmiştir. Açısal hız değerleri hem pelvis hem de toraks için 1522 °/s olarak ölçülmüştür. Katılımcı 5 ve Katılımcı 6'nın ortalama açısal hızları hem pelvis hem de toraks ölçümleri için 1490 °/s'nin altında kalmıştır. Başarılı gerçekleştirilen tüm sıçrayışlarda bu değer 1516 °/s'nin üzerinde bulunmuştur. Fakat toraks ortalama açısal hızı 1595 °/s, pelvis ortalama açısal hızı 1587 °/s olan Katılımcı

4, başarılı sıçrayışlarda gözlenen en düşük ortalama açısal hız değerinin üzerinde olmasına rağmen turu tamamlayamayarak başarısız sıçrayış grubunda yer almıştır.



Şekil 4.5. Uçuş fazında toraks ve pelvisin ulaştığı ortalama açısal hızlar.

Katılımcıların uçuş fazı içerisindeki pik açısal hızları (*Toraks_ωz*$_{tepe}$, *Pelvis_ωz*$_{tepe}$) bireysel olarak incelendiğinde, Katılımcı 3'ün 1691 °/s pelvis pik değerine sahip sıçrayışı başarılı olurken, Katılımcı 6'nın 1724 °/s pelvis pik değerine sahip sıçrayışının başarısız olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Tüm sporcular uçuş sırasında pelvisleri ile daha yüksek pik açısal hız değerlerine ulaşmıştır. Katılımcı 4'ün ortalama açısal hız değeri toraksta daha yüksek olmasına rağmen, pik açısal hız değeri diğer katılımcılarda olduğu gibi pelviste daha yüksek bulunmuştur. En yüksek pik açısal hız değerine toraksta 1916 °/s, pelviste ise 2007 °/s ile Katılımcı 2 ulaşmıştır.

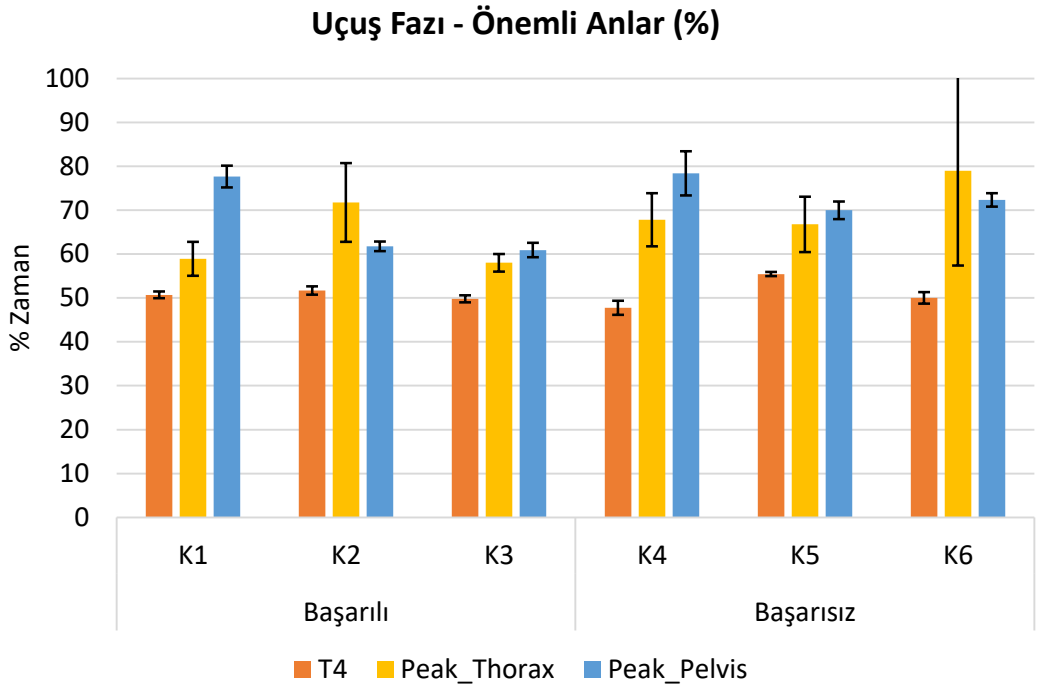


Şekil 4.6. Uçuş fazında toraks ve pelvisin ulaştığı pik açısal hızlar.

Her iki üye üzerinden hesaplanan ortalama (başarılı, toraks: 1558,461 ± 48,356, pelvis: 1582.131 ± 63.953; başarısız, toraks: 1480,721 ± 80,039, pelvis: 1496.061 ± 66.297), ve pik açısal hız değişkenlerinde (başarılı, toraks: 1767.95± 88.844, pelvis: 1832.16± 119.382; başarısız, toraks: 1685.05 ± 90.594, pelvis: 1711.574 ± 75.10), başarılı sporcuların daha yüksek değerler sergilediği görülmesine rağmen başarılı-başarısız sporcular arasındaki farkların hiçbiri istatistiksel anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır. Bununla birlikte, etki büyüklüklerinin orta-yüksek düzeylerde olması, gözlenen grup farklılıklarının tamamen göz ardı edilmemesi gerektiğini düşündürmektedir. Ancak küçük örneklem büyüklüğü ve buna bağlı olarak geniş güven aralıkları, bu etki büyüklüklerinin kesinliği konusunda önemli bir belirsizlik oluşturmaktadır.

Tüm sporcular pelvis ve toraks pik açısal hızlarına ($Y_{Pelvis_\omega ztepe}$, $Y_{Toraks_\omega ztepe}$) VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anından sonra ulaşmışlardır (Şekil 4.7). Katılımcı 1 ve Katılımcı 3 pik toraks açısal hız değerlerine uçuş fazının %60'ından önce ulaşmıştır. Katılımcı 4 ve Katılımcı 5 pik toraks açısal hızlarına sırasıyla uçuş fazının %67 ve %68'inde ulaşırken, Katılımcı 2 ve Katılımcı 6 ise sırasıyla %71 ve %79'unda ulaşmıştır. Pelvis pik açısal hızlarına Katılımcı 2 ve Katılımcı 3 uçuş fazının

%60'larının başında, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6 %70'lerinin başında, Katılımcı 1 ve Katılımcı 4 ise %70'lerinin sonunda ulaşmışlardır. Katılımcı 1, 4 ve 5'te toraks pik açısal hızına pelvis pik açısal hızından önce ulaşılırken, Katılımcı 2 ve 6'da pelvis pik açısal hızına toraks pik açısal hızından önce ulaşılmıştır. Katılımcı 3'te ise toraks pik açısal hızına pelvis pik açısal hızından önce ulaşılmasına rağmen, iki pik arasındaki zaman farkının düşük olduğu görülmüştür.

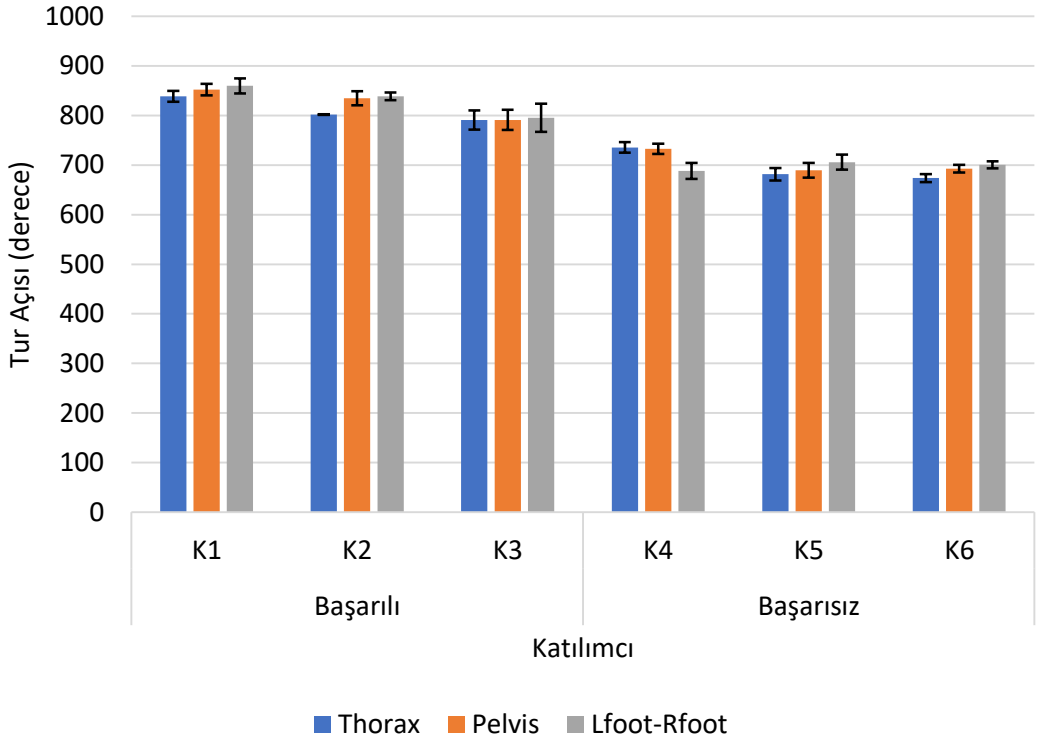


Şekil 4.7. Uçuş fazında VKM tepe noktası ile toraks ve pelvis pik açısal hızlarına ulaşma anları (%).

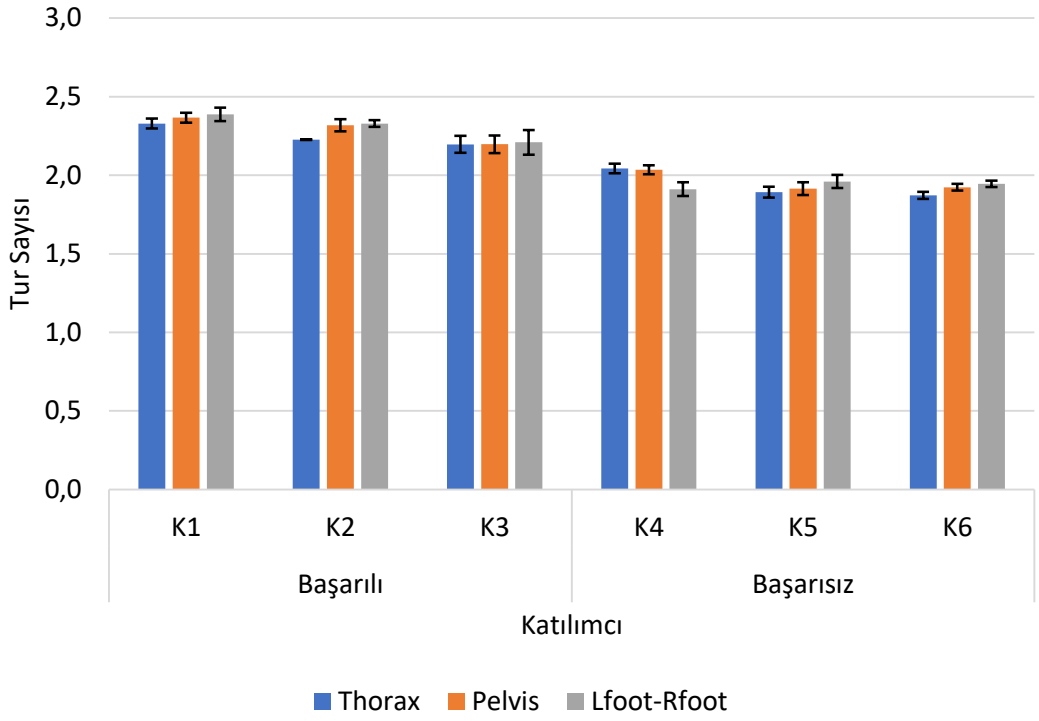
4.6. Uçuş Sırasında Gerçekleştirilen Tur Miktarı

Başarılı ve başarısız sporcuların üç farklı yöntemle hesaplanan tur açıları (θ_{Tur_thorax}, θ_{Tur_pelvis}, θ_{Tur_ayak}) Şekil 4.8'de, tur sayıları (N_{Tur_thorax}, N_{Tur_pelvis}, N_{Tur_ayak}) ise Şekil 4.9'da sunulmuştur. Başarılı performans sergileyen bütün katılımcılar gövde, pelvis ve ayak pozisyonlarından bakıldığında, T3 ve T5 anları arasında 2,15 turun üzerinde rotasyon gerçekleştirmiştir. Başarısız sporcularda ise bu dönüş tur sayısı 2 turdan az bulunmuştur. Katılımcı 4 dışında tüm katılımcılarda benzer bir rotasyon vücut üyesi örüntüsü gözlenmiştir. Diğer tüm katılımcılarda en yüksek rotasyon miktarı, kalkış anındaki ayak ile iniş anındaki ayak açıları kullanılarak hesaplanan

ayak rotasyonunda (N_{Tur_ayak}) gözlenirken, bunu pelvis (N_{Tur_pelvis}) takip etmiş ve en az rotasyon miktarı toraksta (N_{Tur_thorax}) gözlenmiştir. Katılımcı 4'te ise en düşük rotasyon miktarı ayak rotasyonunda gerçekleşirken, bunu pelvis ve ardından toraks takip etmiştir. Gövde, pelvis ve ayak üyelerinden hesaplanan tur miktarlarının birbirine en yakın olduğu katılımcı ise Katılımcı 3 olmuştur.



Şekil 4.8. Gövde, pelvis ve ayak üyelerine göre uçuş sırasında gerçekleştirilen tur açıları.



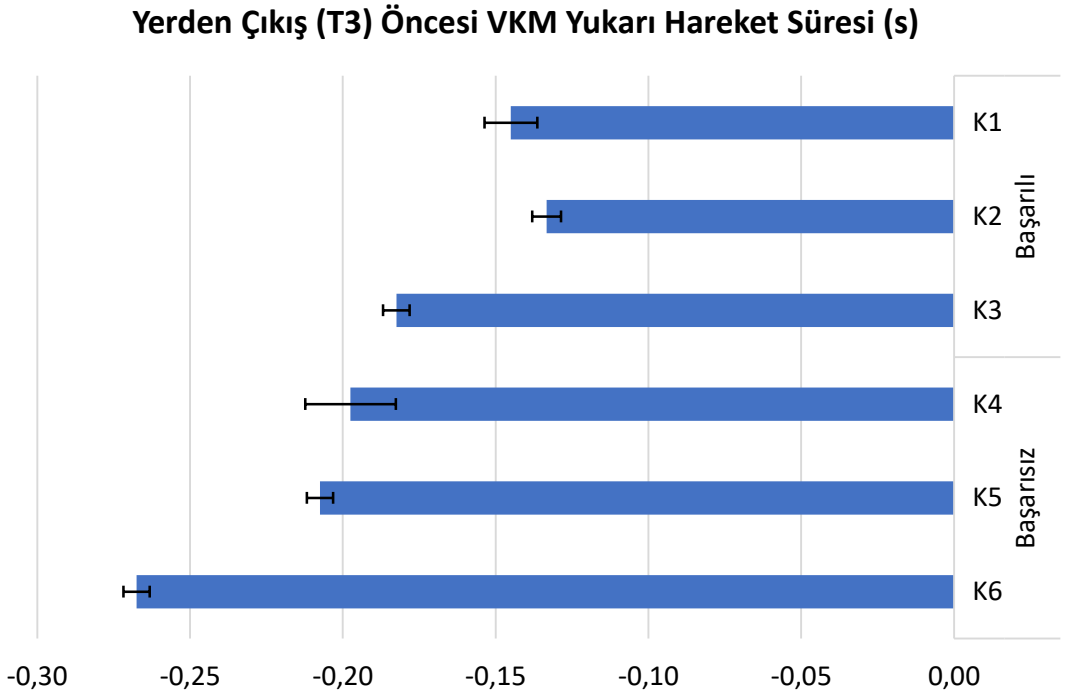
Şekil 4.9. Gövde, pelvis ve ayak üyelerine göre uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarları.

Bağımsız örneklemler t-testi sonucunda, uçuş sırasında gerçekleştirilen tur açısı bakımından başarılı ve başarısız sporcuların ortalamaları arasında thorax ($t(4) = 4{,}687$; $p = 0{,}009$), pelvis ($t(4) = 5{,}306$; $p = 0{,}006$) ve Lfoot–Rfoot ($t(4) = 6{,}677$; $p = 0{,}002$) ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Başarılı ve başarısız sporcular arasındaki ortalama fark thorax için 113,4°, pelvis için 121,1° ve Lfoot–Rfoot için 133,1° olarak belirlenmiştir. Etki büyüklükleri sırasıyla Hedges' $g = 3{,}053$, 3,457 ve 4,415 olarak hesaplanmıştır.

Tur sayısı açısından da başarılı ve başarısız sporcuların ortalamaları arasında thorax ($t(4) = 4{,}698$; $p = 0{,}009$), pelvis ($t(4) = 5{,}285$; $p = 0{,}006$) ve Lfoot–Rfoot ($t(4) = 6{,}765$; $p = 0{,}002$) ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Başarılı ve başarısız sporcular arasındaki ortalama farklar sırasıyla 0,315, 0,336 ve 0,369 tur olarak belirlenirken, Hedges' g değerleri 3,061, 3,443 ve 4,407 olarak hesaplanmıştır. Welch t-testi sonuçlarında da tüm ölçümlerde istatistiksel anlamlılık korunmuştur.

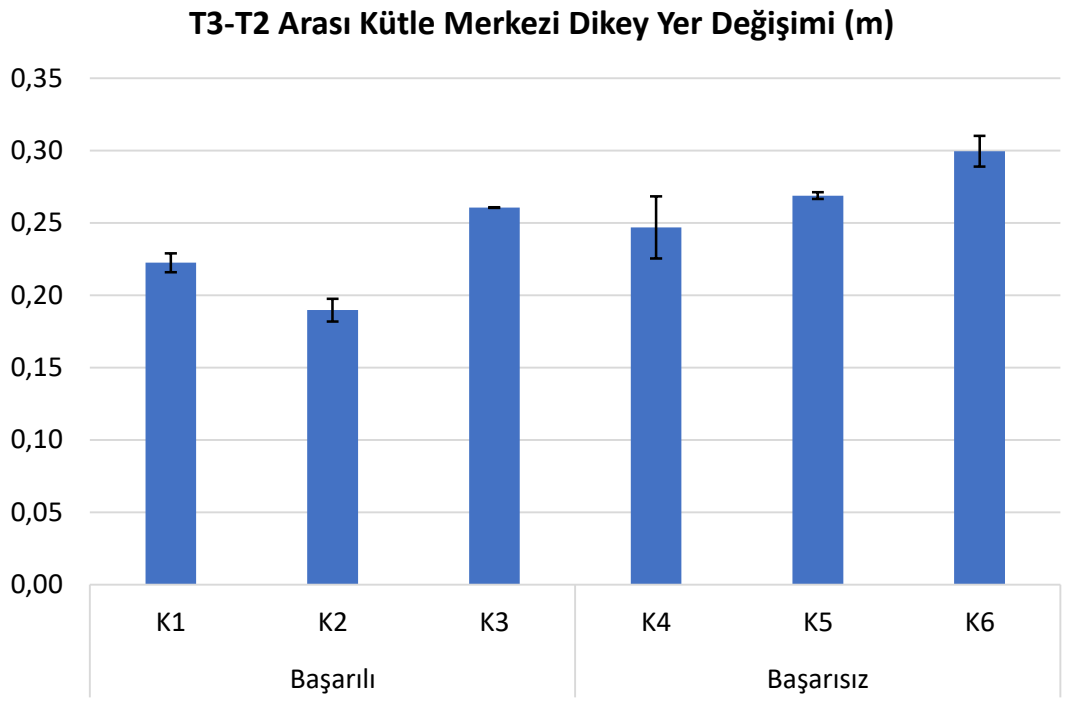
4.7. T2–T3 Evresine İlişkin Bulgular

Başarılı sıçrayışlarda başarısız sıçrayışlara göre T2–T3 arasındaki sürenin ($t_{itiş}$) daha kısa olduğu görülmüştür. Başarılı sporcularda T2–T3 arasında geçen süre K1, K2 ve K3 için sırasıyla 0,145 ± 0,009; 0,133 ± 0,004 ve 0,183 ± 0,004 s'dir. Başarısız sporcularda ise K4, K5 ve K6 için sırasıyla 0,198 ± 0,015; 0,208 ± 0,004 ve 0,268 ± 0,004 s'dir. Başarılı sporcularda T2–T3 evresinin süresi ortalama 0,153 ± 0,021 s, başarısız sporcularda ise 0,224 ± 0,031 s olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10. T2-T3, itiş fazında VKM yer değiştirmesi.

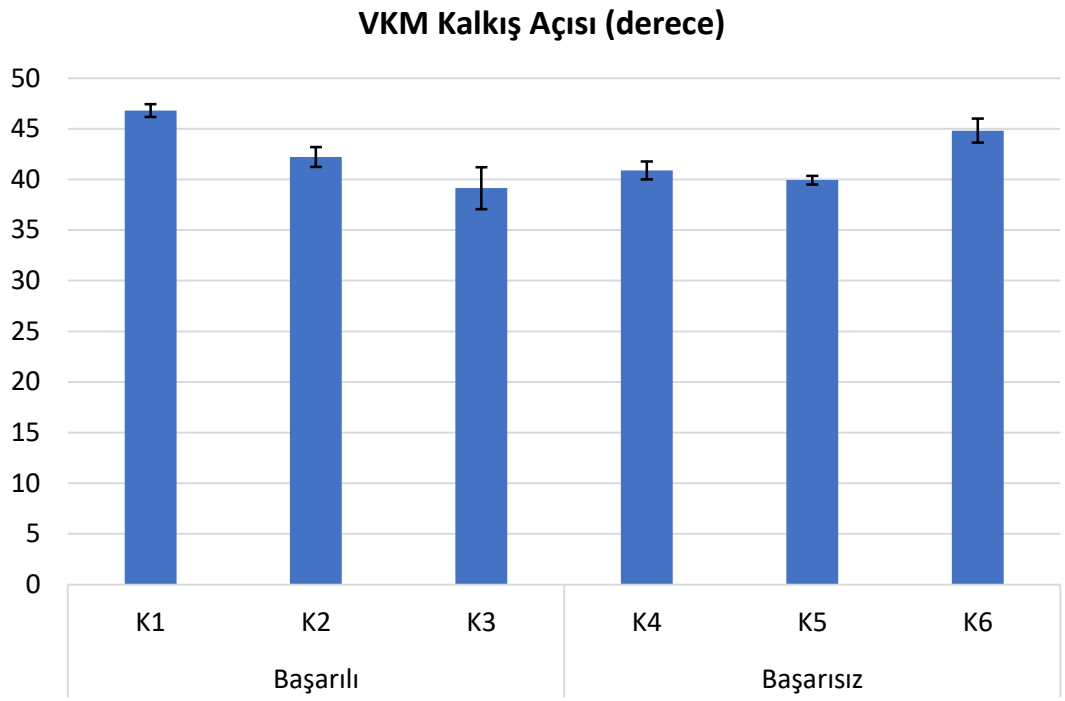
Başarılı sıçrayışlarda başarısız sıçrayışlara göre T2–T3 arasındaki VKM dikey yer değiştirmesinin (VKM_$\Delta z_{T3\text{-}T2}$) daha az olduğu görülmüştür. Başarılı sporcularda T2–T3 arasında VKM'nin dikey yer değiştirmesi K1, K2 ve K3 için sırasıyla 0,222 ± 0,007; 0,190 ± 0,008 ve 0,261 ± 0,000 m'dir. Başarısız sporcularda ise K4, K5 ve K6 için sırasıyla 0,247 ± 0,021; 0,269 ± 0,002 ve 0,299 ± 0,011 m'dir. Başarılı sporcuların T2–T3 evresindeki VKM dikey yer değiştirmesi ortalama 0,224 ± 0,029 m, başarısız sporcuların ise 0,272 ± 0,022 m olarak belirlenmiştir. Katılımcıların boylarına göre normalize edildiğinde VKM dikey yer değiştirmesinin başarılı sporcularda vücut boyunun %14,3 ± 1,6'sı, başarısız sporcularda ise %17,0 ± 1,2'si olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11. İtiş Fazı(T2-T3) VKM dikey yer değiştirmesi.

4.8. VKM Kalkış Açısına İlişkin Bulgular

Başarılı sporcularda VKM kalkış açısı ($\theta_{kalkış}$, VKM'nin bileşke hızının yatay düzlemle yaptığı açı) K1, K2 ve K3 için sırasıyla 46,798 ± 0,629°; 42,221± 0,98° ve 39,134 ± 2,079° olarak belirlenmiştir. Başarısız sporcularda ise K4, K5 ve K6 için sırasıyla 40,882 ± 0,877°; 39,929 ± 0,436° ve 44,816 ± 1,190° olarak bulunmuştur. Başarılı sporcuların VKM kalkış açısı ortalama 42,718 ± 3,148°, başarısız sporcularınki ise 41,876 ± 2,115° olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.12. T3 anı VKM'nin bileşke hızının yatay düzlemle yaptığı açı.

4.9. Hakem Değerlendirmesine Dayalı Tur Miktarına İlişkin Bulgular

Başarılı sıçrayış grubunun ortalama ön rotasyon açısı, başarısız sıçrayış grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Başarılı grupta yer alan Katılımcı 1, Katılımcı 2 ve Katılımcı 3'ün ön rotasyon açıları sırasıyla 122,833 ± 9,200°, 165,803 ± 9,253° ve 179,110 ± 6,571° olarak belirlenmiştir. Başarısız grupta yer alan Katılımcı 4, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6'nın ön rotasyon açıları ise sırasıyla 203,049 ± 16,439°, 137,265 ± 5,312° ve 198,744 ± 7,083° olarak bulunmuştur. Grupların ortalama ön rotasyon açıları başarılı grupta 155,910 ± 24,015°, başarısız grupta ise 179,686 ± 30,048° olarak hesaplanmıştır.

Ön rotasyon açısı ile ayaklardan ölçülen uçuş sırasındaki rotasyon açısının toplanmasıyla hesaplanan hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarı, başarılı grupta yer alan Katılımcı 1, Katılımcı 2 ve Katılımcı 3 için sırasıyla 982,493 ± 13,970°, 1004,350 ± 9,017° ve 974,423 ± 23,818° olarak belirlenmiştir. Başarısız grupta yer alan Katılımcı 4, Katılımcı 5 ve Katılımcı 6 için ise sırasıyla 891,120 ± 8,453°, 842,938 ± 14,667° ve 899,153 ± 10,832° olarak bulunmuştur. Hakem değerlendirmesine dayalı

ortalama tur miktarı başarılı grupta 987,089 ± 12,642°, başarısız grupta ise 877,739 ± 24,820° olarak hesaplanmıştır.

Başarılı grubun hakem değerlendirmesine dayalı ortalama tur miktarı, başarısız gruba göre daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, başarılı grubun ortalama ön rotasyon açısının başarısız gruba göre daha düşük olması, toplam tur miktarındaki bu farklılığın ön rotasyondan kaynaklanmadığını göstermektedir. Her iki grubun ortalama hakem değerlendirmesine dayalı tur miktarı, üçlü Salchow sıçrayışı için 1080°'lik hedef rotasyon açısından ISU kurallarının eksik saymayarak tolere ettiği 90°'nin çıkarılmasıyla elde edilen 990° sınırının altında kalmıştır. Ancak başarılı grubun ortalama tur miktarının bu sınıra oldukça yakın olduğu görülmüştür.

5. TARTIŞMA

5.1. Kalkış ve İniş Anlarının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması

Pelvis ve VKM dikey hızlarından hesaplanan olay anları ile gözlem yöntemiyle belirlenen olay anları karşılaştırıldığında, yöntemler arasındaki farklılığın incelenen olay türüne göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. VKM yöntemiyle belirlenen T3 (kalkış) anının, gözlem yöntemine göre ortalama 1,56 kare, pelvis yöntemine göre ise ortalama 1,72 kare daha erken olduğu tespit edilmiştir. Pelvis ve gözlem yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. T5 (iniş) anının belirlenmesinde kullanılan yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Albert ve Miller (11), tekli ve ikili Axel sıçrayışlarının kalkış mekaniğini inceledikleri çalışmada, ağırlık merkezinin dikey hızının uçuş fazının başlangıcından hemen önce hafif bir azalma gösterdiğini ve bu azalmanın dikey ivmenin negatif hâle gelerek yerçekimi ivmesine yaklaşması nedeniyle sıçrayış kalkışlarında yaygın olarak görüldüğünü belirtmişlerdir. Bu durum, mevcut çalışmada VKM dikey hızına dayalı yöntemin gözlem yöntemine göre kalkış anını daha erken belirlemesini açıklayabilir.

Artistik buz pateni sıçrayışlarında hazırlık ve kalkış aşamalarında kollar ve bacaklar belirgin bir salınım hareketi yapmaktadır. Gövde kullanılan tekniğe bağlı olarak farklı yönlere eğilebilmektedir. VKM'nin konumu tüm vücut segmentlerinin kütle dağılımına ve konumlarına bağlı olarak belirlendiğinden, kalkış ve iniş anındaki bu ani vücut üyesi hareketlerinin VKM'nin konumunu ve buna bağlı olarak hızını etkileyebileceği düşünülmüştür. Buna bağlı olarak, VKM hızından belirlenen kalkış anı ile paten bıçağının buzdan fiziksel olarak ayrıldığı anın farklılık gösterebileceği değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, pelvisin orijin noktasının oluşturulan biyomekanik modelin kök noktası olması, vücudun merkezine yakın konumu ve üst vücut üyelerinin hareketinden etkilenmemesi nedeniyle değerlendirmede kullanılacak önemli bir nokta olabileceği öngörülmüştür. Bu nedenle, pelvis dikey hızının kalkış anının belirlenmesinde alternatif bir gösterge olabileceği düşünülmüş ve çalışmaya ek bir yöntem olarak dahil edilmiştir. Literatürde VKM hızından kalkış anının belirlendiği

çalışmalar olmakla birlikte (6, 13) vücudun hangi parçasından kalkış anının kestirilmesinin daha isabetli olduğunu araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde metodolojik farklılıkları doğrudan inceleyen tek bir çalışmaya rastlanmıştır (18). Bu çalışmada bel bölgesine yerleştirilen ataletsel ölçüm biriminden elde edilen pik ivme verilerinden kalkış anının kestirimi için dört ayrı yöntem önerilmiştir. Çalışmada bu yöntemler videolar üzerinden elle belirledikleri kalkış ve iniş anları ile karşılaştırılmıştır.

Mevcut çalışmada, literatürde kullanılan gözlem ve VKM dikey hızına dayalı yöntemlere ek olarak pelvis dikey hızına dayalı yöntem de kullanılmış ve üç yöntem karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu yönüyle çalışmanın gelecekte kalkış anının belirlenmesine yönelik yapılacak çalışmalar için yöntemsel bir kaynak oluşturabileceği düşünülmektedir.

Artistik buz pateni sıçrayış biyomekaniğinin incelenmesinde kalkış ve iniş anlarının yüksek doğrulukla belirlenmesi, bu anlara bağlı olarak hesaplanacak kinematik değişkenleri etkileyebilecek önemli bir unsurdur. Mevcut çalışmada kalkış anının belirlenmesinde kullanılan yöntemler arasında saptanan 1,56–1,72 karelik fark, 100 Hz örnekleme frekansında 0,0156–0,0172 saniyeye karşılık gelmektedir. Gansukh ve ark. (9), üçlü loop sıçrayışını inceledikleri çalışmada sporcuların uçuş sırasındaki pelvis ortalama açısal hızını 1529,64 ± 47,88 °/s olarak bildirmiştir. Bu tez çalışmasında ortalama açısal hız değerleri 1481,15 ± 98,03 42,221 ± 0,98 °/s ile 1583,68 ± 78,33 °/s aralığında bulunmuştur. Bu büyüklükte bir açısal hız dikkate alındığında, mevcut çalışmada kalkış anının belirlenmesinde gözlenen 1,56 karelik (0,0156 s) zaman farkı yaklaşık 23,1-24,7 °'lik açısal değişime karşılık gelmektedir. Bu durum, kalkış anının belirlenmesindeki birkaç karelik farklılığın uçuş fazına ilişkin açısal değişkenlerin hesaplanmasında göz ardı edilemeyecek bir büyüklüğe karşılık gelebileceğini düşündürmektedir. Artistik buz pateninde eksik rotasyonun değerlendirilmesinde çeyrek tur (90°) sınırının kullanıldığı (26) dikkate alındığında, yaklaşık 23,1-24,7 °'lik bu açısal büyüklüğün söz konusu sınırın yaklaşık %27'sine karşılık gelmesi dikkat çekicidir.

Buna karşın, iniş (T5) anının belirlenmesinde VKM, pelvis ve gözlem yöntemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. Bruening

ve Richards (27), artistik buz pateni sıçrayışlarında paten bıçağının sert yapısı ve buzun sert temas yüzeyi nedeniyle iniş olaylarının açık biçimde ayırt edilebildiğini belirtmiş, tırtık ve topuk temas anlarını ilgili işaretleyicilerin ivme piklerinden belirlemiştir. Ridge ve ark. (28) kuvvet platformu ve paten bıçağına yerleştirilen gerinim ölçer tabanlı kuvvet ölçüm sistemi ile karada yapay buz üzerinde yaptıkları bir ölçümde iniş anında kuvvet platformu ilk kuvvet pikinin tırtığın yüzeyle teması sırasında, ikinci ve daha büyük kuvvet pikinin ise bıçağın geri kalanının yüzeyle temas ettiği ve sporcunun aşağı yönlü hareketinin yavaşladığı sırada meydana geldiğini göstermiştir. Gerinim ölçer ilk kuvvet pikini belirleyememiş, ikinci kuvvet pikini ise daha düşük şiddette belirlemiştir. Buzla ilk temasla birlikte ortaya çıkan yer tepki kuvveti, aşağı yönde hareket eden sporcunun yavaşlamasına ve dolayısıyla dikey hızında kısa sürede belirgin bir değişime neden olmaktadır. Mevcut çalışmada iniş anının gözlemsel olarak belirlenmesi ile VKM ve pelvis dikey hızlarındaki değişim üzerinden belirlenmesinin benzer sonuçlar vermesi, ilk temasla birlikte meydana gelen bu hızlı mekanik değişimle açıklanabilir.

Bu çalışmada farklı veri toplama hızlarının etkilerine bakılmamıştır. Ancak Pelvis, VKM dikey hızı ve gözlem yöntemiyle belirlenen kalkış anı belirlemedeki farklılıklar, veri toplama hızının da bu anları belirlemede önemli olabileceğini göstermektedir. Veri toplama hızı azaldıkça, 1 kare farkın açısal rotasyon miktarı üzerindeki etkisi artacaktır. Literatürde yapılan çalışmalar incelenirken ve karşılaştırmalar yapılırken veri toplama hızındaki farklılıklara dikkat edilmesi önemlidir. Buz pateni sporundaki kalkış ve iniş anlarını belirlemede veri toplama hızının etkileri ileride yapılacak çalışmalarda incelenebilir ve spora özgü ideal çekim hızı eşik değerleri ve/veya an belirleme algoritmaları geliştirilebilir.

5.2. Uçuş Süresinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada uçuş süresi VKM dikey hızına dayalı olarak belirlenen T3 ve T5 arasındaki kare sayısı üzerinden hesaplanmıştır. T3 ve T5 anlarının belirlenme yöntemleri literatürde çeşitlilik göstermekle birlikte, uçuş süresi genel olarak patenin buzdan ayrıldığı kalkış anı ile buzla ilk temasın gerçekleştiği iniş anı arasındaki süre olarak tanımlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, başarılı sıçrayışların uçuş süresinin (0,521 ± 0,021 s), başarısız sıçrayışlara (0,471 ± 0,009 s) kıyasla anlamlı düzeyde daha uzun olduğu belirlenmiştir. Shi ve ark. (3) başarılı ve başarısız üçlü flip sıçrayışını kinematik olarak değerlendirdikleri tek sporculu vaka çalışmasında bu tez çalışmasında elde edilenden uzun uçuş sürelerine ulaşılmıştır. Başarılı sıçrayışların uçuş süresi 0,62 ± 0,07 s, başarısız sıçrayışların ise 0,53 ± 0,04 s olarak bulunmuştur. Söz konusu çalışmada sağ ayağın dış kenarı üzerine inilen sıçrayışlar başarılı olarak değerlendirilirken, VKM'nin iniş bacağından sapmasıyla sonuçlanan çift ayak iniş, step-out ve düşme ile tamamlanan sıçrayışlar ise başarısız olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın erkek sporcu üzerinde gerçekleştiriliyor olması ve başarı-başarısız kriterindeki farklılıklar bu çalışmayı doğrudan bu tez çalışmasıyla karşılaştırmayı sınırlandırmaktadır.

Gansukh ve ark. (9) tarafından 10 elit kadın artistik buz patenci üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, 3lo sıçrayışının uçuş süresi ortalama 0,503 ± 0,032 s olarak hesaplanmıştır. Bu tez çalışmasının değerlerine yakın bir ortalama göstermektedir.

King ve ark. (2) başarılı ve başarısız 4T sıçrayışlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında doğrudan uçuş süresini ölçmemiş olsalar da, başarılı sıçrayışlarda başarısız sıçrayışlara göre daha yüksek bir kalkış dikey hızı bulmuşlardır. Bu bulgu, teorik olarak başarılı sıçrayışların daha uzun uçuş sürelerine ulaşma potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir.

King (29) tarafından 4 erkek patencinin 8 adet 3Lz sıçrayışının analiz edildiği çalışmada ortalama uçuş süresi 0,62 ± 0,01 s olarak hesaplanmıştır. İkegami ve ark. (30) 4S deneyen bir sporcu üzerinden gerçekleştirdikleri vaka çalışmasında farklı yönde bir bulgu bildirmiştir. Başarılı denemenin uçuş süresi 0,584 s iken, düşmeyle sonuçlanan denemede 0,604 s olarak belirlenmiştir. Buna karşılık, kalkıştan VKM'nin maksimum yüksekliğine kadar gerçekleşen dikey yer değiştirme başarılı denemede 0,40 m, düşmeyle sonuçlanan denemede ise 0,38 m olarak bulunmuştur. Bu bulgular, uçuş süresinin tek başına sıçrayış başarısını açıklamak için yeterli olmayabileceğini düşündürmektedir.

Mazurkiewicz ve ark. (13) tarafından 1A, 2A ve 3A'nın karşılaştırıldığı çalışmada ise tur sayısı arttıkça uçuş süresi artmıştır. Uçuş süresi 1A'da 0,60 s, 2A'da 0,64 s ve 3A'da 0,68 s olarak belirlenmiş, 1A ve 3A arasında %12'lik bir uçuş süresi

farkı olduğu bulunmuştur. Ancak bu verilerin, söz konusu tur sayılarını hâlihazırda gerçekleştirebilen sporculardan elde edildiği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, daha yüksek tur sayısına sahip sıçrayışları hâlihazırda gerçekleştirebilen sporculardan elde edilen farklı tur sayılarına ilişkin bulguların, hedeflenen tur sayısını ancak tamamlayabilen veya tamamlayamayan sporcuların denemeleriyle doğrudan karşılaştırılması sınırlı olabilir.

Literatürde üçlü sıçrayışlar (3A hariç) incelendiğinde, bu tez çalışmasında elde edilen uçuş sürelerinden daha yüksek değerler bildiren üç çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların tamamının örneklemini erkek patenciler oluşturmaktadır. Buna karşılık, kadın patenciler üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada bildirilen uçuş süresi, bu tez çalışmasının başarılı grubundan daha düşük, başarısız grubundan ise daha yüksektir. Söz konusu çalışmada hesaplanan ortalama uçuş süresi, bu tez çalışmasında elde edilen ortalama uçuş süresinden 0,018 s daha kısadır. Bununla birlikte, uçuş süreleri betimsel olarak incelendiğinde, çalışmalar arasında gözlenen bu farkın, bu tez çalışmasının başarılı grubunu oluşturan katılımcıların kendi aralarında gözlenen uçuş süresi farklarından daha küçük olduğu gözlenmiştir.

Literatürde başarılı sıçrayışlarda daha uzun uçuş süresi bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte, aksini gösteren çalışmalar da vardır. Bu sonuçlar, sıçrayış başarısının yalnızca uçuş süresiyle ilişkilendirilemeyeceğini göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmalarda kullanılan başarılı ve başarısız sıçrayış kriterlerinin farklılık göstermesi ve eksik rotasyonlu sıçrayışlar ile tam rotasyon gerçekleştirilen sıçrayışları doğrudan karşılaştıran çalışmaların literatürde sınırlı olması, çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapmayı güçleştirmektedir.

5.3. Sıçrama Yüksekliğinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada sıçrama yüksekliği, VKM'nin T4 anındaki dikey konumundan T3 anındaki dikey konumu çıkarılarak elde edilen dikey yer değişiminden belirlenmiş, ayrıca uçuş süresi kullanılarak teorik olarak hesaplanmıştır. Böylece her sıçrayış için iki ayrı sıçrama yüksekliği değeri elde edilmiştir. Başarılı ve başarısız gerçekleştirilen sıçrayışlar arasında VKM yerdeğişimi üzerinden hesaplanan sıçrama yüksekliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, teorik olarak uçuş süresi üzerinden elde edilen değerler arasında bir fark görülmüştür. VKM'nin T4–T3 dikey

konum farkından belirlenen ortalama sıçrama yüksekliği başarılı sporcularda ortalama 0,337 ± 0,042 m, başarısız sporcularda ise 0,284 ± 0,035 m olarak ölçülmüştür. Uçuş süresinden teorik olarak hesaplanan sıçrama yüksekliği başarılı sporcular için 0,333 ± 0,026 m, başarısız sporcular için ise 0,272 ± 0,011 m olarak hesaplanmıştır. Başarısız sporcularda sıçrama yüksekliği, VKM dikey yer değişiminden belirlenen yöntem ile uçuş süresinden teorik olarak hesaplanan yöntem arasında 0,004 m fark göstermiştir. Başarısız sporcularda ise yaklaşık 0,012 m'lik bir fark gözlenmiştir.

Literatürde sıçrama yüksekliği çeşitli yöntemlerle ölçülmüştür. VKM'nin ulaştığı maksimum dikey konumdan kalkış anındaki dikey konumunun çıkarılmasıyla hesaplandığı (9, 12, 16), VKM'nin buz yüzeyine göre ulaştığı maksimum dikey konumun ölçüldüğü (6, 13), uçuş süresinden teorik olarak hesaplandığı (3, 31), buz yüzeyi ile sporcunun ayağının en alt noktası arasındaki mesafenin ölçüldüğü (4, 10), sporcunun ulaştığı en yüksek noktanın buz yüzeyine olan uzaklığının sporcunun boyundan çıkarılmasıyla belirlenen (27) yöntemler bulunmaktadır. Literatürde sıçrama yüksekliğinin belirlenmesinde farklı yöntemlerin kullanılması, çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapılmasını zorlaştırmaktadır.

Literatürde üçlü sıçrayışların yüksekliğinin bildirildiği altı çalışmaya ulaşılmıştır. Bu çalışmalar yalnızca erkek, yalnızca kadın veya kadın ve erkek sporculardan oluşan karma örneklemler içermektedir. Ayrıca sıçrama yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin çalışmalar arasında farklılık göstermesi, bildirilen değerlerin doğrudan karşılaştırılmasını sınırlandırmaktadır.

Gansukh ve ark. (9) tarafından 10 kadın sporcu üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, VKM'nin dikey yer değiştirmesi üzerinden belirlenen 3Lo sıçrama yüksekliği ortalama 0,269 ± 0,038 m olarak bulunmuştur. Sertoğlu (6) tarafından beş erkek ve iki kadın sporcu üzerinde gerçekleştirilen çalışmada ise uçuş sırasında VKM'nin buz yüzeyine göre ulaştığı maksimum dikey konum değerlendirilmiş ve çeyrek tur eksik üçlü Salchow sıçrayışı için ortalama 1,427 m değer bildirilmiştir. King ve ark. (12) tarafından erkek sporcular üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, maksimum VKM dikey yer değiştirmesi üzerinden belirlenen 3T sıçrama yüksekliği, 4T gerçekleştirebilen sporcularda 0,55 ± 0,12 m, 4T gerçekleştiremeyen sporcularda ise 0,51 ± 0,07 m olarak bulunmuştur. Shi ve ark. (3) tarafından bir erkek sporcu üzerinde

gerçekleştirilen çalışmada, uçuş süresinden teorik olarak hesaplanan sıçrama yüksekliği başarılı sıçrayışlarda 0,48 ± 0,10 m, başarısız sıçrayışlarda ise 0,34 ± 0,05 m olarak bildirilmiştir. King (29) tarafından dört erkek patencinin incelendiği çalışmada sıçrama yüksekliğinin hesaplanma yöntemi ayrıntılı olarak açıklanmamakla birlikte, 3Lz sıçrayışı için ortalama maksimum sıçrama yüksekliği 0,48 ± 0,12 m olarak bildirilmiştir. Sakurai ve ark. (31) tarafından Olimpiyat Oyunları'na katılan kadın sporcuların incelendiği çalışmada ise uçuş süresinden belirlenen sıçrama yüksekliği 3S için 0,387 m, 3T için 0,433 m, 3Lo için 0,421 m, 3F için 0,462 m ve 3Lz için 0,518 m olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada gözlenen teorik uçuş yükseklikleri, literatürde kaydedilen teorik uçuş yüksekliklerinden daha düşük bulunmuştur. Fakat üçlü sıçrayış içeren (3A hariç) yalnızca iki çalışmanın (3, 31) değerlerine sahip olmamız ve bu iki çalışmanın birinin örnekleminin erkeklerden oluşması, bu genellemeyi yapabilmemiz için yeterli kanıtı sunmamaktadır. Literatürde üçlü sıçrayışlar için kalkış ve iniş anı VKM dikey yer değişiminden hesaplanan sıçrama yüksekliği verisine sahip iki çalışmaya ulaşılmıştır (9, 12).

Literatürde daha fazla rotasyon içeren sıçrayışlarda daha yüksek sıçrama yüksekliği bildiren çalışmalar bulunmaktadır (1, 3, 31, 32). Buna karşın, rotasyon sayısındaki artışla birlikte sıçrama yüksekliğinde artış gözlenmediğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (10, 11). Çalışmalarda ortak değişken olan sıçrama yüksekliği değerlendirilmiş olmakla birlikte, bu değişkenin belirlenmesinde kullanılan yöntemler farklılık göstermektedir. Sıçrama yüksekliği bazı çalışmalarda uçuş süresinden teorik olarak hesaplanırken (3, 31), bazı çalışmalarda patenin ulaştığı maksimum yükseklik üzerinden belirlenmiştir (1, 10). Ikegami ve ark. (32) ise sıçrama yüksekliğini, patenin buzdan ayrıldığı andan VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı ana kadar gerçekleşen dikey yer değiştirme üzerinden belirlemiştir. Bu yöntemsel farklılıklar, çalışmalar arasında bildirilen sıçrama yüksekliği değerlerinin doğrudan karşılaştırılabilirliğini sınırlandırabileceği gibi, rotasyon sayısı ile sıçrama yüksekliği arasındaki ilişkiye yönelik farklı bulguların ortaya çıkmasına da katkıda bulunmuş olabilir.

Bir sıçrayışta gerçekleştirilen tur sayısını artırabilmek için birkaç temel biyomekanik strateji bulunmaktadır. Sıçrama yüksekliği artırılabilir, kalkış sırasında üretilen açısal momentum artırılabilir, eylemsizlik momenti azaltılarak dönüş sırasında

açısal hız artırılabilir, yüksek açısal hız düzeyine erken ulaşılması ve bu düzeyin uzun süre korunması sağlanabilir ve son olarak kuralların izin verdiği ölçüde sıçrayışın başından tur kazanılabilir. Sporcuların üçlü sıçrayışlarda havada yaklaşık 1,84-2,5 tur arasında dönüş gerçekleştirdiği bildirilmiştir (1, 3, 33). Uçuş fazının yaklaşık yarım saniye sürdüğü düşünüldüğünde, bu durum sporcunun uçuş sırasında yüksek açısal hızlara ulaşmasını gerektirmektedir. Bununla birlikte, sporcunun vücut üyelerini rotasyon eksenine yaklaştırarak eylemsizlik momentini azaltabileceği miktar anatomik olarak sınırlıdır (16). Bu nedenle, özellikle yüksek rotasyonlu sıçrayışlarda tamamlanan tur sayısının artırılabilmesi için sıçrama yüksekliği ile rotasyon hızının birlikte artırılması önem kazanmaktadır (10).

5.4. T4 Anına Ulaşma Yüzdesine İlişkin Bulgular

Literatürde artistik buz pateni sıçrayışlarında VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı anın toplam uçuş süresine oranlanarak değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, sıçrama yüksekliğini inceleyen çalışmalarda kalkış ve iniş anlarındaki VKM konumlarının birbirinden farklı olabildiği görülmektedir. King ve ark. (12), üçlü ve dörtlü toe-loop sıçrayışlarında kalkış ve iniş anlarındaki VKM yüksekliklerini ayrı ayrı değerlendirmiştir. Çalışmada incelenen gruplarda kalkış ve iniş anlarındaki VKM yükseklikleri arasında yaklaşık 5–7 cm arasında değişen farklılıklar bildirilmiştir. Bruening ve ark. (18) ise mekânsal video analizi kullanarak kalkış ve iniş konumlarını karşılaştırmış ve iniş anındaki konumun kalkış anına göre ortalama 1,5 cm daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Araştırmacılar bu farklılığın, kalkış ve iniş yüksekliğinin eşit olduğu varsayımına dayalı olarak uçuş süresinden hesaplanan sıçrama yüksekliğinin olduğundan daha düşük tahmin edilmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Kalkış ve iniş anlarındaki VKM yüksekliğinin eşit olduğu teorik bir durumda, VKM'nin maksimum yüksekliğe uçuş süresinin yaklaşık yarısında ulaşması beklenmektedir. Ancak artistik buz pateni sıçrayışlarında kalkış ve iniş anlarındaki VKM konumlarının farklı olabilmesi, maksimum yüksekliğe ulaşma anının uçuş fazının tam olarak %50'sine karşılık gelmemesine neden olabilir. Bu çalışmada T4 anına başarılı sporcularda uçuş fazının ortalama %50,726 ± 0,972'sinde, başarısız sporcularda ise %51,069 ± 3,946'sında ulaşılmıştır. Her iki grubun ortalama

değerlerinin uçuş fazının yaklaşık yarısında bulunması, maksimum VKM yüksekliğine ulaşma zamanlaması açısından başarılı ve başarısız performanslar arasında belirgin bir farklılık olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, başarısız sporculardaki bireysel değerlerin daha geniş bir dağılım göstermesi dikkat çekmektedir.

5.5. Sıçrayışlarda Açısal Hızın Değerlendirilmesi

Literatürde uyluk, baldır ve ayak tabanından açısal hızın ölçüldüğü bir çalışma bulunmakla birlikte (3) açısal hızların, omuz doğrultusundan belirlenen üst gövde rotasyonu (9, 10, 14, 15) ve pelvis rotasyonu (2, 6, 12, 15) üzerinden değerlendirilmesi en yaygın kullanılan yöntemlerdir. Kullanılan yöntemlerin literatürde farklılık göstermesi çalışmalar arasında doğrudan karşılaştırma yapmayı güçleştirmektedir. Bu çalışmada analiz anlarına ait açısal hızlar ve pik açısal hızlar hem pelvis hem de toraks için ayrı ayrı belirlenmiş, ayrıca bu iki üyeden elde edilen açısal hız değerleri arasındaki farklar incelenmiştir. Böylece, açısal hızlara ilişkin bulguların yanı sıra farklı üyelerden elde edilen açısal hız değerlerinin karşılaştırılabilirliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada beş sporcunun pelvisten ölçülen ortalama açısal hızları, torakstan ölçülen ortalama açısal hızlarından daha yüksek bulunmuştur. Katılımcı 4'ün ise torakstan ölçülen ortalama açısal hızı pelvisten ölçülen ortalama açısal hızından daha yüksek bulunmuştur. T3 anında Katılımcı 4 dışında geri kalan tüm katılımcılarda toraks, rotasyon yönünde pelvise göre daha ileride bulunmuştur. Bir diğer ifadeyle, toraks uçuş fazına pelvise göre daha fazla rotasyon gerçekleştirmiş olarak başlamıştır. Ortalama açısal hızlar T3-T5 anları arasında hesaplandığı için ve sıçrayışın tamamlanması için gerçekleştirilmesi gereken toplam rotasyon miktarı göz önünde bulundurulduğunda toraksın T3–T5 arasında tamamlaması gereken açısal yer değiştirme pelvisinkinden daha az olabilir. Böyle bir durumda toraksın uçuş fazındaki ortalama açısal hızının pelvisten düşük olması şaşırtıcı değildir. Ancak üyelerin T3 anındaki yönelimleri ile uçuş fazındaki ortalama açısal hızları arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmemiştir. Gelecek çalışmalarda vücut üyelerinin yönelimleri ve açısal hızları arasındaki ilişkinin incelenmesi üyeler arası rotasyon koordinasyonunun ve farklı tekniklerin olası avantaj ve dezavantajlarının anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

King ve ark.'nın (12) yaptığı bir çalışmada, bu tez çalışmasındaki T3 anına karşılık gelen itiş fazının sonunda, 3T ve 4T sıçrayışlarının tümünde omuzların kalçalara göre ortalama 4–6° daha fazla dönmüş durumda bulunmuştur. Bu bulgu, mevcut tez çalışmasında katılımcıların çoğunda toraksın T3 anında pelvise göre rotasyon yönünde daha ileride bulunmasıyla benzer bir örüntü göstermektedir.

Bu çalışmada T3 anındaki açısal hızlar incelendiğinde, başarılı sporcularda pelvis açısal hızının ortalama 1112,749 ± 71,536 °/s, başarısız sporcularda ise 869,905 ± 107,674 °/s olduğu görülmüştür. Toraks açısal hızı ise başarılı sporcularda ortalama 1109,461 ± 39,442 °/s, başarısız sporcularda ise 947,030 ± 158,025 °/s olarak belirlenmiştir. Buna göre, başarılı sporcularda özellikle pelvisin kalkış anındaki açısal hızının daha yüksek olduğu görülmektedir. Literatürde artistik buz pateni sıçrayışlarında kalkış anındaki toraks ve pelvis açısal hızlarını başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasında doğrudan karşılaştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında, başarılı ve başarısız sıçrayışlar arasında uçuş fazındaki ortalama açısal hız açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Başarılı tüm sıçrayışlarda ortalama açısal hız 1516 °/s'nin üzerinde bulunmakla birlikte, başarısız sıçrayışlar arasında da bu değere ulaşan sıçrayışlar bulunmaktadır. Bu sonuç, sıçrama yüksekliğinde olduğu gibi yüksek ortalama açısal hızın da başarılı sıçrayışları belirlemede tek başına yeterli bir kriter olmadığını düşündürmektedir. Kadın sporcular üzerinde yapılan bir çalışmada, üçlü Loop sıçrayışında pelvisten ölçülen ortalama açısal hız 1521,406 ± 31,149 °/s olarak gösterilmiştir (9). İncelenen sıçrayış tekniği farklı olsa da, bu tez çalışmasında da başarılı sporcularda pelvisten hesaplanan ortalama açısal hızlarda yakın değerler (1582,131 ± 63,953 °/s) bulunmuştur. Sertoğlu'nun (6) 2020 yılında yayımlanan tez çalışmasında ise çeyrek tur eksik 3S sıçrayışları için 1529,64 ± 47,88 °/s olarak hesaplanmış ve sıçrayışın eksiklik miktarı arttıkça ortalama açısal hızın düştüğü gösterilmiştir. Sertoğlu'nun bu çalışmasında sıçrayışların başarı durumları havada dönülen gerçek tur miktarı baz alınarak belirlenmiştir. Literatürde çalışmalar ya doğrudan tam tur olarak kabul edilmiştir ya da başarı durumları (tam, q, <, <<) videolar üzerinden gözle belirlenmiştir. Sertoğlu'nun çalışmasındaki bu yöntem farklılığı nedeniyle sonuçların diğer çalışmalarla doğrudan karşılaştırılmasında dikkatli olunmalıdır.

Shi ve ark.'nın (3) 2020 yılında tek bir sporcu ile gerçekleştirdikleri çalışmada, 1F, 2F ve başarılı 3F sıçrayışları kendi aralarında; başarılı ve başarısız 3F sıçrayışları ise ayrıca karşılaştırılmış ve toraks ile pelvis arasındaki açısal hız farkları incelenmiştir. Toraks ve pelvis arasındaki açısal hız farkının farklı tur sayılarına sahip sıçrayışlar arasında değişebildiği bildirilmiş ve bu farklılığın üyeler arası hareket koordinasyonu ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Çalışmada 1F ve 2F arasında anlamlı fark bulunurken, 1F ile 3F ve 2F ile 3F arasında toraks ve pelvis arasındaki açısal hız farkı açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır. Başarılı 3F sıçrayışlarında toraks ve pelvis arasındaki açısal hız farkı −1131,87 ± 381,82 °/s, başarısız 3F sıçrayışlarında ise −805,58 ± 342,48 °/s olarak bildirilmiştir. Negatif fark değerleri, pelvis açısal hızının toraks açısal hızından daha yüksek olduğunu göstermektedir. Ayrıca bahsedilen çalışmada yazarlar, artistik buz pateni sıçrayışlarının gerçekleştirilmesi sırasında vücut üyeleri arasındaki hareket mekanizmasının açıklanabilmesi için gelecekte yapılacak çalışmalarda vücut üyelerinden hesaplanan daha fazla parametrenin incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Açısal hızın pelvisten ölçüldüğü King ve ark.'nın (12) 2004 yılında yayımladıkları çalışmada 4T atabilen sporcuların 3T'ları ve atamayan sporcuların 3T'ları sırasıyla 1368 ± 72 °/s ve 1404 ± 36 °/s olarak gösterilmiştir. Mevcut tez çalışmasında ölçülen tüm ortalama açısal hızlar bu değerlerin üzerindedir. Bahsi geçen çalışmanın örneklemi erkeklerdir. Erkek ve kadın sporcuların karşılaştırıldığı bir çalışmada erkeklerin daha yüksek dikey hızlarla sıçrayışa çıktığı gösterilmiştir (11). Dolayısıyla örneklemlerin cinsiyet ve uçuş özellikleri açısından farklılık göstermesi doğrudan karşılaştırmalarda göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca King ve ark.'nın (12) çalışması daha yüksek beceri düzeyinin her durumda daha yüksek açısal hızla birlikte görülmeyebileceğini düşündürmektedir. 4T yapabilen sporcuların daha yüksek sıçrama yüksekliğine sahip olmaları, 3T sıçrayışlarında daha düşük ortalama açısal hıza sahip olmalarının olası açıklamalarından biri olabilir.

Bu tez çalışmasında uçuş fazında ulaşılan pik açısal hız değerleri açısından hem gruplar arasında hem de pelvis ve toraks ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Başarılı sıçrayışlarda daha yüksek pik açısal hızlar görülmüştür, ancak bu fark anlamlı düzeye ulaşmamıştır. Pik açısal hızı yüksek sporcular aynı zamanda daha yüksek ortalama açısal hız değerleri göstermişlerdir.

Literatürde doğrudan 3S sıçrayışına özgü pik açısal hız değerini bildiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. İkili ve üçlü sıçrayışlarda ortalama pik açısal hız değerlerinin bildirildiği bir çalışma (18) ve 1A, 2A ve 3A'ın uçuş sırasında pik açısal hızlarının hesaplandığı bir çalışma bulunmaktadır (10). Bruening ve ark. (18) ikili ve üçlü sıçrayış veri grupları için sırasıyla 1273 °/s ve 1465 °/s ortalama pik açısal hızları hesaplamışlardır. Bu tez çalışmasında yer alan tüm sporcuların pelvis ve torakstan ölçülen ortalama pik açısal hızları bu değerden daha büyük bulunmuştur. King ve ark. (10) 1A, 2A ve 3A'ın kinematik analizini yaptıkları çalışmalarında uçuş sırasındaki pik açısal hızlarını sırasıyla 1044 ± 180 °/s, 1548 ± 79,2 °/s ve 1764 ± 111,6 °/s olarak hesaplamışlardır. Üçlü sıçrayışlar, birli sıçrayışlara kıyasla uçuş fazında yaklaşık %70 daha yüksek pik açısal hızlara ulaşmıştır. Fakat Axel sıçrayışları buçuklu turları içerdiğinden, bu çalışma ile mevcut tez çalışması arasında doğrudan bir karşılaştırma yapmak mümkün olmamaktadır.

Uçuş sırasında ulaşılan pik açısal hızlar, kalkış öncesinde ve kalkış sırasında üretilen açısal momentum ile uçuş sırasında sporcunun eylemsizlik momentini azaltarak açısal hızını artırmasıyla ilişkilidir. Bu çalışmada bu iki değer ölçülmemiştir. İlerleyen çalışmalarda, 3S sırasında pik açısal hız değeri düşük kalan sporcuların neden düşük kaldığına ilişkin daha geniş bilgiye sahip olmak amacıyla, sporcunun sıçrama öncesinde ve kalkış anında ürettiği açısal momentum ile uçuş sırasında eylemsizlik momentinin değerlendirilmesi, 3S'de uçuş fazındaki açısal hız değişiminin altında yatan mekanizmaların daha ayrıntılı açıklanmasına katkı sağlayabilir.

Başarılı ve başarısız sporcularda toraks ve pelvis pik açısal hızlarına uçuş fazının tepe noktasından sonra ulaşılmıştır. Pik açısal hıza ulaşma süreleri ve vücut üyelerinin pik açısal hıza ulaşma sıraları açısından başarılı ve başarısız sporcu grupları arasında belirgin bir örüntü gözlenmemiştir. Başarılı gruptaki Katılımcı 3 ve Katılımcı 2, toraks pik açısal hızına sırasıyla en erken ve en geç ulaşan sporcular olmuştur. Benzer şekilde, pelvis pik açısal hızına uçuş fazında en erken ulaşan iki sporcu başarılı grupta yer alırken, Katılımcı 1'in pelvis pik açısal hızına ulaşma zamanı en geç ulaşan sporcunun değerine oldukça yakın bulunmuştur. Bu çalışmada başarılı ve başarısız sporcular arasında pik açısal hıza ulaşma süreleri istatistiksel olarak değerlendirilmemiştir. Daha büyük bir örneklem grubuyla gerçekleştirilecek çalışmalar, uçuş sırasında pik açısal hıza ulaşma zamanının sıçrayış mekaniği ve

sıçrayış başarısıyla ilişkisinin daha ayrıntılı olarak ortaya konmasına katkı sağlayabilir.

Literatürde pik açısal hızlara ulaşma sürelerini analiz eden oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bruening ve ark.'nın (18) 2018 yılında yayımladıkları çalışmalarında sporcuların pik açısal hızlarına, sporcuların bellerine yerleştirilen ataletsel ölçüm biriminin dikey ekseninden elde edilen kalkış ve iniş ivme pikleri arasındaki sürenin ortalama olarak yarısından biraz sonra (%64) ulaştıklarını gösterilmiştir. Bu bulgu, bu tez çalışmasının bulgularıyla benzerlik göstermektedir. King ve ark. (10) pik açısal hıza ulaşma sürelerini ölçmemiş olsalar da sporcuların 1A, 2A ve 3A için uçuş fazında en kapalı pozisyonlarına ulaşma sürelerini ölçmüşlerdir. Doğrudan aynı ölçüm olmasa da sporcuların havaya çıktıktan sonra dış bir kuvvet olmaksızın açısal hızlarını arttırmanın tek yolunun eylemsizlik momentlerini azaltmaları olduğu düşünülünce paralel sonuçlar vermesi öngörülmektedir. King ve ark. (10), en kapalı pozisyona ulaşma sürelerinin sporcular arasında farklılık gösterdiğini fakat sıçrayışın turu arttıkça bu sürenin kısaldığını göstermişlerdir. 1A'da sporcular en kapalı pozisyonlarına ortalama 0,14 saniyede ulaşırken, 3A'da bir sporcu dışında tüm sporcular 0,10 saniyeden önce ulaşmışlardır. Bu değişken pik açısal hıza ulaşma zamanıyla doğrudan eşdeğer olmamakla birlikte, uçuş sırasında rotasyon pozisyonunun oluşturulma zamanlamasına ilişkin bilgi sağlamaktadır.

Shi ve ark. (3) çalışmalarında, kalkış anından itibaren D2'den (yaklaşık L4–L5 vertebraları seviyesine yerleştirilen sensör) elde edilen vücudun uzunlamasına ekseni etrafındaki açısal hızı kullanarak sporcunun uçuş fazı sırasında maksimum rotasyon hızına ulaştığı ana kadar geçen süreyi ölçmüş ve bu süreyi "en sıkı pozisyona ulaşma süresi" olarak tanımlamışlardır. Bu tanım, bu tez çalışmasında yer alan pik açısal hızlara ulaşma süresinin hesaplanma yöntemiyle oldukça benzerdir. Shi ve ark. (3), 1F, 2F ve 3F için en sıkı pozisyona ulaşma sürelerini sırasıyla 0,08 ± 0,09 s, 0,20 ± 0,05 s ve 0,42 ± 0,08 s olarak belirlemişlerdir. 2F'de bu süre uçuş fazının %37'sine, 3F'de ise %67,7'sine karşılık gelmiştir. Yazarlar, üçlü sıçrayışlarda daha yüksek açısal hızlara bağlı olarak artan merkezkaç kuvvetinin, sporcunun eylemsizlik momentini azaltarak daha kapalı bir vücut pozisyonuna ulaşmasını zorlaştırabileceğini ve bunun en kapalı pozisyona ulaşma süresini uzatabileceğini belirtmişlerdir. Bu tez çalışmasında katılımcılar toraks pik açısal hızına ortalama olarak uçuş süresinin

%66,94 ± 7,84'ünde ulaşmıştır. Değerler yakın olmasına rağmen ölçüm yöntemlerinde farklılıklar olduğu unutulmamalıdır.

Knoll ve Härtel (34), dörtlü sıçrayış gerçekleştirmenin olası yollarından birini maksimum açısal hıza ulaşmak için gereken sürenin azaltılması olarak tanımlamışlardır. Fakat bu çalışmada başarılı gerçekleştirilen daha fazla rotasyonlu sıçrayışlarda eksik rotasyonlara göre pik açısal hıza daha hızlı ulaşıldığı gösterilememiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmanın bulguları sıçrayış başarısının yalnızca yüksek ortalama veya pik açısal hız değerleriyle açıklanamayacağını göstermektedir. Literatürde, daha fazla rotasyonun gerçekleştirilmesinde açısal hızın artırılması (10, 18) ve maksimum açısal hıza ulaşma zamanının kısaltılması (18, 34) üzerinde durulmaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışmada başarılı ve başarısız sıçramalar arasında ortalama ve pik açısal hız açısından anlamlı bir fark bulunmaması ve pik açısal hıza ulaşma zamanlamasında belirgin bir örüntü gözlenmemesi, 3S başarısında açısal hızın büyüklüğünün tek başına belirleyici olmadığını göstermektedir.

5.6. Uçuş Sırasında Gerçekleştirilen Tur Miktarının Değerlendirilmesi

Tur miktarı; kalça ve omuz doğrultularının uçuş sırasındaki açısal yer değiştirmesi, bel bölgesine yerleştirilen ataletsel ölçüm birimlerinden elde edilen Euler açıları, omuz yöneliminin görüntü üzerinden değerlendirilmesi ve tüm vücut rotasyonunun modellenmesi gibi farklı yöntemlerle belirlenmiştir. Bu nedenle literatürde bildirilen tur miktarları, kullanılan ölçüm yöntemine ve rotasyonun değerlendirildiği vücut üyesine göre farklılık gösterebilmektedir.

King ve ark. (12) kalça ve omuz doğrultularının rotasyonunu ayrı ayrı değerlendirirken, Shi ve ark. (3) uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarını yaklaşık L4–L5 seviyesine yerleştirilen ataletsel ölçüm biriminin Z′ ekseni Euler açısından hesaplamıştır. Knoll ve Hildebrand'ın çalışmalarında ise kalça rotasyonunun yanı sıra (15), farklı bir çalışmalarında tüm vücudun asal eylemsizlik eksenlerine dayalı bilgisayar modeli kullanılarak uzunlamasına eksen etrafındaki rotasyon incelenmiştir (35). Yamaguchi ve Sakurai (14) ise uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarını omuzların açısal yer değiştirmesi üzerinden belirlemiş ve rotasyon açısını omuzların

uçuş sırasında döndüğü açı olarak tanımlamıştır. Ikegami ve ark. (33) 3Lz sıçrayışında sporcuların omuz yönelimlerini görüntüler üzerinden gözlemsel olarak değerlendirerek kalkış öncesinde, uçuş sırasında ve iniş sonrasında gerçekleştirilen vücut rotasyonu miktarlarını tahmin etmişlerdir.

Yapılan bu tez çalışmasında tur miktarları, T3 ile T5 anları arasında sporcunun dikey eksen etrafında gerçekleştirdiği açısal yer değiştirme miktarından belirlenmiş; pelvis, toraks ve ayaklardan ayrı ayrı hesaplanmıştır. Her üç ölçümde de başarılı sporcular ile başarısız sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur. Toraks üzerinden belirlenen tur miktarı, başarılı sporcularda ortalama 2,251 tur, başarısız sporcularda ise 1,936 tur olarak bulunmuş; başarılı ve başarısız sporcular arasındaki ortalama fark 0,31 tur olarak belirlenmiştir.

Yamaguchi ve Sakurai (14), 2S sıçrayışında omuzların uçuş sırasındaki açısal yer değiştirmesinden belirlenen rotasyon miktarını yaklaşık 1,29 tur olarak bildirmiştir. Mevcut çalışmada incelenen 3S ile Yamaguchi ve Sakurai'nin (14) incelediği 2S aynı sıçrayış türünün farklı rotasyon sayılarında gerçekleştirilen biçimleri olmakla birlikte, rotasyon gereksinimlerinin farklı olması nedeniyle bildirilen tur miktarlarının doğrudan karşılaştırılması sınırlıdır. Bununla birlikte, her iki çalışmada da üst gövdeye ilişkin bir doğrultunun uçuş sırasındaki açısal yer değiştirmesinin kullanılması, yöntemler arasında bir benzerlik göstermektedir.

Ikegami ve ark. (33), 3Lz sıçrayışlarında uçuş sırasında gerçekleştirilen vücut rotasyonunun sporcular arasında 2,125–2,50 tur arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada tur miktarının omuz yönelimlerinin görüntüler üzerinden gözlemsel olarak değerlendirilmesiyle tahmin edilmiş olması nedeniyle, mevcut çalışmada toraksın üç boyutlu açısal yer değiştirmesinden elde edilen değerlerle doğrudan karşılaştırılması mümkün değildir.

Pelvis üzerinden belirlenen tur miktarı başarılı sporcularda ortalama 2,284 ± 0,085 tur, başarısız sporcularda ise 1,958 ± 0,067 tur olarak bulunmuştur. King ve ark. (12), 3T sıçrayışlarında uçuş sırasında kalça rotasyonundan belirlenen tur miktarını, dörtlü sıçrayış gerçekleştirebilen sporcuların üçlü sıçrayışlarında (Tyes) 2,42 tur, dörtlü sıçrayış gerçekleştiremeyen sporcuların üçlü sıçrayışlarında (Tno) ise 2,32 tur olarak bildirmiştir. Bu tez çalışmasında yer alan sporcuların dörtlü sıçrayış

gerçekleştirememesi nedeniyle, King ve ark. (12) tarafından bildirilen Tno grubunun mevcut örnekleme daha yakın olduğu düşünülmektedir. Mevcut çalışmanın başarılı 3S sporcularında elde edilen 2,284 turluk ortalama değer, Tno grubunda bildirilen 2,32 turluk değere oldukça yakınken, başarısız sporcularda elde edilen 1,958 turluk değer daha düşük bulunmuştur. Shi ve ark. (3) ise uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarını, L4–L5 seviyesine yerleştirilen D2 IMU'nun dikey eksene karşılık gelen Z′ ekseni üzerinden Euler açıları ile hesaplamış ve başarılı 3F sıçrayışlarında (3Fo) 1,84 ± 0,13 tur, başarısız 3F sıçrayışlarında (3Fx) ise 1,67 ± 0,07 tur olarak bildirmiştir. Bu değerler, mevcut çalışmada pelvis üzerinden elde edilen değerlerden düşük olmakla birlikte, her iki çalışmada da başarılı sıçrayışlarda uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarının, başarısız/eksik sıçramalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ridge ve ark. (16) ise uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarını, tek bir vücut üyesinin rotasyonu yerine, tüm vücut eylemsiz referans sisteminin rotasyonu üzerinden değerlendirmiştir. Çalışmada 2A sıçramalarında uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarı farklı koşullarda 2,02–2,06 tur arasında olduğu bildirilmiştir.

Tez çalışmasında pelvis ve toraks yöntemlerine ek olarak, kalkış ayağından iniş ayağına kadar olan açısal yer değişimi üzerinden tur miktarı hesaplanmıştır. Başarılı sporcularda ortalama 2,309 ± 0,074 tur, başarısız sporcularda ise 1,939 ± 0,020 tur olarak hesaplanmıştır. Literatürde sıçrama yüksekliğini ve açısal hızı paten üzerinden ölçen çalışmalar bulunmakla birlikte, uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarını paten üzerinden ölçen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Buz pateninde sıçrayışın rotasyonunun değerlendirilmesinde patenin iniş sırasındaki yönelimi dikkate alınmaktadır. Bu sebeple, aynı ayaktan çıkılan sıçrayışlarda aynı ayağın açısal yer değişiminin, farklı ayaktan çıkılan sıçrayışlarda ise kalkış ayağından iniş ayağına kadar olan açısal yer değişiminin ölçülmesi, tur miktarının patenin yönelimi üzerinden değerlendirilmesine olanak sağlayabilir.

5.7. T2-T3 Fazına İlişkin Bulguların Değerlendirilmesi

T2–T3 fazına ilişkin bulgular incelendiğinde, başarılı sıçrayış yapan sporcularda bu fazın başarısız sıçrayış yapan sporculara göre daha kısa sürdüğü ve bu süre içerisinde VKM'nin daha az dikey yer değiştirdiği görülmüştür. T2–T3 fazının ortalama süresi başarılı sporcularda 0,153 ± 0,021 s, başarısız sporcularda 0,224 ±

0,031 s olarak belirlenirken, VKM dikey yer değiştirmesi başarılı sporcularda 0,224 ± 0,029 m, başarısız sporcularda 0,272 ± 0,022 m olarak bulunmuştur. VKM dikey yer değiştirmesi katılımcıların boylarına göre normalize edildiğinde de benzer şekilde başarılı sporcularda vücut boyunun %14,3 ± 1,6'sı, başarısız sporcularda ise %17,0 ± 1,2'si olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, başarılı sporcularda T2–T3 fazının daha kısa sürede ve daha az VKM dikey yer değiştirmesiyle gerçekleştiğini göstermektedir.

İtiş fazının süresi ve bu fazın tanımlanmasında kullanılan olay anları literatürde çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. King ve ark. (12) 13 erkek sporcu ile gerçekleştirdikleri çalışmada, üçlü ve dörtlü sıçrayışları içeren çalışmasında itiş fazını tırtığın buzla temas ettiği andan sporcunun buzdan ayrıldığı kalkış anına kadar geçen süre olarak tanımlamış ve bu fazın ortalama süresini 0,14 ± 0,03 s olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bu fazın sıçrayış sırasında dikey hızdaki en büyük artışın gerçekleştiği faz olduğunu bildirmişlerdir. Burada ölçülen değere doğrudan T2-T3 anında geçen süre ile ölçülen değerin aynısı demek mümkün değildir. Fakat yazarın dikey hızın üretildiği an olarak tanımlaması burada tanımlanan evrenin bu tez çalışmasındaki T2 ve T3 anları arasında incelenen itiş fazı ile benzer bir mekanizma izlediğini düşündürmektedir.

King (8) ise artistik buz pateni sıçrayışlarına ilişkin çalışmaları değerlendirdiği çalışmasında, itiş fazı süresinin literatürde nadiren raporlandığını belirtmiş; yayımlanmış grafiklerin incelenmesine dayanarak üçlü Lutz ve dörtlü toe-loop sıçrayışlarında bu sürenin 0,2 s'nin biraz altında olduğunu ifade etmiştir.

Albert ve Miller (11) tekli ve ikili Axel sıçrayışlarını inceledikleri çalışmalarında, yukarı yönlü hareketin başladığı andan buzla son temasın gerçekleştiği ana kadar geçen süreyi değerlendirmişlerdir. Kadın sporcularda bu süre tekli Axel için ortalama 0,27 s, ikili Axel için ise 0,25 s olarak belirlenmiş ve iki sıçrayış arasında yukarı yönlü hareket süresi açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Ami ve ark. (36) sekiz kadın ve iki erkek sporcu ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, vücudun sıçrama öncesinde en alçak pozisyona ulaştığı andan kalkış bacağının buzdan ayrıldığı ana kadar geçen süreyi incelemişlerdir. Bu süre, Waltz jump için 0,37 ± 0,05 s, tekli Axel için 0,34 ± 0,05 s ve ikili Axel için 0,36 ± 0,08 s

olarak bildirilmiştir. Waltz sıçrayışı ile tekli Axel arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. (Waltz sıçrayışı, ISU tarafından puan değeri bulunan sıçrayışlar arasında yer almayan, yarım rotasyondan oluşan ve genellikle Axel sıçrayışının öğretiminde kullanılan bir sıçrayıştır.)

Farklı tur sayılarını içeren sıçrayışların karşılaştırıldığı çalışmalarda, daha fazla tur içeren sıçrayışlarda bu sürenin kısalma eğiliminde olduğu görülmekle birlikte, Waltz sıçrayışı ile 1 Axel arasındaki fark (36) dışında karşılaştırılan sıçrayışlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bildirilmemiştir. Bu tez çalışmasında hesaplanan sürelerin literatürde bildirilen değerlerle; incelenen sıçrayış türleri, örneklem özellikleri ve fazların tanımlanmasında kullanılan olay anlarının farklılık göstermesi nedeniyle doğrudan karşılaştırılması yanıltıcı olabilir. Bununla birlikte, bu tez çalışmasında da benzer bir eğilim olarak, başarılı sıçrayışlarda başarısız sıçrayışlara kıyasla T2–T3 anları arasında daha kısa süreler gözlenmiştir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak incelenmemiştir. Gelecekte daha büyük örneklem gruplarıyla gerçekleştirilecek, aynı sıçrayışın farklı tur sayılarını veya tam ve eksik tur tamamlanan sıçrayışları karşılaştıracak çalışmalarda T2–T3 anları arasında geçen sürenin incelenmesi, sıçrayışın itiş mekanizmasının anlaşılmasına katkı sağlayabilir.

İtiş fazının süresinin yanı sıra bu faz sırasında dikey hızın oluşturulmasına katkıda bulunan mekanizmalar da incelenmiştir. King (29) 3 Lutz sıçrayışını incelediği çalışmasında, VKM yukarı doğru hareket etmeye başlamasına rağmen tırtığı kullanan bacağın dizinin bir süre daha fleksiyona devam ettiğini ve bu durumun diz ekstansörlerinin bu faz sırasında eksantrik olarak çalıştığını düşündürdüğünü belirtmiştir. Ayrıca sıçrayışların itiş fazından önce gerçekleşen eksantrik kasılmaların, gerilme-kısalma döngüsünün dikey hızın oluşturulmasında önemli bir bileşen olabileceğini düşündürdüğü belirtilmiştir.

Literatürde VKM dikey hızının pozitif olduğu andan kalkış anına kadar VKM yer değiştirmesini sayısal olarak raporlayan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

5.8. Sıçrayışın Kalkış Anındaki Eğikliğinin Değerlendirilmesi

Literatürde kalkış açısı farklı yöntemlerle değerlendirilmektedir. Çalışmaların bir bölümünde kalkış açısı, VKM'nin kalkış anındaki bileşke hız vektörünün yatay düzlemle yaptığı açı üzerinden belirlenmiştir (3, 6, 10, 12). Bu çalışmada kalkış açısı,

literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan VKM'nin kalkış anındaki bileşke hız vektörünün yatay düzlemle yaptığı açı üzerinden belirlenmiştir. VKM kalkış açısı başarılı sporcularda ortalama 42,718 ± 3,148°, başarısız sporcularda ise 41,876 ± 2,115° olarak belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar, tur sayısı arttıkça vücudun dikey eksenle yaptığı açının azaldığını, yatay düzlemle yaptığı açının ise arttığını, yani sporcuların sıçrayışa daha dik bir yönelimle çıktıklarını göstermektedir (3,6,10). Fakat bu çalışmada başarılı ve başarısız grupların kalkış açıları benzer bulunmuştur.

Sertoğlu (6), "q ve <<" sıçrayışlardan oluşan grubun kalkış açısını 30,269 ± 1,924° olarak hesaplamıştır. Ayrıca Salchow sıçrayışlarında tur sayısı arttıkça kalkış açısının azaldığını bildirmiştir. Bununla birlikte, tur sayısı ile kalkış açısı arasında zayıf bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Gansukh ve ark. (9), bu tez çalışmasında kullanılan yöntemi kullanarak 3Lo'nun kalkış açısını ortalama 39,02 ± 2,602° olarak belirlemiştir. Bu değer, mevcut çalışmanın değerleriyle benzerlik göstermektedir. Shi ve ark. (3) ise başarılı ve başarısız üçlü Flip sıçrayışlarında kalkış açısının sırasıyla 51,45 ± 9,56° ve 25,17 ± 2,53° olduğunu bildirmiş; ancak gruplar arasında kalkış açısı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlememiştir. King ve ark. çalışmasında 4T sıçrayışlarında kalkış açısını 39°±2°, dörtlü yapabilen sporcuların 3 T'larında 38°±5° ve dörtlü yapamayan sporcuların 3T'larında 30°±14° olarak hesaplamıştır. 4T yapabilen sporcular sıçrayışlarına hem 3T hem de 4T'ta daha dik açıda girmişlerdir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, başarılı ve başarısız üçlü Salchow sıçrayışlarının kinematik özellikleri betimlenmiş ve bu iki performans durumu arasındaki farklılıklar keşfedici bir yaklaşımla incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Kalkış ve iniş anlarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler olay anına göre farklılık göstermiştir. Kalkış anının belirlenmesinde yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken, iniş anında anlamlı bir fark saptanmamıştır. Kalkış anında gözlem ve pelvis dikey hızına dayalı yöntemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, VKM dikey hızına dayalı yöntemle belirlenen kalkış anı bu iki yönteme göre anlamlı düzeyde daha erken bulunmuştur. VKM yöntemiyle belirlenen kalkış anı, pelvis yöntemine göre ortalama 1,72 kare, gözlem yöntemine göre ise ortalama 1,56 kare daha erkendir.

2. Başarılı sporcuların ortalama uçuş süresi (0,521 ± 0,021 s), başarısız sporcuların (0,471 ± 0,009 s) ortalama uçuş süresine kıyasla anlamlı düzeyde daha uzun (50,33 ms) bulunmuştur. Fakat örneklemin sınırlı olması nedeniyle bulguların genellenmesinde dikkatli olunmalıdır. Bireysel sonuçlar incelendiğinde, başarılı grupta yer alan katılımcı 2 ve başarısız grupta yer alan katılımcı 5'in birbirlerine oldukça yakın uçuş süreleri sergiledikleri görülmektedir.

3. Sıçrama yüksekliği açısından başarılı ve başarısız sporcuların ortalamaları arasında kullanılan hesaplama yöntemine göre farklı istatistiksel sonuçlara ulaşılmıştır. VKM'nin dikey yer değiştirmesinden hesaplanan sıçrama yüksekliğinde başarılı ve başarısız sporcular arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken, uçuş süresinden teorik olarak hesaplanan sıçrama yüksekliğinde başarılı sporcular lehine anlamlı bir fark saptanmıştır. Bu bulgu, sıçrama yüksekliğinin hesaplanmasında kullanılan yöntemin gruplar arasındaki karşılaştırmaların sonuçlarını etkileyebileceğini göstermektedir.

4. Başarılı ve başarısız sıçrayışlarda VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı anın, uçuş süresinin yaklaşık yarısına karşılık geldiği görülmüştür. Başarılı grupta maksimum VKM yüksekliğine (T4) uçuş süresinin ortalama %50,726 ± 0,972'sinde,

başarısız grupta ise %51,069 ± 3,946'sında ulaşılmıştır. Grupların ortalama değerleri birbirine yakın olmakla birlikte, başarısız gruptaki sporcular arasında daha fazla bireysel farklılık olduğu belirlenmiştir.

5. Kalkış anındaki (T3) açısal hızlar incelendiğinde, başarılı gruptaki sporcuların hem pelvis hem de toraks açısal hızlarının başarısız gruptaki sporculardan daha yüksek olduğu görülmüştür. Başarılı grupta pelvis açısal hızı ortalama 1112,749 ± 71,536 °/s, başarısız grupta ise 869,905 ± 107,674 °/s olarak belirlenmiştir. Toraks açısal hızı ise başarılı grupta ortalama 1109,461 ± 39,442 °/s, başarısız grupta 947,030 ± 158,025 °/s olarak bulunmuştur.

6. Başarılı ve başarısız gruplarda hem pelvisten ölçülen hem de torakstan ölçülen ortalama açısal hızlarda istatistiksel olarak anlamlı bir farka ulaşılamamıştır. Başarılı grupta ortalama pelvis açısal hızı 1582,131 ± 63,953 °/s, başarısız grupta ise 1496,061 ± 66,297 °/s olarak bulunmuştur. Toraks ortalama açısal hızı başarılı grupta 1558,461 ± 48,356 °/s, başarısız grupta ise 1480,721 ± 80,039 °/s olarak belirlenmiştir. Bireysel sonuçlar incelendiğinde, başarılı sıçrayışların tamamında ortalama açısal hızların 1516 °/s'nin üzerinde olduğu, ancak başarısız grupta da bu değerin üzerinde ortalama açısal hıza sahip bir sporcunun bulunduğu görülmüştür.

7. Katılımcı 4 dışında, tüm katılımcılarda pelvisin uçuş fazındaki ortalama açısal hızı toraksın ortalama açısal hızından daha yüksek bulunmuştur. Katılımcı 4'te ise toraksın ortalama açısal hızı pelvisinkinden daha yüksek bulunmuştur.

8. Başarılı grupta hem pelvis hem de toraks pik açısal hızları daha yüksek olmasına rağmen, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Başarılı grupta pelvis pik açısal hızı ortalama 1832,160 ± 119,382 °/s, başarısız grupta ise 1711,574 ± 75,100 °/s olarak bulunmuştur. Toraks pik açısal hızı başarılı grupta 1767,950 ± 88,844 °/s, başarısız grupta ise 1685,050 ± 90,594 °/s olarak belirlenmiştir. Tüm katılımcıların pelvis pik açısal hızlarının toraks pik açısal hızlarından daha yüksek olduğu görülmüştür.

9. Tüm katılımcılar hem pelvis hem de toraks pik açısal hızlarına, VKM'nin maksimum yüksekliğe ulaştığı T4 anından sonra ulaşmıştır. Pik açısal hızlara ulaşma zamanları katılımcılar arasında farklılık göstermiştir.

10. Uçuş sırasında başarılı ve başarısız gruplar arasında toraks, pelvis ve ayak üzerinden hesaplanan tur açıları ve tur sayılarının tamamında istatistiksel olarak

anlamlı farklar bulunmuştur. Başarılı gruptaki sporcuların her üç yöntemle hesaplanan tur açıları ve tur sayıları başarısız gruptaki sporculardan daha yüksek bulunmuştur. Gruplar arasındaki ortalama tur sayısı farkı toraks için 0,315 tur, pelvis için 0,336 tur ve ayak için 0,369 tur olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki ortalama tur açısı farkı ise toraks için 113,4°, pelvis için 121,1° ve ayak için 133,1° olarak bulunmuştur. Katılımcı 4 dışında tüm katılımcılarda uçuş sırasında gerçekleştirilen tur miktarı en yüksek ayak üzerinden hesaplanırken, bunu sırasıyla pelvis ve toraks takip etmiştir. Katılımcı 4'te ise en yüksek tur miktarı toraksta, ardından pelviste ve en düşük tur miktarı ayakta belirlenmiştir.

11. Başarısız grupta itiş fazının (T2–T3) başarılı gruba göre daha uzun sürdüğü ve bu fazda VKM'nin daha fazla dikey yer değiştirdiği görülmüştür. T2–T3 evresinin ortalama süresi başarılı grupta 0,153 ± 0,021 s, başarısız grupta ise 0,224 ± 0,031 s olarak belirlenmiştir. Bu evrede VKM'nin dikey yer değiştirmesi başarılı grupta ortalama 0,224 ± 0,029 m, başarısız grupta ise 0,272 ± 0,022 m olarak bulunmuştur. Katılımcıların boylarına göre normalize edildiğinde VKM dikey yer değiştirmesinin başarılı sporcularda vücut boyunun %14,3 ± 1,6'sı, başarısız sporcularda ise %17,0 ± 1,2'si olduğu görülmüştür.

12. Kalkış anında VKM'nin bileşke hızının yatay düzlemle yaptığı açı incelendiğinde, başarılı ve başarısız grupların ortalama kalkış açılarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Başarılı grupta ortalama kalkış açısı 42,718 ± 3,148°, başarısız grupta ise 41,876 ± 2,115° olarak belirlenmiştir.

6.2. Öneriler

1. Gelecek çalışmalarda daha büyük örneklem gruplarıyla tam ve eksik rotasyonlu sıçrayışların kinematik özellikleri karşılaştırılabilir.

2. Bu çalışmada kalkış anının belirlenmesinde kullanılan yöntemin analiz sonuçlarını etkileyebildiği görülmüştür. Bu çalışmada doğrudan değerlendirilmemiş olmakla birlikte, veri toplama sıklığının artmasıyla yöntemler arasında belirlenen farkın örnek sayısı (kare) cinsinden büyüyebileceği öngörülmektedir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda kalkış anının belirlenmesinde kullanılan yöntemin açıkça belirtilmesi ve mümkün olduğunda farklı yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir.

3. Yarışmalarda sıçrayışların eksik rotasyon açısından değerlendirilmesinde patenin yönelimi dikkate alındığından, tur miktarının belirlenmesinde ayak ve paten yöneliminin kullanılmasının hakem değerlendirmeleriyle daha uyumlu sonuçlar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada, farklı vücut üyelerinden elde edilen açısal yer değiştirme ve tur miktarlarının farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda tur miktarının değerlendirilmesinde ayak rotasyonunun dikkate alınması önerilmektedir.

4. Literatürde itiş fazının süresi çeşitli çalışmalarda incelenmiş olmakla birlikte, bu faz sırasında vücut kütle merkezinin (VKM) dikey yer değiştirmesini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu değişken, sporcuların itiş fazındaki stratejilerini açıklamak açısından önemlidir. Bu nedenle gelecek çalışmalarda itiş fazı boyunca VKM'nin dikey yer değiştirmesinin de incelenmesi önerilmektedir.

5. Gelecek çalışmalarda aynı sporcuların başarılı ve başarısız sıçrayış denemelerinin karşılaştırılması, sıçrayış başarısıyla ilişkili kinematik değişkenlerin bireysel farklılıklardan bağımsız olarak daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayabilir.

6. Literatürde sıçrayışların kinematik analizinde kullanılan değişkenlerin adlandırılması ve tanımlanması açısından ortak bir terminoloji bulunmadığı görülmektedir. Bazı çalışmalarda aynı ölçümler için farklı terimler kullanılırken, bazı çalışmalarda farklı ölçümler aynı terimlerle ifade edilmektedir. Ayrıca benzer değişkenlerin farklı vücut üyeleri üzerinden hesaplandığı, sıçrayışların farklı fazlara ayrıldığı ve aynı isimle tanımlanan fazların başlangıç ve bitiş anlarının çalışmalar arasında farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu farklılıklar, literatürde sunulan sonuçların doğrudan karşılaştırılmasını güçleştirmekte ve farklı yöntemlerle elde edilen değerlerin eşdeğer kabul edilerek karşılaştırılması riskini doğurmaktadır. Bu nedenle gelecek çalışmalarda kullanılan değişkenlerin, ölçüm yöntemlerinin ve analiz fazlarının başlangıç ve bitiş anlarının ayrıntılı ve açık biçimde tanımlanması önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Hirosawa S. Kinematic considerations for achieving the quadruple axel jump: comparison with triple axel jumps among world-class figure skaters using tracking data. Sports Biomechanics. 2026;25(2):298–309. doi:10.1080/14763141.2025.2464787.
2. King D. A biomechanical analysis of successful and unsuccessful quadruple toe loop figure skating jumps. Med Sci Sports Exerc. 2002;34(5 Suppl):S101.
3. Shi Y, Ozaki A, Honda M. Kinematic analysis of figure skating jump by using wearable inertial measurement units. Proceedings. 2020;49(1):124. doi:10.3390/proceedings2020049124.
4. Hirosawa S, Watanabe M, Aoki Y. Determinant analysis and developing evaluation indicators of grade of execution score of double axel jump in figure skating. J Sports Sci. 2022;40(4):470-481. doi:10.1080/02640414.2021.1997407.
5. Rauer T, Pape HC, Knobe M, Pohlemann T, Ganse B. Figure skating: Increasing numbers of revolutions in jumps at the European and World Championships. PLoS One. 2022;17(11):e0265343. doi:10.1371/journal.pone.0265343.
6. Sertoğlu SB. Artistik buz patenindeki Axel ve Salchow atlayışlarının biyomekanik analizi [yüksek lisans tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü; 2024.
7. Spiegl O, Tarassova O, Lundgren LE, Neuman D, Arndt A. Comparison of lightweight and traditional figure skating blades, a prototype blade with integrated damping system and a running shoe in simulated figure skating landings and vertical countermovement jumps, and evaluation of dampening properties of the prototype blade.
8. King DL. Performing triple and quadruple figure skating jumps: Implications for training. Can J Appl Physiol. 2005;30(6):743-753.
9. Gansukh M-E, Ando Y, Sakurai S. Quantitative analysis of angular momentum generation in the triple loop in figure skating. Sports Biomech. 2025.
10. King DL, Arnold AS, Smith SL. A kinematic comparison of single, double, and triple axels. J Appl Biomech. 1994; 10:51–60.
11. Albert WJ, Miller DI. Takeoff characteristics of single and double axel figure skating jumps. J Appl Biomech. 1996; 12:72–87.
12. King D, Smith S, Higginson B, Muncasy B, Scheirman G. Characteristics of triple and quadruple toe-loops performed during the Salt Lake City 2002 Winter Olympics. Sports Biomechanics. 2004;3(1):109–123.
13. Mazurkiewicz A, Iwańska D, Urbanik C. Biomechanics of the Axel Paulsen figure skating jump. Pol J Sport Tourism. 2018; 25:3–9.

14. Yamaguchi M, Sakurai S. Comparisons of angular momentum at takeoff in six types of jumps in women's figure skating. Front Sports Act Living. 2025;7:1597598. doi:10.3389/fspor.2025.1597598.
15. Knoll K, Hildebrand F. Effective use of angular momentum for rotations about the longitudinal axis: examples of quadruple jumps in figure skating. In: Proceedings of the 37th International Society of Biomechanics in Sport Conference; 2019 Jul 21–25; Oxford, Ohio, USA. p. 376–379.
16. Ridge ST, McLean D, Bruening D, Richards J. Up in the air: the efficacy of weighted gloves in figure skating jumps. Sports Biomechanics.2024;23(12):2637–2648.doi:10.1080/14763141.2022.2046844.
17. Furgeson DO. Determining figure skating jump under-rotation in real-time using IMU sensors during practice [Master's thesis]. Provo (UT): Brigham Young University; 2022.
18. Bruening DA, Reynolds RE, Adair CW, Zapalo P, Ridge ST. A sport-specific wearable jump monitor for figure skating. PLoS One. 2018;13(11):e0206162. doi:10.1371/journal.pone.0206162.
19. Varcin F, Boocock MG. The accuracy, validity and reliability of Theia3D markerless motion capture for studying the biomechanics of human movement: A systematic review. Artif Intell Med. 2026;173:103332.
20. Kanko RM, Laende EK, Davis EM, Selbie WS, Deluzio KJ. Concurrent assessment of gait kinematics using marker-based and markerless motion capture. J Biomech. 2021;127:110665. doi:10.1016/j.jbiomech.2021.110665.
21. Yoma M, Herrington L, Starbuck C, Llurda L, Jones R. Between-Day Reliability of Kinematic Variables Using Markerless Motion Capture for Single-Leg Squat and Single-Leg Landing Tasks. Int J Sports Phys Ther. 2025;20(8):1160-1175. doi:10.26603/001c.141870.
22. Theia Markerless Inc. Visual3D and Theia [Internet]. [Erişim tarihi: 19 Ekim 2026]. Erişim adresi: https://docs.theiamarkerless.com/theia3d-documentation/visual3d-and-theia
23. Theia Markerless Inc. C3D Files [Internet]. [Erişim tarihi: 19 Ekim 2026]. Erişim adresi: https://docs.theiamarkerless.com/theia3d-documentation/data-formats/c3d-files
24. Theia Markerless Inc. Full Body Model Description [Internet]. [Erişim tarihi: 20 Ekim 2026]. Erişim adresi: https://docs.theiamarkerless.com/theia3d-documentation/theia-model-description/full-body-model-description
25. Gansukh ME, Fujibayashi N, Sakurai S. Biomechanical comparison between toe and edge jumps in figure skating: focusing on toe-loop and loop in female skaters. Sports Biomech. Baskıda. 2026. doi: 10.1080/14763141.2026.2714287.

26. International Skating Union. Communication No. 2788: Single & Pair Skating, Levels of Difficulty and Guidelines for Marking Grade of Execution and Program Components, Season 2026/27 [Internet]. 2026 [Erişim Tarihi 14 Eylül 2026].Erişim adresi: ISU Communication No. 2788
27. Bruening DA, Richards JG. The effects of articulated figure skates on jump landing forces. J Appl Biomech. 2006;22(4):285-295.
28. Ridge S, Bruening D, Charles S, Stahl C, Smith D, Reynolds R, Adamo B, Harper B, Adair C, Manwaring P, King D. IceSense proof of concept: Calibrating an instrumented figure skating blade to measure on-ice forces. Sensors. 2020;20(24):7082.
29. King DL. Generation of vertical velocity in toe-pick figure skating jumps. In: Biomechanics Symposia 2001; University of San Francisco; 2001. p. 66–69.
30. Ikegami H, Ikegami Y, Sano S, Sakurai S, Yoshioka N. Biomechanics of jump in figure skating: kinematic analysis of Quad-Salchow jump motion. Nagoya J Health Phys Fitness Sports. 2005;28(1):15-22.
31. Sakurai S, Ikegami Y, Akiya I, Asano K. Jump height in ladies single figure skating in the 18th Winter Olympic Games in Nagano 1998. In: Sanders RH, Gibson BJ, editors. Scientific proceedings of the XVII International Symposium on Biomechanics in Sports. Perth: Edith Cowan University; 1999. p. 105-108.
32. Ikegami H, Ikegami Y, Sano S, Suitou H, Yoshioka N. Kinematic analysis of jump motion with multiple rotations in figure skating. Nagoya J Health Phys Fitness Sports. 2006;29(1):27-33.
33. Ikegami H, Ikegami Y, Sano S, Suitou H, Yoshioka N. Qualitative investigation of takeoff and landing motion of figure skate jump in Japanese excellent figure skaters. Nagoya J Health Phys Fitness Sports. 2007;30(1):21-28.
34. Knoll K, Härtel T. Biomechanical conditions for stabilizing quadruple figure skating jumps as a process of optimization. Proceedings of the XXIII International Symposium on Biomechanics in Sports; 2005; Beijing, China. p. 134–137.
35. Knoll K, Hildebrand F. Angular momentum in jumps with rotations on the longitudinal axis in figure skating: 3D-analysis and computer simulation. In: Abrantes J, editor. Proceedings of the XIV International Symposium on Biomechanics in Sports. Lisboa: Edições FMH; 1996. p. 196–199.
36. Koga A, Bai X, Jia Y, Liu J. Lower limb biomechanical differences between jumps with different number of rotations in youth figure skaters. Front Bioeng Biotechnol. 2025;13:1606817.

8. EKLER

EK-1: Tez Çalışması Etik Kurul İzinleri

Tarih: 21/03/2025 14:24
Sayı: E-16969557-050.04-00004126582
00004126582

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ARAŞTIRMA ETİK KURULU

KURUL KARARI

OTURUM TARİHİ	**OTURUM SAYISI**	**KARAR SAYISI**
18.03.2025	2025/07	2025/07-05
Araştırma Numarası : SBA 25/128	**Değerlendirme Tarihi :** 04.02.2025	

Üniversitemiz Spor Bilimleri Fakültesi Biyomekanik ve Motor Kontrol Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA'nın sorumlu araştırmacı olduğu, Zeynep Dilruba SANOĞLU'nun yüksek lisans tezi olan, SBA 25/128 kayıt numaralı ***"Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi"*** başlıklı araştırma önerisi gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, 19 Mart 2025 – 19 Mart 2026 tarihleri arasında geçerli olmak üzere etik açıdan **uygun bulunmuştur.**

Çalışma tamamlandığında sonuçlarını içeren bir rapor örneğinin Etik Kurulumuza gönderilmesi gerekmektedir.

Prof. Dr. Ayşe Nurten AKARSU Kurul Başkanı	Prof. Dr. Mehmet Özgür UYANIK Kurul Üyesi	Prof. Dr. Ayşe KİN İŞLER Kurul Üyesi	Prof. Dr. Yavuz AYHAN Kurul Üyesi
Prof. Dr. Nazmiye Ebru ORTAÇ ERSOY Kurul Üyesi	Prof. Dr. Gözde GİRGİN Kurul Üyesi	Doç. Dr. Tolga ÇAKMAK Kurul Üyesi	Doç. Dr. İbrahim Halil ÖNCEL Kurul Üyesi
Doç. Dr. Burcu ERSÖZ ALAN Kurul Üyesi	Doç. Dr. Ekim GÜMELER Kurul Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Müge DEMİR Kurul Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Meral ÜNER Kurul Üyesi

EK-2: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu

AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU

"Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi" isimli bu çalışma, Zeynep Dilruba SANOĞLU'nun, Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA'nın danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans çalışmasıdır. Bu çalışmayı gerçekleştirebilmek için Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma Etik Kurulundan gerekli izin alınmıştır. Araştırmanın amacı, üçlü Salchow sıçrayışlarının hareket analiz sistemi ile takip edilmesi ve kinematik analizinin yapılmasıdır. Bu tez çalışmasını gerçekleştirebilmek için kurduğumuz ölçüm istasyonunda rutin olarak antrenman çalışmalarında yaptığınız şekilde üçlü Salchow sıçrayışı gerçekleştirmeniz beklenmektedir. Araştırma, kriterleri karşılayan toplam 4 katılımcıyla gerçekleştirilecektir. Siz de bu kriterleri karşıladığınız için çalışmaya dahil edilmeniz araştırma açısından önem taşımaktadır. Araştırmaya katılımınız, yaklaşık 1 saatlik bir zaman dilimini kapsamaktadır. Katılım tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın herhangi bir aşamasında, herhangi bir gerekçe belirtmeden çalışmadan çekilme hakkına sahipsiniz. Bu kararınız nedeniyle size karşı hiçbir yaptırım uygulanmayacaktır. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecek, katılımınız karşılığında herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

Çalışma kapsamında antropometrik (örneğin kol ve bacak uzunluğu) ve kinematik (hareket sırasındaki hız, açı, vb.) veriler toplanacaktır. Bu veriler yalnızca araştırma amacıyla kullanılacak ve 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'na uygun olarak saklanacaktır. Katılımcılardan rutin olarak antrenman çalışmalarında yaptığı şekilde üçlü Salchow hareketini gerçekleştirmesi istenecektir. Araştırmada başarılı ve başarısız denemelerin kaydı alınacaktır; ancak katılımcılardan özellikle başarısız deneme yapmaları istenmeyecektir. İlgili denemeler, 3 başarılı ve 3 başarısız sıçrayış kaydedilene kadar devam edecektir.

Yukarıda belirtilen ve araştırma öncesinde katılımcıya verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını, amacını ve üzerime düşen sorumlulukları anladım. 18 yaşından büyük olduğumu kimlik bilgilerimle doğrulayabileceğimi ve sağlık durumumun çalışmaya katılmak için uygun olduğunu

beyan ediyorum. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklamalar, aşağıda adı belirtilen araştırmacı/araştırmacılar tarafından tarafıma sunulmuştur. Çalışmanın olası riskleri ve faydaları bana açık ve anlaşılır bir şekilde anlatılmıştır. Kişisel bilgilerimin gizliliğinin özenle korunacağı konusunda yeterli güvence sağlanmıştır.

Bu koşullarda, söz konusu araştırmaya tamamen kendi isteğimle, hiçbir baskı ve telkin olmaksızın katılmayı kabul ediyorum. Çalışma başladıktan sonra istediğim herhangi bir zamanda gönüllü katılımdan çekilebileceğimi, çalışma devam ederken veya sona erdikten sonra Zeynep Dilruba SANOĞLU'na 05xxxxxxxxx numaralı telefondan veya xxxxxxxxxx@gmail.com üzerinden, Dr. Öğr. Ü. Arif Mithat AMCA'ya 05xxxxxxx numaralı telefondan veya xxxxxxxx@hacettepe.edu.tr e-posta adresi ulaşarak çalışmayla ilgili bilgi alabileceğimi biliyorum.

KATILIMCI			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
		05	

TANIK			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
		05	

KATILIMCI İLE GÖRÜŞEN ARAŞTIRMACI			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
Zeynep Dilruba SANOĞLU	Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi		

Görüşme Tarihi ve Saati: : . . / . . / 202 . . . : . .

EK-3: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu – Çocuk Rıza Formu

AYDINLATILMIŞ ONAM FORMU ÇOCUK RIZA FORMU

Sevgili Kardeşim,

Benim adım Zeynep Dilruba SANOĞLU. Senin gibi üçlü Salchow elementini gerçekleştirebilen sporcular ile bir çalışma yapıyoruz. Çalışmamız üçlü Salchow'un bir hareket haritasını çıkarmakla ilgili. Bu çalışmada senin ve senin gibi bu hareketi başarıyla gerçekleştiren arkadaşlarının yardımına ihtiyacımız var. Araştırma ile yeni bilgiler öğreneceğiz ve buz pateni sporuna katkı sağlayacağız. Bu araştırmaya katılmanı öneriyoruz.

Araştırmayı ben, Zeynep Dilruba Sanoğlu ve Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat Amca ile birlikte yapıyoruz. Bu araştırmaya katılacak olursan buz içerisine kurduğumuz ölçüm alanında senden rutin olarak antrenman çalışmalarında yaptığın şekilde üçlü Salchow yapmanı bekleyeceğiz. Bunun için bize yaklaşık bir saatini ayırman gerekecek.

Bu araştırmanın sonuçları senin gibi artistik buz pateni ile ilgilenen çocuklar 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.

Aklına şimdi gelen veya daha sonra gelecek olan soruları istediğin zaman bana sorabilirsin. Telefon numaram ve adresim bu kağıtta 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.

KATILIMCI				
Adı Soyadı	Doğum Tarihi	Adres	GSM	İmza
	/ /		05	

VELİ/VASİ				
Adı Soyadı	Doğum Tarihi	Adres	GSM	İmza
	/ /		05	

Gerekiyorsa TANIK				
Adı Soyadı	Doğum Tarihi	Adres	GSM	İmza
	/ /		05	

KATILIMCI İLE GÖRÜŞEN ARAŞTIRMACI			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
Zeynep Dilruba SANOĞLU	Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi		

Görüşme Tarihi ve Saati: / /

EK-4: Tez Çalışması Aydınlatılmış Onam Formu – Anne ve Baba veya Yasal Vasi (Kanuni Temsilci) İçin

ANNE VE BABA VEYA YASAL VASİ (KANUNİ TEMSİLCİ) İÇİN

"Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi" isimli bu çalışma, Zeynep Dilruba SANOĞLU'nun, Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA'nın danışmanlığında yürüttüğü yüksek lisans çalışmasıdır. Bu çalışmayı gerçekleştirebilmek için Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Araştırma Etik Kurulundan gerekli izin alınmıştır. Araştırmanın amacı, üçlü Salchow sıçrayışlarının hareket analiz sistemi ile takip edilmesi ve kinematik analizinin yapılmasıdır. Bu çalışmanın örnekleminde sizin 18 yaşının altındaki çocuğunuza da yer vermek istiyoruz. Bu tez çalışmasını gerçekleştirebilmek için kurduğumuz ölçüm istasyonunda velisi olduğunuz çocuğunuzdan rutin olarak antrenman çalışmalarında yaptığı şekilde üçlü Salchow sıçrayışı gerçekleştirmesi beklenmektedir. Araştırma, kriterleri karşılayan toplam 4 katılımcıyla gerçekleştirilecektir. Çocuğunuz da bu kriterleri karşıladığı için çalışmaya dahil edilmesi araştırma açısından önem taşımaktadır. Araştırmaya katılım, yaklaşık 1 saatlik bir zaman dilimini kapsamaktadır. Çocuğunuzun araştırmaya katılımı sizin olur vermenize ve çocuğunuzun isteğine bağlıdır. Araştırma sürecinde istediğiniz zaman gerekçe bildirmeden çocuğunuzun araştırmaya katılmasını reddedebilir veya çocuğunuzu araştırmadan çekebilirsiniz. Bu kararınız nedeniyle çocuğunuza veya size karşı hiçbir yaptırım uygulanmayacaktır. Bu çalışmaya katılmanız için sizden herhangi bir ücret istenmeyecek, katılımınız karşılığında herhangi bir ödeme yapılmayacaktır.

Çalışma kapsamında antropometrik (örneğin kol ve bacak uzunluğu) ve kinematik (hareket sırasındaki hız, açı, vb.) veriler toplanacaktır. Bu veriler yalnızca araştırma amacıyla kullanılacak ve 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'na uygun olarak saklanacaktır. Katılımcılardan rutin olarak antrenman çalışmalarında yaptığı şekilde üçlü Salchow hareketini gerçekleştirmesi istenecektir. Araştırmada başarılı ve başarısız denemelerin kaydı alınacaktır; ancak katılımcılardan özellikle başarısız deneme yapmaları istenmeyecektir. İlgili denemeler, 3 başarılı ve 3 başarısız sıçrayış kaydedilene kadar devam edecektir.

Yukarıda belirtilen ve araştırma öncesinde katılımcının velisine verilmesi gereken bilgileri okudum ve velisi olduğum çocuğumun katılması istenen çalışmanın kapsamını, amacını ve üzerime düşen sorumlulukları anladım. Velisi olduğum çocuğumun sağlık durumunun çalışmaya katılmak için uygun olduğunu beyan ediyorum. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklamalar, aşağıda adı belirtilen araştırmacı/araştırmacılar tarafından tarafıma sunulmuştur. Çalışmanın olası riskleri ve faydaları bana açık ve anlaşılır bir şekilde anlatılmıştır. Velisi olduğum çocuğumun kişisel bilgilerinin gizliliğinin özenle korunacağı konusunda yeterli güvence sağlanmıştır.

Yukarıda belirtilen bilgileri okudum ve anladım. Çocuğumun bu çalışmaya katılması için yasal temsilcisi olarak onay veriyorum. Araştırma sürecinde istediğim zaman gerekçe bildirmeden çocuğumun araştırmaya katılmasını reddedebileceğimi ve çocuğumu araştırmadan çekebileceğimi, çalışma devam ederken veya sona erdikten sonra Zeynep Dilruba SANOĞLU'na 05xxxxxxxxx numaralı telefondan veya xxxxxxxxxxx@gmail.com e-posta adresi üzerinden, Dr. Öğr. Ü. Arif Mithat AMCA'ya 05xxxxxxxx numaralı telefondan veya xxxxxxxxx@hacettepe.edu.tr e-posta adresi ulaşarak çalışmayla ilgili bilgi alabileceğimi biliyorum.

KATILIMCININ VELİSİ			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
		05	

TANIK			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
		05	

KATILIMCI İLE GÖRÜŞEN ARAŞTIRMACI			
Adı Soyadı	Adres	GSM	İmza
Zeynep Dilruba SANOĞLU	Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi		

Görüşme Tarihi ve Saati: : . . / . . / 202 . . . : . .

EK-5: Katılımcı Veri Toplama Formu

Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi
KATILIMCI VERİ TOPLAMA FORMU

KATILIMCI NO:_____

Tarih: _____/_____/_____ *Saat:*

Lütfen sorularda bırakılan boşlukları doldurunuz. Hacettepe Üniversitesi olarak katılımınız için teşekkür ederiz.

KATILIMCI BİLGİLERİ	
Doğum Tarihi:	
Yarışma Kategorisi: (Advanced Novice, Junior, Senior)	

YARALANMA GEÇMİŞİ		
Mevcut yaralanmanız bulunuyor mu?	EVET	HAYIR
Son 3 ayda alt ekstremitede yaralanma yaşadınız mı?	EVET	HAYIR

KATILIMCI DETAYLARI	
ARTİSTİK BUZ PATENİ DENEYİMİ	
Ne kadar zamandır artistik buz pateni sporuyla ilgileniyorsunuz?	(yıl)
Genellikle haftada kaç saat buz içi antrenman yapıyorsunuz?	
Genellikle haftada kaç saat buz dışı antrenman yapıyorsunuz?	
Genellikle haftada kaç gün antrenman yapıyorsunuz?	

ANTROPOMETRİK VERİLER

BOY VE VÜCUT KÜTLESİ			
Vücut Kütlesi (Kg)		*Paten Bıçak Yüksekliği (cm)*	
Boy (m)		*Zemin – Ayak bileği Yüksekliği (cm)*	
TEST BİLGİSİ			

Artistik Buz Pateninde Başarılı ve Başarısız Salchow Sıçrayışlarının Kinematik Analizi
KATILIMCI VERİ TOPLAMA FORMU

Notlar: (çalışmaya dahil edilmeme sebepleri, test sırasında yaşanan problemler gibi)

Veri Toplama

Deneme	Başarılı / Başarısız	Not
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

EK-6: Orijinallik Raporu

turnitin

Dijital Makbuz

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

Gönderinizin ilk sayfası aşağıda gönderilmektedir.

Gönderen:	Zeynep Dilruba Sanoğlu
Ödev başlığı:	Tez Metni
Gönderi Başlığı:	ARTİSTİK BUZ PATENİNDE BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SI...
Dosya adı:	ARILI_VE_BA_ARISIZ_SALCHOW_SI_RAYI_LARININ_K_NEMAT_K_...
Dosya boyutu:	2.93M
Sayfa sayısı:	113
Kelime sayısı:	23,068
Karakter sayısı:	156,638
Gönderim Tarihi:	27-Eki-2026 12:06ÖS (UTC+0300)
Gönderim Numarası:	2981615480



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARTİSTİK BUZ PATENİNDE
BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SIÇRAYIŞLARININ
KİNEMATİK ANALİZİ

Zeynep Dilruba SANOĞLU

Hareket ve Antrenman Bilimleri Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Arif Mithat AMCA

ANKARA
2026

Copyright 2026 Turnitin. Tüm hakları saklıdır.

ARTİSTİK BUZ PATENİNDE BAŞARILI VE BAŞARISIZ SALCHOW SIÇRAYIŞLARININ KİNEMATİK ANALİZİ

ORİJİNALLİK RAPORU

%8	%8	%7	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	openaccess.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	%3
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%1
3	openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
4	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
5	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1
6	tanjuyildon.tr.gg İnternet Kaynağı	<%1
7	Akdağ Güler, Sıla. "Gecikmiş dil ve konuşması olan çocuklarla normal gelişim gösteren çocukların zihin kuramı becerilerinin karşılaştırılması.", Üzküdar University (Turkey) Yayın	<%1
8	Karabacak, Pinar. "Ortaöğretim Görsel Sanatlar dersinde dijital çizim programlari kullaniminin öğrencilerin çevresel tutum ve yaraticiliklarina etkisi", Izmir Katip Celebi University (Turkey), 2024 Yayın	<%1
9	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	<%1
10	www.etikkurul.hacettepe.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
11	openaccess.izu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
12	visitgokceada.com İnternet Kaynağı	<%1
13	docplayer.biz.tr İnternet Kaynağı	<%1

14	ipcedu.org İnternet Kaynağı	<%1
15	Bilgehan, Tugba. "Lisede ogrenim Goren Adolesanlarin Internet Kullaniminin ve Psikososyal Uyum Duzeylerinin Degerlendirilmesi", Necmettin Erbakan University (Turkey) Yayın	<%1
16	Aslanoglu, Seda. "Yayli Calgi Calan Muzisyenlerde Gorulen Mesleki Saglik Problemleri Ve Bu Problemleri onlemede Yardimci Olabilecek Rahatlama Teknikleri", Anadolu University (Turkey) Yayın	<%1
17	openaccess.biruni.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
18	www.selcukmedj.org İnternet Kaynağı	<%1
19	Avcı, Rabia İnan. "Biyoçeşitlilik Çerçevesinde Doğa Tarihi ve Derin Zamanın Öğretimine Yönelik Etkileşimli Bir Aracın Geliştirilmesi", Balikesir University (Turkey), 2025 Yayın	<%1
20	japr.ut.ac.ir İnternet Kaynağı	<%1
21	Akbaş, Mustafa. "Balikesir ilinde öğrencilerin okul sporlarina katilim düzeylerinin incelenmesi.", Balikesir University (Turkey) Yayın	<%1
22	Sayim, Mustafa. "Yaratıcı drama etkinliklerinin empatik eğilim ve sosyal beceri düzeyine etkisi", Bartin University (Turkey), 2024 Yayın	<%1
23	acikerisim.atlas.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
24	real-j.mtak.hu İnternet Kaynağı	<%1
25	Öztürk, Rukiye. "Masaj, Küvet Banyo, Silme Banyo Yöntemlerinin Bilirübin Düzeylerine, Cilt Bariyerine, Neonatal Konfora, Yaşam Bulgularına Etkisi: Randomize Klinik Çalişma.", Bursa Uludag University (Turkey) Yayın	<%1
26	Tekin Meriç, Didem. "Obsesif kompulsif bozukluğu olan kişilerde hipnomeditatif yeniden işleme terapisi ile zihinsel kirlilik, yıkama davranışları ve öz-tiksinme düzeylerinin değerlendirilmesi.", Üzküdar University (Turkey) Yayın	<%1

27	anket.tubitak.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
28	edu.mari.ru İnternet Kaynağı	<%1
29	pdfs.semanticscholar.org İnternet Kaynağı	<%1
30	www.csgb.gov.tr İnternet Kaynağı	<%1
31	www.dspace.yildiz.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
32	www.semanticscholar.org İnternet Kaynağı	<%1
33	İYİYOL, Fatih. "Bosna-Hersek'te ocaklar: Živčić-vukeljići ve mesudije tekkeleri", Gazi Üniversitesi Türk Kültürü ve Hacı Bektaş Veli Araştırma Merkezi, 2012. Yayın	<%1
34	Kalburcu, Müberra Ahsen. "Düzenli intravenöz tedavi gören çocuklarda desenli tespit malzemesinin ağrı ve fizyolojik parametrelere etkisi: Çapraz karşılaştırmalı çalışma.", Necmettin Erbakan University (Turkey) Yayın	<%1
35	Ural, Berfin. "Sanat Yapıtlarına Dayalı Etkinlik Eğitim Paketi Ile Işitme Engelli Öğrencilerde Öz Duyarlık Geliştirilmesi", Ankara Universitesi (Turkey), 2024 Yayın	<%1
36	Yildirim, İlkyaz Kaya. "Perinatal Kaygı ve Depresyon Için Bibliyoterapi Odaklı ve Internet Üzerinden Uygulanan Bir Müdahalenin Geliştirilmesi ve Etkilerinin Incelenmesi.", Dokuz Eylul Universitesi (Turkey) Yayın	<%1
37	abis-files.gazi.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
38	acikerisim.comu.edu.tr İnternet Kaynağı	<%1
39	adudspace.adu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<%1
40	akademidelisi.xyz İnternet Kaynağı	<%1
41	bib.irb.hr İnternet Kaynağı	<%1

42	burkonturizm.com İnternet Kaynağı	<%1
43	www.fizyoterapirehabilitasyon.org İnternet Kaynağı	<%1
44	www.science.gov İnternet Kaynağı	<%1
45	Altuntaş, Ekrem Ali. "Beden eğitimi öğretmeni adaylarının öğretmenlik mesleğine ilişkin tutumları ile öz yeterlikleri arasındaki ilişki", Bartin University (Turkey), 2024 Yayın	<%1
46	Elek, Aydanur. "Menisküs Hasarli Bireylerde Propriyosepsiyon Duyusu ve Alt Ekstremite Kas Kuvvetinin Somatotip ile Ilişkisinin Incelenmesi.", Inonu University (Turkey) Yayın	<%1
47	Gürlen, Volkan Süleyman. "Dental İmplantlar Üzerinde Oluşturulan Mikrobiyal Biyofilmin Uzaklaştirilmasinda Farkli Yöntemlerin Karşilaştirilmasi", Izmir Katip Celebi University (Turkey), 2024 Yayın	<%1
48	Konak, Hicran. "Fibromiyaljili Kadın Hastalarda Yaşam Kalitesi ve Seksüel Disfonksiyonun Değerlendirilmesi", Sakarya Universitesi (Turkey), 2022 Yayın	<%1
49	"Poster Özetleri / Poster Abstracts", Turkish Journal of Biochemistry, 2015 Yayın	<%1
50	"VIII Latin American Conference on Biomedical Engineering and XLII National Conference on Biomedical Engineering", Springer Science and Business Media LLC, 2020 Yayın	<%1
51	Reis, Ivan Gonçalves. "Handebol e gênero: as relações de poder na dinâmica dos treinos aos jogos no estado do pará", Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro (Portugal), 2022 Yayın	<%1

Alıntıları çıkart	üzerinde	Eşleşmeleri çıkar	< 5 words
Bibliyografyayı Çıkart	üzerinde		

9. ÖZGEÇMİŞ