

**T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

CİRİT ATMA TEKNİĞİNİN BİYOMEKANİKSEL ANALİZİ

Çiğdem BULGAN

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÖNETMELİĞİNİN
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI İÇİN ÖNGÖRDÜĞÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR**

KOCAELİ/2005

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CİRİT ATMA TEKNİĞİNİN BİYOMEKANİKSEL ANALİZİ

Çiğdem BULGAN

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÖNETMELİĞİNİN
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI İÇİN ÖNGÖRDÜĞÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

Danışman
Prof. Dr. Aydın ÖZBEK

KOCAELİ/2005

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

İşbu çalışma, jürimiz tarafında Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalında BİLİM UZMANLIĞI (YÜKSEK LİSANS) TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan Ünvanı Adı SOYADI İMZA

Üye Ünvanı Adı SOYADI İMZA

Üye Ünvanı Adı SOYADI İMZA

Üye Ünvanı Adı SOYADI İMZA

Üye Ünvanı Adı SOYADI İMZA

ONAY

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

...../...../2005

Prof. Dr. Nejat GACAR

Enstitü Müdürü

ÖZET

Cirit Atma Tekniğinin Biyomekaniksel Analizi

Çalışmamızın amacı; elit ve sub-elit düzeydeki cirit atıcılarının, cirit atma tekniklerinin, biyomekaniksel analizlerinin yapılarak, karşılaştırılmasıdır.

Araştırmamızda 5 elit ve 5 sub-elit olmak üzere toplam 10 tane cirit sporcusu denek olarak kullanılmıştır. Cirit atma tekniğinin taşıma ve atış evreleri incelenmiştir.

Bu araştırmada 3 boyutlu videografi kullanılmıştır. Sporcuların kaydında 100 Hz hızında üç adet yüksek hızlı ve birbirine senkronize çalışan kameralar kullanılmıştır. Kamera çekimleri program aracılığıyla doğrudan bilgisayara yüklenmiştir. Elde edilen verilerin SİMİ Motion 6,2 programı kullanılarak kinematik analizleri yapılmıştır.

Ciriti taşıma evresinde; gövde açısal hızında, kolun horizontal düzlemindeki (xy) açısal genişliğinde, kolun frontal düzlemindeki (xz) ivmelenmesinde, kolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal genişliğinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Önkolun horizontal düzlemdeki (xy) açısal genişliğinde, açısal hızında, ivmelenmesinde; önkolun frontal düzlemdeki (xz), açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde; önkolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde, ivmelenmesinde, frontal düzlemdeki ivmelenmesinde, sagittal düzlemdeki açısal genişliğinde ve hızında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Dirseğin açısal hızında, açısal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Ciriti atış evresinde; gövdenin açısal genişliğinde, açısal hızında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Kolun horizontal düzlemdeki açısal hızında; kolun sagittal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0,05$). Önkolun horizontal düzlemdeki açısal hızında; frontal düzlemdeki açısal genişliğinde; dirseğin sagittal düzlemdeki açısal genişliğinde açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde; horizontal düzlemdeki ivmelenmesinde; sagittal düzlemdeki açısal

hızında ve açısal genişliğinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal hızında, açısal genişliğinde; sagittal düzlemdeki ivmelenmesinde anlamlı farklara rastlanmamıştır ($p>0,05$). Omuzun açısal hızında, dirseğin açısal hızında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Sonuç olarak optimal bir atış mesafesi için horizontal düzlemde rotasyondan ziyade, sagittal düzlemde kolun hiperekstansiyona getirilip atış hareketinin gerçekleştirilmesinin daha avantaj sağladığı görülmüştür. Ayrıca taşıma evresinde gövdenin, rotasyonla atış yönünden çok fazla uzaklaştırılmasının atış hızını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3D kinematik analiz, cirit atma, biyomekanik.

ABSTRACT

Biomechanical Analysis of Javelin Throwing Technique

The aim of our study is to make and compare the biomechanical analysis of the javelin throwing techniques of the elite and sub-elite javelin throwers.

In our study, 10 javelin throwers (5 elite, 5 sub-elite) were used. Carrying and throwing phases of javelin throwing techniques were observed.

In this study, 3-dimensional videography method was used. 3 high speed and working synchronizedly (100 hz speed) cameras were used. The shots taken from cameras were transferred to the computer directly. Kinematic analysis of acquired data were done by using SIMI Motion 6.2 program.

On the phase of carrying javelin; significant difference was found in body angular speed, arm's angular wideness (xy) on horizontal plane, in the acceleration of arm's frontal plane (xz), in the angular wideness of arm's sagittal (yz) plane ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular wideness, angular speed and angular acceleration of forearm's horizontal plane (xy); in the angular wideness, speed and acceleration of forearm's frontal (xz) plane; in the angular wideness, angular speed and angular acceleration of forearm's sagittal plane (yz) ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular wideness and acceleration of javelin's horizontal plane; in the acceleration of frontal plane; in the angular wideness and speed of sagittal plane ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular speed, wideness and acceleration of elbow ($p<0,05$).

On the phase of javelin throwing; significant differences were found on the body's angular wideness and speed ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular speed of arm's horizontal plane, in the angular speed and acceleration of arm's sagittal plane ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular speed of forearm's horizontal plane, in the angular wideness of forearm's horizontal plane, in the angular wideness, speed and acceleration of elbow's sagittal plane ($p<0,05$). Significant differences were found in the angular wideness and acceleration of javelin's horizontal plane. Significant differences were found in the angular speed

and wideness of javelin's sagittal plane ($p < 0,05$). Significant differences were not found in the angular speed and acceleration of javelin's horizontal plane; in the angular speed and wideness of javelin's frontal plane; in the acceleration of javelin's sagittal plane ($p > 0,05$). Significant differences were found in the angular speed of shoulder and in the angular speed of elbow ($p < 0,05$).

As a result we understood that it is an advantage to achieve the throwing movement by getting the arm to hiperextension in sagittal plane. This way is better than rotation in horizontal plane for optimal throwing distance. And addition to this, to take away the body far so much from the throwing direction by rotation on carrying phase affects the throwing speed badly.

Key words: 3d kinematic analysis, javelin throw, biomechanics.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	5
2.1.Atletizm Tarihçesi	5
2.2. Atletizmin dallara göre sınıflandırılması	5
2.3. Atmalar	6
2.4. Cirit atma	6
2.4.1. Cirit atma tekniği	7
2.4.2. Cirit	7
2.4.3. Cirit atma sektörü	8
2.4.4. Cirit atmanın uygulanması zorunlu kuralları	9
2.5. Cirit atma tekniğinde hareket bölümleri	9
2.5.1. Ciriti tutma ve taşıma	10
2.5.2. Yaklaşma koşusu	10
2.5.3. Çapraz adıma giriş ve ciriti geriye alma	10
2.5.4. Geçiş adımı ve atış durumuna geliş	11
2.5.5. Atış ve atış sonrası	11
2.6. Spor Biyomekaniği	12
2.6.1. Spor Biyomekaniğinin Amaçları	13
2.7. Spor Biyomekaniğinde Kullanılan Bazı Anatomik Terimler	13
2.7.1. Hareket Yönleri	13
2.7.2. Anatomik Düzlemler	14
2.7.3. Anatomik Referans Eksenleri	15

2.7.4. Anatomik Eksende Yapılan Hareketler	15
2.7.4.1. Sagittal düzlem hareketleri	15
2.7.4.2. Frontal düzlem hareketleri	16
2.7.4.3. Transvers düzlem hareketleri	16
2.7.4.4. Obliq Düzlem ve Eksende Yapılan Hareketler	17
2.8. Vücuda ve Vücudun Hareketlerine Etki Eden İç Kuvvetler	17
2.8.1. İskelet sistemi	17
2.8.1.1. Kemikler	18
2.8.1.2. Eklemler	18
2.8.2. Kas Sistemi	19
2.9. Spor Biyomekaniğinde Kinematik Değişkenler	19
2.9.1. Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar	20
2.9.2. Temel Kinematik Veriler.....	20
2.9.2.1. Yer değiştirme.....	20
2.9.2.2. Hız	21
2.9.2.3. İvme.....	21
2.10. Kinematik.....	21
2.11. Hareket	22
2.11.1. Doğrusal Hareket	23
2.11.2. Açısal Hareket	23
2.11.3. Doğrusal ve açısal hareket arasındaki ilişki	23
2.12. Biyomekanik Ölçüm Yöntemleri	23
2.12.1. Düzlemsel (2 Boyutlu) Cine ve Video Yöntemi	24
2.12.2. Üç Boyutlu Cine ve Video Yöntemi	24
2.12.3. Otomatik Hareket Analiz Sistemleri	25
2.12.4 Antropometri	25

2.12.5 Kinematik.....	25
2.12.5.1. Elektronik Metotlar	26
2.12.5.2. Optik Metotlar	26
2.12.6. Dinamometre (Kuvvet Ölçüm) Tekniği.....	27
2.12.7. Elektromiyografi (EMG) Yöntemi	27
2.13. Koordinat Sistemleri	27
2.14. Kinematik Analiz.....	28
2.14.1. DLT (Direct Linear Transformation) Metodu.....	29
2.14.2. Kare oranı	30
2.14.3. Deri işaretleri	30
2.14.4. Kalibrasyon	30
2.15. Cirit Atışı Mekaniki	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM	32
3.1.Araştırma Grubu	32
3.2. Veri Toplama Araçları	32
3.2.1. Kalibrasyon alanı ölçüleri	33
3.2.2. Deri İşaretleri	34
3.3 Veri Toplama Yöntemleri	36
3.4. Hareket Fazları	36
3.4.1. Taşıma Evresi	36
3.4.2. Atış Evresi	38
3.4.3. Bırakma Anı Evresi	38
3.5 Analiz	39
3.6. İstatistiksel Analiz	40
4. BULGULAR	41
4.1. Taşıma Evresi (1. Faz)	49
4.1.1. Elit Sporcular	49
4.1.2. Sub- elit Sporcular	50

4.1.3. Elit ve Sub- elit Sporcular	52
4.2. Atış Evresi (2. Faz)	53
4.2.1. Elit Sporcular	53
4.2.2. Sub-elit Sporcular	54
4.2.3. Elit ve Sub-elit Sporcular	56
4.3. Bırakma Anı Evresi	57
5. TARTIŞMA	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	68
KAYNAKLAR DİZİNİ	70
ÖZGEÇMİŞ	74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Cirit	8
Şekil 2.2. Cirit Atma Sektörü.....	8
Şekil 3.1. Basler A602f marka 100 Hz kamera.....	32
Şekil 3.2. Kalibrasyon Kafesi..	34
Şekil 3.3. Deri işaretlemeleri.....	35
Şekil 3.4. Taşıma evresi başlangıç anı.....	37
Şekil 3.5. Taşıma evresinin bitiş anı.....	37
Şekil 3.6. Atış evresinin başlangıç anı.....	38
Şekil 3.7. Atış evresinin bitiş anı.....	38
Şekil 3.8. Simi Motion Hareket Analiz Program Bilgisayarı.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Elit cirit atıcılarının yaş, boy, ağırlık ve atış mesafeleri değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları.....	41
Çizelge 4.2. Sub-elit cirit atıcılarının yaş, boy, ağırlık ve atış mesafeleri değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları.....	41
Çizelge 4.3. Taşıma evresinde elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (Metre ‘m’ , m/s , m/s ² cinsinden)	41
Çizelge 4.4. Taşıma evresinde sub-elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (Metre ‘m’ , m/s, m/s ² cinsinden)	43
Çizelge 4.5. Atış evresinde elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (Metre ‘m’ , m/s , m/s ² cinsinden)	44
Çizelge 4.6. Atış evresinde sub-elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (Metre ‘m’ , m/s, m/s ² cinsinden)	45
Çizelge 4.7. Taşıma evresinde elit ve sub-elit sporcuların açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme değerleri (derece ^o , derece/s, derece/s ² cinsinden)	47
Çizelge 4.8. Atış evresinde elit ve sub-elit sporcuların açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme değerleri (derece ^o , derece/s, derece/s ² cinsinden).....	48
Çizelge 4.9. Elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları	49
Çizelge 4.10. Sub-elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları	51
Çizelge 4.11. Elit ve Sub-elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları.....	52
Çizelge 4.12. Elit sporcuların atış evresinde değişik segment hareketleri farklılıkları	53

Çizelge 4.13. Sub-elit sporcuların atış evresinde değişik segment hareketleri farklılıkları	55
Çizelge 4.14. Elit ve Sub-elit sporcuların atış evresinde değişik segment hareketleri farklılıkları	56
Çizelge 4.15. Bırakma anı açıları	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AO : Aritmetik Ortalama

SS : Standart Sapma

Sağomz : Sağ Omuz

Sağdrsk : Sağ Dirsek

Sağblk : Sağ Bilek

Crt Uç : Cirit Ucu

Crt Mrkz : Cirit Merkezi

v : hız

a : İvme

w : Açısal Hız

α : Açısal İvme

1. GİRİŞ

Sporcular performanslarını arttırmak için daha verimli antrenman yapmaya çalışırken, antrenörler ve bilim adamları yeni araştırmalar ve uygulamalarla sporcuya katkıda bulunmaya çalışmaktadırlar. Bu uygulamalardan biri de biyomekaniktir (Gözcelioğlu, 2004). Sporun gelişmesinde biyomekaniğin önemli katkısı olduğu tartışılmaz bir gerçektir. Biyomekaniğin, performansın geliştirilmesinde, tekniğin, fiziksel yapı veya fizyolojik kapasiteden daha dominant olduğu sporlarda veya aktivitelerde daha kullanışlı olduğu görülmektedir (Knudson, 2003). Teori ve pratik kavramları ve uygulanabilirliği sporda en somut haliyle biyomekanik içerisinde incelenir. Teorik olarak mekanik kanunlar ve pratik olarak da biyomekanik deneysel araştırmalar hareketin gidişini reel olarak açıklarlar (Çetin, 1997). Sportif hareketler doğadaki her şey gibi, hareket ilkeleri içerisinde gerçekleşmek zorundadır. Buna bağlı olarak, yapılan tüm sportif etkinlikler de bu ilkeler doğrultusunda olacaktır. İnsanların sayısız hareketi, birçok değişik türü ile spor dağarcığını meydana getirirken, hareket kanunlarına uymak durumundadır (Açıkada ve Ergen, 1990). İnsan yada hayvanda kütlenin bir parçası dahi yer değişimi bir bölgede ve zaman içinde istisnasız mekanik kanunlar çerçevesinde oluşmaktadır. Hareket yalnız yer değişimi değil, mekanikte kalite değişimini de içermektedir. Biyomekanik sadece mekanik kanunlarla sınırlı olmayıp anatomi, fizyoloji, spor metodüğü gibi yan bilim dallarıyla da etkileşim halindedir (Çetin, 1997).

Fizyologlar; sportif performansı, organik açıdan hücre, doku, besin maddeleri ve sıvı gibi maddeleri açısından ele alırken, Psikologlar da; sporu ve sporcuyu, bilinç ve kişilik açısından spora motive etmeyi amaçlarlar. Biyomekanikçiler ise; sporu, sporcuyu ve sporda kullanılan malzemeleri mekanik kurallar çerçevesinde ele alır ve incelerler (Açıkada ve Ergen, 1990).

Her spor dalında kondisyonel koşulların dışında tekno motor unsurlar da performans sonucunu belirler. Spor tekniği, örneğin belli bir kompozisyona göre icra edilen spor dallarında olduğu gibi, çoğu zaman bir disiplininde performansı etkileyen en önemli faktördür (Çetin, 1997). Teknik özelliği çok olan spor branşlarında biyomekanik bilimine ihtiyaç daha da fazla artmaktadır. Antrenörler

sporcuya uygun teknik becerileri kazandırırken biyomekanik kavramlarını iyi bilmeleri gerekir, biyomekanik bilimiyle ilgilenen bilim adamları da kendi konularını, bulgularını günlük spora indirgeyecek şekilde ele almalıdır.

Sporda biyomekanik çalışmalar, yalnız analizlerle sınırlı kalmayıp, sportif performansı arttıracak malzeme üretimine de katkı sağlamaktadır (Açıkada ve Ergen, 1990). Spor aletleri ve giysileri daha verimli ve kullanılabilir hale getirilmektedir. Yüksek hızda yapılan sürat pateni, kayak, bisiklet gibi sporlarda aerodinamiğe dayalı yapılan biyomekanik ürünler kullanılmaktadır. Hava sürtünmesini en aza indirgeyecek biçimde üretilen bu ürünler sayesinde de sporcu performansının artırılmasını sağlamaktadır. Yüzme yarışlarında da artık yüzücünün tüm vücudunu kapsayacak mayolar giyilmeye başlanmış, mayo üzerindeki özel kanallar sayesinde daha hızlı yüzülmesi sağlanmıştır (Gözcelioğlu, 2004). On bin metre yarışında bir sürat patencisinin giydiği aerodinamik giysiler yardımıyla, yaklaşık olarak 16 saniye kazanabildiği gözlenmiştir. (Açıkada ve Ergen, 1990).

Aerodinamik çalışmaların sonucu, performansta belirgin bir artış elde edilen spor dallarından biri de cirit atmadır. Dick Held adlı mühendis, alüminyumun cirit yapımında en ideal olduğunu buluncaya kadar cirit ağaçtan yapılmaktaydı. 1957 yılından itibaren alüminyumdan yapılan ciritlerle rekorlar kırılmaya başlanmıştır. Cirit boyunun bayanlar ve erkeklerde standartlaştırılmasından sonra Juris Teraud'un aerodinamik cirit tasarımı, cirit sporuna yeni bir boyut kazandırmıştır. Yeni cirit modeli, kuyruk bölümünde daha az sürüklenme olurken, optimum açı ile fırlatma ve havada daha uzun kalabilme özelliklerini kazandırmıştır. Bunun dışında bilgisayarda yapılan hareket analizleri sonucu; optimal fırlatma açısı ve fırlatma hızı, ciritin optimal uzaklığa atılması için sporcunun uygulaması gereken tekniği ve kol sürati de belirlenmektedir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Gelişen araştırma teknikleri ile biyomekanik bilimcileri sporun her alanında daha sağlıklı bilgiler elde edebilmekte ve geçmişe oranla hem sporcu hem de kullanılan malzemeyi yönlendirecek şekilde bilgi aktarabilmektedir. Gelecek yılların, şimdilik kırılması zor gibi görünen yeni rekorlar getireceği kuşkusuz görülmektedir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Son 10 yılda cirit atışının biyomekaniksel araştırmalarında atış tekniği üzerine ve ciritin aerodinamiği üzerinde durulmuştur (Viitasalo et al, 2003). Cirit atmanın atış aracı diğer araçlarla karşılaştırılmış ve diğerlerine oranla ciritin daha aerodinamik olduğu belirlenmiştir. Veriler, hem teorik hem de deneysel olarak ele alınmıştır (Morriss and Bartlett, 1996).

Cirit atmanın kinematiği, video veya film kayıtları ile elde edilirken son zamanlarda üç boyutlu hareket analizleri kullanılmaktadır. Uzun yıllar video kaydı kullanılarak yapılan hareket analizleri sadece bir düzlemde, yani 2 boyutla sınırlandırılmış hareketlerde başarılı olunmuştur. En kompleks insan hareketlerinin değerlendirilmesinde bir düzlemde daha fazlasına ihtiyaç duyulduğu için 3 boyutlu video analiz teknikleri geliştirilmiştir (Shapiro, 1978).

Atış biyomekaniğinde, ciritin elden çıkması ile bitiş fazı parametreleri üzerinde durulmaktadır. Ciriti uzak mesafeye atmak, bırakma parametrelerinin değerlerine ve ciritin uçuş sırasındaki güç aktarımına bağlıdır. Bir çok yayınlanmış 2 boyutlu çalışmalarda kayıtlar, cirit atma sırasında koşu yolunu dikey olarak görecekk şekilde kaydedilmesi amaçlanmış, iki boyutlu bırakma parametrelerinden; bırakma hızı, bırakma açısı ve sonundaki elden çıkış anındaki açısı incelenmiştir. Sporcuların tekniği uygun kullanma ve antrenörler için bu çalışmalar iyi bir veri oluşturmuştur. Ek olarak üç boyutlu açısal parametrelerle birlikte yana kayma açısı, son andaki takip açısı, bırakma uzunluğu, ciritin titreşimi, rüzgar hızı, rüzgar yönü, ciritin kendi eksenini etrafında döndürülmesi ve sapması ciritin atış uzaklığını etkilemektedir (Viitasalo et al, 2003). Bununla birlikte son zamanlarda cirit atmayla ilgili olarak film analizleri yardımıyla yapılan diğer çalışmalardan biri de bırakma anı koşullarının deneysel saptamaları üzerinde ciritin titreşiminin ters etkilerinin incelenmesidir (Hubbard and Laporte, 1997).

Cirit atma tekniği bir çok kompleks olan modern analiz tekniklerin kullanılmasıyla sporculara ve antrenörlere yol gösterici olmuştur. Ciritin elden çıkma parametreleri, atışın çeşitli fazlarından en önemlisi olan çapraz adım ve taşıma bölümünde atıcının hareketleri tarafından saptanmıştır. Bu hareketler önemli zamansal ve kinematik değişkenleri bir çok dönem içinde ölçülebilmektedir (Best et al., 1995).

Bu doğrultuda çalışmadaki amaç;

- 1- Elit ve sub-elit düzeydeki cirit atan sporcuların, üç boyutlu kinematik parametrelerinin tespiti,
- 2- Elit ve sub-elit düzeydeki cirit atan sporcuların, cirit atma tekniklerinin karşılaştırılması,
- 3- Cirit atmada, profil değerlerin oluşturulması olarak belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİ ve İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Atletizm Tarihçesi

Spor dalları içinde ana spor olarak kabul edilen atletizm ve atletizm de uygulanan antrenman metotları, insan organizmasını en iyi şekilde geliştirir. Vücut eğitiminde amaca uygun seçilen ve bütün yaş devrelerinde uygulanabilen bu hareketler, vücut fonksiyonlarının optimal düzeye gelmesini sağlamaktadır.

Atletizm, temel hareket formlarından yürüme, koşma, atlama ve atma dallarından oluşan karmaşık bir spor dalıdır.

Atletizm, eski çağlardaki Antik olimpiyatlar, vücut kültürünün gelişmesinde en yüksek noktayı oluşturmuştur. Olimpiyatların en önemli yarışması sayılan pentatlon, disk atma, uzun atlama, cirit atma, bir stadyum boyu koşu ile güreş yarışlarından meydana gelirdi.

Modern vücut kültürü anlayışı ile beraber, atletizmin yeniden geliştirilmesini ve sporun toplumsal fonksiyonlarını ilk defa 19. yüzyılın ortalarında İngiltere’de başladığı görülür.

Bugün olimpiyatlarda 37 atletizm dalı olimpiyat yarışma programına dahil edilmektedir. Böylece atletizm Olimpiyat Oyunlarında en yaygın bir spor dalı olmakta ve oyunların ağırlık noktasını da teşkil etmektedir (İşler, 1997).

2.2. Atletizmin Dallara Göre Sınıflandırılması

- 1- Koşular
- 2- Atlamalar
- 3- Atmalar
- 4- Sportif yürüyüşler
- 5- Çoklu yarışmalar

2.3. Atmalar

Atmalar, çabuk kuvvet isteyen spor dallarıdır. Milletler arası yarışma kuralları ile atılacak her aracın ölçüsü, formu, ağırlığı ile atış şekli ve hız almanın türüne göre (doğrusal veya dönerek) birbirlerinden farklılık gösterirler.

Çeşitli atma ve itme karakteri taşıyan atma dallarının hareket evrelerini analiz edecek olursak, her atmanın 4 temel evreden oluştuğunu görürüz. Bu evreler;

- 1- Duruş ve Harekete Başlama
- 2- Geçiş ve ön gerilme
- 3- Esas devre
- 4- Bitiriş devresi

Buna göre, her atma dalına özel aracın ölçüsü, atış sahası, atış şekli, hız almanın şekli belli bir şekilde verilmektedir (İşler, 1997).

2.4. Cirit Atma

Cirit atma, atletizmin atma gurubu branşlarındanıdır. Cirit atma, atış yeri, hızlanma tarzı ve atma aracının farklılığı ile diğer atma branşlarından farklı bir özelliğe sahiptir. Gülle, disk, çekiç bir çember içinde atılırken cirit hızlanma koşusu sonunda cirit atma için özel olarak ayrılmış bir pistten atılmaktadır (Demirci, 2003).

Cirit atma, özel sporcuların mızrağa benzer bir araçla, önceden belirlenmiş, işaretlenmiş bir alan içerisinde o mızrak şeklindeki aracı atmasıyla gerçekleşir. En uzağa atan cirit atıcısı yarışını kazanır (Cox, 1999).

Cirit atmada amaç; ilgili atma aracını belirlenen kurallar doğrultusunda en uzağa fırlatmaktır.

Cirit atma, insanlık kadar eski bir tarihe sahiptir. Avlanma kültürü içinde, eğer yemek yemek istiyorsan, bir mızrak yapmak ve onu kullanabilmek için de pratik yapmak zorundaydın. Ve tabii ki yapılan o mızrağı aynı zamanda düşman kabilelerden gelecek olan saldırılara karşı da kullanma zorunluluğu vardı (Dunn and McGill, 2003).

Çam, dış budak gibi sert ağaçlardan yapılan ciritler gerek uzağa atma amaçlı gerekse hedefi vurma amaçlı olarak yarışmalarda kullanılmıştır (Demirci, 2003).

Ayrıca cirit, eski yunanlarda askerleri savaşa hazırlamak için kullanılan bir savaş aracı olmuştur (İşler, 1997).

Modern atletizmin başlamasıyla birlikte, cirit atma atletizmin bir dalı olarak hem pentatlon ve dekatlon içinde, hem de atmalar gurubu içinde yer almıştır. Atletizm yarışlarında uygulanan uluslararası kurallar cirit atmada da bugünkü anlamda şekillenmiştir (Demirci, 2003).

Cirit yapısal olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Kafa, gövde ve kort tutanak. Gövde tamamen metal veya başka bir homojen malzemeden imal edilir ve sivri uç ile sona eren metal kafaya bağlanır. Gövde yüzeyi pürüzsüzdür. Ciritin üzerinde bulunan ve ağırlık merkezini kaplayan tutamak düzgün, kaymaz bir yüzeye sahiptir (Diack, 2002-2003).

Ciritin ağırlık merkezinde bir sargı bulunmaktadır. Sporcular tek ellerinin tutacağı bu sargıya yapışkan kullanabilirler (Cox, 1999).

2.4.1. Cirit Atma Tekniği

Cirit atma tekniği, günümüz modern cirit atma tekniğine ulaşıncaya kadar birçok değişiklik göstermiştir. Birinci Dünya Savaşına kadar temel teknik kabul edilen İsveç tekniği, 1914-1938 yılları arasında Finliler tarafından ele alınmış ve bu teknikte bazı düzeltmeler yapmışlardır.

Bu teknik ilerleyen zamanlarda hem Polonya hem de Rus antrenörler tarafından tekrar değişikliğe uğratılmış, Fin tekniğinde cirit ön aşağıdan – geriye götürülerek atış pozisyonuna geldiği zaman vücudun aldığı kavis merkezinin kalça üzerindeki durumu, yeni bir teknik görüşle mümkün olduğu kadar cirite yakın olması ve omuz ekseninin paralelinde ciritin geriye götürülmesi şeklinde değişikliğe uğramıştır (İşler, 1997).

2.4.2. Cirit

1950'lerde Frank Held tarafından geliştirilen yeni tip cirit ile bir ucundan bir ucuna eşit bir şekildedir. Cirit oldukça randımanlı bir uçuş kapasitesine sahiptir.

Cirit ağaç yada metalden yapılabilir fakat ağırlık merkez noktasını değiştirecek herhangi bir durum olmamalıdır.

Cirit erkeklerde 800gr. ağırlığında ve 2.60- 2.70m uzunluğunda, bayanlarda ise 600gr. ağırlığında ve 2.20- 2.30 m uzunluğundadır (Fortin, 2001).

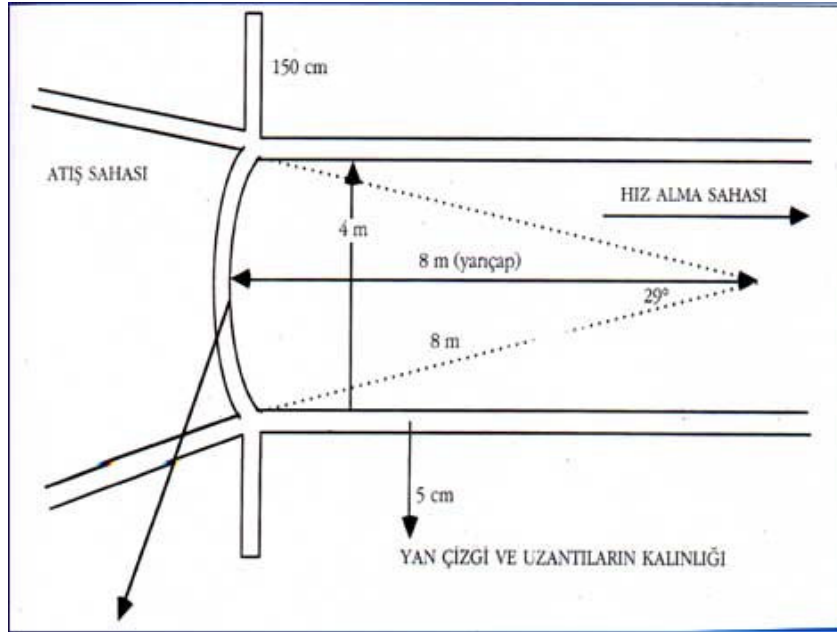


Şekil 2.1. Cirit.

2.4.3. Cirit Atma Sektörü

Cirit atma, gerek standart atletizm pistinde gerekse futbol-atletizm ortak amaçlı kullanılan tesislerde pistin kısa kenarından saha içine doğru atılır.

Atma yeri uzunluğu 30 m den az , 36.50 m den çok olmayan, 5 cm kalınlığında iki paralel çizginin oluşturduğu, 4m genişliğinde bir koşu yolu ile, bu koşu yolunu atış yönünde kesen, 8m yarıçaplı bir kavisten oluşur. Bu kavis, koşu yolunun her iki yanından dışa doğru 1,5 m uzunluğunda doğrusal olarak taşar (Demirci, 2003).



Şekil. 2.2. Cirit Atma Sektörü.

2.4.4. Cirit Atmanın Uygulanması Zorunlu Kuralları

Günümüz modern cirit atma müsabakalarında, Uluslar arası Amatör Atletizm Federasyonu (IAAF) tarafından belirlenen kurallar çerçevesinde atış tekniği gerçekleştirilmektedir. Bu kurallara baktığımızda;

Eğer yarışma sırasında sporcu sayısı 8 veya daha aşağıdaysa yarışmacıların her birine 6 atış hakkı verilir. Ama sporcu sayısı 8 in üzerindeyse yarışmacılara 3 hak verilir ve en iyi atışları göz önüne alınarak tekrar en kötünden iyiye doğru bir sıralama yapılarak, 8'e elenir. Kalan sporculara 3 er hak daha verilerek en iyi atışları değerlendirmeye alınır (Fortin, 2001).

Cirit atılırken, tutamak üzerinden tutulması, omuz veya ciriti fırlatmakta kullanılan kolun üst bölümü üzerinden atılması, savrulması gerekmektedir (BAF, 1994).

Ciritin yalnızca diğer bölümlerinden önce uç kısmının zemine temas ettiği atışlar geçerli kabul edilir. Atış sırasında cirit elden çıkana kadar yarışmacıların sırtı atış yönüne bakacak şekilde kendi eksenleri etrafında dönmesine izin verilmez.

Cirit yere düşmeden atıcıların koşu yolundan ayrılmalarına izin verilmez. Ayrıca atış anında koşu yolu önündeki faul çizgisini geçen sporcuların, ve atışı sırasında ciriti atış açısı dışına atan sporcuların atışları geçerli sayılmaz (Aksakal, 2002).

2.5. Cirit Atma Tekniğinde Hareket Bölümleri

Bir çok atletizm branşında olduğu gibi cirit atma tekniği de birden fazla hareket bileşeninin oluşturduğu bir uygulama tarzıdır. Bir bütünsellik içinde ortaya konulan teknik uygulamayı daha iyi anlamak, anlatmak ve öğretmek için bir takım parçalara ayırmak gerekir. Teknik aşağıdaki gibi bölümlenir;

1. Ciriti tutma ve taşıma,
2. Yaklaşma koşusu,
3. Çarpaz adıma giriş ve ciriti geriye alma,
4. Geçiş adımı ve atış durumuna geliş,
5. Atış ve atış sonrası (Demirci, 2003).

2.5.1. Ciriti Tutma ve Taşıma

Cirit atış kolu eli ile ortasında bulunan sargının arka kısmından tutularak omuz hizasında başın yan üst tarafına kadar kaldırılır. Atış kolu dirsekten bükülü, cirit başa yakındır. Ciritin ucu atış yönünü gösterir ve yere paralel konumdadır. Gövde diktir, serbest kol gövdenin yanında aşağıya doğru serbest olarak bırakılır (Demirci, 2003).

2.5.2. Yaklaşma Koşusu

Ciritin geriye götürülmesi ile düzgün bir atış pozisyonuna gelme ve atış hareketinin doğru yapılmasında hız alma koşusunun çok önemli bir yeri vardır (İşler, 1997). Yaklaşma koşusu cirit atma verimim üzerinde önemli bir faktördür. Yaklaşma koşusunun amaca uygunluğu tekniksel uygulamanın da amaca uygunluğunu beraberinde getirir. Yaklaşma koşusunun momentumu, atleti atış pozisyonuna ve ardından takibini sağlayacak yeterli hızı oluşturmak için önemlidir (Carr, 1997).

Yaklaşma koşusu uzaklığı her atıcıya göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 30-35 m.lik bir uzaklıktır. Cirit atıcısı hızlanma amaçlı yaptığı yaklaşma koşusunu üç farklı aşamada koşarak tekniksel uygulamayı yapar. Bu üç farklı aşama; doğrusal ivmelenme, çapraz adımlar ve geçiş adımı olarak tanımlanır. Hız alma koşusunun büyük bir bölümü (2/3'ü) doğrusal ivmelenmeye ayrılır. Atıcı bu bölümde atış için gerekli olan ivmelenme süratine ulaşır (Demirci, 2003).

Koşu rahat bir artırmalı koşu şeklinde meydana gelir. Koşu sırasında cirit omuz üzerinde ve cirit ucu hafif yeri gösterecek şekilde taşınır. Koşu ritminin bozulmaması için atış kolunun ileri hareketi sert olmamalı ve omuzlar da yumuşak tutularak koşuya rahatlık sağlamada yardımcı olmalıdır (İşler, 1997).

2.5.3. Çapraz Adıma Giriş ve Ciriti Geriye Alma

Yaklaşma koşusunu ikinci bölümü çapraz adımlarla alınır. Atıcı yaklaşma koşu mesafesinin 2/3'ünü düz olarak koştuktan sonra çapraz adımlara başlar. Atıcının çapraz adımlara geçeceği yer daha önceden belirlenir. Dominant olarak sağ elini kullanan atıcının, sol ayağı ile işarete geldiğinde omuzları sağa doğru döndürülerek atış kolu geriye doğru hareket eder (Demirci, 2003). Atış kolu omuz

ekseni ile aynı doğrultuda geriye alınır. Avuç içi yukarıya doğru bakar ve kolla beraber geriye uzanır. Kalça eksenini atış eksenine hemen hemen 90° dir (Tekil, 1984).

Ciriti geriye götürme hareketi, belli bir ritim dahilinde yapılarak süratin artırılması engellenmemeli ve doğru hareketlerin bütünlük içinde yapılması sağlanmalıdır (İşler, 1997). Burada oluşan omuz rotasyonunun amacı atış kolunun ekstansiyonuna eşlik eden mümkün olan en geniş mesafe ve zamanda kuvvet uygulamak için atıcıyı hazırlamaktır (Carr, 1997). Bu sırada bacakların hafif bükülmesi nedeniyle ağırlık merkezi bir miktar aşağıya iner. Sağ bacağın sol bacağı çaprazlayıp sol bacağın tekrar ileri uzanmasıyla omuzların döndürülmesi ve ciriti tutan kolun gerilerek geriye doğru uzatılması belirginleşir. Çapraz adımların başlaması ile birlikte gövdenin üst kısmı da geriye doğru uzanır. Baş atış yönüne ileri bakar. Serbest kol hafif bükülü konumda atış yönünde ileri uzatılır. Çapraz adımla ileriye doğru adım almak, güç uygulamak için dayanmanın büyük bir düzlemde kurulmasının oluşumunu sağlar (Carr, 1997). Çapraz adım sayısı her sporcuya göre değişir. 3 veya 5 veya 7 adım şeklinde uygulanabilir (Demirci, 2003).

2.5.4. Geçiş Adımı ve Atış Durumuna Geliş

Geçiş adımı çapraz adımların sonuna eklenen ve atıcının atış durumuna gelmesini sağlayan bir adımdır. Bu adım çapraz adımlardan daha geniş bir adımdır. Atıcı çapraz adımları bitirdiğinde, sol ayak önde sağ ayak arkadadır. Sağ ayak bükülü olarak sol ayağının diz hizasında ileriye doğru geniş bir adım alır. Sağ ileride yere basmadan sol ayak yerinden kaldırılarak sağ ayağı havada çaprazlayıp önüne geçer. Uygulamanın bu aşamasında bir an her iki ayağın yer ile teması kesilir. Sol ayak önde, sağ ayak arkada olacak şekilde geniş bir adım konumunda yere basılır. Sağ ayak ucu 45°'ye kadar, sağ yana dönük konumda ve tabanı ile yere basar. Gövde ağırlığı sağ bacak üzerindedir. Ağırlık merkezi çapraz adımın konumuna göre yükseltilmiştir ve baş atış yönüne ileriye bakar (Demirci, 2003).

2.5.5. Atış ve Atış Sonrası

Geçiş adımı sırasında sol ayak topuğunun yere dayanması ile birlikte atış evresi başlar. Sol ayağın yere basması ile de atıcının bütün sistemleri süratlenmeye geçer. Kalçanın harekete başlaması ile ciritin süratlenmeye geçiş kavisi aynı zaman

içinde ve birbirine paralel gerçekleşmelidir (İşler, 1997). Kalçanın öne itişini sağ bacağın gerilmesi takip eder. Sol omuz sola doğru açılırken atış kolunun dirseği yukarı ve ileri doğru hareket ettirilir. Böylece cirit kol ve omuz üzerine gelir. Sol bacağın gerilmesi sağ bacağın gövdeyi öne ve yukarı itişi ile gövde arkadaki sağ bacadan başa kadar bir eğim oluşturarak yay şeklini alır. Bu sırada cirit elden çıkarılarak atılır (Demirci, 2003). Ciritin bırakılmasından sonra sağ bacak sınır çizgisine kadar konur (Ballesteros and Alveres, 1997).

2.6. Spor Biyomekaniği

Fizik biliminin bir alt dalı olan mekanik, cisimler üzerinde etkili olan kuvvetler ve bu etkiden doğan hareket ve şekil değiştirmelerle ilgilenir. Mekanik fiziksel bilimlerin içinde eski olanlarından birisi olup Arşimed (MO 287-212) zamanına kadar geriye gitmektedir. Galileo (1564-1642) ve Newton (1642-1727) bu alana en belirgin katkıları yapmış bilim adamlarıdır. Galileo bu alandaki ilk deneysel çalışmaları yaparken Newton bu alanın temel kanunları sayılan hareket kanunlarını ve yerçekimini formüle etmiştir (Halliday and Resnick, 1991).

Biyomekanik, 'bio' (canlı) ve 'mechane' (araç) kelimelerinin birleşmesinden türetilmiş bir kelimedir (Özbek, 2002) ve insan vücudu üzerine etki eden iç ve dış kuvvetler ve bu kuvvetlerin yarattığı etkileri inceleyen bir bilim dalıdır (Açıkada ve Demirel, 1993).

Spor biyomekaniği, spor aktivitelerinin iç içe geçtiği zaman vücudun hareketinde hangi yolları izlediğini inceleyen bir bilim dalıdır (Yeadon and Challis, 1992).

Sporda biyomekanik, insan hareketinin mekanik şartlarını ve sportif hareketlerini araştırmakta, hareketin özellikleri ve hareket halindeki vücutsal oluşumlar, değişimler ölçülmektedir (Çetin, 1997).

Spor biyomekaniği, insan vücudunun kas-iskelet sisteminde veya ilişkide olduğu diğer yapılar üzerinde (partner, rakip, top, raket, yer v.b.) açığa çıkan kuvvetleri ve birbirileriyle etkileşimini inceleyen bilimdir (İnal, 2004).

Biyomekanik, yaşam sistemlerini etkileyen güç ve onların etkisi üzerine çalışmaktadır (McGinnis, 1999).

2.6.1. Spor Biyomekaniğinin Amaçları

Biyomekanik, insan hareketi ile ilgilenen bir çok farklı bilim dallarının ilgi alanına girebilmektedir. Biyomekanik ilgi alanına göre farklı amaçlarla kullanılabilir (Açıkada ve Demirel, 1993).

En önemli amacı spor sakatlıklarını önlemek ve rehabilitasyonunu sağlamaktır. Diğer bir amacı ise sportif performansın geliştirilmesidir (Muratlı ve ark., 2000).

2.7. Spor Biyomekaniğinde Kullanılan Bazı Anatomik Terimler

Yürüme, sıçrama, atma ve atlama gibi aktivitelerde hareketleri tanımlamak için kullanılan terimler ve yöntemler hareket analizinde önemli yer tutar (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.1. Hareket Yönleri

Vücut kaslarının nereye yerleştiği, kemiklerin diğer yapılarla olan ilişkilerinin nerelerde yer tuttuğu gibi kavramları tanımlarken bazı terimler kullanılmaktadır. Bu terimler, kasların, tendonların, ligamentlerin ve kemiklerin isimleri içinde kullanılmaktadır (Wirhed, 1997).

Vücut bölümlerinin birbirleri ile ilişkisini yada vücut dışında yer alan bir cismin vücuda göre yerini tanımlamakla yönsel terimler kullanılır (Muratlı ve ark., 2000). Bunlar şunlardır:

- Anterior (ön) : Vücutün ön cephesine yakın oluşumlar için kullanılır. Ventral olarak da tanımlanabilir.
- Posterior (arka) : Vücutün arka cephesine yakın oluşumlar için kullanılır. Dorsal da denebilir.
- Superior (üst) : Başa daha yakın oluşumlar için kullanılır.
- Inferior (alt) : Başın alt kısmında olan oluşumlar için kullanılır.

- Medial (orta hatta yakın) : Median düzleme yakın olan oluşumlar için kullanılır.
- Lateral (orta hattın uzak) : Median düzlemden uzak olan oluşumlar için kullanılır.
- Proksimal (üst yan) : Ekstremitenin gövdeye yakın kısmı için kullanılır.
- Distal (alt yan) : Ekstremitenin gövdeye daha uzak kısmı için terimlendirilir.
- Superficialis (yüzeyel) : İki komşu oluşundan vücut yüzeyine yakını olan için kullanılır.
- Profundus (derin) : İki komşu oluşumdan vücut yüzeyine derin olanı anlamına gelir (Solomon, 1999-2000).
- Anterior – Posterior : Vücudun ön ve arka cephesi olarak tanımlanır. Örn. M. .-Pectoralis Major kası anteriorly olarak, omuz kuşağı kası için posteriorly olarak konumlanır.
- Superior – Inferior : Vücudun üst ve alt bölümü olarak tanımlanır.
- Lateral – Medial : Vücudun orta hatta yakın olanı ve orta hattın uzak olanı olarak ifade edilir. Örn. Dizi ele alırsak, iki tane menisküs vardır. Bunlarda bir tanesi dizin iç kısmında olduğu için ‘meniscus medialis’ ve dış kısmında yani zıttında olan için ise ‘meniscus lateralis’ kullanılır (Wirhed, 1997).

2.7.2. Anatomik Düzlemler

Anatomik düzlemler bir oluşumunun tam olarak yerini tanımlarlar (April, 1998). Vücudun üç boyutlu olarak kestiği sayılan üç temel düzlem vardır.

Bu düzlemler hayalidir ve düz bir yüzey oldukları kabul edilir (Muratlı ve ark., 2000).

1- Planum Sagittale (Sagittal düzlem) :

Bedeni sağ ve sol olarak iki eşit parçaya bölen ön orta çizgi ile arka orta çizgi arasındaki dik düzlemdir. Bu düzleme median düzlemde denir.

2- Plana Frontale (Frontal Düzlem) :

Planum Sagittale' e dik olan düşey düzlemlerdir. Orta alın düzlemi vücudu ön ve arka olarak iki yarıma ayırır.

3- Plana Transversa (Horizontal Düzlem) :

Sagittal ve Frontal düzlemlere dik olup vücudu, birbirine eşit olmayan üst ve alt iki parçaya ayıran düzlemlerdir (April, 1998).

2.7.3. Anatomik Referans Eksenleri

Bir hareket esnasında. yer değiştirmeyen noktaları birleştiren doğru, eksen olarak adlandırılır (Yıldırım, 2001).

Düzlemlerde olduğu gibi eksenleri de 3 grupta inceleriz.

- 1- Frontal- horizontal eksen; soldan sağa doğru uzanan eksenidir.
- 2- Sagittal- horizontal eksen; önden arkaya doğru uzana eksenidir.
- 3- Vertikal (Dikey) eksen; yukarıdan aşağıya doğru dikey olarak uzanan eksenidir (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.7.4. Anatomik Eksende Yapılan Hareketler

Anatomik referans duruşundaki bir kişinin tüm vücut bölümlerinin 0 derece olduğu kabul edilir. Vücut bölümünün anatomik konumundan uzaklaşacak şekilde yaptığı hareket, hareket yönüne doğru adlandırılır (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.4.1. Sagittal Düzlem Hareketleri

Bu düzlemdeki hareketler bir paralellik içinde fleksiyon ve ekstansiyon olarak adlandırılır (Wirhed, 1997).

- 1- Fleksiyon; basit olarak vertikal yüzeyleri birbirine yaklaştırır (April, 1998).
 - a- Dorsal Fleksiyon, ayağın ucunu tibia kemiğinin önüne doğru getirilmesi hareketidir.

- b- Plantar Fleksiyon, dorsal fleksiyondan ayak tabanının yere doğru getirilme hareketidir.
 - c- Hiperextansiyon, bir eklemdaki kısımların anatomik pozisyonlarının ötesinde aşırı getirilmesidir. Örn. Ayakta dik durur pozisyonda başın geriye doğru bükülmesi (Ziyagül, 1995).
- 2- Ekstansiyon; Ventral yüzeyden uzaklaşma, vücudun iki parçasının birbirinden uzaklaşması olarak tanımlanır (April, 1998; Ziyagül, 1995).

2.7.4.2. Frontal Düzlem Hareketleri

Frontal düzlemde yapılan hareketler abdüksiyon ve addüksiyondur. Abdüksiyon, Bu düzlemde eklem kolunun orta hattan uzaklaşması hareketidir. Addüksiyon, Frontal düzlemde ekstiremitenin veya bir bölümünün orta hatta yaklaştırılması, hareketidir. Diğer hareketler;

Lateral fleksiyon; Gövdenin yanlara doğru eğilmesidir.

Elevasyon; Omuzları yukarı kaldırma.

Depresyon; Omuzları aşağı indirme.

İnversiyon; Ayak tabanının iç rotasyonuna denir.

Eversiyon; Ayak tabanının dış rotasyonuna denir (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.4.3. Transvers Düzlem Hareketleri

Kolun yada bacağın bir bütün olarak transvers düzlemde yaptığı iç ve dış yöndedir. Kol yada bacağın bir bütün olarak transvers düzlemde vücudu orta çizgisine doğru hareketine 'iç rotasyon', vücudun orta çizgisinden uzaklaşacak şekilde hareketine 'dış rotasyon' denir (Muratlı ve ark., 2000).

Pronasyon : Ön kolun içe döndürülerek, avuç içinin arkaya getirildiği harekettir.

Supinasyon : Ön kolun dışa döndürülerek, avuç içinin öne getirildiği harekettir (Açıkada ve Demirel, 1993).

İnversiyon : Ayak tabanının orta düzleme döndürme hareketidir.

Eversiyon : Ayak tabanının orta düzlemde uzaklaşıp, dışa doğru bakacak şekilde döndürülmesi hareketidir (Yıldırım, 2001).

2.7.4.4. Obliq Düzlem ve Eksende Yapılan Hareketler

Vücut bölümlerinin bir çok hareketi diagonaldir ve tanımlanan üç temel düzlemde yapılır. İnsan vücudunun hareketleri çok karmaşık olduğundan, uygulamada hareketlerin yapıldığı her düzlemin tanımlanması gerekmez (Muratlı ve ark., 2000).

Sirkümdisyon (çevirme) hareketi, fleksiyon- ekstansiyon ve abdüksiyon-addüksiyon hareketleri yapabilen eklemlerde gerçekleşmektedir. Kol yada gövdenin çevirilmesi buna örnek olabilir (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.8. Vücuda ve Vücutun Hareketlerine Etki Eden İç Kuvvetler

2.8.1. İskelet Sistemi

İskelet sistemi, vücudumuzdaki 206 kemik olmak üzere, kemikler ve kıkırdaklar tarafından oluşturulur. Vücudumuzun baş, boyun, ve gövde bölümlerine ait olan iskelet için aksial iskelet, alt ve üst taraf bölümlerine ait olan iskelet için appendiküler iskelet terimleri kullanılır (Yıldırım, 2002).

İnsan iskeleti spinal kolon, kafatası, omuz kuşağı, üst ekstremiteler, pelvik kuşak ve alt ekstremitelerden oluşur (Weineck, 2002).

Üst ekstremiteler, vücudun üst kısmına omuz kuşağı ile bağlanmışlardır. Skapula, clavícula ve sternumdan oluşan omuz kuşağı, ilginç bir hareket şekliyle gövdenin üst kısmına bağlanmıştır. Üst ekstremiteler, humerus, ulna, radius ve el bileği, el ve parmak kemiklerinden oluşmuştur. Alt ekstremiteler de üst gövdenin iskeletine bir kuşak ile bağlanmıştır. Pelvik kuşak, iki kalça kemiği ve sakrumdan oluşmuştur.

Pelvik kuşağa bağlanmış alt ekstremitte femur, tibia, fibula, ayak bileği ve ayak parmak kemiklerinden oluşur (Weineck, 2002).

2.8.1.1. Kemikler

Yetişkin bir insanda çeşitli tipte 206 kemik bulunmaktadır (Yıldırım, 2001).

Kalsifiye, bir bağ dokusu olan kemiklerin temel fonksiyonları destek, mekanik yarar ve iyon depolamaktır. Kemikler belli iç organları koruyarak destek görevi görürler ve aynı zamanda hareket edebilmek için kasların etkisi altında olan biyomekanik kaldıraçlardır (April, 1998).

Kemiklerin kinesiyojoloji açısından en önemli görevleri vücut hareketlerinde kaldıraç kolu görevi görmeleridir. Kemikler doğumda itibaren başlıca iki yük altındadırlar. Biri vücut kütesine etki eden yer çekimi kuvveti , diğeri ise kasların hareket sırasında kemiklerdeki yapışma noktalarına uyguladıkları çekme kuvvetidir (Özbek, 2002).

Özgün işlevleri ve kendilerine duyulan gereksinimlere uyumlu olarak kemik tipleri farklılık gösterir. Bazıları tübüler ve uzun (ekstremitte kemikleri), bazıları geniş ve düz (skapula, pelvik kemikler ve kafatası kemikleri), bazıları ise kısa ve kübiktir (vertebralar, el ve ayak bileği kemikleri) (Weineck, 1998).

2.8.1.2. Eklemler

Vücudumuzdaki kemikler, iskeleti oluşturmak üzere birbirleriyle birleşmişlerdir. Hareketli olsun veya olmasın kemiklerin herhangi bir şekilde birleştikleri yerlere eklem denir (Yıldırım, 2001).

Kemikler arasındaki bağlantıları eklemler temin ederler. Eklemler fonksiyon ve yapı bakımından üç gruba ayrılırlar.

- 1- Synarthrosis (Oynamaz Eklemler): Bu gruba dahil eklemlerde iki kemik yüzeyi arasında eklem boşluğu bulunmaz, fakat iki kemik yüzeyi arasında ya

bağ dokusu yada kıkırdak dokusundan yapılmış olan birleştirici bir doku vardır. Baş iskeletindeki eklemler bu cinstendir.

2- Amphiarthrosis (Yarı oynar eklemler): Bu gruba dahil eklemlerde iki kemik yüzeyi arasında eklem boşluğu bulunmaz, fakat iki kemik yüzeyi arasında bağ ve kıkırdak dokusundan yapılmış bir yastık vardır. Eklem yüzeyleri kıkırdak ile örtülmüştür. Eklem yüzeylerini birbirine bağlayan bağlar vardır. Omurlar arasındaki eklemler bu cinstendir.

3- Diarthrosis (Oynar Eklemler): İnsan vücuduna yer değiştirme ve vücudun muhtelif parçalarının durumlarını değiştirmelerine imkan veren eklemlere denir (Kaya, 2004).

Horizontal eklem etrafında fleksiyon ve ekstansiyon, sagittal eklem etrafında abdüksiyon addüksiyon, vertikal eksen etrafında medial ve lateral rotasyon yapılabilir. Ayrıca bu hareketlerin birleşimi olan ve sirkümdiksiyon denilen dairesel hareketleri de yapmak mümkündür (Weineck, 1998).

2.8.2. Kas Sistemi

İskelet ve eklem sistemleri pasif bir bütünlük arz eder. Bu pasif sistem, yaklaşık 600- 700 iskelet kasından ibaret olan kas sistemi yardımı ile hareket edebilir. İskelet kasları, myocytus skeletalis olarak adlandırılan iskelet (çizgili kas) hücrelerinin oluşturduğu çizgili kas dokusundan yapılıdır.

Bir kaldıraç sistemine benzetebileceğimiz hareket sisteminde, kemikler kaldıraç kollarına, eklemler bu kolları bölen dayanağa, kaslar ise kuvvet koluna uygulanan kuvvete uyar. İskelet kasları, ancak eklemleri çaprazlayıp iki kemiğe tutunarak hareket oluşturabilir (Yıldırım, 2001).

2.9. Spor Biyomekaniğinde Kinematik Değişkenler

Fizik konularının en eskisi olan mekanik, cisimlerin hareketlerini inceleyen bir bilim dalıdır. Mekanik konusunu, statik ve dinamik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Hareketin olduğu durumlar dinamiğin konusudur ve kinematik ve kinetik olmak üzere ikiye ayrılır. Kinematik, cisimlerin yalnızca hareketi ile ilgilenir.

Burada cismin hareket ederken izlediği yol önemlidir. Hareket ile cisimlerin üzerine etki eden kuvvetler veya cisimlerin çeşitli özellikleri arasındaki ilişki ise kinetik adı altında incelenir (Halliday and Resnick, 1991).

2.9.1. Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar

Fiziksel büyüklükler, fiziğin temel yapı taşları olan doğa kanunlarının anlatımında kullanılır. Fiziksel bir büyüklüğü tam olarak tanımlayabilmek için o büyüklüğün nasıl ölçüleceğini bir kurala bağlamak ve büyüklüğü bir birim ile ifade etmek gerekir. Böylece bir standart saptanmış olur.

1971 yılında toplanan on dördüncü uluslar arası ağırlık ve ölçmeler genel konferansı yedi tane büyüklüğü temel büyüklük olarak seçmiş ve bu yedi büyüklük Uluslar arası Birim Sistemini oluşturmuştur (Halliday and Resnick, 1991).

Mekanikte üç temel büyüklük vardır. Diğer büyüklükler bu üç temel büyüklük içerisinde ifade edilirler (Serway, 1990).

Bu üç temel büyüklüğün bu sistemdeki tanımları şu şekildedir;

- 1- Zaman: Bir saniye, Cs133 (sezyum) atomunun belli bir titreşiminin 9 192 631 770 periyodudur.
- 2- Uzunluk: Bir metre, ışığın boşluk içerisinde bir saniyenin 299 792 458' de biri kadar zaman aralığı aldığı yolun uzunluğudur.
- 3- Kütle: Bir kilogram, Paris'te bulundurulan belli bir platin-iridyum silindirin kütlesidir (Keller et al., 1995).

2.9.2. Temel Kinematik Verileri

2.9.2.1. Yer Değiştirme

Belirli bir yönde, bir yerden bir yere doğru meydana gelen harekete yer değiştirme denir. Yer değiştirme yön ve miktar ifade eder. Başka bir deyişle açıklayacak olursak, hareketin kuş bakışı görünümü ve iki nokta arasındaki en kısa mesafedir ve uzaklık olarak adlandırılır. Bu nedenle vektörel bir değer olarak ifade edilir. Bunu yanında yol miktar ifade eder. Bir noktadan diğer bir noktaya gidebilmek için takip edilen yörüngeyi verir (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.9.2.2. Hız

Bir parçacığın konumunun zaman içinde yer değiştirme oranına o parçacığın hızı denir. Belirlenen bir koordinat sistemine göre parçacığın konumu koordinat sisteminin merkezinden parçacığın bulunduğu yere çizilen konum vektörü ile belirtilir (Halliday and Resnick, 1991).

Yol ve uzaklık yani yer değiştirme kavramlarına uzaklık eklenirse sürat ve hız kavramları ortaya çıkar. Sürat sadece miktar ifade ederken, hız aynı zamanda miktar ve yön ifade eder. Buna göre sürat, birim zamanda alınan yol; hız ise birim zamanda alınan uzaklık yani yer değiştirmedir (Açıkada ve Demirel, 1993).

Bir cismin hızı, onun hız vektörünün büyüklüğüdür. Hız bir vektörün büyüklüğü olduğu için skalerdir ve asla negatif olmaz (Keller et al., 1995).

2.9.2.3. İvme

İvme, hızın miktarında zaman içerisinde meydana gelen değişiklik olarak bilinmektedir ve a ile simgelenmektedir

Üç şekilde olabilmektedir;

- Pozitif ivmelenme, zaman içerisinde hızın miktarında artmanın veya hızlanmanın meydana gelmesi
- Negatif ivmelenme, zaman içerisinde hızın miktarında azalmanın veya yavaşlamanın meydana gelmesi
- Sabit ivme, zaman içerisinde hızın miktarında herhangi bir yavaşlama veya hızlanmanın olmaması, cismin aynı hızla hareketini sürdürmesidir (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.10. Kinematik

Kinematik öğeleri, hareketi yaratan nedenlere bakılmaksızın, onlardan bağımsız olarak hareketi tanımlamaya çalışırlar. Uzaklık, hız ve ivmeyi, doğrusal ve açısız olarak inceler. Bu nedenle kinematik, hareket etmekte olan objelerin ne kadar hızlı, ne kadar uzağa veya ne düzensizlikte hareket ettiklerini inceler (Açıkada, 1991).

Kinematik, vücut hareketlerinin tanımlanmasıyla ilgilenen biyomekanik branşlarında bir tanesidir (Hay, 1985). Trew and Everett, 1997' e göre, Kinematik; insan hareketlerinin pozisyon sürelerini, vücut segmentlerinin yer değiştirmelerini, ağırlık merkezi, ivmelenme ve tüm vücudun veya vücudun segmentlerinin hızlanmasını göz önünde bulundurur (Meriç, 2003).

Kinematik, insan hareketini meydana getiren iç ve dış kuvvetlerle ilgilenmez, hareketin kendisi ile ilgilenir. Hareketi miktar v kalite yönünden analiz eder. Harekete bağlı olarak vücudun veya objenin ne kadar uzağa, ne hızla veya ne düzlükle hareket etmekte olduğunu inceler. Bunu yaparken de doğrusal ve açısal hareketlere bağlı olarak doğrusal kinematik ve açısal kinematik olarak inceler (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.11. Hareket

Bir noktadaki hareketlilik durumunu söylemek gerektiğinde cismin çevresinde çok defa hareketsiz kabul edilen bir nokta seçilir (o noktası). Bu noktaya üçlü dik eksen sistemi yerleştirilir. Cismin bu eksen sistemine göre x, y, z koordinatları belirlenir. Eğer bu eksen sistemine göre x, y, z değerleri sabit kalıyorsa cisim dengededir. Biri, ikisi yada üçü de değişiyorsa, cisim harekettedir denilir. Bir cismin hareket durumu, tanımlama (referans) sistemine göre belirlenir (Gürcan, 1999).

Hareket zaman ve yere bağlı olarak değişik formlarda meydana gelebilir. Bu bir yer, hacim veya şekil değişikliği olabilir. Örneğin, koşu şeklindeki yer değiştirme, göğsün solunumla kalkıp inmesi sonucu hacim değişikliği veya kolun bükülmesi (fleksiyon) ile şekil değişikliğinde olduğu gibi (Açıkada ve Demirel, 1993).

Hareket iki temel tip altında sınıflandırılır.

- Doğrusal Hareket
- Eğrisel Hareket

Açısal (Dairesel) Hareket

Parabolik Hareket (Açıkada ve Demirel, 1993).

2.11.1. Doğrusal Hareket

Cismin yerini belirleyen koordinatların, sadece biri değişiyor, diğer ikisi sabit kalıyorsa, cisim bir doğru üzerinde hareketi olur. Bu harekete doğrusal hareket denir (Gürcan, 1999). Hareket, bir doğru boyunca ve bir yönde devam ediyorsa, yer değiştirme ile yol aynı değeri verir. Fakat hareket bir doğru üzerinde gerçekleşmemiş ise o zaman yol ile yer değiştirme farklı değerlere sahip olacaktır (Ural, 1992).

2.11.2. Açısal Hareket

Cismin içinde yada dışında gözlem sistemi karşısındaki konumunu koruyan ve dönme eksenini denilen çizgi etrafında, cismin tüm noktalarının eş merkezli çemberler çizmesi şeklinde yaptığı hareketlerdir (Muratlı ve ark., 2000).

Dönme hareketi yapan bir cismin, açısal yer değiştirmesinin geçen zamana oranı ortalama açısal hızı verir. Açısal hızın birimi rad/s cinsinden verilir.

Dairesel hareket yapan bir cismin, açısal hızının birim zamandaki değişme miktarına açısal ivme denir. Belli bir eksen etrafında dönen bir cismin her noktasının açısal hızı aynı olduğu gibi, açısal ivmesi de aynıdır (Ural, 1992).

2.11.3. Doğrusal ve Açısal Hareket Arasındaki İlişki

Doğrusal ve açısal hareketlerin ilişkisi anlaşılmalıdır. Savunma hareketleri dirsek eklemine açısal hızıyla ilgilidir ve savunma hızını belirlemeye yardımcı olur.

Vücut eklemlerinde birçok açısal hareketin sonucu olarak her iki durumda da başarılan en son doğrusal hız ortaya çıkar. Bundan da en iyi sonuçların elde edilmesi için doğrusal ve açısal hareketlerin birbirini tamamlaması zorunludur (Ziyagil, 1995).

2.12. Biyomekanik Ölçüm Yöntemleri

Farklı uzuvlardan meydana gelen insan vücudu, her bir uzvun yada bütünü ölçülebilirliği mümkün bir kompleksi oluşturur. Doğrudan harekete endekli vücudun

aksiyonu, aktivitesi daha da ileride hareketi, bir yer değişikliği söz konusudur. Bütün bunların ölçülebilirliği, kalite ve miktarlarının tespiti mekanik boyutlarıyla değerlendirildiğinde somut neticelere gidileceği unutulmamalıdır (Çetin, 1997).

Spor biyomekaniğinde veri toplama metotları, biyomekaniğin diğer alanlarında da genellikle kullanılırlar.

Spor biyomekaniğinde, incelenmeye başlanan doğal aktivitelerin ölçümlerinde ve kullanılan yöntemlerde ek problemler ortaya çıkmakta ve bu problemler maç sırasında gittikçe daha da artmaktadırlar. Bir çok teknik yarışmanın olduğu anda kullanılamamaktadır.

Biyomekanikte, sportif hareketlerin verilerinin toplanmasında en çok kullanılan yöntem, kayıt yapılan temel hareket analiz sistemleri prosedürleridir. Bu sistemler, elle veya otomatik olarak, iki veya üç boyutlu olarak vücut noktalarından sonuç çıkararak yöntemlerdir (Yeadon and Challis, 1992).

2.12.1. Düzlemsel (2 Boyutlu) Cine ve Video Yöntemi

Bir çok araştırmacı, insan hareketlerinin analizinde, tek bir cine veya video yardımıyla 2 boyutlu performans analizi yapmaktadırlar. Noktaların koordinatları, video oynatıcılar, projektör veya film tabletleri kullanarak kaydedilen görüntülerden ölçülebilmektedir (Shapiro et al., 1987).

Bu koordinatlar, görüntü referans karelerinden, uzaysal referans karelerine dönüştürülürler. Eğer bir sportif hareketin tüm özellikleri gösterilecekse, o zaman iki boyutlu yerine daha detaylı inceleme yapılan üç boyutlu yöntemler kullanılmalıdır (Yeadon and Challis, 1992).

2.12.2. Üç Boyutlu Cine ve Video Yöntemi

Üç boyutlu hareket analizi tekniği kullanılırken genellikle iki yada daha fazla kamera kullanılması önerilmektedir. Genellikle, görüntüler 3 boyutlu uzaysal objelere yerleştirilmeden önce, incelemek istediğimiz noktalar, iki veya daha fazla eş zamanlı görüntülerinin net bir şekilde kaydedilmesi gerekmektedir. Üç boyutlu

çalışmalarda sportif hareketler oldukça fazla kullanılır. Örneğin; beyzbol atışında, atletizm de, çim hokeyinde vb. (Yeadon and Challis, 1992).

Hem iki boyutlu hem de üç boyutlu video sistemlerinin dezavantajı, kaydedilen görüntülerin ve vücut işaretlemelerinin kareden kareye inceleniyor olması ve bunun elle yapılıyor olmasıdır. Avantajı ise oldukça çabuk bir şekilde görüntülerin kaydediliyor olmasıdır (Yeadon and Challis, 1992).

2.12.3. Otomatik Hareket Analiz Sistemleri

Otomatik hareket analiz sistemleri kendi arasında üç gruba ayrılabilir; video, light emitting diodes (LEDs), ayna incelemesidir. En çok kullanılan yöntem video yöntemidir (Elite, Kinometers, MacReflex, Motionanalysis, Peak Performance, Vivon vb.). 50 hz den 200hz yada 1000hz. Ye kadar olan kameralar kullanılır. Her kamera, infrared LEDs leriyle çevrilidir. Bunlar hızlı hareketler sırasında kayıt yapılırken, flaş ışıkları verirler (Yeadon and Challis, 1992).

2.12.4. Antropometri

- Standart antropometrinin uzunluk ölçüleri (Uzuvların uzunluğu, çapları vb.).
- Kütlenin geometrik dağılımı (Vücut ağrılık merkezinin konumu).
- Hareket mekanizmasına dahil unsurların direnç özellikleri (Elastikiyet, deformasyon, kırılma sınır vb.) (etin, 1997).

2.12.5. Kinematik

Seçilen belirli vücut noktalarının yol, zaman özellikleriyle bunlara bağlı hız ve ivme büyüklüklerinin doğrudan yada dolaylı olarak belirlenmesi. Elektronik ve optik olarak ayrılır.

2.12.5.1. Elektronik Metotlar

- Zaman ölçümleri
- Yol ölçümü
- Açık ölçümleri
- Hız ölçümleri
- İvmelenme ölçümleri

2.12.5.2. Optik Metotlar

İnsan fonksiyonunun belirlenip değerlendirilmesinde en basit yol görsel incelemedir. Film tekniği insan hareketlerinin anlaşılmasında bir yüzyıldan fazla süredir kullanılmaktadır. Cine, video veya fotoğraf ile gözle görüldüğünden daha fazla hareket detayı incelenip değerlendirilebilir. Hareket analiz metodunda en doğru sonucu cine veriyor olmasına rağmen bu yöntem pahalıdır, kullanılması zordur ve filmlerin geliştirilme sürecinde çok fazla zaman harcanır. Fotoğraf tekniğinde de hareketi tümüyle görmek olanaksızdır. Sadece hareket esnasında yakalanan bir an ile sınırlıdır. Video tekniği ise ucuzdur, kullanılışı kolaydır, çok pratiktir ve sonuçlar hemen değerlendirilebilir. Saniyede 50-60 örnek data alınabilir. Bu yüzden günümüzde diğer yöntemlerden daha fazla tercih edilmektedir (Trew and Everett, 1997).

Tüm sinema fotoğrafçılığı ve videoculuğu kapsayan görüntü analiz teknikleri, film ya da video kasetteki karmaşık hareket dizilerini takip etme fırsatı sağlar. Böylece detaylı analiz gözlemlenmiş olur. Analizin subjektif boyutunda, film ya da video teknikleri hareketleri kaydetmek için kullanılabilir ve kaydedilen hareketlerin incelenerek yorumlanmasına olanak sağlar (Özkaya, 1999; Marshall et al, 1991).

- Televizyon (Videografi) Tekniği (Çetin, 1997).
- Film Teknikleri
Fotoğraf teknikleri

Bu yöntemde hareket belirli bir anda örneğin; topa dokunma anında, küçük resim (24x36 mm.) ya da orta boy resim (60x60 mm.) olarak kaydedilir (Winter, 1990).

2.12.6. Dinamometre (Kuvvet Ölçüm) Tekniği

İvmelenmenin nedeni olarak bir cismin hareket durumunun veya hızını değiştiren olaya kuvvet denir. Kas faaliyeti ile dirence karşı koymaktır.

- Enseme ölçüm şeridi
- Piezoelektrikli vericiler
- Kuvvet platformları
- Aletlerdeki reaksiyon kuvvetlerinin ölçümü (Çetin, 1997).

2.12.7. Elektromiyografi (EMG) Yöntemi

Elektromiyografi (EMG) Yöntemi, kasın kasılması sırasında kas tarafından üretilen elektriksel etkinliği incelemek için kullanılır. Günlük yaşam hareketlerini ve insanlarda semptomatik ve semptomatik olmayan sporsal hareketleri incelemek için yaygın olarak kullanılır.

Günümüzde biyomekanik araştırmalarının çoğunda EMG yönteminin tamamlayıcı olduğu görülmektedir. Örneğin; şut atışında, temel atışta, gülle atışında belirli kasların aktivitesi üzerinde bilgiler edinmeyi sağlar.

- Bir harekette seçilen kasların aktiviteye katılımı üzerine genel bilgiler,
- Zamansal kullanım üzerine özel bilgiler (Kas içi koordinasyon) EMG ölçümleri sonucunda elde edilebilir (Muratlı ve ark., 2000).

2.13. Koordinat Sistemleri

Fiziğin çok sayıda uygulama alanı ve problemlerinde, bir cismin bulunduğu yeri belirlemek oldukça önemlidir. Bir cismin yerini bir düzlem üzerinde tanımlamaya çalışırsak, bu durumda iki tane koordinat vermemiz gerekmektedir.

Cismin yeri üç boyutlu uzayda tarif edilecekse, bu sefer üç tane koordinatı verilmelidir.

Cisimlerin yerlerini tanımlamak için seçtiğimiz koordinat sistemi, üç önemli özelliği ihtiva eder ve dik koordinat sistemi olarak bilinir.

- 1- Sabit kabul ettiğimiz bir referans noktası(orjin)
- 2- Belirlenmiş eksen(ler) veya yön(ler)
- 3- Orjine göre cismin bulunduğu yeri belirten koordinat(lar) (Ural , 1992).

2.14. Kinematik Analiz

Ariel' e göre (1975) kinematik analiz 4 ana fazı içerir.

İlk adım bilgisayar hafızasında kayıtlı olan film verisinden özel hazırlanmış program ile başlangıç pozisyonunun yakalanmasıdır. Hafızaya alınan imaj zinciri bilgisayarda kare kare bakılıp incelenebilir. Yakalanan görüntü farklı yollarla arttırılıp değiştirilebilir. Görüntünün tümü ya da izole bir kısmı kullanılabilir. Görüntünün boyutunun değiştirilmesi ile orijinal görüntüde belirlenemeyen eklem hareketleri daha doğru bir şekilde görülebilir.

Her kameranın görebileceği en az 6 noncoplanar noktanın yeri bilinmelidir. Aktivite boyunca bu noktaların görülmesine gerek yoktur. Aktiviteden önce veya sonra görülebilir. Bunlar aktivite alanında yer almış olan bazı obje veya bilinen boyutların parçaları ile sağlanır. Kamera ile çekilir ve daha sonra kullanılır.

Her bir kameranın hızı, hızlar aynı olmasa da bilinmeli ve senkronizeyi sağlamak için aktivite sırasında başlangıç noktası tüm kameralar tarafından kaydedilmelidir. Bu kurallar bilgi toplamak için aktivitenin kaydı esnasında büyük esneklik sağlar. Kameranın nesneye uzaklığı ve lensin görüş mesafesine gerek yoktur. Farklı tipte ve farklı görüntü hızları kullanılabilir ve kameraların mekanik veya elektronik olarak senkronize edilmesine gerek yoktur. En iyi sonuç kamera görüş eksenleri 90 °olduğunda sağlanır. Fakat 20-30° lik değişiklikler de neredeyse göz ardı edilebilecek hata oranıyla uyum sağlayabilir.

Dijitize edilmesi analizin ikinci fazıdır. Özellikle video görüntüsü bilgisayara kaydedilmeli ve hafızada tutulmalıdır. Görüntü dizisi hafızadan alınıp kare kare

gösterilir ve kişinin vücut eklemine yeri (örneğin; bilek, diz, kalça, omuz, el bileği) seçilir. Ek olarak sabitlenmiş nokta her kamera için kesin bir referans olarak dijitize edilir. Bu görüntüyü oynatma veya kaydetme esnasında üretilen titreme ve kaydetme hatalarının basitçe düzeltilmesine olanak sağlar. Elle yapılan bir süreçtir. Bu safhada işaretlenecek noktaların dikkatli bir biçimde seçilmesi gerekir.

Analizin değerlendirme safhası olan 3. faz bütün kamera görüntüleri dijitize edildikten sonra yapılır. Bu safhanın amacı her kameradan gelen 2 boyutlu görüntülerin kişinin vücut eklemlerinin gerçek 3 boyutlu görüntü alan koordinatlarına döndürülmesidir. Hesaplama DLT ile yapılmalıdır. Transformasyon başarı ile yapıldığında küçük hataları kaldırmak, vücut eklem hızını ve ivmelenmesini hesaplamak için filtre edilmelidir. Filtreleme seçenekleri Bulter-Worth ikinci sıra dijital filtresi gibi kübik veya quintik olabilir. Filtreleme bilgisayar tarafından da yapılabilir. Bu aşamadan sonra seçilecek kinematik hesaplamalar; vücut eklem değişiklikleri (hız, ivmelenme gibi) bilgisayar yardımı ile yapılır

4. faz analizin sunuş fazıdır. Bu faz, hesaplanmış sonuçların görülmesine ve değişik formatlarda kaydedilmesine olanak tanır. Vücut pozisyonu ve hareketlerinin dondurulmuş görüntüsü ya da çubuk grafikler şeklinde izlenebilir. Sonuçlar grafik şeklinde de sunulabilir (Meriç, 2003).

2.14.1. DLT (Direct Linear Transformation) Metodu

The Direct Linear Transformation metodu ve artırılmış versiyonları, 2 veya daha fazla 2 boyutlu görüntülerden elde edilen noktaların 3 boyutlu koordinatlarını saptamaya izin vermektedir. Bu metodlar insan ve hayvan hareketlerinin kinematik analizlerinde yaygın bir şekilde kullanılırlar (Pourcelot et al., 2000).

3 boyutlu analiz tekniklerinden en yaygın uygulananı Abdel-Aziz ve Karara tarafından geliştirilmiştir (Abdel-Aziz and Karara, 1971). Onların metodunda iki ya da daha fazla kamera gerekmekte ve DLT imaj koordinatlarında nesne olan koordinatların içini içermektedir. Bu metot iki kamera görüntüsünden gelen dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasında ilişki olduğu prensibinden hareket etmektedir (Meriç, 2003).

Bununla birlikte kalibrasyon alanının dışındaki noktalar analiz edildiğinde hata anlamlı bir şekilde artmıştır (Wood and Marshall, 1986).

2.14.2. Kare oranı

Bir saniye'deki örneklem (kare) oranıdır. Avrupa'da standart yüksek hızlı kameraların kare oranı saniye'de 25 hz, Amerika'da ise 30 hzdir. Bunlar alanın ikiye bölünmesiyle Avrupa'da saniye'de 50 hz hıza, Amerika'da ise 60 hz hıza çıkarılarak kullanılabilir. Devam eden hareketlerin görüntülenmesinde örneklem sıklığı ile ilgili bilim adamlarının farklı görüşleri vardır. Kimi bilim adamları 5 ile 10 karelik örneklem oranının gerekli olduğuna inanmasına rağmen, kimileri de bu sayının yeterli olmadığını düşünmektedir. Aşırı örneklem ya fiyatı yükseltir ya da kamera seçimini sınırlandırır. Az örneklem ise çok önemli hareket karakterlerinin kaçırılmasına ya da biçimce bozulmasına yol açar (Meriç, 2003).

2.14.3. Deri işaretleri

Trew and Everett 'e göre; Vücut segmentleri üzerindeki anatomik noktaları belirlemek amacıyla vücudun üzerinde yapılan işaretlemelerdir. İşaretlemelerde genellikle Ten rengi ile zıtlık oluşturacak fosforlu etiketler kullanılır. Yapıştırılan işaretler hareket esnasında yer değiştirebileceğinden bu işaretlemeler bazı potansiyel hatalara sebep olabilir. Bu hatayı minimuma indirmek için eklem eksenini boyunca işaretleme yapılmalıdır (Aydın, 2004).

2.14.4. Kalibrasyon

2 veya 3 boyutlu hareket analiz çalışmalarında uzaysal koordinatların hesaplanabilmesi için, kalibrasyon çerçevesi yada uyum noktası gerekmektedir (Muratlı ve ark., 2000).

Kalibrasyon için genellikle kalibrasyon kafesi ya da küp tercih edilir. En az 8 kalibrasyon noktası, 3 koordinat için (x, y, z) belirlenmiş olmalıdır (Meriç, 2003).

2.15. Cirit Atışı Mekaniki

Yüksek kol atışı, kolun hazırlık evresinde, lateral rotasyona ve hareketin ana evresinde ise medial rotasyona uğradığı atış karakterlerindedir (Zatsiorsky, 2000).

Yüksek atış tipi olan cirit atışında, atış hızı, atış açısı, atış yüksekliği, segment açıları, segmental hızlar, hava akımının direnç ve kaldırma kuvvetleri, hava akımının yönüne kadar, kullanılan malzemenin özellikleri de önemlidir (İnal, 2004).

Komi ve Mero' ya göre, ciritin havalanmasını ve horizontal kuvvetlerin etkisiyle havada uzun süre kalmasını etkileyen en önemli unsurlar cirit atışı anında ciritin açıları ve cirit ile vücut segmentlerinin ağırlık merkezleridir. Cirit atışının başarısı ciritin uzun eksenini ile hava akımına ve horizontal düzleme göre yaptığı açılara bağlıdır. Bu açılar;

Atış açısı; atış anında ciritin hız vektörünün horizontal düzlem ile yaptığı açıdır.

Duruş açısı; atış anında ciritin uzun ekseninin horizontal düzlem ile yaptığı açıdır.

Atak açısı; atış anında duruş açısı ile atış açısı arasındaki farktır (İnal, 2004).

Atış anında, ağırlık merkezinin yerden yüksekliği de önemlidir. Atış anında ciritin yerden yüksekliğini arttırmak amacıyla atlet gövdesini lateral fleksiyona götürerek ağırlık merkezi ile destek ayağı arasındaki mesafeyi uzatmaktadır.

Atış anında omuzda biriken kuvvet dirsek ekleminde ele aktarılmakta ve el bileği fleksiyonu ve parmakların yaptığı itiş hareketi ile cirit havalanmaktadır. Bir yüksek atış şekli olan cirit atma anında, omuz ekleminde fleksiyon, andüksiyon ve özellikle iç rotasyon oluşacaktır (İnal, 2004).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Türkiye 1.ligindeki çeşitli kulüplerde yarışan yaş ortalamaları 24 ± 3.74 , boy ortalamaları 183.8 ± 5.21 , ağırlık ortalamaları 86.4 ± 14.77 ve 50 metre ve üzerinde atış mesafesi olan 5 erkek elit düzeyde cirit atan sporcularla; Türkiye 2. liginde yarışan yaş ortalamaları 20.2 ± 3.70 , boy ortalamaları 181.6 ± 7.40 , ağırlık ortalamaları 72.2 ± 12.85 olan ve 40- 50 metre arası atış mesafesi olan 5 erkek sub-elit düzeyde cirit atan sporcu bu çalışmada denek olarak kullanılmıştır.

Denek gurubunun, hareket genişliklerini engelleyecek herhangi bir sakatlığı bulunmamaktadır ve sporcuların hepsi sağ ellerini dominant olarak kullanmaktadırlar.

3.2. Veri Toplama Araçları

Ölçümler, İstanbul Enka Sadi Gürçelik atletizm pisti , Ankara Naili Moran atletizm pisti ve Eskişehir atletizm pistinde gerçekleştirilmiştir.

Hareket analiz çekimlerinde, Basler A602f marka, Seri Numarası, 3 adet, hızları 100 hz olan dijital kameralar kullanılmıştır. Kullanılan kameralar kablolar yardımıyla bilgisayara bağlanmış ve görüntülerin otomatik olarak bilgisayar ortamına aktarılması sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Basler A602f marka 100 Hz kamera

Alanın kalibrasyonunda kullanılması için 70cm x70cm x 80cm ölçülerinde bir küp kafes dizayn edilmiştir. DLT yöntemi kullanılarak kalibrasyon gerçekleştirilmiştir.

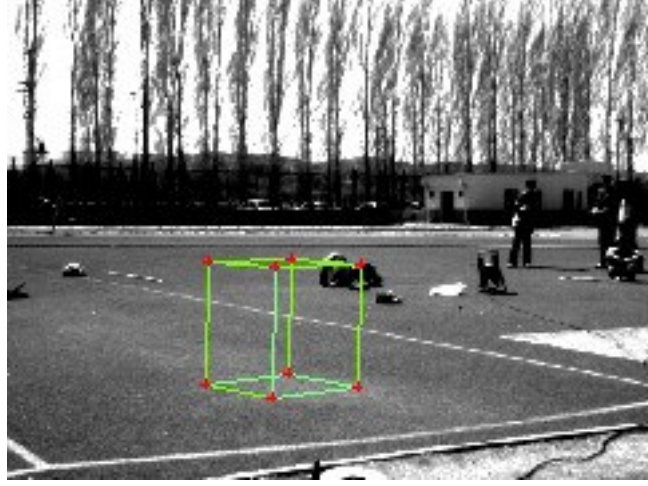
Bu yöntem, çekimlerden alınan görüntülerin dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasındaki ilişkiden hareket etmektedir.

3.2.1. Kalibrasyon

Analize başlamadan önce, 8 noktalı kalibrasyon küpünün görüntüsü alınmış ve her bir köşesi tek tek işaretlenerek kalibrasyon alanını 3 boyutlu koordinatlarındaki ölçüleri girilerek alan tanımlaması yapılmıştır.

Kullanılan kalibrasyon kafesinin 3 koordinatlardaki mesafeleri ('m' cinsinden).

x ;	y ;	z
0 ;	0 ;	0
0,7 ;	0 ;	0
0,7 ;	0,7 ;	0
0 ;	0,7 ;	0
0 ;	0 ;	0,8
0,7 ;	0 ;	0,8
0,7 ;	0,7 ;	0,8
0 ;	0,7 ;	0,8



Şekil 3.2. Kalibrasyon Kafesi

3.2.2. Deri İşaretleri

Değerlendirmeye alınan segmentler üzerindeki anatomik noktalara reflektör özelliğe sahip olan deri işaretleri yerleştirilmiştir ve bunların infra-red ışığı kullanılarak daha da belirginleştirilmesi sağlanmıştır.

Sporcuların anatomik noktalarının belirlemek için;

- Omuzda, acromion
- Dirsekte, olecranon
- Bilekte, medial styeloid
- Kalçada, suprailiac bölgesine
- Dizde, patellanın proksimaline
- Bilekte ise distal malleola işaretler konulmuştur.

Bununla birlikte yukarıdaki anatomik noktalar dışında, ciritte de işaretleme yapılmıştır. Ciritin ortasında bulunan sargısına ve aynı zamanda da ciritin tepe uç noktasına marker konulmuştur.



Şekil. 3.3. Deri işaretlemeleri.

Segmentlerin belirlenmesinde;

- Acromion ve olecranon noktaları birleştirilerek kol segmenti,
- Olecranon ve styeloid noktaları birleştirilerek önkol segmenti,
- Supra iliac ve patellanın proksimal noktaları birleştirilerek uyluk segmenti,
- Patella proksimali ve distal maleol noktaları birleştirilerek de baldır segmenti oluşturulmuştur.
- Sağ-sol acromion ve sağ-sol supra iliac noktaları da birleştirilerek gövde segmenti oluşturulmuştur.

Ayrıca cirit orta sargı noktasıyla uç noktası birleştirilerek cirit materyali elde edilmiştir

3.3. Veri Toplama Yöntemleri

Sporcuların tekniklerinin video çekimleri için, kameralardan bir tanesi, sporcunun hareketi yapacağı cirit atma pistinin sağ tarafına 90° lik bir açı ile; diğer iki kamera ise cirit atma pistini karşıdan görecek ve aralarında yaklaşık 40°-45° lik bir açı oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir.

Kameralar yerleştirildikten sonra kablolar yardımıyla ana bilgisayara bağlanmış ve kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra bir daha yerlerinde herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Kamera çekimlerinden önce sporculara 30 dk.lık ısınma zamanı verilmiş ve üzerlerine reflektör özelliğe sahip işaretlemeler yerleştirilmiştir.

Sporculardan hareketi, kalibre edilen alan içinde yapmaları ve maksimum güçlerini kullanmaları istenmiştir. Atışlardan önce sporculara örnek birer atış yaptırılmış ve arkasından 4 adet atış yaptırılarak nizami olan atış analize alınmıştır.

Sporcu hareketini tamamlayana kadar kamerayla çekim işlemi devam etmiştir.

3.4. Hareket Fazları

Deneklerin taşıma ve atış evreleri ile bırakma anı evreleri analiz için alınmıştır.

3.4.1. Taşıma Evresi

Taşıma evresi, çapraz koşunun son adımının yere basmasıyla başlar ve dayanma adımının yerle temas edip omuzun maksimum horizontal abdüksiyona getirilmesiyle biter.



Şekil 3.4. Taşıma evresi başlangıç anı.



Şekil 3.5. Taşıma evresi bitiş anı.

3.4.2. Atış Evresi

Omuzun, atış hareketi için öne çekilmesiyle etmesiyle başlar ve atış anına kadar devam eder.



Şekil 3.6. Atış evresi başlangıç anı.



Şekil 3.7. Atış evresi bitiş anı ve bırakma anı evresi.

3.4.3. Bırakma Anı Evresi

Atış evresi olarak, ciritin elden çıktığı andaki bölüm değerlendirmeye alınmıştır.

3.5 Analiz

Alınan görüntüler Simi capture programı aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve analiz için hazırlanmıştır. Hareketlerin analizi SİMİ Motion 6.2 Hareket Analiz programı ile yapılmıştır.



Şekil 3.8. Simi Motion Hareket Analiz Program Bilgisayarı

Her üç kamera içinde sırayla aynı sporcuya ait olan 3 farklı plandan çekilmiş görüntüler çağrılarak başlangıç karesi belirlenmiştir. Çekimler sırasında sporcunun anatomik noktaları üzerine yapıştırılan deri işaretlemelerini, program içerisinde tek tek belirleyerek segmentlerin oluşturulması için birbirleri arasında bağlantıları yapılmıştır. Noktalara bağlantıları yapılmış ve kalibrasyonu tanıtılmış olan kamera görüntülerinin her karesi ayrı ayrı işaretlemeye alınmış ve sonunda oluşan 3 boyutlu analiz değerleri filtre edilmiş datalar üzerinden çağrılarak hareketin, taşıma ve kuvvet uygulama evresindeki atış parametreleri, doğrusal hareketlerinin uzunluğu, hızı ve ivmesi ayrıca, her üç eksen üzerinde yani xy- horizontal düzlemi, xz- frontal düzlemi, yz- sagittal düzlemlerinde açısız genişlik değeri , açısız hız ve açısız ivmelenme değeri incelenmiştir.

3.6. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 11,05 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin değerlerinin aritmetik ortalaması, standart sapmaları değerlendirmeye alınmış ve grupların kendi içerisindeki karşılaştırılmasında One Way Anova ve her iki grubun karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

Çizelge 4.1. Elit cirit atıcılarının yaş, boy, ağırlık ve atış mesafeleri değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları.

n	Yaş	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	Atış Mesafesi (m)
1	23	185	90	69,85
2	29	192	108	70,31
3	26	178	67	63,74
4	23	182	84	53,38
5	19	182	83	50,23
AO	24	183,8	86,4	61,502
SS	3,74166	5,21536	14,774979	9,291171616

Çizelge 4.2. Sub-elit cirit atıcılarının yaş, boy, ağırlık ve atış mesafeleri değerlerinin aritmetik ortalama ve standart sapmaları.

n	Yaş	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	Atış Mesafesi (m)
1	18	178	70	41,1
2	25	190	84	46,22
3	19	180	78	46,39
4	16	172	51	46,52
5	23	188	78	48,1
AO	20,2	181,6	72,2	45,666
SS	3,70135	7,4027	12,853015	2,661443218

Çizelge 4.3. Taşıma evresinde elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (metre 'm' , m/s, m/s² cinsinden).

	sağomzX	sağomzY	sağomzZ	sağomz v(X)	sağomz v(Y)	sağomz v(Z)	sağomz a(X)	sağomz a(Y)	sağomz a(Z)
	0,48	2,05	1,23	0,67	5,66	0,34	0,74	9,29	11,45
	0,36	1,79	1,23	0,86	4,53	0,57	8,43	4,10	8,26
	0,28	1,81	1,27	1,92	4,01	0,61	10,67	2,89	9,99
	0,37	1,66	1,17	0,45	4,59	0,34	10,72	8,72	4,91
	0,42	1,90	1,25	0,19	4,98	0,75	3,90	0,68	9,87
AO	0,38	1,84	1,23	0,82	4,75	0,52	6,89	5,14	8,89
SS	0,07	0,14	0,04	0,66	0,61	0,18	4,42	3,74	2,50

	sağdrsk X	sağdrsk Y	sağdrsk Z	sağdrsk v(X)	sağdrsk v(Y)	sağdrsk v(Z)	sağdrsk a(X)	sağdrsk a(Y)	sağdrsk a(Z)
	0,49	2,22	1,04	1,39	5,74	0,45	16,38	1,90	21,35
	0,32	2,06	1,04	1,32	4,49	0,51	8,21	11,56	13,37
	0,26	1,98	1,04	1,77	3,73	0,48	4,05	3,83	8,93
	0,39	1,95	1,00	1,51	4,80	0,41	11,18	9,47	13,49
	0,31	2,24	1,08	0,68	4,94	0,63	9,40	21,37	17,68
AO	0,35	2,09	1,04	1,34	4,74	0,49	9,84	9,63	14,96
SS	0,09	0,13	0,03	0,40	0,73	0,08	4,50	7,67	4,72

	sağblk X	sağblk Y	sağblk Z	sağblk v(X)	sağblk v(Y)	sağblk v(Z)	sağblk a(X)	sağblk a(Y)	sağblk a(Z)
	0,57	2,50	1,12	1,05	5,81	0,16	7,81	7,53	12,65
	0,33	2,26	1,12	1,22	4,79	0,13	7,65	5,73	10,52
	0,11	2,22	1,13	2,15	3,74	0,04	5,58	0,10	9,44
	0,48	2,15	1,09	1,07	5,14	0,05	8,19	7,30	6,58
	0,40	2,40	1,14	0,44	5,49	0,30	9,18	9,80	15,53
AO	0,38	2,30	1,12	1,19	4,99	0,13	7,68	6,09	10,94
SS	0,17	0,14	0,02	0,62	0,80	0,10	1,32	3,65	3,37

	crt uç X	crt uç Y	crt uç Z	crt uç v(X)	crt uç v(Y)	crt uç v(Z)	crt uç a(X)	crt uç a(Y)	crt uç a(Z)
	0,31	1,73	1,82	0,44	5,56	0,00	6,75	8,87	12,56
	0,32	1,48	1,79	0,88	4,43	0,09	6,37	3,13	5,95
	0,12	1,45	1,82	1,78	3,50	0,13	9,51	0,07	9,79
	0,29	1,44	1,76	0,71	4,74	0,04	0,51	2,19	1,11
	0,55	1,55	1,80	0,16	5,06	0,10	9,11	7,11	6,97
AO	0,32	1,53	1,80	0,79	4,66	0,07	6,45	4,28	7,27
SS	0,15	0,12	0,02	0,61	0,77	0,05	3,60	3,62	4,30

	crt mrkz X	crt mrkz Y	crt mrkz Z	crt mrkz v(X)	crtmrkz v(Y)	crtmrkz v(Z)
	0,58	2,57	1,15	0,82	5,57	0,22
	0,52	3,44	0,81	0,99	4,37	0,11
	0,08	2,29	1,14	2,12	3,76	0,02
	1,17	5,51	0,07	0,74	3,99	0,03
	0,31	2,50	1,22	0,10	5,36	0,29
AO	0,53	3,26	0,88	0,95	4,61	0,13
SS	0,41	1,33	0,48	0,74	0,82	0,12

Çizelge 4.4. Taşıma evresinde sub-elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (metre ‘m’, m/s, m/s² cinsinden).

	sağomzX	sağomzY	sağomzZ	sağomz v(X)	sağomz v(Y)	sağomz v(Z)	sağomz a(X)	Sağomz a(Y)	sağomz a(Z)
	0,07	3,10	1,28	0,99	5,83	0,43	6,83	0,17	13,19
	0,38	1,73	1,29	1,10	3,99	0,89	3,79	16,09	4,54
	0,05	1,40	1,19	1,20	3,63	0,33	0,73	0,66	2,84
	0,28	1,99	1,10	0,61	4,80	0,22	0,26	1,92	10,86
	0,13	1,90	1,18	1,33	4,38	0,22	2,72	0,34	4,13
AO	0,18	2,02	1,21	1,04	4,53	0,42	2,87	3,83	7,11
SS	0,15	0,64	0,08	0,27	0,85	0,28	2,64	6,88	4,60

	sağdrsk X	sağdrsk Y	sağdrsk Z	sağdrsk v(X)	sağdrsk v(Y)	sağdrsk v(Z)	sağdrsk a(X)	sağdrsk a(Y)	sağdrsk a(Z)
	0,03	3,26	1,08	1,32	5,65	0,06	6,18	8,21	12,45
	0,23	1,83	1,07	1,22	3,70	0,94	8,96	1,28	7,47
	0,03	1,63	1,07	1,01	3,60	0,35	3,10	6,35	3,98
	0,23	2,18	0,97	12,18	4,45	17,54	0,33	2,45	1,02
	0,23	2,15	1,04	0,63	4,78	0,29	4,67	5,25	5,92
AO	0,15	2,21	1,05	3,27	4,44	3,83	4,65	4,71	6,17
SS	0,11	0,63	0,04	4,99	0,84	7,67	3,24	2,83	4,26

	sağblk X	sağblk Y	sağblk Z	sağblk v(X)	sağblk v(Y)	sağblk v(Z)	sağblk a(X)	sağblk a(Y)	sağblk a(Z)
	0,05	3,53	1,15	1,26	5,81	0,12	6,37	0,60	7,92
	0,06	2,05	1,15	1,05	4,02	0,68	1,38	11,49	9,95
	0,00	1,98	1,13	1,24	3,92	0,12	0,71	0,97	0,12
	0,56	5,01	0,12	0,10	1,34	7,07	0,16	1,78	1,73
	0,29	2,43	1,10	1,03	4,81	0,09	2,23	0,35	12,34
AO	0,19	3,00	0,93	0,94	3,98	1,61	2,17	3,04	6,41
SS	0,23	1,28	0,46	0,48	1,66	3,06	2,47	4,76	5,28

	crt uç X	crt uç Y	crt uç Z	crt uç v(X)	cirit uç v(Y)	crt uç v(Z)	crt uç a(X)	crt uç a(Y)	crt uç a(Z)
	0,17	2,95	1,89	1,29	5,34	5,34	1,91	11,47	3,45
	0,29	1,30	1,79	0,85	3,90	0,42	0,03	4,02	3,98
	0,14	1,26	1,89	1,54	3,78	0,24	0,31	5,60	0,64
	0,47	4,73	0,20	5,23	1,70	5,27	0,33	2,48	1,05
	0,17	1,61	1,79	1,42	4,41	0,22	2,47	1,73	0,40
AO	0,25	2,37	1,51	2,06	3,82	2,30	1,01	5,06	1,90
SS	0,14	1,49	0,74	1,79	1,34	2,75	1,10	3,88	1,68

	crt mrkz X	crt mrkz Y	crt mrkz Z	crt mrkz v(X)	crtmrkz v(Y)	crtmrkz v(Z)
	0,11	3,64	1,16	0,88	5,64	0,01
	0,02	2,12	1,18	1,30	3,86	0,61
	0,01	2,06	1,16	1,21	3,82	0,10
	0,55	5,12	0,01	0,64	4,46	3,07
	0,33	2,48	1,13	1,08	4,76	0,15
AO	0,20	3,08	0,93	1,02	4,51	0,79
SS	0,23	1,30	0,52	0,27	0,75	1,30

Çizelge 4.5. Atış evresinde elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (metre 'm' , m/s, m/s² cinsinden).

	sağomzX	sağomzY	sağomzZ	sağomz v(X)	sağomz v(Y)	sağomz v(Z)	sağomz a(X)	sağomz a(Y)	sağomz a(Z)
	0,36	0,89	1,38	0,09	6,38	1,93	17,30	16,52	6,97
	0,71	1,05	1,34	2,88	4,46	1,37	1,75	7,35	0,16
	0,10	1,82	1,44	0,28	6,82	2,13	14,17	16,07	0,05
	0,26	0,72	1,26	0,10	5,46	1,68	14,10	16,23	2,49
	0,33	0,94	1,29	1,32	5,63	1,78	11,79	9,68	12,38
AO	0,35	1,08	1,34	0,93	5,75	1,78	11,82	13,17	4,41
SS	0,23	0,43	0,07	1,20	0,91	0,28	5,96	4,33	5,26

	sağdrs k X	sağdrs k Y	sağdrs k Z	sağdrsk v(X)	sağdrs k v(Y)	sağdrsk v(Z)	sağdrsk a(X)	sağdrs k a(Y)	sağdrsk a(Z)
	0,12	0,95	1,42	0,36	9,40	4,91	61,37	2,01	22,47
	0,49	1,08	1,29	2,11	6,64	3,81	31,43	6,59	7,42
	0,35	1,83	1,43	0,43	9,05	3,62	37,33	5,30	4,95
	0,00	0,83	1,26	1,27	8,59	4,32	44,33	7,74	2,16
	0,54	1,10	1,32	0,22	8,93	4,21	49,19	6,93	5,81
AO	0,30	1,16	1,34	0,88	8,52	4,17	44,73	5,71	8,56
SS	0,23	0,39	0,08	0,80	1,09	0,50	11,50	2,25	8,01

	sağblk X	sağblk Y	sağblk Z	sağblk v(X)	sağblk v(Y)	sağblk v(Z)	sağblk a(X)	sağblk a(Y)	sağblk a(Z)
	0,23	1,20	1,45	2,07	10,56	5,55	48,23	59,72	5,51
	0,50	1,35	1,41	2,19	7,83	4,49	22,14	41,88	15,31
	0,28	2,08	1,51	1,55	11,20	4,52	41,31	48,63	9,97
	0,07	1,03	1,28	3,99	8,38	4,20	24,84	39,03	49,59
	0,48	1,29	1,38	1,52	9,34	4,53	12,79	53,62	36,69
AO	0,31	1,39	1,40	2,27	9,46	4,66	29,86	48,57	23,41
SS	0,18	0,40	0,09	1,01	1,42	0,52	14,53	8,45	18,90

	crt uç X	crt uç Y	crt uç Z	crt uç v(X)	crt uç v(Y)	crt uç v(Z)	crt uç a(X)	crt uç a(Y)	crt uç a(Z)
	0,07	0,50	2,14	2,24	8,77	4,56	17,11	13,44	7,10
	0,48	0,71	2,01	2,36	4,27	2,19	19,46	21,30	8,74
	0,60	1,58	2,26	3,00	10,08	10,08	29,65	55,01	5,65
	0,09	0,41	1,97	5,71	7,90	4,26	0,12	1,09	1,28
	0,60	0,48	2,00	0,44	7,50	4,01	12,82	0,60	31,39
AO	0,37	0,74	2,08	2,75	7,70	5,02	15,83	18,29	10,83
SS	0,26	0,48	0,12	1,91	2,16	2,98	10,74	22,30	11,82

	crt mrkz X	crt mrkz Y	crt mrkz Z	crt mrkz v(X)	crtmrkz v(Y)	crtmrkz v(Z)
	0,27	1,26	1,49	4,12	10,64	7,58
	0,49	1,40	1,42	2,35	7,84	5,17
	0,25	2,19	1,51	3,72	11,44	6,54
	4,86	8,11	4,77	29,66	53,76	95,72
	0,39	1,39	1,39	1,73	8,96	4,90
AO	1,25	2,87	2,12	8,32	18,53	23,98
SS	2,02	2,95	1,48	11,97	19,75	40,12

Çizelge 4.6. Atış evresinde sub-elit sporcuların doğrusal genişlik, doğrusal hız ve doğrusal ivmelenme değerleri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları (metre 'm', m/s, m/s² cinsinden).

	Sağomz X	sağomz Y	sağomz Z	sağomz v(X)	sağomz v(Y)	sağomz v(Z)	sağomz a(X)	sağomz a(Y)	sağomz a(Z)
	0,36	1,09	1,32	0,41	6,68	1,93	15,78	6,50	6,66
	0,60	0,94	1,35	1,25	3,78	1,77	1,45	9,04	8,02
	0,32	0,59	1,31	1,63	3,76	2,08	4,09	4,34	7,89
	0,18	0,97	1,28	0,05	5,10	1,96	9,79	15,34	0,61
	0,21	0,84	1,34	2,02	4,83	1,61	1,42	10,05	4,06
AO	0,34	0,89	1,32	1,07	4,83	1,87	6,51	9,05	5,45
SS	0,17	0,19	0,03	0,82	1,20	0,18	6,21	4,16	3,14

	sağdrs X	sağdrs Y	sağdrs Z	sağdrs v(X)	sağdrs v(Y)	sağdrs v(Z)	sağdrs a(X)	sağdrsk a(Y)	sağdrs a(Z)
	0,16	1,23	1,26	2,07	8,95	5,00	45,98	29,29	17,55
	0,41	0,88	1,24	1,61	5,64	3,14	17,77	9,42	11,40
	0,13	0,68	1,28	1,60	6,14	3,45	21,09	2,68	9,34
	0,00	1,05	1,37	29,82	1,90	20,33	0,08	1,26	1,36
	0,02	0,85	1,38	2,80	7,03	3,30	19,26	10,95	10,07
AO	0,14	0,94	1,31	7,58	5,93	7,04	20,84	10,72	9,95
SS	0,16	0,21	0,06	12,44	2,58	7,47	16,39	11,19	5,79

	sağblk X	sağblk Y	sağblk Z	sağblk v(X)	sağblk v(Y)	sağblk v(Z)	sağblk a(X)	sağblk a(Y)	sağblk a(Z)
	0,31	1,48	1,30	2,84	8,71	4,39	5,14	52,24	51,27
	0,28	1,08	1,34	1,78	7,16	3,66	37,50	10,54	17,21
	0,20	0,95	1,33	0,66	7,21	3,55	20,51	32,86	24,14
	1,07	8,90	4,99	38,54	46,23	0,95	0,08	0,74	1,97
	0,01	1,10	1,46	3,19	8,88	3,67	39,27	17,98	23,37
AO	0,37	2,70	2,08	9,40	15,64	3,24	20,50	22,87	23,59
SS	0,41	3,47	1,63	16,32	17,12	1,32	17,99	20,18	17,85

	crt uç X	crt uç Y	crt uç Z	crt uç v(X)	crt uç v(Y)	crt uç v(Z)	crt uç a(X)	crt uç a(Y)	crt uç a(Z)
	0,14	0,76	2,01	2,45	8,22	3,99	3,66	22,14	30,72
	0,44	0,45	1,89	0,15	5,35	2,17	36,91	18,89	6,39
	0,39	0,40	1,96	0,93	5,82	1,63	3,54	14,25	44,25
	2,26	6,89	4,72	12,62	2,79	32,39	0,09	1,31	1,40
	0,13	0,67	1,92	0,80	6,80	1,76	25,49	8,67	13,41
AO	0,67	1,83	2,50	3,39	5,80	8,39	13,94	13,05	19,24
SS	0,90	2,83	1,24	5,23	2,01	13,45	16,33	8,29	17,85

	crt mrkz X	crt mrkz Y	crt mrkz Z	crt mrkz v(X)	crtmrkz v(Y)	crtmrkz v(Z)
	0,38	1,55	1,31	3,21	8,81	4,75
	0,25	1,14	1,37	1,11	7,64	4,04
	0,21	1,04	1,34	0,51	7,32	4,00
	2,18	8,84	6,54	6,81	53,02	67,43
	0,04	1,25	1,44	2,28	8,61	5,26
AO	0,61	2,76	2,40	2,78	17,08	17,09
SS	0,89	3,40	2,32	2,48	20,10	28,14

Çizelge 4.7. Taşıma evresinde elit ve sub-elit sporcuların açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme değerleri (derece °, derece/s, derece/s² cinsinden).

		AO	SS	MİN	MAK			AO	SS	MİN	MAK
GÖVDEθ	elit	148,23	0,83	127,80	163,81	ÖNKOLYZθ		24,83	0,81	10,78	41,11
	subelit	158,11	0,68	144,57	172,23			16,90	1,00	2,82	40,24
GÖVDEw	elit	102,30	7,03	4,46	311,04	ÖNKOLYZw		123,50	11,93	4,43	742,92
	subelit	94,01	7,13	0,91	362,10			73,63	6,87	1,49	424,80
GÖVDEα	elit	2387,60	243,33	4,46	11746,63	ÖNKOLYZα		3679,21	319,94	31,55	19912,46
	subelit	2475,02	216,46	29,50	12267,18			2570,81	288,38	5,98	16560,94
KOLXYθ	elit	39,47	1,11	20,26	62,89	CRTXYθ		35,51	0,36	27,78	41,98
	subelit	37,05	0,96	24,77	56,87			40,53	0,38	33,00	48,34
KOLXYw	elit	89,54	7,36	1,04	400,26	CRTXYw		14,69	2,46	-97,87	53,43
	subelit	61,62	5,43	0,19	300,11			15,29	2,66	-70,61	91,19
KOLXYα	elit	2338,00	176,74	38,56	7793,64	CRTXYα		202,60	99,33	-1392,88	4530,62
	subelit	1893,01	179,20	0,56	8536,15			-207,18	98,07	-4362,09	2670,89
KOLXZθ	elit	47,70	0,90	25,82	60,92	CRTXZθ		-47,81	0,67	-58,33	-35,50
	subelit	44,71	1,40	12,18	64,83			-47,06	0,41	-55,98	-38,21
KOLXZw	elit	72,69	6,05	0,55	423,17	CRTXZw		7,09	2,41	-111,45	54,15
	subelit	97,74	9,06	1,80	568,91			16,56	2,75	-57,97	157,75
KOLXZα	elit	2099,75	206,44	2,48	10214,13	CRTXZα		297,51	92,09	-1428,05	5068,96
	subelit	3533,41	407,35	40,29	23493,13			-182,71	113,58	-6230,78	2385,81
KOLYZθ	elit	9,85	0,69	0,22	26,91	CRTYZθ		-14,80	1,14	-35,86	4,80
	subelit	19,28	0,89	0,07	40,51			0,16	1,13	-19,64	18,75
KOLYZw	elit	125,66	9,19	4,07	495,29	CRTYZw		11,67	2,37	-94,88	90,86
	subelit	131,57	11,11	0,91	475,92			-2,66	3,79	-136,04	62,01
KOLYZα	elit	3217,80	270,52	103,46	11139,15	CRTYZα		-130,06	75,48	-2312,55	3755,21
	subelit	4009,83	340,70	20,02	20713,72			142,70	115,10	-2386,84	3874,98
ÖNKOLXYθ	elit	15,40	0,81	0,17	39,53	DIRSEKθ		116,26	1,25	95,17	150,11
	subelit	12,07	0,44	0,55	19,93			123,74	1,47	95,78	148,83
ÖNKOLXYw	elit	112,07	5,49	17,05	238,78	DIRSEKw		-160,18	11,02	-495,61	242,74
	subelit	62,88	3,45	1,32	162,63			-61,66	15,16	-319,13	487,63
ÖNKOLXYα	elit	1850,68	216,89	38,11	13193,55	DIRSEKα		691,35	292,59	-5306,04	10317,05
	subelit	1111,01	97,29	11,07	6090,13			-2337,79	596,57	-22502,92	11805,35
ÖNKOLXZθ	elit	58,98	0,93	35,86	78,25						
	subelit	68,19	0,99	43,08	87,13						
ÖNKOLXZw	elit	138,62	11,45	0,83	761,41						
	subelit	81,45	6,40	1,13	419,25						
ÖNKOLXZα	elit	2937,85	295,69	0,88	20025,30						
	subelit	2338,76	275,28	24,41	15370,53						

Çizelge 4.8. Atış evresinde elit ve sub-elit sporcuların açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme değerleri (derece °, derece/s, derece/s² cinsinden).

		AO	SS	MİN	MAK		AO	SS	MİN	MAK
GÖVDEθ	elit	151,20	1,21	128,59	173,78	ÖNKOLYZθ	26,23	1,74	0,50	49,45
	subelit	155,90	0,83	140,53	171,10		20,88	1,40	0,05	58,98
GÖVDEw	elit	247,14	18,26	5,66	657,02	ÖNKLYZw	564,97	42,08	12,80	1382,05
	subelit	135,49	8,89	3,77	359,37		360,06	28,25	6,42	1001,68
GÖVDEα	elit	4934,75	520,22	5,66	19080,07	ÖNKOLYZα	14652,57	1209,82	131,83	46391,72
	subelit	4439,74	310,46	75,11	12761,51		11111,24	1092,51	90,87	41486,42
KOLXYθ	elit	20,79	1,41	0,57	50,43	CRTXYθ	37,30	0,44	31,05	42,25
	subelit	24,09	1,39	0,97	48,20		40,58	0,46	31,49	49,25
KOLXYw	elit	443,86	24,68	61,29	901,57	CRTXYw	-13,04	8,63	-285,56	107,63
	subelit	290,90	28,98	0,22	981,64		-18,35	6,60	-313,89	79,43
KOLXYα	elit	5913,14	444,44	233,28	15378,51	CRTXYα	-961,20	320,62	-7838,33	3298,81
	subelit	6536,33	546,46	59,79	18843,50		-481,02	216,72	-7359,96	3409,58
KOLXZθ	elit	31,80	2,23	0,51	68,18	CRTXZθ	-47,18	0,72	-56,36	-36,66
	subelit	29,96	1,63	0,18	58,74		-46,42	0,61	-57,44	-33,56
KOLXZw	elit	480,65	32,41	7,57	977,91	CRTXZw	-15,18	8,04	-337,95	116,09
	subelit	473,38	35,61	9,76	1324,82		-18,09	7,48	-383,84	87,88
KOLXZα	elit	6984,08	484,92	367,99	15753,27	CRTXZα	-816,20	233,77	-7428,57	3432,57
	subelit	7647,11	551,26	83,41	25664,96		-654,29	276,92	-13458,48	3486,95
KOLYZθ	elit	45,86	2,46	0,41	81,67	CRTYZθ	-12,42	1,14	-31,52	5,57
	subelit	46,33	1,54	20,56	84,05		0,55	1,44	-21,80	14,19
KOLYZw	elit	491,66	24,37	25,72	820,72	CRTYZw	22,54	10,30	-194,54	303,63
	subelit	367,84	24,25	2,82	972,48		-8,52	6,76	-197,21	249,50
KOLYZα	elit	9586,98	858,54	302,73	30083,04	CRTYZα	479,81	334,51	-9232,57	6924,76
	subelit	7860,01	771,17	128,61	28232,04		84,31	253,81	-8295,38	8683,66
ÖKOLXYθ	elit	17,15	1,26	0,61	45,64	DIRSEKθ	92,89	1,64	70,49	127,76
	subelit	15,68	1,26	0,21	72,65		95,83	1,55	67,54	130,95
ÖKLXYw	elit	453,49	42,78	14,94	1557,87	DIRSEKw	105,96	56,22	-701,47	1412,72
	subelit	374,55	39,58	5,05	1498,26		-39,05	45,86	-621,40	1271,96
ÖKOLXYα	elit	12626,95	1103,32	27,51	36310,25	DIRSEKα	7430,02	1415,70	-20935,54	33152,06
	subelit	12133,71	1305,62	60,02	59342,66		5501,37	1256,71	-19358,06	35933,94
ÖKOLXZθ	elit	54,82	1,50	32,04	87,90					
	subelit	60,50	1,61	0,79	83,14					
ÖKLXZw	elit	383,75	45,75	0,01	1809,17					
	subelit	428,38	56,59	2,64	2309,92					
ÖKOLXZα	elit	15564,06	1691,37	48,48	58335,95					
	subelit	13067,49	1452,21	28,14	51511,05					

4.1. Taşıma Evresi (1. Faz)

4.1.1. Elit Sporcular

Elit sporcuların taşıma evresinde, vücut segmentlerinin xy eksenini yani horizontal düzlem, xz eksenini yani frontal düzlem ve yz eksenini sagittal düzlem üzerindeki açısal genişlikleri, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.7.' te verilmiştir.

Çizelge 4.9. Elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları.

	F	p		F	p
GÖVDEθ	28,80	0,00	ÖNKOLYZθ	64,22	0,00
GÖVDEw	3,35	0,01	ÖNKOLYZw	3,07	0,02
GÖVDEα	9,74	0,00	ÖNKOLYZα	7,99	0,00
KOLXYθ	160,57	0,00	CRTXYθ	182,31	0,00
KOLXYw	4,58	0,00	CRTXYw	0,38	0,76
KOLXYα	1,88	0,12	CRTXYα	4,03	0,01
KOLXZθ	179,02	0,00	CRTXZθ	1228,12	0,00
KOLXZw	10,09	0,00	CRTXZw	3,83	0,01
KOLXZα	2,42	0,05	CRTXZα	2,30	0,06
KOLYZθ	37,46	0,00	CRTYZθ	2811,72	0,00
KOLYZw	3,17	0,02	CRTYZw	13,79	0,00
KOLYZα	3,48	0,01	CRTYZα	6,77	0,00
ÖNKOLXYθ	4,56	0,00	DIRSEKθ	9,86	0,00
ÖNKOLXYw	5,76	0,00	DIRSEKw	19,47	0,00
ÖNKOLXYα	0,68	0,61	DIRSEKα	10,25	0,00
ÖNKOLXZθ	16,30	0,00			
DRSKXZw	4,33	0,00			
DRSKXZα	8,08	0,00			

Elit düzeydeki cirit atıcıları, ciriti taşıma fazında kendi aralarında karşılaştırıldıklarında gövde segment hareketlerinde; açısal genişlik, açısal hız ve ivmelerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0,05$).

Kol segmentinin xy yani horizontal düzlemdeki hareketlerinde; açısai genişlik ve açısai hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmesinde anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Kol frontal düzlemde (xz eksenii) açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenme değerlerinde anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$). Kol sagittal düzlemde (yz) açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Önkol segment hareketlerinde; xy eksenii yani horizontal planda açısai genişlik, açısai hız değerlerinde anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmede anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Önkol frontal düzlemde (xz eksenii); açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenmede anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0,05$). Önkol sagittal düzlemde (yz eksenii); açısai genişlik ve açısai hız ve ivmelenmesinde anlamlı farklar kaydedilmiştir ($p<0,05$).

Cirit segment hareketlerinde; xy eksenii yani horizontal düzlemde açısai genişlik ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), açısai hızda anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Frontal düzlemde (xz eksenii); açısai genişlik ve açısai hız anlamlı farklar saptanmış ($p<0,05$), ivmelenmede anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$). Sagittal düzlemde (yz eksenii); açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenme değerlerinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Omuz segment hareketlerinde; açısai genişlik ve açısai hızda anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmede anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Dirsek segment hareketlerinde; açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

4.1.2. Sub- elit Sporcular

Sub-elit sporcuların taşıma evresindeki vücut xy eksenii yani horizontal düzlem, frontal düzlem (xz eksenii) ve sagittal düzlemdeki (yz eksenii) açısai genişlikleri, açısai hız ve açısai ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.7.' de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Sub-elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları.

	F	p		F	p
GÖVDEθ	35,28	0,00	ÖNKOLYZθ	184,27	0,00
GÖVDEw	3,36	0,01	ÖNKOLYZw	7,69	0,00
GÖVDEα	2,21	0,07	ÖNKOLYZα	4,21	0,00
KOLXYθ	186,87	0,00	CRTXYθ	147,33	0,00
KOLXYw	12,82	0,00	CRTXYw	2,78	0,03
KOLXYα	9,81	0,00	CRTXYα	0,99	0,42
KOLXZθ	256,72	0,00	CRTXZθ	179,50	0,00
KOLXZw	5,01	0,00	CRTXZw	8,88	0,00
KOLXZα	5,31	0,00	CRTXZα	2,64	0,04
KOLYZθ	44,19	0,00	CRTYZθ	2563,70	0,00
KOLYZw	7,34	0,00	CRTYZw	6,28	0,00
KOLYZα	3,79	0,01	CRTYZα	3,05	0,02
ÖNKOLXYθ	12,97	0,00	DIRSEKθ	100,93	0,00
ÖNKOLXYw	3,42	0,01	DIRSEKw	3,24	0,01
ÖNKOLXYα	1,55	0,19	DIRSEKα	0,53	0,71
ÖNKOLXZθ	98,36	0,00			
ÖNKOLXZw	7,50	0,00			
ÖNKOLXZα	4,96	0,00			

Sub-elit düzeydeki sporcuların kendi aralarında taşıma evresi değerleri (çizelge 4.7) de verilmiştir. Gövde segment hareketlerinde; açısız genişlik ve açısız hızda anlamlı farklar bulunmuş ($p < 0,05$), ivmelenmede anlamlı farklar saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Kol segment hareketlerinin xy eksenini yani horizontal düzlemde; açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kol segment hareketleri frontal planda (xz eksenini) ; açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Kol segment hareketleri sagittal düzlemde (yz eksenini) açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar saptanmıştır ($p < 0,05$).

Önkol segment hareketlerinin xy eksenini yani horizontal düzlemde; açısız genişlik ve açısız hızda anlamlı farklar bulunmuş ($p < 0,05$), ivmelenmede anlamlı farklar bulunmamıştır ($p > 0,05$). Önkol segment hareketlerinin frontal düzlemde (xz eksenini) açısız genişlik ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuş ($p < 0,05$), açısız hızda anlamlı farklar bulunmamıştır ($p > 0,05$). Önkol segment hareketlerinin sagittal planda (yz eksenini); açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Cirit segment hareketlerinin horizontal planda (xy eksenini); açısız genişlik ve açısız hızda anlamlı farklar saptanmış ($p < 0,05$), ivmelenmede anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0,05$). xz eksenini frontal düzlemde; açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Sagittal düzlemde (yz); açısız genişlik, açısız hız ve ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0,05$).

Omuz segment hareketlerinde; açısal genişlik ve açısal ivmelenmede anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmede anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Dirsek segment hareketlerinde; açısal genişlik ve açısal hızda anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmede anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.1.3. Elit ve Sub- elit Sporcular

Elit ve sub-elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri, vücut xy eksenini yani horizontal düzlem, frontal düzlem (xz eksenini) ve sagittal düzlemdeki (yz eksenini) açısal genişlikleri, açısal hız ve açısal ivmelenmede Mann Whitney U test sonuçlarına göre gruplar arası farklar çizelge 4.11. de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Elit ve Sub-elit sporcuların taşıma evresindeki değişik segment hareketleri farklılıkları.

	GÖVDE θ	KOLXY α	KOLXZ θ	KOLXZw	KOLXZ α	KOLYZ θ	KOLYZw	KOLYZ α
M-W U	2223,00	4826,00	5470,00	5054,00	4753,00	2528,00	5741,00	5127,00
p	0,00	0,02	0,37	0,07	0,01	0,00	0,75	0,10

	ÖNKOLXY θ	ÖNKOLXYw	ÖNKOLXY α	ÖNKOLXZ θ	ÖNKOLXZw	ÖNKOLXZ α	ÖNKOLYZ θ
M-W U	4714,00	2962,00	4738,00	2878,00	4046,00	4625,00	3145,00
p	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00

	ÖNKOLYZw	ÖNKOLYZ α	CRTXY θ	CRTXYw	CRTXY α	CRTXZ θ	CRTXZw	CRTXZ α
M-W U	4183,00	4066,00	1829,00	4334,00	3630,00	5015,00	5120,00	4638,00
p	0,00	0,00	0,00	0,37	0,01	0,06	0,10	0,01

	CRTYZ θ	CRTYZw	CRTYZ α	DIRSEK θ	DIRSEKw	DIRSEK α
M-W U	2343,00	4599,00	5093,00	4099,00	3644,00	4197,00
p	0,00	0,01	0,09	0,00	0,00	0,00

Elit ve sub-elit düzeydeki cirit atıcılarını, ciriti taşıma evresinde kendi aralarında karşılaştırdığımız zaman bulduğumuz değerler şu şekildedir;

Gövde açısal hızında, kolun horizontal düzlemindeki (xy) açısal genişliğinde, kolun frontal düzlemindeki (xz) ivmelenmesinde, kolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal genişliğinde anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$); kolun frontal düzlemdeki (xz) açısal genişliğinde, kolun frontal düzlemdeki (xz) açısal hızında, kolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal hızı ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Dirseğin horizontal düzlemindeki (xy) açısal genişliğinde, açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Dirseğin frontal düzlemdeki (xz); açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Dirseğin sagittal düzlemdeki (yz); açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde, ivmelenmesinde, frontal düzlemdeki ivmelenmesinde, sagittal düzlemdeki açısal genişliğinde ve hızında anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), horizontal düzlemdeki açısal hızında, frontal düzlemdeki açısal genişlik ve açısal hızında anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Dirseğin açısal hızında, açısal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), omuzun açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.2. Atış Evresi (2. Faz)

4.2.1. Elit Sporcular

Elit sporcuların atış evresindeki vücut segmentlerinin xy eksenini yani horizontal düzlem, xz eksenini yani frontal düzlem ve yz eksenini yani sagittal düzlemdeki açısal genişlikleri, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.8.' te verilmiştir.

Çizelge 4.12. Elit sporcuların atış evresinde değişik segment hareketleri farklılıkları.

	F	p		F	p
ÖNKOLXYθ	2,41	0,06	DIRSEKθ	21,00	0,00
ÖNKOLXYw	1,22	0,31	DIRSEKw	0,12	0,97
ÖNKOLXYα	0,83	0,51	DIRSEKα	1,06	0,38
ÖNKOLXZθ	5,43	0,00	GÖVDEθ	8,06	0,00
ÖNKOLXZw	0,87	0,49	GÖVDEw	4,03	0,01
ÖNKOLXZα	1,34	0,26	GÖVDEα	11,16	0,00
ÖNKOLYZθ	11,83	0,00	KOLXYθ	3,43	0,01
ÖNKOLYZw	3,52	0,01	KOLXYw	4,00	0,01
ÖNKOLYZα	3,39	0,01	KOLXYα	13,06	0,00
CRTXYθ	114,85	0,00	KOLXZθ	3,81	0,01
CRTXYw	2,12	0,11	KOLXZw	0,39	0,82
CRTXYα	6,46	0,00	KOLXZα	1,71	0,16
CRTXZθ	336,94	0,00	KOLYZθ	2,91	0,03
CRTXZw	3,21	0,02	KOLYZw	3,86	0,01
CRTXZα	7,77	0,00	KOLYZα	0,95	0,44
CRTYZθ	400,38	0,00			
CRTYZw	4,26	0,00			
CRTYZα	8,99	0,00			

Önkol frontal düzlemindeki açısai genişlik, dirsek sagittal düzlemindeki açısai genişlik, açısai hız ve açısai ivmelenmede anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), Önkol horizontal düzlemindeki açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenmede, frontal düzlemdeki açısai hız ve ivmelenmede anlamlı farklara rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Ciritin horizal düzlemindeki açısai genişliğinde , ivmelenmesinde, frontal düzlemde ve sagittal düzlemdeki; açısai genişlik, açısai hız ve ivmelenmelerinde anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), sadece horizontal düzlemdeki açısai hız değerlerinde anlamlı farklar saptanmamıştır ($p>0,05$).

Omuzun açısai genişliğinde ve açısai hızında anlamlı farklar olup ($p<0,05$), ivmelenmesinde anlamlı fark görülmemiştir ($p>0,05$). Dirseğin açısai hızında, gövdenin açısai hızında, açısai genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar tespit edilmiş ($P<0,05$), dirseğin açısai hızında ve ivmelenme değerlerinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Kolun horizontal düzlemdeki açısai hızı, açısai genişliği, ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur. Kolun frontal düzlemdeki açısai genişliğinde, sagittal düzlemdeki açısai genişliğinde ve açısai hızında anlamlı farklar saptanmış ($p<0,05$), frontal düzlemde açısai hızında, ivmelenmesinde, sagittal düzlemdeki ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.2.2. Sub-elit Sporcular

Sub-elit sporcuların atış evresindeki vücut segmentlerinin xy ekseni yani horizontal düzlem, xz ekseni yani frontal düzlem ve yz ekseni yani sagittal düzlemdeki açısai genişlikleri, açısai hız ve açısai ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.8.' te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Sub-elit sporcuların atış evresinde değişik segment hareketleri farklılıkları.

	F	p		F	p
GÖVDEθ	27,17	0,00	ÖNKOLYZθ	9,90	0,00
GÖVDEw	2,45	0,05	ÖNKOLYZw	0,39	0,82
GÖVDEα	3,12	0,02	ÖNKOLYZα	0,67	0,61
KOLXYθ	4,57	0,00	CRTXYθ	163,14	0,00
KOLXYw	9,01	0,00	CRTXYw	2,41	0,06
KOLXYα	2,87	0,03	CRTXYα	6,94	0,00
KOLXZθ	4,04	0,00	CRTXZθ	222,19	0,00
KOLXZw	0,52	0,72	CRTXZw	2,04	0,10
KOLXZα	0,83	0,51	CRTXZα	6,45	0,00
KOLYZθ	7,23	0,00	CRTYZθ	1376,70	0,00
KOLYZw	3,31	0,01	CRTYZw	5,32	0,00
KOLYZα	0,77	0,55	CRTYZα	4,28	0,00
ÖNKOLXYθ	1,37	0,25	DIRSEKθ	1,21	0,31
ÖNKOLXYw	0,93	0,45	DIRSEKw	2,58	0,04
ÖNKOLXYα	2,07	0,09	DIRSEKα	0,11	0,98
ÖNKOLXZθ	5,48	0,00			
ÖNKOLXZw	3,10	0,02			
ÖNKOLXZα	1,05	0,39			

Gövdenin açısasal genişliği, açısasal hız ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Kolun horizontal düzlemindeki açısasal genişlik, açısasal hızında ve ivmelenmesinde; kolun frontal düzlemindeki açısasal genişliğinde, kolun sagittal düzlemindeki açısasal genişliği ve açısasal hızında anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), kolun frontal düzlemindeki açısasal hızında ve ivmelenmesinde; kolun sagittal düzlemindeki ivmelenmesinde anlamlı farklara rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Önkolun frontal düzlemindeki açısasal genişliğinde, açısasal hızında; sagittal düzlemindeki açısasal genişliğinde anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), Önkolun horizontal düzlemindeki açısasal genişliğinde, açısasal hızında; Önkolun frontal düzlemindeki ivmelenmesinde; Önkolun sagittal düzlemindeki açısasal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Ciritin horizontal düzlemindeki açısasal genişliğinde, ivmelenmesinde; frontal düzlemindeki açısasal hızında, ivmelenmesinde; sagittal düzlemindeki açısasal genişlik, açısasal hız ve ivmelenmesinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemindeki açısasal hızında; frontal düzlemindeki açısasal hızında anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$).

Omuzun açısasal genişliğinde, açısasal hızında; dirseğin açısasal hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), omuzun ivmelenmesinde, dirseğin açısasal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklara saptanmamıştır ($p>0,05$).

4.2.3. Elit ve Sub-elit Sporcular

Elit ve sub-elit sporcuların atış evresindeki vücut segmentlerinin xy eksenini yani horizontal düzlem, xz eksenini yani frontal düzlem ve yz eksenini yani sagittal düzlemdeki açılal genişlikleri, açılal hız ve açılal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değeri çizelge 4.14. te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Elit ve Sub-elit sporcuların kuvvet uygulama evresinde değışik segment hareketleri farklılıkları.

	GÖVDE θ	GÖVDE w	GÖVDE α	KOLXY θ	KOLXY w	KOLXY α	KOLXZ θ	KOLXZ w
M-W U	2466,00	1969,00	3362,00	2884,00	2070,00	3379,00	3293,00	3243,00
p	0,00	0,00	0,89	0,09	0,00	0,94	0,72	0,60

	KOLXZ α	KOLYZ θ	KOLYZ w	KOLYZ α	ÖNKOLXY θ	ÖNKOLXY w	ÖNKOLXY α	ÖNKOLXZ θ
M-W U	3282,00	3242,00	2248,00	2813,00	3059,00	2758,00	2944,00	2390,00
p	0,69	0,60	0,00	0,05	0,26	0,04	0,14	0,00

	ÖNKOLXZ w	ÖNKOLXZ α	ÖNKOLYZ θ	ÖNKOLYZ w	ÖNKOLYZ α	CRTXY θ	CRTXY w	CRTXY α
M-W U	3130,00	2885,00	2667,00	2220,00	2619,00	1413,00	2054,00	2121,00
p	0,37	0,09	0,02	0,00	0,01	0,00	0,08	0,14

	CRTXZ θ	CRTXZ w	CRTXZ α	CRTYZ θ	CRTYZ w	CRTYZ α	DIRSEK θ	DIRSEK w	DIRSEK α
M-W U	2923,00	3090,00	2540,00	1589,00	2377,00	2720,00	3062,00	2808,00	2948,00
p	0,52	0,95	0,05	0,00	0,01	0,18	0,27	0,05	0,14

Gövdenin açılal genişliğinde, açılal hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p < 0,05$), ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Kolun horizontal düzlemdeki açılal hızında; kolun sagittal düzlemdeki açılal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar saptanmış olup ($p < 0,05$), kolun horizontal düzlemdeki açılal genişliğinde, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açılal genişliğinde, açılal hızında, ivmelenmesinde; sagittal düzlemdeki açılal genişliklerinde anlamlı farklar saptanmamıştır ($p > 0,05$).

Önkolun horizontal düzlemdeki açılal hızında; frontal düzlemdeki açılal genişliğinde; dirseğin sagittal düzlemdeki açılal genişliğinde açılal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0,05$). Önkolun horizontal düzlemdeki açılal genişliğinde,

ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde; horizontal düzlemdeki ivmelenmesinde; sagittal düzlemdeki açısal hızında ve açısal genişliğinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal hızında, açısal genişliğinde; sagittal düzlemdeki ivmelenmesinde anlamlı farklılara rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Omuzun açısal hızında, dirseğin açısal hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), omuzun hızında, ivmelenmesinde, dirseğin açısal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.3. Bırakma Anı Evresi

Çizelge 4.15. Bırakma açıları.

Bırakma açıları		
n	Elit Sporcular	Sub-elit Sporcular
1	34,5°	38,2°
2	37,2°	41°
3	36,7°	36,7°
4	42,8°	43,6°
5	40,8°	39,9°
AO	38,4°	39,8°
SS	2,9	2,3

Elit ve sub-elit düzeydeki sporcuların ciriti elden çıkardıkları anda yapmış oldukları atış açısı değerleri, aritmetik ortalama ve standart sapmaları çizelge 4.15. te verilmiştir.

5. TARTIŞMA

Cirit atma branşında yarışan, çeşitli kategorilerdeki cirit atıcılarının atış parametreleriyle ilgili literatürde birçok 2 ve 3 boyutlu çalışma bulunmaktadır. Bizim çalışmamızda Türkiye'deki cirit atan sporcuların hem taşıma evresine hem de atış evresine yönelik atış parametreleri incelenmiştir.

Cirit atma tekniği bazı araştırmalarda bizim yaptığımız gibi fazlara bölünerek incelenirken (Best et al, 1993; Chow et al, 2003; LeBlanc and Dapena, 1996), bazılarında sadece atış anındaki parametreler ele alınmıştır (Viitasalo et al, 2003; Bartlet, 1996).

Kunz ve Kaufman'ın 1983 yılında yaptıkları çalışmada, cirit atışı içerisinde elde edilen maksimum atış mesafesini, biyomekaniksel faktörler kapsamında araştırmışlardır. LeBlanc ve Dapena'nın 1996 da yaptıkları çalışmada ise; kol ve ciritin açılma taşıması ve atış yönünün açılma momentum sistemi içindeki değişikliklerini incelemişlerdir. Chow ve arkadaşlarının 2003' te engelli cirit atıcılarında yaptığı çalışmada; gövdenin, omuz kuşağının, kolun, önkolun ve elin, ciriti bırakma anındaki (bu 5 segment için) açılma kinematiklerinin saptanılmasına çalışılmıştır. Özellikle de ciritin atış hareketi ve bırakma karakterleri incelenmiştir. Campos ve arkadaşları (2002) ise İspanyol ve dünya atletleri arasındaki kinematik farklılıkları incelemişlerdir. Best ve arkadaşları 1992' deki çalışmasında da; elit cirit atıcılarının 3 boyutlu bırakma parametreleri; cirit atma tekniğinin, bırakma parametrelerindeki önemli zamansal ve kinematik belirleyicilerinin ilişkilerini incelemek; 2 boyutlu ve 3 boyutlu bırakma parametreleri değerlerinin yeterliliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Viitasalo ve arkadaşları faul çizgisindeki resmi cirit atma yarışları sonuçlarının doğru olmayan atma açıları, bırakma açısı ve bırakma hızlarının etkilerini incelerken, Gonzalez ve Dietrich bırakma anındaki maksimum hızın belirlenmesine açıklık getirmek için cirit atışının hareket analizini yapmışlardır. Bartlett ve arkadaşlarının 1996' daki çalışmalarında; farklı yetenekteki ve sınıflardaki sporcuların, 3 boyutlu bırakma parametreleri ile atış tekniğinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bizim yaptığımız çalışmada amaç; elit ve orta düzeydeki cirit atıcıların, ciriti taşıma ve atış evrelerindeki, atışı etkileyen parametrelerinin karşılaştırılmasıdır.

Çalışmamızdaki cirit atan sporcularımızın atış mesafesi, elit sporcular için ortalama $61,60 \text{ m} \pm 9,2$; sub-elit sporcular için ise ortalama $45,66 \text{ m} \pm 2,6$ olarak saptanmışken, bu değer literatüre oranla daha düşük olduğu gözlenmiştir. Kunz ve Kaufmann'ın çalışmalarındaki cirit sporcuların ortalama atış mesafesi $79,03 \text{ m}$ (Kunz and Kaufmann,

1983); Vittasalo ve arkadaşlarının çalışmasındaki inceledikleri sporcuların ortalama mesafeleri ise 75,10-82,80m olarak gözlemlenmiştir (Vittasalo et al., 2003).

Bu çalışmaların bazılarında 3 boyutlu fotogrametrik yöntem kullanılırken (Campos et al. 2002) bazılarında 16 mm lik kamerayla cinematographical yöntem kullanılmıştır (Kunz and Kaufmann, 1983). Bununla birlikte, Best ve arkadaşlarının 1993'te yaptıkları cirit atma tekniğinin 3 boyutlu analiz çalışmasında 2 adet Panasonic 100hz lik kameralar kullanmıştır. Ayrıca, Viitasalo ve arkadaşlarının yaptığı diğer bir çalışmada da atış yönünde 2 m uzaklıkta yerleştirilen 2 adet infra-red duvarı ile photocell gate (kapıları) kullanılmıştır. Bartlett ve arkadaşlarının 1996 yılında yaptığı farklı becerilerdeki cirit atıcılarının 3 boyutlu kinematik değerlerinin incelenmesinde 2 adet Panasonic marka F15 (50 hz lik) video kameralar kullanılmış Chow ve arkadaşlarının 2003 yılında tekerlekli sandalye cirit atıcılarında yapmış olduğu analiz çalışmasında da 2 adet S-VHS camcorder (60 fields s⁻¹) kullanmışlardır. Bartlett ve arkadaşları 1995 yılındaki cirit atan sporcuların atış anındaki kuvvet platformuna uyguladıkları basınçları inceledikleri çalışmalarında iki adet sabit duran Panasonic marka kameralar kullanılmıştır ve her birinin optical eksenlerini yaklaşık 95°de kullanmışlardır. LeBlanc ve Dapena' nın 1996 yılında yaptığı cirit atmanın momentumu ile ilgili çalışmada standart 3 boyutlu film analiz prosedürü kullanılmıştır. Meriç de yüksek kol atışını incelediği benzer çalışmada 2 adet 50 hz lik kamera kullanmıştır. Bizim çalışmamızda da videografi yöntemi kullanılmış, çekimler de 100 hz hızında 3 adet kamera ile yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda kullanılan denek sayılarına baktığımızda ise Best ve arkadaşlarının 1996'daki çalışmasında 1991 yılında İngiltere'de yapılan Dünya Öğrenci Oyunları'nda yarışan 5 erkek, 4 bayan sporcuların atış görüntüleri kaydedilmiştir. Chow ve arkadaşları 1996 da ki yaptığı çalışmada farklı sınıflandırmalarda 15 tane engelli sporcu denek olarak alınmıştır. LeBlanc ve Dapena'nın (1996) çalışmasında, Usa Atletizm Ulusal Şampiyonası'nda finale kalan 8 cirit atıcısı denek olarak kullanılmıştır. Bartlett ve arkadaşlarının 1996 yılındaki çalışmasında denek sayısı olarak 6'şar kişilik kulüp sporcusu, yeni cirit sporuna başlayan grubu ve aynı zamanda da 1993 yılındaki AAA Ulusal Şampiyonadaki elit düzeydeki final sporcularını kullanmışlardır. Bir başka çalışmada ise dünya standardındaki atletlerle İspanyol atletler denek olarak alınmıştır (Campos et al, 2002). Kunz ve Kaufmann' ın 1983 yılındaki çalışmasında da 20 İsveç dekatloncusu ve 2 tane elit düzeyde dünya sınıfı ciritçisi incelenmiştir. Viitasalo ve arkadaşlarının 2003 yılındaki çalışmasında dünya düzeyindeki 26 elit erkek, 15 elit bayan cirit atıcısı üzerinde analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bizim çalışmamızda kullandığımız denek sayısı ise Türkiye

atletizm 1.liginde yarışan 3 tanesi milli takım sporcusu olan elit 5 erkek sporcu ile 2. lig de yarışan sub-elit 5 erkek sporcudur.

Yapılan bütün çalışmalarda kameralar yaklaşık 90° horizontal olacak şekilde yerleştirilmişlerdir ve kameralar cirit atma tekniği içindeki çapraz adımları ve atış fazlarını çok iyi görüş açısı oluşturacak şekilde kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda ise kamera açılarını,1 tanesi cirit pistini tam 90° görecektir şekilde, diğer iki tanesini ise cirit pistini tam karşıdan görecektir şekilde birbirlerine yaklaşık 40-45° lik açı ile yerleştirilmiştir, her üç kameranın da, tekniğin taşıma ve atış fazını tam görecektir şekilde konulması sağlanmıştır.

İncelenen literatürde deneklere, vücut segmentlerinin daha belirginleştirilmesi için kullanılan deri işaretlerinin, yerleşim yerlerine baktığımızda genellikle araştırmalarda 14 segment modelinin kullanıldığı görülmüştür (Best et al, 1993; Bartlett et al, 1995, Chow et al, 2003). Bizim çalışmamızda da baş, sağ-sol omuz, sağ-sol dirsek, sağ-sol el bileği, sağ-sol kalça, sağ-sol diz, sağ-sol ayak bileği, ayrıca cirit ön ucuna ve merkez noktasına işaret konulmuştur.

Yapılan 2 ve 3 boyutlu analiz çalışmalarda, genellikle yoğun olarak bakılan parametrelerin bırakma anındaki parametreler olduğunu görmekteyiz. Cirit atmayla ilgili yapılan ilk çalışmalarda, bırakma parametreleri, ne resmi sonuca ne de horizontal mesafe atışına bakılmaksızın çalışılmıştır. Bununla birlikte; Komi ve Mero, 1985; Morriss, 1995; Salo ve Viitasalo, 1995' te yaptıkları çalışmalarda, faul çizgisinin gerisinde ciritin elden çıkarılıyor olması ve bunun da çizginin olduğu noktadan atışın yapıldığı noktaya kadar 1-3 m daha kısa bir mesafenin olduğunu gözlemlemişler ve bunun da sonuçları etkileyebileceği üzerinde tartışmışlardır (Viitasalo et al, 2003).

Bizim çalışmamızda bırakma parametrelerinin yanı sıra taşıma evresi de değerlendirmeye alınmıştır. Elit ve sub-elit sporcuların taşıma evresi incelendiğinde; xy eksenini, yani horizontal düzlemde kol segmentinin açısal hareketinin, açısal hız ve açısal ivmelenmesinin elit sporcularda daha fazla olduğu yönünde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur (P<0,05). Önkol segmenti de kol segmenti ile beraber rotasyon hareketi yaptığından aynı farklılıklar önkol segmenti için de tespit edilmiştir (P<0,05).

Ciritin bu düzlemdeki hareketinde ise sub-elit sporcularda daha fazla rotasyon açısına sahip oldukları bulunmuştur (p<0,05). Gövde rotasyon açısında da bulunan paralellik, elit olmayan sporcuların taşıma evresinde ciriti geriye almak için gövdeleriyle çok fazla rotasyon yaptıklarını fakat bunun açısal hız ve ivmede bir avantaj yaratmadığını göstermiştir.

Kol segmentinin xz eksenini yani frontal düzlemdeki açısal ivmesinde, önkol segmentinin açısal genişliği, açısal hız ve açısal ivmelenmesinde istatistiksel açıdan anlamlı

farklılık bulunmuştur ($P<0,05$). Açısal genişlik sub-elitlerde fazlayken, açısal hız ve ivme elit sporcularda fazla bulunmuştur ($P<0,05$).

Ciritin bu düzlemdeki hareketlerinin açısal genişliği ve açısal hızı yönünden farklılık bulunmazken, açısal ivmelenme değerleri elit sporcularda istatistiksel olarak daha fazla bulunmuştur ($P<0,05$).

Fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinin gerçekleştiği yz eksenini, yani sagittal düzlemde açısal genişlik elit sporcularda fazlayken, açısal hız ve ivme değerlerinde anlamlı farklılığa rastlanmamıştır. Taşıma evresinde kol hareketleri daha çok horizontal düzlemde gerçekleştiği için farklılığın olmaması beklenen bir sonuçtur. Önkol segmentinde ise açısal genişliği fazla olan elit grup, açısal hız ve ivmelenmesinde de istatistiksel olarak sub-elit gruba oranla daha fazla değerler göstermiştir. Bu bize elit sporcuların sub-elit sporculara oranla yerden aldıkları kuvveti bacaklara, bacaklardan gövdeye, gövdeden omuza ve oradan dirseğe kırbaçlama hareketi şeklinde iyi aktardıklarının bir göstergesidir.

Ciritin taşınması da buna paralel olarak elitlerde daha fazla açısal hıza ve açısal ivmeye neden olmuştur ($P<0,05$).

Yapılan çalışmalarda ve bizimde incelediğimiz diğer bir parametre de atış kolunun final ayağının yere teması sırasındaki dirsek açısıdır. Bartlett ve arkadaşlarının 1996 yılında yaptıkları çalışmalarında elit ve daha düşük kapasitedeki sporcular arasındaki bu değerde anlamlı farklılıklar bulmuş ve buldukları değeri de; elit sporcular için 126° , kulüp sporcuları için 110° , cirit sporuna yeni başlayan sporcular için de 99.5° olarak tanımlamışlardır. 3 boyutlu film yöntemi kullanılan çalışmalarda, en iyi atıcıların 150° den daha fazla dirsek açısı değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Morriss and Bartlett, 1996). Ayrıca, Komi ve Mero, (1985); Mero ve arkadaşlarının 1994'te yaptıkları çalışmalarda buldukları bırakma anındaki dirsek açısı değerleri sırasıyla 127° ve 123° olarak bulunmuştur. Çalışmamızda elit sporcularda dirsek açısı $116^\circ \pm 1.25$, sub-elit sporcularda ise $123^\circ \pm 1.47$ bulunmuştur. Bizim çalışmamızda taşıma tekniği literatürle paralellik göstermiştir ($p<0.05$).

Mero ve arkadaşlarının 1994' teki çalışmalarında 2 olimpik düzeydeki cirit atıcının bırakma anındaki final ayağının yerde olmasıyla birlikte segment hızlarının değerlerini kalça, omuz, dirsek, bilek, el bakımından incelemiş ve altın madalya alan sporcuda; kalçanın 8.4m/s , omuzun 9.6m/s , dirseğin 16.0m/s , bileğin 20.3m/s ve elinin de 21.7m/s hızda hareket ettiğini tespit etmiştir. Gümüş madalya alan sporcuda ise bulduğu değerler; kalça için 5.2m/s , omuz için 10.0m/s , dirsek için 17.7m/s , bilek için 22.7m/s ve el için ise 24.7m/s olarak görülmektedir (Morriss and Bartlett, 1996).

Bizim çalışmamızda, segment hızları; omuz için elitlerde 4.75m/s, sub-elitlerde 4.53m/s, dirsek için elitlerde 4.74m/s, sub-elitlerde 4.54 m/s, el için ise elitlerde 4.99m/s, sub-elitlerde 3.98 m/s olarak bulunmuştur.

Bununla birlikte, Komi ve Mero (1985)'teki çalışmalarında dirseğin açısal hızını 41.63 rad.s⁻¹ olarak bulmuşlardır. Deneklerimizin taşıma evresindeki dirsek açısal hızları elitler için (160.18°/s) 2.79 rad.s⁻¹ sub-elitler için (61.66°/s) 1.07 rad.s⁻¹ bulunmuştur. Dirsek hızlarının literatüre oranla düşük olduğu görülmektedir.

Morriss ve Bartlett' in 1996 daki çalışmalarında belirttiklerine göre; final ayağının yere bastığı anda omuz eksenini, atış yönüne yaklaşık paralel gelecek şekilde bir pozisyon almaktadır. 1995' teki Dünya Şampiyona'sındaki erkek cirit atma finalinde bakılan bu değer, yani omuz açısı ile atış sektörünün orta hattı arasındaki horizontal açının 140° den fazla değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Morriss, final ayağının yere bastığı andaki kalça ve omuz eksenlerinin horizontal düzlemde yaklaşık 25° olduğunu tesbit etmiştir. Bununla birlikte bu periyottaki gövdenin ortalama açısal hızı 5.5 rad/sn. olarak bulunmuştur. Çalışmamızda gövdenin açısal hızı 4.31 rad/s elitler için, sub-elitler için ise 2.36 rad/s bulunmuştur. Ayrıca Mero ve arkadaşlarının 1994' teki çalışmalarının 15.6 rad/s ve 21.8 rad/s (omuz için) ve 45.0 rad/s ve 25.6 rad/s (dirsek için) bulunmuştur.

Chow ve arkadaşlarının 2003' teki çalışmalarında ciriti taşıma fazındaki ortalama açısal hızları 1.23 den 2.40 rad.s⁻¹ ye kadar gövde için; 2.64 den 5.34 rad.s⁻¹ ye kadar omuz kuşağı için; 3.01 den 6.05 rad.s⁻¹ ye kadar üst kol için; 3.24 den 6.56 rad.s⁻¹ ye kadar önkol için ve 4.12 den 8.31 rad.s⁻¹ ye kadar ise el için bulunmuştur.

Atış evresinde ise; xy eksenini yani horizontal düzlemde anlamlı bir şekilde daha fazla kol segmenti açısal değerlerine sahip olan sub-elit grup, elit gruba oranla hem kol hem de önkol segmenti için daha düşük açısal hız değerlerine sahip olmuştur (P<0,05). Elit grup taşıma evresinde aldığı hızı ileriye doğru devam eden atış evresine iyi bir şekilde aktarabilmiştir.

Xz eksenini yani frontal düzlemde iki grup arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Atış evresi hareketleri daha çok horizontal ve sagittal düzlemde gerçekleştiği için bu düzlem üzerindeki hareketlerde farklılık olmaması beklenen bir sonuçtur.

Gövde açıları sub-elit grupta bu evrede de fazla olmasına rağmen açısal hız değerleri elit sporcularda daha fazla bulunmuştur (P<0,05). Dirsek açısal hızının da elit sporcularda fazla olması bize taşıma evresinde kazandıkları hızı kuvvet uygulama evresine daha iyi aktardıklarını, kuvvet aktarımının proksimalden distale devam ettiğini göstermiştir.

Literatür incelemelerinde değişik bırakma anı parametrelerinin sonuçlarına baktığımızda; bırakma anındaki hız değerleri için; Viitasalo ve arkadaşlarının 2003' te yaptıkları çalışmada buldukları maksimum bırakma hızlarının erkek sporcular için 29.1 ms^{-1} ; bayan sporcular için 25.3 ms^{-1} olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ölçülen erkek sporcular için ortalama bırakma hızı 27.0 ms^{-1} iken bu değer diğer yüksek hızda film analizi kullanılarak yapılan diğer analiz çalışmalarına göre $1.3- 2.2 \text{ ms}^{-1}$ lik bir düşüş kaydedilmiştir. Best ve arkadaşlarının 1993'te yaptıkları çalışmada erkek sporcularda buldukları ortalama bırakma anı hızının 29.2 ms^{-1} olduğunu; ve bu çalışmada ki erkek atıcılarda maksimum bırakma hızının ise 30.4 ms^{-1} bulunduğunu görmekteyiz. Mero ve arkadaşlarının 1994'teki çalışmalarında da bırakma anı hızlarının ortalama 28.3 ms^{-1} olduğu ve erkeklerdeki en yüksek bırakma hızının da 29.5 ms^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Yine Morriss ve arkadaşlarının 1997' teki çalışmalarında buldukları sonuçlara göre; erkekler için ortalama bırakma hızının 28.8 ms^{-1} olduğunu ve maksimum hızın da 30.2 ms^{-1} olduğunu görmekteyiz. Salo ve Viitasalo'nun 1995 çalışmasında; ise ortalama hızın 28.8 ms^{-1} olduğunu ve 1994 teki diğer çalışmalarında maksimum bırakma hızını 31.3 ms^{-1} olduğunu görmekteyiz. Bartlett ve arkadaşlarının 1996' da üç farklı grup üzerinde yaptıkları çalışmalarında inceledikleri üç farklı grup üzerinde elde ettikleri bırakma anı hızları; elit grubun ortalama bırakma hızı 27.0 ms^{-1} , kulüplü sporcuların ortalama hızı 18.2 ms^{-1} ve acemilerin ise 15.3 ms^{-1} olduğunu saptamışlardır. Yine bu çalışmada, elit grubun elden çıkış hızları en iyi atış yapan erkek atıcıların değerleriyle doğru orantılı olduğu bulunmuştur (Bartlett et al, 1996). Chow ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada tekerlekli sandalye cirit atıcılarında ortalama bırakma hızlarının farklı sınıflamalardaki sporculara göre 9.1 den 14.7 ms^{-1} e kadar değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Bununla birlikte İkegami ve arkadaşlarının (1981) çalışmasında bu değeri ortalama 24.8 ms^{-1} olarak; Terauds ve arkadaşları da (1983) ortalama 29.01 ms^{-1} buldukları; Miller ve Munra' nın 1983'te yine ortalama 26.7 ms^{-1} sonuç çıkardıkları; Rich ve arkadaşlarının 1985'te ortalama 29.4 ms^{-1} değer buldukları; Whiting ve arkadaşlarının 1991'de 29.6 ms^{-1} sonuç buldukları literatür araştırmaları sonucunda tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise elit erkek sporcuların, bırakma anı hızları 23.98 m/s , sub-elitlerin ise 17.09 m/s olarak tespit edilmiştir. Literatüre oranla atış mesafeleri daha düşük olan sporcularımızın daha düşük bırakma anı hızı olması mesafe ve bırakma anı hızı arasında bir ilişki olmasından kaynaklanmaktadır. Gonzalez ve Dietrich bırakma anındaki maksimum hızın nasıl belirleneceği konusuna açıklık getirmek için cirit atış hareketini analizini yapmışlar ve sadece ciritin bırakma anındaki hızı ve atış mesafesi arasında korelasyon bulmuşlardır (Gonzalez and Dietrich, 2003).

Bırakma anı parametrelerinden bırakma anı açılarını incelediğimizde; Viitasalo ve arkadaşlarının (2003) çalışmasında erkek atıcıları için bu değeri 32.9°, Best ve arkadaşlarının 1993' teki çalışmalarında 32.1° tespit ettiğini görmekteyiz. Mero bırakma açısını 32°, Morriss 38° ve Salo ve Viitasalo 36° bulmuştur (Mero et al, 1994; Morriss et al, 1997, Salo and Viitasalo, 1995). Bartlett ve arkadaşlarının 1996' da yaptıkları çalışmalarında bırakma anı açısının elit sporcuları için 37.1°, kulüplü sporcuları için 32.3°, ve acemiler için ise 33.4° olduğu tespit edilmiştir. Chow ve arkadaşlarını 2003' teki engelli cirit atıcıları üzerindeki çalışmasında bulduğu bırakma anı açısı değerlerinin çeşitli engelli sınıflamalarındaki sporcular için 29.6° ile 35.8° arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Ayrıca İkegami 32.9° Terauds 31.7°, Miller and Munro, 37.6° olduğunu bulmuştur (İkegami et al 1981, Terauds 1983, Miller and Munro, 1983) Bununla birlikte, 1985'te Komi ve Mero'nun çalışmasında elde ettiği bırakma açısı değerinin 38°; Rich ve arkadaşlarının (1985) 32.7°; Whiting ve arkadaşlarının (1991) 36°; Mero ve arkadaşlarının 1994'te 32° ; Bartlett ve arkadaşlarının 1996' daki çalışmasında 37.1° olarak bulduğu tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda da deneklerimizin bırakma anındaki açı değerleri; elit sporcular için 38.4° ve sub-elit sporcular için 39.8° olarak literatüre paralellik göstermiştir.

Diğer bir bırakma parametresi olan atak açısı da birçok biyomekanik bilimcileri tarafından incelenmiş ve çıkan sonuçlarda; Viitasalo ve arkadaşlarının 2003' teki çalışmalarında erkekler için ortalama +4.3° lik bir atak açısı değeri bulunmuştur. Aynı açı değeri Best ve arkadaşlarının (1993) çalışmasında -3.8°; Mero ve arkadaşlarının (1994) çalışmasında -1°; Morriss ve arkadaşlarının (1997) çalışmasında -3.4°; Salo ve Viitasalo'nun (1995) teki çalışmasında -2° lik bir atak açısı değeri bulunmuştur. Best ve arkadaşlarının 1995' de, son zamanlardaki araştırmalarda optimal atak açısı olarak, hem erkek hem de bayan sporcular için yeni cirit kuralları çerçevesinde negatif olabileceğini bildirmişlerdir (Viitasalo et al, 2003). Ayrıca Bartlett ve arkadaşlarının 1996' daki çalışmalarında farklı guruplar için elde ettikleri atak açısı değerleri; elit sporcu grubu için 0.34° ,kulüp sporcuları için 1.83° ve acemi gurubu için ise -1.70° olarak bulunmuştur. İkegami ve arkadaşlarının 1981'deki çalışmalarında 7.5°; Terauds' un 1983' teki çalışmasında 6.2°; Miller ve Munro'nun 1983' teki incelemesinde 1.9° ; Komi ve Mero'nun çalışmasında ise 2°; Rich ve arkadaşlarının 1985'teki sonuçlarında 8.2°; Whiting ve arkadaşlarının 1991'deki sonuçlarında 1° ve Mero ve arkadaşlarının 1994'teki çalışmalarında ise -1° atak açısı değerleri tespit edilmiştir. Çalışmamızda rüzgar hızı ölçülmediği için atak açısı hesaplanmamıştır.

Yapılan çalışmalarda segment hızlarının değerlerine baktığımız zaman; Bartlett ve arkadaşlarının (1996) çalışmalarında karşılaştırdıkları guruplarda sağ omuz segmentinin hızını elit gurup için 4.59 ms^{-1} , kulüp sporcuları için 2.74 ms^{-1} , cirit sporuna yeni başlayan sporcular için ise 2.41 ms^{-1} olarak bulduğunu; sağ dirsek segmentinin hızını elit sporcular için 11.3 ms^{-1} , kulüplü sporcular için 6.93 ms^{-1} , cirit spora yeni başlayan sporcular için ise 6.18 ms^{-1} olduğunu; sağ elin segment hızının değerlerini ise elitler için 20.3 ms^{-1} , kulüplüler için 11.4 ms^{-1} , cirit sporuna yeni başlayan sporcular için ise 10.2 ms^{-1} olduğunu görmekteyiz. Bartlett ve arkadaşlarının yaptıkları bu çalışmada segment hızlarının kütle merkezine bağlı olduğunu açıkça belirtmişler ve bununla birlikte elit grubun diğer iki guruba oranla daha fazla bir segment hızına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışmadaki segment hızlarının her üç gurup içinde proksimalden distale doğru bir artışın olması gerektiği görülmüş ve bu artışın da daha önce Whiting ve arkadaşlarının (1991), Best ve arkadaşlarının (1993), Mero ve arkadaşlarının (1994) yaptığı çalışmalardaki sonuçlara benzer olduğu ve cirite genişten dara doğru yapılan kinetik enerji transferinin gerçekleştiği bulunmuştur. Deneklerimizin bırakma anındaki doğrusal hareket değerleri; omuz için elitlerde 5.75 ms^{-1} , sub-elitlerde 5.83 ms^{-1} , dirsek için elitlerde 8.52 ms^{-1} sub-elitlerde 5.93 ms^{-1} , el için elitlerde 9.46 ms^{-1} sub-elitlerde 15.64 ms^{-1} dir. Deneklerimizin segment hızları literatürde olduğu gibi proksimalden distale doğru artış göstermekte fakat literatüre oranla daha düşük değerler taşımaktadır.

Chow ve arkadaşlarının 2003' teki çalışmalarında farklı engelli sınıflarındaki sporcular için bırakma anındaki ortalama açısal hızlarının 1.52 rad.s^{-1} den 2.16 rad.s^{-1} ye kadar, gövde hızlarını inceledikleri 2 olimpiik düzeydeki atletlerin omuz ve dirsek noktalarının açısal hız için; 1.41 rad.s^{-1} den 7.78 rad.s^{-1} ye kadar omuz kuşağı için; 2.90 rad.s^{-1} den 13.37 rad.s^{-1} ye kadar üst kol için; 10.63 rad.s^{-1} den 25.98 rad.s^{-1} ye kadar önkol için; 6.14 rad.s^{-1} den 30.87 rad.s^{-1} ye kadar ise el için olduğu görülmüştür.

Yaptığımız literatürde ulaşılan segmentlerin açısal hız değerleri yukarıda verildiği gibidir. Bizim çalışmamızda ise bulduğumuz değerler gövde açısal ortalama hızı elitlerde 4.3 rad.s^{-1} sub-elitlerde 2.35 rad.s^{-1} , üst kol için elitlerde 7.73 rad.s^{-1} sub-elitlerde 5.06 rad.s^{-1} , önkol için elitlerde 7.90 rad.s^{-1} sub-elitler için 6.52 rad.s^{-1} dir. Literatürdeki çalışmada denek grubu engelli grup olduğu için atış anı hızlanmasının daha fazla olması normaldir.

Sonuç olarak optimal bir atış mesafesi için horizontal düzlemde rotasyondan ziyade, sagittal düzlemde kolun hiperekstansiyona getirilip atış hareketinin gerçekleştirilmesinin daha avantaj sağladığı görülmüştür. Ayrıca taşıma evresinde gövdenin, rotasyonla atış yönünden çok fazla uzaklaştırılmasının atış hızını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Cirit sporunu uzun yıllar yapmış ulusal ve uluslar arası yarışmalarda derece yapmış olan elit sporcularla, yarışmacı olarak cirit sporunu yapan ve subelit grup olarak aldığımız sporcular arasında bir çok parametrelerde farklar bulunmuştur.

Ciriti taşıma evresinde;

Gövde açısal hızında, kolun horizontal düzlemindeki (xy) açısal genişliğinde, kolun frontal düzlemindeki (xz) ivmelenmesinde, kolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal genişliğinde anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$); kolun frontal düzlemdeki (xz) açısal genişliğinde, kolun frontal düzlemdeki (xz) açısal hızında, kolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal hızı ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Önkolun horizontal düzlemdeki (xy) açısal genişliğinde, açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Önkolun frontal düzlemdeki (xz), açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Önkolun sagittal düzlemdeki (yz) açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde, ivmelenmesinde, frontal düzlemdeki ivmelenmesinde, sagittal düzlemdeki açısal genişliğinde ve hızında anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), horizontal düzlemdeki açısal hızında, frontal düzlemdeki açısal genişlik ve açısal hızında anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Dirseğin açısal hızında, açısal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunurken ($p<0,05$), omuzun açısal genişliğinde, açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Ciriti atış evresinde;

Gövdenin açısal genişliğinde, açısal hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Kolun horizontal düzlemdeki açısal hızında; kolun sagittal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar saptanmış olup ($p<0,05$), kolun horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal genişliğinde, açısal hızında, ivmelenmesinde; sagittal düzlemdeki açısal genişliklerinde anlamlı farklar saptanmamıştır ($p>0,05$).

Önkolun horizontal düzlemdeki açısal hızında; frontal düzlemdeki açısal genişliğinde; dirseğin sagittal düzlemdeki açısal genişliğinde açısal hızında ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0,05$). Önkolun horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Ciritin horizontal düzlemdeki açısal genişliğinde; horizontal düzlemdeki ivmelenmesinde; sagittal düzlemdeki açısal hızında ve açısal genişliğinde anlamlı farklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ciritin horizontal düzlemdeki açısal hızında, ivmelenmesinde; frontal düzlemdeki açısal hızında, açısal genişliğinde; sagittal düzlemdeki ivmelenmesinde anlamlı farklara rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Omuzun açısal hızında, dirseğin açısal hızında anlamlı farklar bulunmuş ($p<0,05$), omuzun hızında, ivmelenmesinde, dirseğin açısal genişliğinde ve ivmelenmesinde anlamlı farklar bulunmamıştır ($p>0,05$).

Sonuç olarak optimal bir atış mesafesi için horizontal düzlemde rotasyondan ziyade, sagittal düzlemde kolun hiperekstansiyona getirilip atış hareketinin gerçekleştirilmesinin daha avantaj sağladığı görülmüştür. Ayrıca taşıma evresinde gövdenin, rotasyonla atış yönünden çok fazla uzaklaştırılmasının atış hızını olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Cirit titreşimi ve rüzgar koşullarının da alındığı çalışmaların yapılması, 3 boyutlu kinematik analizlerin çok daha sağlıklı sonuçlar vermesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdel-Aziz, Y. I., Karara, H. M. (1971). Direct Linear Transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. Presented at the ASP/VI symposium on close-range photogrammetry, *American Society of Photogrammetry*, Falls Church, VA. Urbana, 12: 1-18.
- Açıkada, C., (1991). Biyomekanikte Kinetik ve Kinematik Analiz. *Spor Bilimleri Dergisi*. 2 (1),110-26.
- Açıkada, C., Ergen, E., (1990). Bilim ve Spor., Büro-tek Ofset Matbaacılık, İstanbul,
- Açıkada, C., Demirel, H. (1993). Biyomekanik ve Hareket Bilgisi., A.Ü.A.Ö.F Eskişehir.: s:15
- Aksakal, M., (2002). Atletizm Yarışmaları El Kitabı., Dumat Ofset, Ankara.: 38-48.
Ankara.: 135-141.
- April, E.W. (1998). Klinik Anatomi. Çev: Yıldırım, M., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Aydın, M., Meriç, B., Özbek, A., Bamaç, B. (2004). The Biomechanical Analysis of the Free Throw According to the Classification in Wheelchair Basketball. The TSSA 8th International Sports Science Congress. Book of Abstract. 33.
- Ballesteros, J. M., Alvarez, J. (1997). Atletizm Antrenörlük Bilgileri., Çev: Güngör, G., Bağırhan Yayımevi, Ankara.: 83-85.
- Bartlett, R.M., Best, R.J. (1988). The Biomechanics of Javelin Throwing: A Review. *Journal of Sports Sciences*, vol.6: 1-38
- Bartlett, R.M., Müller, E., Raschner, C., Lindinger, S., Jordan, C. (1995). Pressure distributions on the plantar surface of the foot during the javelin throw. *Journal of Applied Biomechanics*, vol.11: 163-176.
- Bartlett, R.M., Müller, E., Lindinger, S., Brunner, F., Morriss, C. (1996). Three- Dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throws of different skill levels. Human Kinetics Publishers, USA.: 59-70.
- Best, R.J., Bartlett, R.M., Morriss, C.J. (1993). A three- dimensional analysis of javelin throwing technique. *Journal of Sports Sciences*, 11.: 315-328.
- Best, R.J., Bartlett, R.M., Sawyer, R.A. (1995). Optimal javelin release. *Journal of Applied Biomechanics*, vol.11: 371-394.
- British Athletic Federation. (1994). Field Athletics., UK.: 26-28.
- Carr, G., (1997). Mechanics of Sport. Human Kinetics Publication, USA.:s.172-174.
- Campos, J., Brizuela, G., Ramon, V., Gamez, J. (2002). Analysis of kinematic parameters between spanish and world class javelin throwers. XX. ISBS Congress, July 1-5, Spain.

- Chaffin, D. B., Anderson, G. B.J. (1984). Occupational Biomechanics., A Wiley- Interscience Publication, USA.
- Chen, L., Armstrong, C.N., Raftopoulos, D.D. (1994). An investigation on the accuracy of 3D space reconstruction using the DLT technique. *J. Biomechanics*. 27 (4): 493-500.
- Chow, J.W., Kuenster, A.F., Lim, Y. (2003). Kinematic analysis of javelin throw performed by wheelchair athletes of different functional classes. *Journal of Sports Science and Medicine*, vol.2: 36-46.
- Cox, G., (1999). The Dictionary of Sport., Carlton Books Ltd., İtaly.: 154.
- Çetin, N., (1997). Biyomekanik., Setma, Baskı. Ankara.: 1, 4, 41.
- Çetin, N., (1997). Teknik Analizi ve Teknik Antrenmanı., Setma, Baskı. Ankara.: 3.
- Demirci, A., (2003). Atletizm Öğretimi Atmalar., Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.: 75-106
- Dunn,G.D., Jr., McGill, K., (2003). The Throws Manual., Tafnews Press, USA.: 103-135.
- Fortin, F., (2001). The Illustrated Encyclopedia of Sport., Aurum Press Ltd., Great Britan.: 22-23.
- Gonzalez, D., Dietrich, G. (2003). Three-dimensional kinematics analysis of javelin throw: from Real Situation to Biomechanical model. *Science and Sports* vol.18: 216
- Gözcüoğlu, B., (2003). Görüntünün Sayısallaştırılması Sporun Biyomekaniği., Bilim ve Teknik Dergisi., Tübitak Yayınları., Sayı, Mart.: 82-85.
- Gürcan, S. (1999). Genel Fizik., Ankara.: 19-20.
- Halliday, D., Resnick, R. (1991). Fiziğin Temelleri., Çev:Yalçın,C., Arkadaş Yayınları, Ankara.: 1, 2, 29, 34, 72.
- Hay, J. (1985). The Biomechanics of Sports Techniques. Prentice- Hall Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. USA
- Hubbard, M., Laporte, S. (1997). Damping of javelin vibrations in flight. *Journal of Applied Biomechanics*, vol.13: 269-286
- Diack, L., (2002-2003)., IAAF El Kitabı., Türkiye Atletizm Federasyonu., Ankara.:s.200.
- İnal, H.S. (2004). Spor Biyomekaniği Temel Prensipler., Nobel Yayın Dağıtım., Ankara.
- İşler, M., (1997). Atletizm Koşular- Atmalar- Atlamalar Teknik, Metod, Antrenman. Tutibay Ltd. Şti., Ankara.: 298-318.
- Kaya, Y., (2003-2004). İnsan Anatomisi ve Kinesiyolojisi., Marmara İletişim Basın Yayın Dağıtım., İstanbul.: 130.
- Keller, F.J., Gettys, W.E., Skove, M.J. (1995). Fizik. Çev: Akyüz, R.Ö., Gülnaz, E., Köroğlu, B., Nergiz, S., Tepehan, G., McGraw Hill Literatür 5. İstanbul.: 3,35,87.
- Knudson, D. (2003). Fundamentals of Biomechanics., Kluwer Academic/ Plenum Publishers., New York.: 5.

- Kunz, H., Kaufmann, D.A. (1983). Cinematographical analysis of javelin throwing techniques of decathletes. *British Journal of Sports Medicine*, vol.17.: 200-204.
- LeBlanc, M.K., Dapena, J. (1996). Generation and transfer of angular momentum in the javelin throw. *American Society of Biomechanics*. 20th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics. , Atlanta, Georgia.
- Marshall, R.N., Wood, G.A., Eliot, B.C., Ackland, T.R., McNair, P.J., (1991).Biomechanical Research in Space. XIII th International Congress on Biomechanics, Book of Abstracts.: 209-210.
- McGinnis, P. M. (1999). Biomechanics of Sport and Exercise., Human Kinetics,USA.: 3-14, 109.
- Meriç,B., Aydın, M., Colak, T., Özbek, A. (2004). Biomechanical Analysis of the Overarm Throw Technics in Different Branches. The TSSA 8th International Sports Science Congress. Book of Abstract. 32.
- Morriss, C., Bartlett, R.M. (1996). Biomechanical factors critical for performance in the men's javelin throw. *Sports Medicine*, vol. 6: 438-446.
- Muratlı,S., Toroman,F., Çetin,E. (2000). Sportif Hareketlerin Biyomekanik Temelleri. Bağırgan Yayınevi, Ankara.: 1, 2, 16, 24.
- Özbek, A. (2002). Anatomi ve Kinesiyoloji Ders Notları. Kocaeli Üniversitesi.
- Özkaya, N, Nordin, M. (1999). Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation. Second Edition. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Poucelot, P., Audigie, F., Degueurce, C., Geiger, D., Denoix, J.M., (2000). A method to synchronise cameras using the direct linear transformation technique. *Journal of Biomechanics*,33.: 1751-1754.
- Shapiro, R. (1978). Direct Linear Transformation method for three-dimensional cinematography. The research quarterly, 49 (2), 197- 205.
- Serway, A. R. (1990). Physics., 3rd Ed. USA.: s: 4, 40, 96. p: 1-2, 96
- Solomon, E.P. (1999-2000). İnsan anatomisi ve Fizyolojisine Giriş., Çev: Süzen, B., Birol Basın Yayın Dağıtım Ltd., İstanbul.
- Tekil, N., (1984). Atletizm., Adam Yayınları.: 73-76.
- Trew, M., Everett, T. (1997) Measuring and Evaluating Human Movement, Publisher Mosby Edition 4, Newyork.: p: 144
- Ural, O. (1992). Fizik I., İzmir.: 93.

- Viitasalo, J., Mononen, H., Norvapalo, K., (2003). Release parameters at the foul line and the official result in javelin throwing. *Sports Biomechanics*, vol 2:15-34.
- Weineck, J. (1998) Spor Anatomisi., Bağırgan Yayınevi, Ankara.: 52, 61
- Weineck, J. (2002). Sporda Fonksiyonel Anatomi., Çev: Erdoğan, Ş., Tuncel, F., Birol Basın Yayın Dağıtım Ltd., İstanbul.
- Winter, A.D. (1990). Biomechanics and Motor Control of Human Movement. 2ndEd Canada.: p:18-24.
- Wirhed, R. (1997). Athletic Ability and the Anatomy of Motion., Mosby Press., Spain.
- Wood,G.A., Marshall, R. N. (1986). The Accuracy of DLT extrapolation in three- dimensional film analysis. *Journal of Biomechanics*, 19, p: 781-785.
- Yıldırım,M. (2002). Resimli İnsan Anatomisi., İstanbul. s:1.
- Yeadon, M.R., Challis, J.H. (1992). Future Directions for Performance Related Research in Sports Biomechanics., The Sports Council., Ancient House Press, Ipswich, London.:6.
- Yıldırım, M., (2001). İnsan Anatomisi., Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Zatsiorsky, V., (2000). Biomechanics in Sports Performance Enhancement and Injury Prevention. Blackwell Science Ltd. USA.
- Ziyagil, M.A. (1995). Kinesiyoloji ve Foksiyonel Anatomi., Emel matbaacılık s:5-7

ÖZGEÇMİŞ

Çiğdem BULGAN , 13 Eylül1980 yılında İzmit'te doğdu. İlk , orta ve lise öğrenimini İzmit'te tamamladı.

1998 yılında Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'nun açmış olduğu yetenek sınavlarına katıldı ve Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümünü başarıyla tamamlayarak 2002 yılı bahar döneminde mezun oldu.

2002 yılının Eylül ayında Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Beden Eğitimi ve Spor Anabilim dalının yüksek lisans programına katıldı.

2002 yılının Aralık ayında Kocaeli Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü' ne bağlı olarak Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu'na Araştırma Görevlisi olarak atandı ve halen Spor Yöneticiliği Bölümü'nde görev yapmaktadır.