

T.C.
KOCAELI ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

138128

**FARKLI SPOR DALLARINDAKİ YÜKSEK KOL ATIŞ
TEKNİĞİNİN BİYOMEKANİKSEL ANALİZİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Bergün MERİÇ

138128

Doktora Tezi

KOCAELİ/2003

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI SPOR DALLARINDAKİ YÜKSEK KOL ATIŞ
TEKNİĞİNİN BİYOMEKANİKSEL ANALİZİ**

Bergün MERİÇ

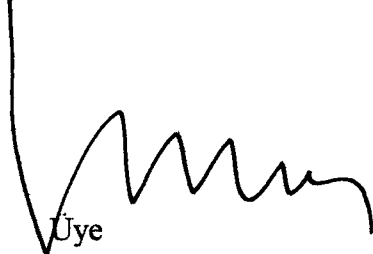
Doktora Tezi

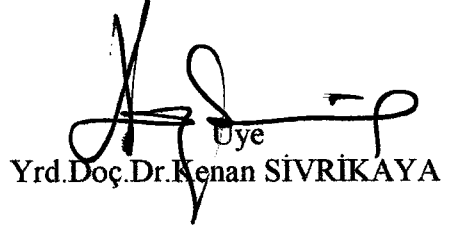
Danışman
Prof..Dr.Aydın ÖZBEK

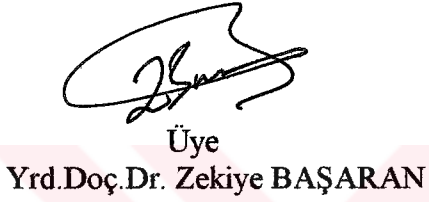
KOCAELİ/2003

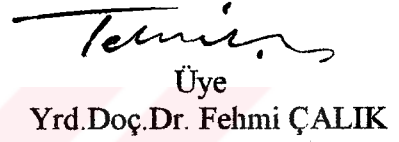
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

İşbu çalışma, jürimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Anabilim dalında BİLİM UZMANLIĞI (DOKTORA) TEZİ olarak kabul edilmiştir.


Üye
Doç.Dr. Yavuz TAŞKIRAN


Üye
Yrd.Doç.Dr. Kenan SIVRIKAYA


Üye
Yrd.Doç.Dr. Zekiye BAŞARAN

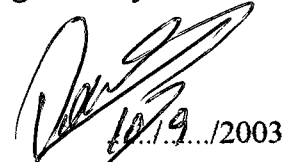

Üye
Yrd.Doç.Dr. Fehmi ÇALIK

Başkan (Danışman)
Prof.Dr. Aydın ÖZBEK



ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.


10/19/2003

Prof.Dr. Nejat GACAR
Enstitü Müdürü

TEŐEKKÜR

Çalıőmamda bana sonsuz destek veren danışman Hocam Prof.Dr.Aydın ÖZBEK'e, Ölçüm ve çekimleri yapılacak takımlarla ilgili bağlantıları sağlayan Hocam Doç.Dr. Yavuz TAŞKIRAN'a, İstatistiksel analizlerin yapılmasında emeği geçen Hocam Yrd.Doç.Dr.Kenan Sivrikaya'ya ve tartışma bölümünde beni destekleyen dostum Yrd. Doç.Dr. Tuncay ÇOLAK'a teőekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, tezime büyük emekleri geçen ablam İlknur MERİÇ DEMİREL'e, dostum Sibel ÇELİKEL GÖZEN'e, Menőure AYDIN'a, Selen ÖZTÜRK'e, Gülőah SEKBAN'a ve desteklerini esirgemeyen tüm dostlarıma teőekkür ederim.



ÖZET

Farklı Spor Dallarındaki Yüksek Kol Atış Tekniğinin Biyomekaniksel Analizi

Çalışmamızın amacı; yüksek kol atışının farklı branşlarda kinematik analizlerinin yapılarak karşılaştırılmasıdır. Diğer amacımız da bu spor dallarında yüksek kol atış tekniği için baz alınabilecek profil değerler oluşturmaktır.

Araştırmaya elit düzeyde 9 bayan voleybolcu ve 11 bayan hentbolcu denek olarak alınmıştır. Voleybolcularda smaç hareketi, hentbolcularda sıçrayarak atış hareketinin gerilme ve ivmelenme fazları incelenmiştir.

Bu çalışmada 3 boyutlu videografi yöntemi kullanılmıştır. Sporcuların hareketlerinin kaydında 50 Hz hızında iki adet kamera kullanılmış, alanın kalibrasyonu DLT yöntemi ile sağlanmıştır. Kameralardaki görüntüler bilgisayara aktarılarak Simi Motion 5.5 programı ile kinematik analizleri yapılmıştır.

Gerilme fazında; kol segmentinin hareketlerinde hentbolcular voleybolculara oranla xy ve xz ekseni, yani vertikal ve horizontal düzlemdeki hareketlerinde daha büyük açısal genişliğe sahipken, yz ekseni, sagittal düzlem üzerindeki hareketlerindeki açısal genişlik bakımından voleybolcular daha yüksek değerlere sahip bulunmuştur ($p<0,05$).

Gerilme fazında daha büyük açısal genişliğe sahip olan hentbolcular ivmelenme fazında, daha büyük açısal hız ve ivmelenme değerlerine ulaşmışlardır.

Önkol segmentinin gerilme fazındaki hareketlerinin açısal genişliğinde genellikle voleybolcularda daha büyük değerler bulunmuştur. İvmelenme fazında ise hareketlerin hız ve ivmelenmeleri hentbolcularda daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Sonuç olarak; gerilme fazında daha büyük açısal genişliğe sahip olan hentbolcuların; ivmelenme fazında voleybolculara oranla hareketlerinde daha büyük hız ve ivmelenme yarattıkları saptanmıştır. Ayrıca çalışmamız, yüksek kol atışı tekniği ile ilgili hentbolcu ve voleybolcularda baz alınabilecek profil değerlerini ortaya çıkarmıştır.

Anahtar Kelimeler: Voleybol, Hentbol, Hareket analizi, Yüksek kol atışı

ABSTRACT

Biomechanical Analysis of The Overarm Throw Technics in Different Branches

The aim of our study is to compare the kinematic analysis of the overarm throw in different branches. The other aim of this study is to form profile values for the over arm throw techniques in these sport branches. So its results will help other people's studies.

9 elite women volleyballers and 11 elite women handballers are subjects in this research. The backswing and acceleration phases of the volleyballers' spike and handballers' jum shoot were researched.

3-dimesional videography technic were used to in this study. Two cameras of 50 Hz were used to shoot the athlete's movements and the calibration of the field was achieved by DLT method. The frames were transfered from video to the computer and by using Simi method 5.5 programme, kinematic analysis were done.

In the back swing phase, in terms of the arm segment, while handballers have higher angular width values compared to volleyballers in the vertical and horizontal planes or in other words xy and xz axis, volleyballers were found to have higher values in terms of angular values in sagital plane or yz axis ($p < 0,05$).

The handballers who have higher angular values in back swing phase, also have higher angular speed and acceleration values in the acceleration phase.

While volleyballers have higher measurements in angular values during the backswing phase of the front arm segmental movements. Handballers have higher measurements with the speed and accelerations of the movements in acceleration phase ($p < 0,05$).

As a result, the handballers, who have higher grades in angular values in acceleration phase, have higher speed and acceleration values. In addition profile values related to the overarm throw tecnichs for handballers and volleyballers which could be taken as standards have been determined with the help of our study.

Key Words: Volleyball, Handball, Motion analysis, overarm throw

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİ VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Spor Biyomekaniği	4
2.1.1. Spor Biyomekaniğinin Amaçları	4
2.1.2. Spor Biyomekaniğinin Tarihçesi	5
2.2. Spor Biyomekaniğinin Mekanik Temelleri	5
2.2.1. Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar	6
2.2.1.1. Uzaklık ve Yol	7
2.2.1.2. Zaman	7
2.2.1.3. Kütle ve Eylemsizlik	8
2.2.1.4. Hız	8
2.2.1.5. İvme	8
2.2.1.6. Kuvvet	9
2.2.2. Newton'nun Hareket Kanunları	10
2.2.2.1. Birinci Hareket Kanunu	10
2.2.2.2. İkinci Hareket Kanunu	10
2.2.2.3. Üçüncü Hareket Kanunu	11
2.2.3. Hareket	11
2.2.3.1. Doğrusal Hareket	12
2.2.3.2. Açısal Hareket	12
2.3. Kinematik	13
2.4. Spor Biyomekaniğinin Anatomik Temelleri	14
2.4.1. Hareket Yönleri	14
2.4.2. Anatomik Düzlemler	15
2.4.2.1. Planum Sagitale (Sagittal Düzlem)	16

2.4.2.2. Planum Frontale (Coronale)	16
2.4.2.3. Planum Tranversum (Horizontale)	16
2.4.3. Anatomik Eksenler	16
2.4.4. Anatomik Eksende Yapılan Hareketler	17
2.5. Vücuda ve Vücutun Hareketlerine Etki Eden İç Kuvvetler	19
2.5.1. İskelet Sistemi	16
2.5.1.1. Kemikler	20
2.5.1.2. Eklemler	20
2.5.2. Kas Sistemi	22
2.5.2.1. İskelet kasının yapısı	23
2.5.2.2. Kas dokusunun özellikleri	24
2.5.2.3. Kas kasılmasını etkileyen faktörler	25
2.6. Üst Ekstremitte Biyomekaniği	27
2.6.1. Üst Taraf Kemikleri (ossa membri superioris)	27
2.6.1.1. Scapula	27
2.6.1.2. Clavicula	27
2.6.1.3. Humerus	28
2.6.1.4. Ulna	28
2.6.1.5. Radius	28
2.6.2. Üst Ekstremitte Eklemleri	29
2.6.2.1. Articulationes cinguli membri superioris	29
2.6.2.2. Articulationes cinguli membri superioris liberi	30
2.6.3. Üst Ekstremitte Kasları	35
2.7. Kinematik Araştırma ve Ölçüm Yöntemleri	37
2.7.1. Mekanik Ölçüm Yöntemleri	37
2.7.2. Elektronik Ölçüm Yöntemleri	38
2.7.3. Optik Ölçüm Yöntemleri	38
2.7.3.1. Fotoğraf Tekniği	39
2.7.3.2. Kronosiklofotograf Tekniği	39
2.7.3.3. İmpuls Fotoğraf (Işık İzi) Tekniği	39
2.7.3.4. Seri Fotoğraf Yöntemi	40
2.7.3.5. Kinematografi Yöntemi	40

2.7.3.6. Video tekniği	40
2.7.3.7. Optoelektrik Yöntem	41
2.8. Kinematik Analiz	42
2.8.1. DLT Metodu	43
2.8.2. Kare oranı	44
2.8.3. Deri işaretleri	44
2.8.4. Kalibrasyon	44
2.9. Yüksek Kol Atışı	45
2.10. Voleybolda smaç	49
2.11. Hentbolda sıçrayarak atış	50
3. GEREÇ VE YÖNTEM	52
3.1. Araştırma Grubu	52
3.2. Veri Toplama Araçları.....	52
3.2.1. Ölçüm Yöntemleri.....	54
3.2.2. Hareket Fazları	55
3.3. İstatistiksel Yöntem	56
4. BULGULAR	57
4.1 Yaş, Boy, Ağırlık	67
4.2. Gerilme fazı (1.faz)	67
4.2.1. Hentbolcular	67
4.2.2. Voleybolcular	68
4.2.3. Voleybol-Hentbol	69
4.3. İvmelenme fazı (2.faz)	71
4.3.1. Hentbolcular	71
4.3.2. Voleybolcular	73
4.3.3. Voleybol-Hentbol	74
5. TARTIŞMA	83
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR DİZİNİ	93
ÖZGEÇMİŞ	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Anatomik eksen ve düzlemler	15
Şekil 2.2. Koordinat sistemi ve kalibrasyon noktaları	45
Şekil 3.1. Kalibrasyon ölçüleri	53
Şekil 3.2. Hentbol'da sıçrayarak atış hareketi gerilme ve ivmelenme fazı	55
Şekil 3.3. Voleybol'da smaç hareketi gerilme ve ivmelenme fazı	55
Şekil 4.1. Yaş, boy, ağırlık	67
Şekil 4.2. Voleybolcu ve Hentbolcularda gerilme fazındaki kol segmenti hareketleri.....	69
Şekil 4.3. Voleybolcu ve Hentbolcularda gerilme fazındaki önkol segmenti hareketleri.....	70
Şekil 4.4. Voleybolcu ve Hentbolcularda ivmelenme fazındaki kol segmenti hareketleri.....	74
Şekil 4.5. Voleybolcu ve Hentbolcularda ivmelenme fazındaki önkol segmenti hareketleri.....	74
Şekil 4.6. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal değişimleri.....	76
Şekil 4.7. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal hız değişimleri.....	76
Şekil 4.8. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal ivmelenme değişimleri.....	76
Şekil 4.9. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal değişimleri.....	77
Şekil 4.10. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal hız değişimleri.....	77
Şekil 4.11. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal ivmelenme değişimleri.....	77
Şekil 4.12. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagittal düzlemdeki açısal değişimleri.....	78
Şekil 4.13. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagittal düzlemdeki açısal hız değişimleri.....	78

Şekil 4.14. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısal ivmelenme değışimleri.....	78
Şekil 4.15. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal değışimleri.....	79
Şekil 4.16. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal hız değışimleri.....	79
Şekil 4.17. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal ivmelenme değışimleri.....	79
Şekil 4.18. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal değışimleri.....	80
Şekil 4.19. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal hız değışimleri.....	80
Şekil 4.20. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal ivmelenme değışimleri.....	80
Şekil 4.21. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısal değışimleri.....	81
Şekil 4.22. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısal hız değışimleri.....	81
Şekil 4.23. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısal ivmelenme değışimleri.....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Hentbolcuların yaş,boy, ağırlık değerleri aritmetik ortalama ve standart sapmaları	57
Çizelge 4.2. Voleybolcuların yaş, boy, ağırlık değerleri aritmetik ortalama ve standart sapmaları	57
Çizelge 4.3. Gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	58
Çizelge 4.4. İvmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	58
Çizelge 4.5. Hentbolcuların gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	59
Çizelge 4.6. Hentbolcuların ivmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	61
Çizelge 4.7. Voleybolcuların gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	63
Çizelge 4.8. Voleybolcuların ivmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri	65
Çizelge 4.9. Hentbolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları.....	67
Çizelge 4.10. Hentbolcuların gerilme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları.....	68
Çizelge 4.11. Voleybolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları.....	68
Çizelge 4.12. Voleybolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları.....	69
Çizelge 4.13. Voleybol ve hentbolcularda kol segmenti hareketi farklılıkları.....	70
Çizelge 4.14. Voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları.....	70
Çizelge 4.15. İvmelenme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları	71
Çizelge 4.16. İvmelenme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları	71
Çizelge 4.17. Voleybolcuların ivmelenme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları	73
Çizelge 4.18. Voleybolcuların ivmelenme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları.....	73
Çizelge 4.19. İvmelenme fazı voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları.....	75

Çizelge 4.20. İvmelenme fazında voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları.....	75
Çizelge 4.21 Voleybolcuların xy eksenini vertikal düzlem üzerindeki kol ve önkol hareketlerinin profil değerleri.....	82
Çizelge 4.22. Hentbolcuların xz eksenini transvers düzlem üzerindeki kol ve önkol hareketlerinin profil değerleri.....	82



1.GİRİŞ

Günümüzde spor ülkeler arası platformda bir rekabet ve üstünlük göstergesidir. Bu özellikler sporun yarışma alanında etkindirler. Oysa spor, birey ve toplum açısından çok daha farklı anlamlar taşımaktadır ve spor toplumların sosyal ilişkilerinin geliştirilmesinde etkin rol oynamaktadır. Bu anlamda, toplumlari peşinden sürükleyen sosyolojik bir olgudur ve sosyal bir bilim olarak tanımlanabilir.

Spor, bir çok kaynaktan, "hareketin eğlenme ve yarışma amacıyla kullanıldığı faaliyetler" olarak tanımlanır. Bu açıdan değerlendirildiğinde sporun temeli harekettir. Hareket ise, fiziksel ve matematiksel formülasyonlarla çözümlenebilir. Dolayısıyla spor, matematik ve fizik temeline dayanan pozitif bir fen bilimidir. Bu nedenle spor bilimi *multidisipliner bilim* olarak kabul edilir

Sporun yakından ilişkili olduğu dallardan anatomi, harekete katılan vücut kısımlarının yapısal ve fonksiyonel özelliklerini inceler. Anatominin dalları içinde hareket sistemi anatomisi özellikle kinesiyojinin temelidir. Fizyoloji ise hareketin oluşum mekanizmalarıyla ilgilenir. Biyomekanik, mekanik esaslarını canlıların hareket sistemine uyarlar. Hareket sistemi yalnızca yaşamın devamı için gerekli işleri yapan basit bir kemik-kas kaldıraç sistemi gibi düşünülemez. Günlük yaşamda canlılar hareket sistemi ile sinir sisteminin koordinasyonuyla uyumlu hareketler yaparlar. Bu sistemlerin koordinasyonlarının en aktif olduğu alan spordur. Spor alanında performansın artırılabilmesi için biyolojik ve psikolojik sınırların zorlanması gerekir. Bu nedenle vücutta oluşabilecek yıpranma ve tahribatın onarılması aynı zamanda bu tip tahribatların oluşmaması için alınacak önlemler spor hekimliğinin konusudur.

Spor biliminde, özellikle biyomekanik ve kinesiyoji bilimleri büyük önem kazanmıştır. Hareket bilimi anlamına gelen kinesiyoji, spor bilimlerinin canlı hareketini inceleyen en eski alanlarından biridir. Geçmişte anatominin bir dalı gibi değerlendirilen kinesiyoji, günümüzde bağımsız bir bilim dalı haline gelmiştir. Kinesiyojinin ilgi alanı sadece vücudun kendi hareketleri ile sınırlanamaz. Aynı zamanda spor veya çalışma hayatında kullandığımız aletlerin kullanımıyla da ilgilidir. Kinesiyoji özellikle beden eğitimi ve spor ile fizik tedavi ve rehabilitasyon disiplinlerinin temellerindedir. Beden eğitiminde kinesiyoji hareketlerin

mükemmel bir ustalıkla yapılmasını ve performansın artırılmasını sağlamaktadır. Sporun farklı branşlarında mükemmelliğe ulaşmak için kinesiyojiden hem teorik olarak hem de deneysel olarak faydalanılabilir. Kinesiyojide insan hareketini anatomik temelde; mekanik, fizyolojik ve psikolojik bilgilere dayanarak inceler.

Özellikle son yıllarda insan hareketinin incelenmesi için kullanılan yöntemlerdeki hızlı gelişmeler, anatomik temelde hareketin incelenmesinin yetersiz kalmasına neden olmuş ve yeni bir bilim dalı olan biyomekanikğin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Biyomekanik “bio”(canlı) ve “mechane”(araç) kelimelerinin birleşmesinden türetilmiş bir kelimedir. Biyomekanik, mekanik kurallarının canlıya uyarlanması olarak tanımlanabilir ve insan hareketlerini tanımlayan, inceleyen, değerlendiren birçok bilim dalını kapsar. İnsan hareketi, yürüyüşten ağırlık kaldırmaya kadar bir çok değişik aktiviteyi içine almaktadır. Hareket incelenirken, bütün olgulara aynı fizyolojik ve biyolojik prensipler uygulanmaktadır.

İlk biyomekaniksel çalışmalar, hareketin gözlenmesiyle elde edilen basit ve yalın tanımlamalardır. Zaman içinde hareketlerin eğriler halinde grafiğini çıkarmak, vücut koordinatlarıyla uygun grafikler çizmek, çubuk şeklinde diagramlar yapmak gibi ölçme yöntemleri uygulanmaya başlandı. Biyomekaniksel çalışmalarda ayrıca koşu hızı, kaldırılan ağırlığın miktarı ve yüksek atlamadaki mesafenin yüksekliği gibi basit ölçümler de kullanıldı. Deneyimli bir gözlemci bu grafikleri değerlendirerek hareketin hız ve ivmesindeki değişiklikleri saptama olanağına sahipti. Çubuk şeklindeki diagramlarda, harekete katılan her bir vücut bölümü ayrı bir doğrusal çizgi ile temsil edilip, bu çubukların birleştirilmesiyle, zaman içindeki uzaysal konumu belirlendi. Zamanın değişimi ile bu uzaysal konumların da değişmesi ve tekrarlanması sonucu hareketin dinamik olarak tanımlaması mümkün oldu. Bu dinamik tanımlama hem yapısal hem de görsel özellikleri taşıyordu ve hareketin hızı, doğrultusu ve ivmesini tanımlayabilir özellikteydi. Çubuk diagram, hareket hakkında belli bir fikir verebilmekteydi. Ama tam bir değerlendirme için anatomik yapıların koordinatlarının da gözönüne alındığı grafiklere ihtiyaç duyulmaktaydı. Koordinat verileri özellikle reaksiyon kuvvetlerinin hesaplanmasında, kas momentum hesaplamalarında, enerji değişimlerinde gereklidir. Deneyimli bir gözlemci koordinatlara uyarlanmış grafik olmadan da, basit bir çubuk diagramdan faydalanarak hareketin değerlendirilmesini yapabilir ve çalıştırdığı kişiye yaptırdığı

antrenmanın etkileri hakkında fikir sahibi olabilir. Ancak üst düzey sporcuların performansının değerlendirilmesinde en küçük ayrıntının bile önemi vardır ve her ayrıntı hareketin mükemmelleşmesinde etkin rol oynamaktadır.

Son zamanlara kadar antrenörler subjektif ve sezgisel kararlarını temel alarak deneysel teknikler uyguluyorlardı. Ancak insan gözünün algılamadaki hız oranı 12 Hz olduğundan sağlıklı sonuçlara ulaşmak için farklı ekipmanların geliştirilmesine ihtiyaç duyuldu. Kompüterüze hareket analiz ekipmanlarının geliştirilmesi ile birlikte hareketin objektif kaydının, kinematik ve kinetik değişkenlerinin hesaplanması mümkün olmuştur (Kirtley and Phillips, 1996).

Uzun yıllar video kaydı kullanılarak yapılan hareket analizleri sadece bir düzlemde yani 2 boyutla sınırlandırılmış hareketlerde başarılı olmuştur. En kompleks insan hareketlerinin değerlendirilmesinde bir düzlemde daha fazlasına ihtiyaç duyulduğu için 3 boyutlu video analiz teknikleri geliştirilmiştir (Shapiro, 1978).

Sporda performansın artırılması için sadece fiziksel ve motorsal özelliklerin geliştirilmesi ile teknik ve taktik çalışmalar yeterli olmamaktadır. Mükemmeli yakalamak için aynı zamanda yapılan hareketlerin kinesiyolojik ve biyomekaniksel analizleri de yapılarak var olan tekniklerin harekete etkisi incelenmeli ve yeni teknikler geliştirilmelidir. Sporda olimpik düşünce olan “daha hızlı, daha ileri, daha yükseğe” ulaşabilmek için var olan enerjinin optimal kullanılması ve kuvvete dönüştürülmesi ancak bilimsel çalışmalarla artırılabilir. Bunun için de yapılan hareketler sırasında kullanılan tekniklerin analizleri yapılarak en üst performans düzeyine çıkarılmaları amaç olmalıdır. Bu çalışmada da;

- Yüksek kol atışının farklı branşlardaki kinematik analizlerinin yapılması,
- Ülkemizdeki sporcularda hareketlerin yapımında baz alınacak profil oluşturulması,

2. GENEL BİLGİ VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1. Spor Biyomekaniği

Biyomekanik insan vücudunu ve hareketlerini anatomik ve fizyolojik bilgiler kapsamında, mekanik yasa ve yöntemlerine göre inceleyen bilim dalıdır. Spor biyomekaniği ise insan vücuduna etki eden iç ve dış kuvvetler ile bu kuvvetlerin etkilerini inceleyen bilim dalıdır. Bu tanım “sportif hareketler, iç kuvvetlerle dış kuvvetlerin karşılıklı etkileşimi sonucu ortaya çıkar” yaklaşımıyla yapılmıştır. (Muratlı ve ark., 2000). Spor biyomekaniğinde kuvvetler ve bu kuvvetlerin spor yapan insanlar üzerindeki etkileri incelenir (McGinnis, 1999).

2.1.1. Spor Biyomekaniğinin Amaçları

Spor biyomekaniğinin başlıca amacı sporda performans geliştirmektir. İkincil amaç ise sakatlıkların önlenmesi ve rehabilitasyonudur. Sakatlıkların önlenmesi rehabilitasyon aşamasından daha önceliklidir. Çünkü sakatlanmamış bir sporcunun performansı, sakatlanmış olandan daha iyi olacaktır.

Pek çok spor dalında performans geliştirmek için, bilinen en iyi yöntem bir sporcunun tekniğini geliştirmektir. Bunun yanında yeni antrenman yöntemleri ve ekipmanlar da geliştirilmelidir.

Sakatlanmaların önlenmesi ve rehabilitasyonu için ise kuvvetlerin ne tür sakatlanmalara yol açacağı bilinmelidir. Böylece sakatlanmalardan korunma ve rehabilitasyon yöntemleri önceden belirlenebilir. Ayrıca, biyomekanik farklı teknik, ekipman ve yöntemler geliştirilerek de sakatlanmaların önlenmesinde ve rehabilite edilmesinde kullanılabilir (McGinnis, 1999).

2.1.2. Spor Biyomekaniğinin Tarihçesi

Spor biyomekaniğinin tarihçesi kısmen kinesiyojinin de tarihçesidir. Kinesiyoji kelime anlamı olarak hareketi inceleyen bilim dalıdır. Kinesiyoji kelimesi ilk kez 19.yy sonlarında kullanılmış, 20.yy'da popüler hale gelmiştir. Biyomekanik kelimesi ise 1960'lardan sonra literatüre geçmiştir (McGinnis, 1999).

Başlangıçta uzun yıllar kinesiyoji terimi insan motor sisteminin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili bilgileri anlatmak için kullanılmıştır. Sonraları insan hareketlerine uygulanabilen mekanik prensipler kinesiyoji kapsamına alınmışsa da bilim olma özelliğini büyük ölçüde yitirmiştir ve biyomekanik terimi kinesiyoji yerine benimsenmiştir (Muratlı ve ark., 2000). 1962'de ilk uluslararası biyomekanik semineri Zürih'te yapılmış, 1968'de de ilk biyomekanik dergisi yayınlanmıştır. 1973'de ilk yasal uluslararası biyomekanik derneği kurulmuştur (McGinnis, 1999).

Spor biyomekaniğindeki araştırmalar 1980 ve 1990'lı yıllarda artarak devam etmiştir. Modern bilgisayarların kullanılmalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, biyomekanik araştırmalarda elektronik kuvvet ölçümleri, video kamera ve yüksek hızlı filmler kullanılmaya başlanmış ve böylece verilerin toplanması ve değerlendirilmesi kolaylaşmıştır.

2.2. Spor Biyomekaniğinin Mekanik Temelleri

Biyomekanik, canlıların hareketleri üzerinde çalışır. Anatomi, fizyoloji, fizik, mühendislik bilimlerinden ölçümler ve değerlendirmeler için yararlanır. Biyomekanik, temel fizik kanunları bilgisi ve uygulamalarına dayanır. Fiziğin alt dallarından biri olan mekanik cisimlerin hareketi ile ilgilenmektedir. Hareketin nedenlerini anlamadan önce hareketi nicel olarak tanımlamak gereklidir. Hareketin nicel olarak tanımlanması *kinematik* olarak adlandırılır. Hareket ile nedenleri arasındaki ilişkinin incelenmesi ise *dinamiğin* konusunu oluşturur.

Mekanik alanında çalışan bilim adamları, canlı ve cansız objelerde kuvvetlerin etkilerini (yerçekimi, sürtünme ve hava resistansı gibi) incelerler. Bina,

köprü, otomobil, gemi ve uçaklar gibi objeleri dizayn etmek için mekanik bilgisini kullanırlar. Ayrıca insanlar üzerinde kuvvetlerin yaptığı etkileri ve buna karşılık insanların uyguladığı kuvvetlerin etkilerini değerlendirirler.

Yerçekimi, sürtünme ve hava rezistansı sportif ve sportif olmayan aktivitelere aynı şekilde etki eder. Tıpkı bir yüksek atlamacının yerçekimiyle mücadele etmesi gibi, merdiven çıkan ya da uçakla havalanan biri de yerçekimine karşı mücadele eder. Benzer şekilde hem otomobil hem de bisiklet yarışçısı hava akımıyla karşı karşıyadır (Carr, 1997).

Sporda mekanik prensipler, sporcunun hareketlerini idare eden temel kurallardan fazlası değildir. Örneğin bir antrenör ve sporcu yerçekimi kuvveti hakkında yeterli bilgiye sahipse bu güce karşı koymak için yapılması gereken hareket tekniğini oluşturabilir (Carr, 1997).

2.2.1. Mekanikte Kullanılan Temel Kavramlar

Fizik kavramları, açık tanımları olan temel büyüklükler (nicelikler) cinsinden ifade edilirler. Bu temel büyüklükler ölçme veya karşılaştırma yolu ile tanımlanırlar ve standartları oluştururlar.

Mekanikteki üç temel büyüklük; uzunluk, zaman ve kütedir. Diğer bütün fiziksel kavramlar bu büyüklükler cinsinden ifade edilirler. 1960 yılında Uluslararası Birim Kurulu, bu temel büyüklükleri standart hale getiren kararlar almıştır. Kabul edilen bu yeni sistem, metrik sistemin uyarlamasıdır ve Uluslararası Birim Sistemi (SI) olarak adlandırılır (Serway, 1986). Üç temel büyüklüğün bu sistemdeki tanımları aşağıdaki gibi yapılabilir;

- **Uzunluk:** SI sisteminde uzunluk birimi metredir. Bir metre, ışığın boşlukta $1 / 299792458$ saniyede aldığı uzaklıktır (Bueche and Jerde, 1995).
- **Zaman:** SI sisteminde zaman birimi saniyedir. Bir saniye, sezyum 133 atomunun 9192631770 defa titreşim yapması için geçen zamandır (Serway, 1986).

- **Kütle:** SI sisteminde kütle birimi kilogramdır. Bir kilogram, Fransa'da bulunan özel bir platin-iridyum silindir alaşımının kütlesi olarak tanımlanmıştır (Serway, 1986).

2.2.1.1. Uzaklık ve Yol

Uzaklık ve yol birer uzunluk kavramıdır. Belirli bir yönde bir yerden bir yere meydana gelen harekete uzaklık veya yerdeğiştirme denir. Cismin ilk ve son konumunun koordinatları biliniyorsa uzaklık doğru şekilde tespit edilebilir. Uzaklık uç noktalar arasındaki en kısa mesafe olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, yolun şeklinden bağımsızdır (Serway, 1986). Uzaklık hareketin yön ve büyüklüğünü (şiddetini) anlatır. Bu nedenle vektörel bir büyüklüktür (Muratlı ve ark., 2000).

Yol bir noktadan diğer bir noktaya gidebilmek için izlenen yörüngeyi verir (Açıkada ve Demirel,1993) ve sadece büyüklük ifade eder. Bu nedenle skaler bir büyüklüktür.

2.2.1.2. Zaman

Zaman; olayların akış sıralaması için kullanılan kavramdır. (Özkaya and Nordin, 1999). Bir çok bilimsel deney ve çalışmada olayın ne zaman ve ne sürede gerçekleştiğinin bilinmesi gerekir. Bir zaman standardı bu iki soruya da cevap verebilmelidir (Halliday and Resnick, 1985).

Zaman, hemen hemen tüm sporlarda performansın önemli bir boyutudur. Yarış içeren sporlarda performansın göstergesidir. Başlangıçtan varışa en kısa sürede giden sporcu yarışı kazanır. Reaksiyon ve hareket zamanı hokey, hentbol, su topu gibi takım oyunlarında ve yine benzer şekilde tenis, squash gibi sporlarda da topun karşılanması için önemlidir (Özkaya and Nordin, 1999).

2.2.1.3. Kütle ve Eylemsizlik

Bir cismin kütlesi o cismin eylemsizliğinin bir ölçüsüdür. Eylemsizlik ise cisme bir kuvvet uygulandığı zaman, cismin ivmelenmeye karşı direnme eğilimidir (Özkaya and Nordin, 1999).

Kütlesi fazla olan cisimlerin eylemsizliği, kütlesi az olanlardan daha büyüktür. Örneğin bir gülle atıcısının harekete başlaması ya da durması bir cimnastikçiye oranla daha zordur. Cisimlerin ağırlığı, eylemsizliğin belirlenmesinde ölçüt değildir (Mc Ginnis, 1999).

Kütle ve ağırlık birbirlerinden farklı niceliklerdir. Kütle, cismin sahip olduğu madde miktarıdır ve cismin değişmeyen bir özelliğidir. Cismin çevresinden ve kütleyi ölçmede kullanılan yöntemlerden bağımsızdır. Ağırlık ise cisimlerin üzerine etki eden yer çekimi kuvvetidir (Sears et all, 1984).

2.2.1.4. Hız

Hız vektörel bir niceliktir ve birim zamanda gerçekleşen yer değiştirme olarak tanımlanır.

$$\text{Hız} = \text{uzaklık} / \text{zaman (m / s)}$$

Günlük yaşamda sürat ve hız birbirlerinin yerine kullanılan kavramlardır. Oysa fizikte bu iki nicelik farklı anlamlara sahiptir. Sürat skaler bir büyüklüktür. Belli bir zaman diliminde alınan yol olarak ifade edilir.

$$\text{Sürat} = \text{Yol} / \text{zaman (m / s)}$$

2.2.1.5. İvme

Hareket halinde olan bir cismin hızı genellikle hareket süresince değişim gösterir. Hızı değişen cismin ivmesi var demektir. Bir cismin ivmesi o cismin hızının zamana göre değişim oranıdır (Özkaya and Nordin, 1999). Diğer bir değişle hız değişiminin zaman değişimine oranıdır ve vektörel bir büyüklüktür. Dönme

hareketlerinde açısal hızın zaman biriminde uğradığı değişikliğe açısal ivme adı verilir (Muratlı ve ark., 2000).

2.2.1.6. Kuvvet

Kuvvet kavramını işlerliği açısından tanımlamak mümkündür. Günlük yaşantıda kuvvet kelimesi, kas gücü sonucu cismin hareketindeki değişme ile ilişkilidir (Serway, 1986). Fizikte ise cismin hızını değiştirmek ancak bir kuvvet uygulanmasıyla mümkündür. Bu durumda bir cismin ivmelenme nedeni kuvvet ile açıklanabilir. Eğer bir cisme birden fazla yönde kuvvet uygulanıyorsa cisme etki eden tüm kuvvetler toplanarak net (bileşke) kuvvet bulunur. Cisme etki eden net kuvvet sıfırdan farklı olursa cisim ivmelenir. Net kuvvet sıfır ise ivme de sıfır olur ve cismin durumu değişmez (Serway, 1986). Kuvvet, yönü ve büyüklüğü olduğundan vektörel bir büyüklüktür. SI sisteminde birimi Newton'dur.

Sürtünme ve yerçekimi kuvvetleri cisimlerin hareketlerini önemli ölçüde etkilemektedir.

- Sürtünme kuvveti, sporda bir yandan hareketi engellediğinden istenmezken öte yandan da bir hareketi istenilen en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için büyük sürtünme kuvvetlerine gereksinim duyulur. Biyomekanik incelemeler bakımından, sürtünme kuvvetinin etki noktası ile etki doğrultusu mutlaka bilinmelidir. Etki doğrultusu her zaman birbirine sürtünen yüzeylerin düzleminde olduğundan, sürtünme kuvveti ile normal kuvvet birbirine dikey doğrultudadır. İki etki doğrultusunun kesişme noktası ise kuvvetin etki noktasıdır. Hareket sırasında kayma ya da yuvarlanma sürtünmesi söz konusu ise kuvvet vektörü hareket yönünün tam karşıt yönündedir. Tutucu sürtünmede kuvvet vektörü, dokunma yüzeyine paralel doğrultuda etki gösteren dış kuvvetlere karşıt yönlüdür. Dış kuvvet vektörü, sürtünme düzleminde ise bu iki etki birbirini ortadan kaldırır ve cisim hareketsiz kalır (Serway, 1986).
- Yerçekimi kuvveti, Newton'un gravitasyon yasasıyla formüle edilmiştir. Bu yasa, iki kütleli cismin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetini açıklamaktadır. Newton eylemsizlik yasasından yola çıkarak, bu tür bir hareketin merkezine,

yani kütlelerden daha büyük olanına yönelik bir kuvvetin var olması gerektiği sonucunu çıkarmıştır. Bu kuvvetin miktarı ise, birbirini çeken iki kütlenin büyüklüğü ile bunlar arasındaki uzaklığa bağlıdır. Yerçekimi kuvveti bir cisme kütle merkezinden geçecek şekilde etki etmektedir. Biyomekanik incelemelerde yerçekimi ivmesinin ortalama değeri $9,81 \text{ m/s}^2$ olarak alınır. Ancak yerçekimi kuvvetinin yönü ve büyüklüğü yeryüzünün farklı noktalarında farklı değerler almaktadır. Bu nedenle antrenör ve sporcu antrenmanlarında yerçekimi kuvvetini gözönünde bulunmalıdır.

2.2.2. Newton'un Hareket Kanunları

Newton tarafından geliştirilen kanunlar statik ve dinamik analizler için temel alınmaktadır (Özkaya and Nordin, 1999). Newton'un hareket kanunları, temelde basit birer matematiksel ifadedir. Bu genel ifadeler hareket edebilen cisimlerin bütün durumlarına uygulanabilir. Sadece çok yüksek hızlarda Einstein tarafından yapılan düzeltmeler dikkate alınmalıdır.

2.2.2.1. Birinci Hareket Kanunu

Eylemsizlik ilkesi olarak da bilinir. Newton'un eylemsizlik ilkesinin temel hareket noktası; cismin hareketinin dış etkiler olmaksızın incelenmesine dayanır. Bir cisme etki eden kuvvetlerin bileşkesi sıfır ise ya da cisme hiç bir kuvvet etki etmiyorsa; cisim durgun ise durgun halini, hareketli ise hızını koruyarak hareketine devam eder. Bu durumda bir cisme etki eden toplam kuvvet sıfır ise, cismin ivmesi de sıfırdır. Cisim sahip olduğu konumu korumak eğilimindedir (Sears et all, 1984). Eylemsizlik ilkesinde bir cismin hareketsiz olması ya da sabit hızla hareket etmesi arasında hiç bir fark yoktur (Halliday and Resnick, 1985).

2.2.2.2 İkinci Hareket Kanunu

Kütle, kuvvet ve ivmelenme miktarlarının birbirleriyle olan ilişkisini açıklar. Bu kuram aynı zamanda ivmelenme kanunu olarak da bilinir. Bir cismin

ivmelenmesi direkt olarak uygulanan kuvvetin miktarı ile orantılı olup ivmelenme; kuvvetin uygulandığı doğrultuda meydana gelir ve cismin kütlesi ile ters orantılıdır (Açıkada ve Demirel,1993). Bu kanunun matematiksel ifadesi;

$$F = m.a$$

olarak verilir. Buna göre ivme; kuvvet ile doğru, kütle ile ters orantılıdır (Sears et all, 1984).

2.2.2.3. Üçüncü Hareket Kanunu

Bu kanun etki-tepki kanunu olarak da bilinir. Bir cisim ikinci bir cisim üzerine kuvvet uyguluyorsa, ikinci cisim de birinci üzerine buna eşit ve zıt yönde bir kuvvet uygular. Bir başka değişle, iki cismin birbirlerine etkileri her zaman eşit ve ters yöndedir. Etki kuvveti büyüklükçe tepki kuvvetine eşit ve onunla zıt yöndedir (McGinnis, 1999).

2.2.3. Hareket

Hareket cismin konumunun zamanla değişmesidir. Bir cismin uzaydaki hareketi, cismin dönmesi veya titreşimi ile birlikte olabilir. Bu tip hareketler oldukça karmaşıktır. Ancak bazen hareket eden cisimlerin iç hareketlerini ihmal ederek konumlarını basitleştirmek mümkündür. Bir çok durumda, göz önüne alınacak hareket uzaydaki öteleme hareketi ise cisim parçacık gibi ele alınabilir. İdeal bir parçacık hiç bir büyüklüğü olmayan, matematiksel bir noktadır (Serway, 1986).

Gerçek cisimlerin hareketi de parçacık yaklaşımı ile incelenir. Bir parçacığın konumu en iyi üç boyutlu koordinat eksenini kullanılarak belirtilebilir. Parçacık uzayda herhangi bir yörünge üzerinde hareket ederken, eksenler üzerindeki izdüşümleri doğru bir çizgi üzerinde yer değiştirecektir. Parçacığın hareketi, üç eksen üzerindeki izdüşümleri ile tanımlanabileceğinden, öncelikle bir parçacığın doğrusal hareketinden söz etmek mümkündür (Richards et all, 1980).

2.2.3.1. Doğrusal Hareket

Bir doğru boyunca gerçekleşen harekete doğrusal hareket denir. Cismin bu hareketini tanımlamak için doğru boyunca çoğunlukla x koordinatı olarak seçilen bir koordinat eksenine gereksinim duyulur (Bueche and Jerde, 1995). İki nokta arasındaki yer değiştirme bir noktadan diğerine yönelen bir vektördür ve bu vektörün büyüklüğü bu iki nokta arasındaki doğrusal uzaklıktır (Bueche and Jerde, 1995). Bu vektöre yer değiştirme vektörü denir. Belli bir zaman aralığındaki yer değiştirme “ortalama hız” olarak verilir. Herhangi bir anda koordinat sistemi üzerinde belli bir noktadaki parçacığın hızına ise “ani hız” denir.

Bir parçacığın hızı zamanla değiştiğinde parçacık ivmelenir. İvme, birim zamanda hızdaki değişimdir. İvme vektörel bir niceliktir. İvmenin değiştiği durumları matematiksel olarak incelemek oldukça zordur. Bu nedenle hareket incelenirken ivme sabit kabul edilir. İvme sabit kabul edildiğinden ortalama ve ani ivmeler aynıdır (Bueche and Jerde, 1995).

2.2.3.2. Açısal Hareket

Büyük bir cisim kendi eksenini etrafında hareket ettiğinde herhangi bir anda cismin farklı kısımları farklı hız ve ivmelere sahip olacağından bu cismin hareketi bir parçacık gibi düşünülerek analiz edilemez. Bu nedenle büyük cisimlerin, her biri kendi hız ve ivmesi ile hareket eden pek çok parçacıktan oluştuğu kabul edilir.

Bir cismin dairesel yörünge etrafındaki dönme hareketini tanımlamak için doğrusal yer değiştirmenin dönmedeki karşılığı olan bir koordinata yani dönme açısının ölçülmesine gerek duyulur.

Açısal yer değiştirme; bir eksen etrafında hareket eden cismin belli bir zaman aralığında taradığı açıdır. Derece, radyan veya devir cinsinden verilebilir. Bunlar fizikte boyutsuz niceliklerdir. Ortalama açısal hız; belli bir zaman aralığındaki açısal yer değiştirmedir. Açısal harekette de doğrusal harekette olduğu gibi ortalama ve ani açısal hız arasında bir ayırım yapmak gereklidir. Ani açısal hız belli anda sahip olunan hızdır.

Açısal ivme belli bir zamanda hızda meydana gelen değişimdir (Bueche and Jerde, 1995). Sabit bir eksen etrafındaki dönme için katı cisim üzerindeki her parçacığın açısal hızı ve açısal ivmesi aynı olur (Serway, 1986).

Doğrusal ve açısal hareket denklemleri arasında benzerlikler vardır. Açısal hareket için yeni denklemler öğrenilmesine gerek yoktur. Basitçe doğrusal hareket değişkenleri, açısal değişkenlerle yer değiştirirler. Açısal yer değiştirme (θ), açısal hız (ω) ve açısal ivme (α) sırasıyla, doğrusal yer değiştirme (x), doğrusal hız (v) ve doğrusal ivmeye (a) karşılık gelir. θ , ω , α değişkenleri x , v ve a değişkenlerinden boyut olarak sadece uzunluk çarpanı kadar farklıdır. Uzunluk çarpanı (r) açısal harekette merkeze olan uzaklıktır. Açısal harekette cisim üzerindeki her parçacık merkezi dönme eksenini olan bir daire üzerinde hareket etmektedir.

$$v = r \cdot \omega$$

Açısal hız, doğrusal hıza bu formülasyon yardımıyla dönüştürülebilir.

2.3. Kinematik

Kinematik; insan hareketlerinin pozisyon sürelerini, vücut segmentlerinin yer değiştirmelerini, ağırlık merkezi, ivmelenme ve tüm vücudun veya vücudun segmentlerinin hızlanmasını göz önünde bulundurur (Trew and Everett, 1997). Vücut segment ve eklemlerinin değişik pozisyonlarda zaman içindeki hareketlerini ve onların doğrusal ve açısal hızlarını inceler (Kirtley and Phillips, 1996).

Kinematik değerlendirmelerde anatomik terminoloji ve uzaysal referans sistemi kullanılır.

X = vertikal komponent veya yön

Y = anterior postreior komponent veya yön

Z = medial lateral komponent veya yön (Trew and Everett, 1997).

2.4. Spor Biyomekaniğinin Anatomik Temelleri

Sportif hareketlerin biyomekanik açıdan incelenebilmesi için insana özgü hareket aygıtı ile ilgili özel bilgiler gereklidir. Bu konu ile ilgili olarak Biyomekanik, fonksiyonel anatomi ve kas fizyolojisinden (hareket aygıtının yapısı, hareketleri, hareket ettirici, yönlendirici ve düzenleyici mekanizmalardan, harekete neden olan ve seyrini etkileyen biyolojik ilkeler ile ilgili bulgulardan) yararlanır (Muratlı ve ark., 2000).

2.4.1. Hareket Yönleri

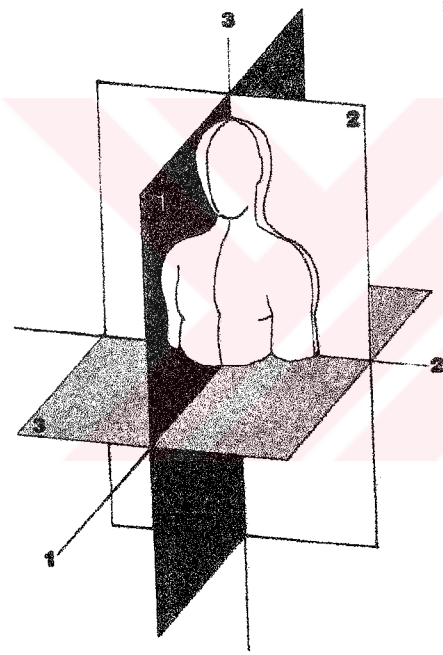
Vücut bölümlerinin birbirleri ile ilişkisini ya da vücut dışında yer alan bir cismin vücuda göre yerini tanımlamakta yönsel terimler kullanılır. Bu terimler şunlardır;

- **Superior:** Başa yakın anlamındadır. Zoolojide eş anlamlı olarak kullanılan tümleç “cranial”dir. Örneğin, burun ağzın superior’undadır.
- **İnferior:** Baştan uzak anlamındadır. Zoolojide eş anlamlı olarak kullanılan tümleç “caudal”dir. Örneğin ağız burnun inferior’undadır.
- **Anterior:** Vücudun ön tarafını ifade eder. Zoolojide eş anlamlı olarak kullanılan tümleç “ventral”dir.
- **Posterior:** Vücudun arka tarafını ifade eder. Zoolojide eş anlamlı olarak kullanılan tümleç “dorsal”dır.
- **Medial:** Vücudun orta çizgisine yakın anlamına gelir.
- **Lateral:** Vücudun orta çizgisinden dışarı doğru anlamında kullanılır.
- **Proksimal:** Her hangi bir gövde bölümünün, gövdeye yakınlığını ifade eder. Örneğin, diz ayak bileğinin proksimal’inde yer alır.
- **Distal:** Vücut bölümünün gövdeden uzaklığını anlatır. Örneğin, el bileği dirseğin distal’inde yer alır.

- **Yüzeysel (superficial):** Vücudun yüzeyine doğru anlamında kullanılır.
- **Derin (deep):** Vücut yüzeyinden uzak, vücudun içinde yer alan anlamında kullanılır (Muratlı ve ark., 2000).

2.4.2. Anatomik Düzlemler

Düzlemler insan vücudunu tanımlamak amacıyla kullanılırlar ve vücudu kesitlere ayırırlar.



- 1- Sagittal eksen – sagittal düzlem
- 2- Transvers eksen –frontal düzlem
- 3- Vertikal eksen-Horizantal düzlem

Şekil 2.1: Anatomik eksen ve düzlemler

2.4.2.1. Planum Sagitale (Sagittal Düzlem)

Vücudun uzun eksenini boyunca yere dik olarak önden arkaya doğru geçirilen düzlemler için kullanılan ortak terimdir. Planum medianum'u olan düzlemlere denilir.

a-) **Planum medianum:** Özel bir sagittal plan olup, linea mediana anterior et posterior'dan geçerek vücudu sağ ve sol olarak iki eşit yarıma böler.

b-) **Planum paramedianum:** Planum medianuma paralel geçirilen planlar için kullanılan ortak terimdir. Vücudu sağ ve sol olarak iki parçaya ayırır ama yarımlar eşit değildir.

2.4.2.2. Planum Frontale (Coronale)

Dik bir düzlem olup, sağdan sola ve soldan sağa doğru sagittal düzlemlerle dik açı yapacak şekilde geçer. Herhangi bir alın düzlemi vücudu ön ve arka olarak, eşit olmayan iki parçaya ayırır.

2.4.2.3. Planum Tranversum (Horizontale)

Yere paralel veya diğer düzlemlere düz olarak geçen düzlemlerdir. Yere paralel düzlem, vücudu üst ve alt olarak, eşit olmayan iki parçaya ayırır (Yıldırım, 2002).

2.4.3. Anatomik Eksenler

Eksenler (Axisler-Yönler) insan vücudundan geçen ve eklemler çevresinde oluşan hareketlerin tanımlanmasında kullanılan yönlerdir (Şekil 2.2.). Üç temel ve sonsuz sayıda tali eksen vardır. Temel eksenler;

- **Axis verticalis:** Baştan ayaklara doğru dikey inen, yere dik eksenidir.
- **Axis sagitalis:** Ok yönünde, yere paralel, önden arkaya veya arkadan öne geçen eksenidir.
- **Axis transversalis:** Yere paralel sağdan sola, soldan sağa geçen eksenidir (Gökmen, 2003).

2.4.4. Anatomik Eksenlerde Yapılan Hareketler

- **Abdüksiyon:** Horizontal (yatay) olarak kolun yükseldiği, yana açıldığı, gövde ekseninden ve scapula'nın spinal sütundan uzaklaştığı, bacağın yana açıldığı harekettir.
- **Addüksiyon:** Kolun yan tarafa, bacağın anatomik pozisyona getirilmesinde olduğu gibi gövde eksenine doğru olan harekettir.
- **Fleksiyon:** Bir eklemdaki kemiklerin (vücudun iki parçasının) birbirine yaklaştırılmasıyla meydana gelen bükülmelerdir. Örneğin, dirsek ve diz eklemleri. İstisna olarak humerus'un yandan öne getirilme hareketi de omuzun fleksiyonu olarak dikkate alınır.
- **Ekstansiyon:** Bir eklemdaki kemiklerin (vücudun iki parçasının) birbirinden uzaklaştırılmasıyla meydana gelen gerilmedir. Örneğin, dirsek ve diz eklemleri. Yine omuzun fleksiyon pozisyonundan geri dönüşü de omuzun ekstansiyonu olarak tanımlanır.
- **Hiperekstansiyon:** Bir eklemdaki kısımların anatomik pozisyonlarının ötesinde aşırı gerilmesidir. Örneğin, ayakta dik durur pozisyonda başın geriye bükülmesi.
- **Eversiyon:** Ayağın iç tarafına ve ayak tabanını dışa basarak ayak tabanını dışa çevirme hareketidir.
- **İnversiyon:** Ayağın dış tarafına ve ayak tabanını dışa basarak ayak tabanını içe çevirme hareketidir.

- **Dorsal fleksiyon:** Ayağın ucunun tibia kemiğinin önüne doğru getirilme hareketidir.
- **Plantar fleksiyon:** Dorsal fleksiyondan ayak tabanının yere doğru getirilme hareketidir.
- **Pronasyon:** Özellikle önkola uygulanan kemiğin eksenini üzerindeki rotasyondur. Radius ve ulna'nın dönüşüyle elin avuç içinin yere doğru döndürülmesidir.
- **Süpinasyon:** Radius'un ulna üzerinde rotasyonu ile elin avucunun yukarı bakar pozisyona dönmesinde olduğu gibi kemiğin eksenini üzerindeki rotasyondur. Örneğin, önkolda meydana gelen hareket.
- **Horizontal fleksiyon (addüksiyon):** Humerus'un yan horizontal pozisyondan ön horizontal pozisyona getirilmesidir.
- **Horizontal ekstansiyon (abduksiyon):** Humerus'un yan horizontal pozisyona getirilmesidir.
- **Dış rotasyon:** Humerus'un dışa döndürüldüğünde olduğu gibi kemiğin ekseninin vücuttan uzaklaştığı dönme hareketidir.
- **İçe rotasyon:** Humerus'un içe döndürüldüğünde olduğu gibi kemiğin ekseninin vücuda yaklaştığı dönme hareketidir.
- **Yukarı rotasyon:** Glenoid Fossa'nın yukarı doğru döndürülmesinde olduğu gibi yerçekimine karşı rotasyon hareketidir.
- **Aşağı rotasyon:** Glenoid Fossa'nın yukarı pozisyondan normal pozisyona yerçekimi yardımı ile döndürülmesidir.
- **Elevasyon:** Omuz silme hareketinde olduğu gibi omuzların yukarı hareketidir.
- **Depresyon:** Omuzların elevasyondan normal pozisyona dönmesidir.
- **Sirkümdüksiyon:** Hareketlerin kombinasyonu sonucu oluşan eklem dairesel hareketidir. Sabitleştirilen bir nokta etrafında gövdede, kalçada ve omuz ekleminde bu hareketler mümkündür.

- **Protraksiyon:** Vücutun bir kısmının ileri hareketidir. Örneğin, çenenin ileriye doğru sürülmesi veya serratus anterior, pectoralis minor ve levator skapula kaslarının skapula'yı öne doğru çekmesi.
- **Retraksiyon:** Vücutun bir kısmının geriye hareketidir. Örneğin protraksiyondan sonra çenenin geriye çekilmesi veya trapezius ve rhomboideus kasının skapula'yı geri çekmesi.
- **Radial Deviasyon (abdüksiyon):** Elin kolda, radius'un olduğu yana doğru bükülmesidir.
- **Ulnar Deviasyon (Addüksiyon):** Elin önkolda, ulna'nın olduğu yana doğru bükülmesidir (Ziyagil, 1995).

2.5. Vücuda ve Vücutun Hareketlerine Etki Eden İç Kuvvetler

Vücuda ve vücutun hareketlerine etki eden iki sistem vardır. Bunlar kas ve iskelet sistemleridir. İskelet sistemi kemik, eklem ve bağlardan, kas sistemi ise kaslar ve kas kirişi, kiriş kılıfı, bursa vs. gibi kasların yardımcı elemanlarından oluşur (Weineck, 1998).

2.5.1. İskelet Sistemi

İnsan iskeleti, vücut ağırlığının yaklaşık % 17'si olan, 208 ile 212 adet kemikten oluşur. Kafatası, omurga, omuz kemeri, üst ekstremité, pelvik kemer ve alt ekstremité insanın iskeletini oluşturan öğelerdir.

Omurga, insan vücudunun merkezi iskelet eksenini oluşturur. Omuriliği korur, başın durmasını ve hareket edebilmesini sağlar. Ayrıca omuz kemerine destek olur ve pelvik kemeri bağlantılarını yapar. Üst ekstremité, gövdeye omuz kemeri ile bağlanır. Scapula, clavícula ve sternum'dan oluşan omuz kemeri, gövdeye hareketli bir biçimde bağlıdır. Üst ekstremité, humerus, ulna, radius, el bileği, el ve parmak kemiklerinden oluşur. Alt ekstremité de üst ekstremité gibi gövde iskeletine bir

kemerle bağlanmıştır. Pelvik kemer, iki kalça kemiği ve sacrum'dan oluşur. Pelvik kemerle birleşen alt ekstremitte, femur, tibia, fibula, ayak bileği, ayak ve parmak kemiklerinden oluşur (Weineck, 1998).

2.5.1.1. Kemikler

Kemiklerin, kemik beyin, kemik iliği gibi organları koruma işlevinin yanısıra yumuşak doku organlarına destek olup, koruma ve kassal etkinlik için sağlam bir kaldıraç görevi yapma görevleri vardır.

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).

2.5.1.2. Eklemler

Eklemler, iskeleti oluşturan kemikleri birbirine bağlayan fonksiyonel ünitelerdir (Arıncı ve Elhan, 1985; Özbek, 2002). Ayrıca eklemler, kemiklerle birlikte hareket sistemimizin pasif elemanlarından (Demirel ve Koşar, 2002). Kemikler hareketli ve hareketsiz olmak üzere birbirleriyle birleşir. Buna göre eklemleri, sinartroz (oynamaz eklem) ve diartroz (oynar eklem) olarak ayırabiliriz.

Sinartroz, kemiklerin bir ara dokuyla sağlam biçimde birbirine bağlanmasıdır. Bu tür eklemlerin hareketliliği hiç yoktur ya da çok kısıtlıdır. Kendi içlerinde aşağıdaki şekilde ayrılırlar;

- 1- **Sindesmoz (ligamentöz):** Örneğin, tibia ve fibula arasındaki sabit bağ dokusu bağlantısı.
- 2- **Sinkondroz (kartilaginöz):** Kıkırdak yapısında. Örneğin, symphysis pubisinkondral bağlantısı.

3- Sinostroz (ossöz): Kemik özelliğinde. Örneğin, sacrum parçalarının kemiksel bağlantısı.

Diartroz, bir eklemden karşılıklı olarak kemiklerin hareketli bir şekilde bağlanmasıdır. Kemik uçları kıkırdakla kaplanmıştır ve birbirlerini göreceli olarak hareket ettirebilirler. Bir eklemin hareketliliği, eklem yüzeylerinin biçimi ve ligamentlerinin düzeniyle sağlanabilir (Weineck, 1998) Bu eklemler aşağıdaki şekilde gruplanabilirler.

1- Tek eksenli eklemler:

- **Menteşe eklem:** Fleksiyon ve ekstansiyona izin verir. Örneğin, parmak kemikleri arasındaki eklemler. Bu tip eklem ginglymus denir. Konveks yüz makara, konkav yüz ise bu makarayı kısmen içine alacak şekildedir. Ekseni, eklem katılan kemiklere dik olduğundan, birbirine zıt yöndeki bu iki harekete izin verir. Articulatio humeroulnaris yani dirsek eklemi de bu tiptedir.
- **Pivot eklem:** Proksimal radio ulnar eklem radial başının rotasyonuna izin verir. Bu eklem, radial başın ulna'nın konkav bölgesine oturduğu yerdir. Bu eklem tarafından izin verilen hareketler, elin pronasyon ve süpinasyonudur. Bu trochoid tip bir eklem olup, konveks yüzü silindir, konkav yüzü de bu silindiri kısmen içine alacak bir oluk biçimindedir. Ekseni eklem katılan kemiklere paralel olup konkav ucun ortasından geçer. Bu yüzden sağa ve sola rotasyon yapabilir. Atlas ve axis vertebraları arasındaki articulatio atlantoaxialis mediana da bu tür bir eklemdir.

2- Çift eksenli eklemler

- **Elipsoid eklem:** El bileğinde radial-ulnar abduksiyon ve dorsifleksiyon ile palmar fleksiyon. Konveks yüz yumurtaya benzer, konkav yüzey de buna uygundur. Fleksiyon-ekstansiyon ve abduksiyon-addüksiyon hareketlerine izin verir.
- **Eyersi eklem:** Atın eyerine benzer şekilde iki eklem yüzeyi de hem konkav hem konvekstir. Bu tipin tek örneği baş parmağın birinci

metacarpal kemiği ile el bileğinin trapezoid kemiği arasındaki eklemdir.

3- Üç eksenli eklemler

- **Küresel (sphaeroidea) eklem:** Asatabulum alanı, kürenin (konveks yüzün) yüzeyinden küçüktür. Vücudun en hareketli ve en kolay yaralanabilen eklemi olan omuz bu tipte bir eklemdir.
- **Cıvata somunu şeklinde eklem:** Bu eklemdede asetabulum, küreyi içine alabilecek kadar derindir. Bu nedenle kalça eklemi omuz ekleminden çok daha nadir dislokasyona uğrar. Horizontal eksen etrafında fleksiyon ve ekstansiyon, sagittal eksen etrafında abdüksiyon addüksiyon, vertikal eksen etrafında medial ve lateral rotasyon yapılabilir. Ayrıca bu hareketlerin birleşimi olan ve sirkümdüksiyon denilen dairesel hareketleri de yapmak mümkündür (Weineck, 1998).

4- Eksensiz eklemler

Art.Plana; kayarak hareket ederler. Intercarpal, intertarsal eklemler gibi. Bicondyalar eklem; diz ve çene eklemi. Gergin olduğunda tek eksenli gibidir, gevşediğinde bir takım kayma ve rotasyon yapabilen eklemdir.

2.5.2. Kas Sistemi

İskelet kas sistemi, biçimleri ve büyüklükleri önemli farklılıklar gösteren yaklaşık 400 adet kasta oluşmuştur. Bir kas, tek bir tendon oluşturmak üzere birleşen bir veya daha fazla sayıda başı, origininde (başlangıcında) içerir. Bunlar; tek başlı kaslar (m.brachialis), iki başlı kaslar (m.biceps brachii), üç başlı kaslar (m.triceps brachii), dört başlı kaslar (m.quadriceps femoris)'dir (Weineck, 1998).

2.5.2.1. İskelet kasının yapısı

Bu kas tipinde kasıcı öge, liflerden oluşmuştur. Bu kas lifleri birincil demet, ikincil demet, son olarak da birleşerek kasın kendisini oluşturacak şekilde düzenlenmişlerdir. Kas, kollajen ve elastik lifler içeren bir zarla çevrilmiştir. İskelet kas liflerinin uzunluğu 15 cm.'e erişebilir.

Kas hücresi ve kas lifinin bir özelliğe de özgün ve değişik işlevler içeren birbirinden farklı kas liflerinin bulunmasıdır. Başlıca iki tip kas lifi vardır;

- Beyaz, kalın ve hızlı kasılan (FT; Fast Twitch). Tip II'de denilen bu kas lifleri, kısa zamanda büyük kasılma gücü oluşturması nedeniyle, yüksek şiddette, kısa süreli etkinliğe iyi uyum sağlarlar.
- Kırmızı, ince ve yavaş kasılan (ST; Slow Twitch). Tip I de denilen bu liflerin kasılmaları yavaş, kasılma süreleri uzun ve kasılma kuvveti düşük olduğundan, submaksimal şiddetteki uzun süreli eforlara daha iyi uyum sağlarlar.

Başlıca uzun süreli etkinliklerde kullanılan soleus kası çoğunlukla ST lifleri içerirken, özellikle atlama, sıçrama gibi hızlı ve canlı etkinliklerde kullanılan gastroknemius kası başlıca FT liflerinden oluşmuştur. Farklı işlevsel gereksinmelere sahip olması nedeniyle değişik tipteki kasların metabolik özellikleri de farklıdır. Hızlı kasılan (FT) lifler, yüksek enerjili fosfatlardan ve glikojenden zengindirler. Bununla uyumlu olarak da anaerobik enerji üretiminde kullanılan enzimlerle donatılmışlardır. Yavaş kasılan (ST) lifler de, glikojenden zengin olmalarına karşın, anaerobik metabolizma için gerekli enzimleri bol miktarda bulundururlar (Weineck, 1998).

2.5.2.2. Kas dokusunun özellikleri

Kas dokusunun beş temel özelliği; uyarılabilme, esneklik (elastisite), iletebilme, kasılabilme ve viskozite özelliğidir.

- **Uyarılabilme:** Kaslar da, her canlı doku gibi, kendilerine yapılan bir uyarana cevap verme özelliğine sahiptir. Kasın cevabı kasılma şeklindedir (Akgün, 1996). Kası etkileyen uyarı, elektriksel niteliktedir ve kas sinirinin yarattığı aksiyon potansiyeli gibi elektro-kimyasal bir uyarı ya da kasa vurma gibi mekanik bir uyarıdır. Uyarın enerjisi, beyin ve omurilikteki ganglion hücrelerinden çıkar, hareket sinirleri kanalıyla duyarlı kas liflerine ulaştırılır. Yani, kas liflerinin harekete geçebilmesi için uyarın niteliğindeki enerjinin belirli bir değere erişmesi gerekir (Muratlı ve ark., 2000).
- **İletibilme:** Kaslar çeşitli şekillerde uyarılabilirler ise de doğal koşullarda sinirleri yoluyla sinir sisteminden gelen uyarılarla uyarılırlar ve gelen normal uyarın kasa sinir-kas arasındaki sinaps yolu ile ulaşır. Kaslar gelen bu uyarıyı iletebilme özelliğine sahiptir (Akgün, 1996).
- **Kasılabilme:** Kasın kendisine yapılan uyarılara cevabı kasılma şeklinde olur (Akgün, 1996). Kasılma sonucunda kas, hareketsiz durumdaki uzunluğunun üçte birine kadar kasılarak mekanik bir iş yapmış olur (Muratlı ve ark., 2000).
- **Esnek Olma:** Elastikiyet, bir cismin şeklini değiştirmek için uygulanan kuvvete bu cismin gösterdiği dirençtir (Akgün, 1996). Esneklik ise, kasın uzadıktan ve kasıldıktan sonra normal uzunluğuna dönme yeteneğidir (Muratlı ve ark., 2000). Elastikiyeti; çekme, basınç, bükme veya döndürme şeklinde uygulanan deforme edici kuvvetlere karşı gösterdikleri dirence göre çekme elastikiyeti, basınç elastikiyeti, bükülme elastikiyeti, torsiyon elastikiyeti olabilir.
- **Viskozite özelliği:** Kaslar aynı zamanda viskoz özelliğe de sahiptirler. Yani kaslar gelen kuvvete karşı iç sürtünmeler nedeni ile direnç gösterirler. Kas kendisine asılan bir ağırlık yolu ile uzatılacak olursa bu ağırlığın meydana

getireceği son uzunluğa derhal erişmeyeip uzamanın son kısmı yavaş yavaş olmaktadır. Bu bir anlamda kas korunmasını sağlamaktadır (Akgün, 1996).

2.5.2.3. Kas kasılmasını etkileyen faktörler

Kas kasılmasının hızı, kasın uyarıldığı zamanki uzunluğu ve uyarıyı aldıktan sonra geöen zaman ilişkisi kas kuvvetinin en önemli belirleyicileridir (Muratlı ve ark., 2000).

- **Kuvvet - kasılma hızı ilişkisi:** Kastaki konsantrik kasılma ile ilgili, klasik kuvvet-hız ilişkisini ilk defa 1938 yılında Hill adlı araştırmacı ortaya çıkarmıştır. Kuvvet ve kasın kasılma hızı arasındaki ilişki, zıt bir ilişkidir. Aşırı yüke karşı kasta konsantrik kasılma geliştiğinde, kasın kasılma genişliğinde, kasın kısalma hızı yavaştır. Direnç azsa hızı fazla olabilir (Muratlı ve ark., 2000). Kas ne kadar kuvvetliyse, o kadar çok maksimum izometrik kasılma ortaya çıkabilir. Ancak, maksimum izometrik kasılma ne kadar fazla olursa olsun, kuvvet-hız eğiminin genel şekli değişmez (Muratlı ve ark., 2000).
- **Kuvvet - uzunluk ilişkisi:** Kasın ortaya çıkardığı maksimum izometrik kuvvet miktarı, kısmen kasın uzunluğuna bağlıdır. Tek kas lifi ve kas örneği kullanılarak yapılan çalışmalarda, kas normal istirahat uzunluğunda olduğu zaman kuvvet yayılımının maksimum olduğu saptanmıştır. Kasın uzunluğu, istirahat uzunluğundan daha fazla veya az olduğu zaman, maksimum kuvvet an biçimindeki bir eğim şeklinde uzayabilir. Ancak insan vücudunda kasın kuvvet ortaya çıkarabilme yeteneği, kas hafif gerildiğinde artar. Paralel lifli kaslarda maksimum kasılma, kas istirahat uzunluğundan biraz daha uzatıldığı zaman gerçekleşir (Muratlı ve ark., 2000).
- **Kuvvet - zaman ilişkisi:** Kas uyarıldığı zaman, kasta kısalma başlamadan önce kısa bir zaman geöer. Elektro-mekanik gecikme olarak adlandırılan bu sürecin, kasılma seri elastik bileşenlerini germek için gerekli olduğu düşünülmektedir. Kasılma elastik bileşenleri yeterince gerildiği zaman

kasılma giderek artar. Elektromekanik gecikme süresi kasa göre değişir ve 20-100 milisaniye arasında olduğu bildirilmiştir. FT liflerinde bu süreç daha kısa olmaktadır (Muratlı ve ark., 2000).

- **Kas kuvveti momenti ya da dönme momenti:** İzole kas örnekleriyle çalışan araştırmacılar, kas kuvvetini, kasın üretebildiği maksimum kuvvet olarak düşünürler. Ancak insan vücudunda, herhangi bir kasın ortaya çıkardığı kuvveti direkt olarak ölçmek mümkün değildir. Uygulamada kas kuvvetinin değerlendirmesi için en çok kullanılan direkt yöntem, kas grubunun ortaya çıkardığı maksimum momentin ölçümüdür. Kas kuvveti vektörel bir büyüklük olduğundan, iki dikey bileşene ayrılabilir. Yani, tek kasın ortaya çıkardığı momentin, “kemiği dikey etkileyen kas kuvveti bileşeni” ve “kasın bağlantı noktasından, eklemün dönme merkezine olan uzaklığı” şeklinde iki bileşeni vardır.
- **Kas gücü:** Mekanik güç, kuvvet ve hızın çarpımına eşittir. Bu nedenle kas gücü, kas kuvveti ve kasın kasılma hızını ifade eder. Maksimum güç, maksimum hızın yaklaşık 1/3’de ve yaklaşık maksimum konsantrik kuvvetin 1/3’de ortaya çıkar. İnsanda kas kuvveti ve kasılma hızı direkt olarak ölçülemez. Bu nedenle, kas gücü genellikle, eklemden ortaya çıkan “moment oranı” ya da “sonuç moment” ile “eklemdenki açısal hız” belirlenerek tanımlanır. Buna uygun olarak kas gücü, hem kas kuvveti hem de hareket hızından etkilenir. Örnek olarak gülle atmada, gülle atan kişinin sadece kuvvetli olması yeterli değildir, aynı zamanda gülleyi ivmelendirme yeteneğinin de olması gerekmektedir (Muratlı ve ark., 2000).
- **Kas ısısının etkisi:** Vücut ısısı arttığında, sinirin iletim hızı ve kasın fonksiyonu artar. Bu durum kuvvet-hız eğrisinde kaymaya neden olur. Bu şekilde, ısı etkisiyle maksimum izometrik kasılma ve maksimum kasılma hızının daha fazla olması mümkündür. Isı arttığında, daha az sayıda motor ünite aktif hale geçer. Vücut ısısı yükseldiğinde kasın oksijenlenmesi ve atıkların uzaklaştırılması için gerekli metabolik süreçler hızlanır. Sonuç olarak; kas kuvveti, gücü ve dayanıklılığı artar (Muratlı ve ark., 2000).

2.6. Üst Ekstremitte Biyomekaniği

2.6.1. Üst Taraf Kemikleri (*ossa membri superioris*)

Cingulum membri superioris (cingulum pectorale); üst ekstremitenin hareket eden kısmını (el, önkol ve kol) gövdeye bağlayan kemiklere denilir. Clavicula ile humerus'a eklem yapar. Her iki tarafın clavicula ve scapula'dan ibaret olan üst bağlantı kemiklerini, önde manubrium sterni birbirine bağlar.

2.6.1.1. Scapula

Üst bağlantı kemiklerinin dorsal'de bulunanıdır. Yassı kemiklerden olup iki yüzü, üç kenarı ve üç açısı vardır (Elhan, 1985). Thoraks'ın arka dış kısmına oturmuş, üçgen şeklinde bir kemiktir. Üst ve dış kenarların birleştiği köşede konkav sığ bir eklem yüzü vardır, buraya cavites glenoidalis denir. Glenoid kavitenin kenarlarına labrum glenoidale tutunmuştur. Kavitenin üstünde tuberculum supraglenoidale, altında ise tuberculum infraglenoidale kabartıları bulunur. Dış ucunda spina öne doğru kalın, yassı bir uzantı yapar, buna acromion denir (Dere, 1994). Tuberculum supraglenoidale'ye m.biceps brachii'nin caput longumu tutunur. Tuberculum infraglenoidale'ye triceps brachii'nin caput longumu yapışır. Eklem yüzünün iç tarafındaki dar kısma collum scapula adı verilir (Gökmen, 2003).

2.6.1.2. Clavicula

Thoraks'ın üst, ön kısmında, boyun kökünün alt sınırını yaparak enine uzanan bir çift kemiktir (Dere, 1994) ve yayvan "S" harfi şeklinde, uzun bir kemiktir. Medialde manubrium sterni, lateralde acromion ile eklem yapar (Arıncı ve Elhan, 1985). En erken kemikleşmeye başlayan kemiktir (Dere, 1994).

2.6.1.3. Humerus

Küre biçiminde baş bulunan uç yukarı, baş içe ve alt uçtaki büyük çukur arkaya çevrildiğinde kemik vücuttaki konumuna yerleşmiş olur. Kemik scapula, radius ve ulna ile eklem yapar (Gökmen, 2003).

Üst ekstremitenin en uzun kemiğidir. Üst uç (extremitas proximalis), alt uç (extremitas distalis) ve gövde (corpus humeri) olmak üzere üç bölümden oluşur. Caput humeri aşağıya doğru biraz daralır ve collum anatomicum adını alır. Caput humeri'nin yanında ön taraftan daha büyük (tuberculum majus) ve ön tarafta küçük (tuberculum minus) olmak üzere iki çıkıntısı vardır. Kemiğin corpus humeri kısmı daha yuvarlak, distal ucu ise makara şeklindedir (Elhan, 1989; Dere, 1994).

2.6.1.4. Ulna

Kemiğin daha büyük olan ucu yukarı, büyük uçtaki çentik yukarıya ve kemiğin keskin kenarı dış yana çevrildiğinde vücuttaki konumuna yerleştirilmiş olur. Anatomik pozisyona göre radius'a paralel olarak uzanan ulna önkolun iç yan tarafında yer alır. Proximal'de radius ve humerus ile kemikleşir. Ulna'nın el bilekleri ile doğrudan teması olmayıp bir diskus aracılığı ile eklemleşir. Tipik bir uzun kemik gibi ulna'nın da iki ucu vardır (Gökmen, 2003).

Önkol kemiklerinden olup normal anatomik pozisyonda iç tarafta bulunur ve radius'a paraleldir. Üst çıkıntı ve iki çentik şeklinde eklem yüzeyi bulunur. Büyük olan çıkıntı, arka üst yandadır ve olecranon olarak adlandırılır. Distal ucu (caput ulna) yuvarlaktır. Alt ucun iç kısmı sivri bir çıkıntı yapar. Bu çıkıntıya processus styloideus denir (Elhan, 1989; Dere, 1994).

2.6.1.5. Radius

Kemiğin daha büyük olan ucu aşağı, bu uçtaki olukların bulunduğu yüz arkaya ve bu ucun sivri çıkıntısı dış yana yerleştirildiğinde kemik vücuttaki konumuna yerleştirilmiş olur (Gökmen, 2003). Önkolun iç tarafında bulunan uzun bir kemiktir. Anatomik pozisyonda dış tarafta bulunur. Proximal ucunda caput radii

bulunur. Caput'un çevresinde circumferentia articularis adlı bir eklem yüzeyi vardır ve ulna ile eklem yapar. Distal ucun dış kenarı aşağıya doğru üçgen şeklinde çıkıntı yapar ve buna processus styloideus denir. Alt ucun alt yüzünde bilek kemikleri ile eklem yapan, facies articularis carpea adında konkav bir eklem yüzü vardır (Elhan, 1989; Dere, 1994).

2.6.2. Üst Ekstremitte Eklemleri

2.6.2.1. Articulationes cinguli membri superioris

A- Articulatio acromioclavicularis: Clavicula'nın extremitas acromialis'indeki facies articularis ile acromion'daki facies articularis acromii arasında oluşan art.plana grubunun bir değişik şeklidir. Her iki eklem yüzü fibrokartilaginöz kıkırdakla kaplıdır.

a-) Bağları: Capsula articularis

Lig. Acromioclaviculare

Lig. Corococlaviculare

Lig. Trapezideum

Lig. Conoideum

Discus articularis (Dere, 1994).

b-) Kinesiyolojisi: Bu eklemdede hareket iki çeşittir. Birincisi, clavicula'nın acromion'daki eklem yüzü üzerinde kayması, ikincisi ise scapula'nın bu eklem üzerinden rotasyonudur. Bu rotasyonun hızı lig. Coracoclaviculare ile sınırlıdır (Gökmen, 2003).

c-) Arteryal ve Venöz Dolaşımı: Aynı isimli venler arterlere yandaşlık eder. a.suprascapularis ile a.thoracoacromialis'ten gelir.

d-) Sinirleri: N.suprascapularis ile n.pectoralis lateralis'ten gelir.

B- Articulatio Sternoclavicularis: Üst ekstremitayı gövdeye bağlayan tek eklemdir (Dere, 2003). Clavicula'nın sternal ucu ile manibrium sterni'nin incisura clavicularis'i ve birinci kıkırdak kaburga arasında oluşan articulatio plana grubu bir eklemdir (Arıncı ve Elhan, 1985).

a-) Bağları: Capsula articularis

Discus articularis

Lig. Sternoclaviculare anterius

Lig. Sternoclaviculare posterius

Lig. Costoclaviculare

Lig. İnterclaviculare

b-) Kinesiyolojisi: Eklem üzerinden gerçekleştirilen ana hareketler sagittal eksen üzerinden yukarı ve aşağıya (elevasyon ve depresyon), vertical eksen üzerinden ise, öne ve arkaya doğru yer değiştirme şeklindedir. Clavicula'nın uzun eksenini üzerinde rotasyon hareketi de yapar. Scapula, dolayısıyla omuz sentür, clavicula ile beraber hareket eder. Scapula'nın clavicula ile beraber yaptığı hareketler, yukarı aşağı, öne arkaya ve sagittal eksen üzerinden rotasyondur. Scapula'nın rotasyonu kolun abdüksiyonunda olduğu gibi, angulus inferior'un dışı doğru yer değiştirmesi şeklindedir (Gökmen, 2003).

c-) Sinirleri: N.supraclavicularis medialis, n.supclavius tarafından sağlanır (Gökmen, 2003).

d-) Arteriyal ve Venöz Dolaşımı: A.thoracica interna, a.suprascapularis'ten gelen dallarla beslenir. Venler arterlere yandaşlık eder ve aynı ismi alırlar (Gökmen, 2003).

2.6.2.2. Articulationes cinguli membri superioris liberi

A- Articulationes capitis humeri (omuz eklemi): Caput humeri ile cavitas glenoidalis arasında oluşan art. spheroidea grubu bir eklemdir (Arıncı ve Elhan, 1985). Bu eklem üst ekstremitiyi omuz sentürü aracılığı ile birleştirir. Cavites glenoidales, yarım küre şeklinde caput humeri'yi tamamen içine almaz. Cavites glenoidalis'in eklem yüzeyi caput humeri'nin eklem yüzeyinin yalaşık 1/3'ü kadardır (Gökmen, 2003).

a-) Bağları: Capsula articularis

Labrum glenoidale

Lig. Glenohumeralia

Lig. Corocohumerale

b-) Kinesiyolojisi:

- **Abdüksiyon Hareketi (0 - 180°);** 0 - 180° lik hareket serbestisine sahip olup hareketi yaptıran kaslar; m.deltoid orta ve posterior lifler, m.supraspinatus, m.infraspinatus, m.biceps brachii uzun baş (Erbahçeci, 1999; Muratlı ve ark., 2000).
- **Hiperadduksiyon Hareketi (0 - 45°);** Hareketi yaptıran kaslar; m.deltoid anterior lifler, m.pectoralis major clavicular baş, m.chorocobrachialis, m.latissimus dorsi, m.teres major, m.biceps brachii kısa baş, m.triceps brachii uzun baş (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Fleksiyon Hareketi (0 - 180°);** Amerikan Ortopedi Derneği, Kendall, Hoppenfeld ve Kapandji'ye göre omuz ekleminin fleksiyon hareket açısı serbestisinin 0-180 derece olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Fleksiyon hareketini yaptıran kaslar; m.deltoid anterior lifler, m.pectoralis major clavicular baş, m.chorocobrachialis, m.biceps brachii kısa baş (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Hiperekstansiyon Hareketi (0 - 45 - 60°);** Hareket serbestisinin Kendall ve Hoppenfeld'e göre 0-60 derece American Ortopedi Derneği ve Kapandji'ye göre de 0-50 derece olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.deltoid posterior lifler, m.pectoralis major, m.latissimus dorsi, m.teres major, m.triceps brachii (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **İnternal Rotasyon Hareketi (0 - 75 - 90°);** Amerikan Ortopedi Derneği ve Kendall'a göre 0-70 derece, Kapandji'ye göre 90 derecelik bir hareket serbestisi olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.subscapularis, m.latissimus dorsi, m.teres major (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Eksternal Rotasyon Hareketi (0 - 80 - 90°);** Amerikan Ortopedi Derneğine göre 0-90 derece, Kapandji'ye göre de 0-80 derecelik bir hareket serbestisi olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.supra spinatus, m.infra spinatus, m.teres minör (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).

c-) Arteryal ve Venöz Dolaşımı: A.suprascapularis, a.circumflexa humeri anterior ve posteriorun ramus articularis'leri tarafından beslenir. Venöz dolaşımı arterleri ile aynı isimli venler tarafından v.axillaris'e olur.

d-) Sinirleri: N.suprascapularis eklem kapsülünün üst ve arka kısmını, n.axillaris alt ve ön kısmını, n.pectoralis ise ön ve üst kısmını inerve eder.

B- Articulatio Cubiti (dirsek eklemi): Dirsek eklemi, art. humero-ulnaris, art. humeroradialis ve art. radioulnaris proximalis olmak üzere üç eklemden oluşur. Birden fazla eklemden oluşması nedeniyle, art. composita grubundan bir synovial eklemdir.

1- Art. Humero-ulnaris: Ginglymus tipi bir eklemdir. Humerus'un ekleme katılan yüzü trochlea humeri'dir. Trochlea humeri üzerindeki sığ oluk trochlea akseni ile bir miktar açı yapacak şekildedir. Bu özellik eklemde spiral şeklindeki hareketlerini belirler. Ulna'nın ekleme katılan yüzü incisura trochlearis'tir. Aynı incisura trochlearis üzerinde bulunan crista şeklindeki çıkıntı trochlea humeri üzerindeki oluğa oturur (Gökmen, 2003).

2- Art. Humeroradialis: Capitulum humeri ve fovea capitis radii arasında oluşan eklemdir. Eklem yüzleri şekil itibarıyla art. spheroidea tipi eklem benzerken, radius'un ulna ile yaptığı eklemler nedeniyle yalnızca iki eksen üzerinde hareket serbestliği vardır (Gökmen, 2003).

3- Art. Radioulnaris Proximalis: Caput radii çevresine dolanan eklem yüzeyi olan circumferentia articularis radii ile incisura radialis ulna arasında oluşan art. trochoidea tipi bir eklemdir (Gökmen, 2003).

a-)Bağları: Capsula articularis

Lig. Colleterale ulnare

Lig. Colleterale radiale

Lig. Annulare radii

Lig. Quadratum

Lig. İnterossea antebrachii

Chordo obliqua

b-) Kinesiyolojisi: Dirsek ekleminde, fleksiyon-ekstansiyon ve pronasyon-supinasyon hareketleri vardır.

- **Fleksiyon Hareketi (0 - 150°)**; Amerikan Ortopedi Derneği ve Hoppenfeld'e göre 0-150 derece, Kendall ve Kapandji'ye göre de 0-145 derece olarak belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.biceps brachi uzun ve kısa baş, m.brachioradialis, m.brachialis, m.pronator teres humeral- ulnar baş (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995).
- **Hiperekstansiyon Hareketi (0 - 10°)**; Kapandji'ye göre nötral pozisyondan 0-10 derecelik bir hareket serbestinin olduğunu belirtmişlerdir (Kapandji, 1974). Hareketi yaptıran kaslar; m.triceps brachii uzun, lateral ve medial baş, m.anconeus (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Supinasyon Hareketi (0 - 80 - 90°)**; Amerikan Ortopedi Derneğine göre 0-80 derece, Kendall'a göre 0-90 derecelik, Kapandji'ye göre de 0-85 derecelik bir hareket serbestisi olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.supinator, m.biceps brachii uzun ve kısa baş (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Pronasyon Hareketi (0 - 80 - 90°)**; Amerikan Ortopedi Derneğine göre 0-80 derece, Kendall, Kapandji ve Hoppenfeld'e göre de 0-90 derecelik hareket serbestisine sahiptir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.pronator quadratus, m.pronator teres humeral ve ulnar baş (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).

c-) Arteryal ve Venöz Dolaşımı : Dirsek eklemi etrafında oluşan rete articulare cubiti'den dallar alır. Venlerde paralel olarak aynı isimde devam eder.

d-) Sinirleri: Genellikle n.musculocutaneus ve n.radialis'ten alır. Ancak n.ulnaris n.medianus ve bazen de n.interosseus anterior'dan da dallar alır. n.musculocutaneus eklem kapsülünün ön kısmını n.radialis arka ve ön kısmını inerve eder. N.ulnaris de lig. collaterale ulnare'ye dal verir (Arıncı ve Elhan, 1985).

C- Articulatio Manus (el bileği eklemi)

1-) Articulatio Radiocarpea: Art. ellipsoidea grubu bir eklemdir. Konkav eklem yüzünü radius'un alt ucundaki facies articularis carpea ve caput ulnae ile eklem yapan discus articularis'in alt yüzü oluşturur. Konveks eklem yüzünü ise dıştan içe os scaphodeum, os lunatum ve os triquetrum yapar.

2-) Articulatio Mediocarpalis: El bileğinin distal'de bulunan bu eklemi, proksimal sıra carpal kemikleri ile distal sıra carpal kemikleri arasındadır. Bu eklem art. manus olarak içerisinde değerlendirilir. Eklem proksimal'de os triquetrum, os lunatum ve bir miktar os scaphideum tarafından oluşturulan ulnar tarafındaki konkav yüzü ile, distal'deki os hematum ve os capitatum arasında oluşan eklem art. ellipsoidea tipte bir eklem benzer. Eklem kapsülü son dört art. carpometacarpalis'i içerisine alır (Gökmen, 2003).

a-) Bağları: Capsula articularis

Lig. Radiocarpale dorsale

Lig. Radiocarpale palmare

Lig. Ulnocarpale palmare

Lig. Carpi radiatum

Lig. Collaterale carpi ulnare

Lig. Collaterale carpi radiale

b-) Kinesiyolojisi: El bileğinde fleksiyon (dorsal) - ekstansiyon (volar) ve abduksiyon (radial deviasyon) - adduksiyon (ulnar deviasyon) hareketleri vardır (Kapandji, 1974; Ziyagil, 1995).

- **Fleksiyon (dorsal) Hareketi (0 - 80 - 85⁰);** Amerikan Ortopedi Derneği ve Hoppenfeld'e göre 0-80 derece Kendall'a göre de 0-85 derecelik bir hareket serbestisi olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.flexor carpi radialis, m.flexor carpi ulnaris, m.palmaris longus, m.flexor digitorum superficial, m.flexor digitorum profundus (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Ekstansiyon (volar) Hareketi (0 - 70 - 85⁰);** Amerikan Ortopedi Derneği Hoppenfeld ve Kendall'a göre 0-80 derece Kapandji'ye göre de 0-85 derecelik bir hareket serbestisinin olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.extansor carpi radialis longus, m.extansor carpi radialis brevis, m.extansor carpi ulnaris, extansor pollicis longus, m.extansor indicis, m.extansor digiti minimi, m.extansor digitorum (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).
- **Abduksiyon (radial deviasyon) (0 - 15 - 20⁰);** Amerikan Ortopedi Derneği, Hoppenfeld ve Kendall'a göre 0-20 derece, Kapandji'ye göre de

0-15 derecelik bir hareket serbestisi olduğu belirtilmiştir (Otman ve ark., 1995). Hareketi yaptıran kaslar; m.flexor carpi radialis, m.extensor carpi radialis longus brevis (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).

- **Adduksiyon (Ulnar Deviasyon) (0 - 30 - 35^o);** Amerikan Ortopedi Derneği ve Hoppenfeld'e göre 0-30 derece, Kendall'a göre de 0-35 derecelik bir hareket serbestisinin olduğu belirtilmiştir. Hareketi yaptıran kaslar; m.flexor carpi ulnaris, m.extensor carpi ulnaris (Feneis, 1990; Ziyagil, 1995; Muratlı ve ark., 2000).

c-) Arteryal ve Venöz Dolaşımı: A. ulnaris ve a. Radialis'in namus carpalis ve dorsalis'leri a. metacarpea dorsalis ve palmaris ile arcus parmalis profundus'tan gelen damar tarafından beslenir (Arıncı ve Elhan, 1985). Venöz drenajı arterler ile aynı isimli venler aracılığı ile olur (Gökmen, 2003).

d-) Sinirleri: N. medianus ve n. radialis'in dalları olan n. interosseus anterior ve porterior tarafından inerve edilir (Arıncı ve Elhan, 1985).

2.6.3. Üst Ekstremitte Kasları

- **Omuz Kasları:**
m. deltoideus
- **Yüzeyel Sırt Kasları**
m. teres minör
m. trapezius
m. rhomboideus majör
m. rhomboideus minör
m. latissimus dorsi
m. levator scapula
- **Rotator Cuff Kasları**
m. supscapularis
m. supraspinatus
m. infraspinatus
m. teres majör

- **Göğüs Bölgesi Kasları**

- m. pectoralis majör
- m. pectoralis minör
- m. serratus anterior
- m. subscapularis

- **Kol Kasları**

- a. Ön Bölge Kol Kasları**

- m. coracobrachialis
- m. biceps brachialis
- m. brachialis

- b. Arka Bölge Kol Kasları**

- m. triceps brachii

- **Önkol Kasları**

- a. Önkolun Ön Yüzündeki Yüzeysel Kasları**

- m. palmaris longus
- m. pronator teres
- m. fleksor carpi radialis
- m. fleksor carpi ulnaris
- m. fleksor profundus superficialis

- b. Önkol Arka Yüzündeki Kaslar:**

- m. brachio radialis
- m. ekstensor carpi radialis longus
- m. ekstensor carpi radialis brevis
- m. ekstensor digitorum
- m. ekstensor digiti minimi
- m. ekstensor carpi ulnaris
- m. anconeus
- m. supinator
- m. abdüktor pollicis longus
- m. ekstensor pollicis brevis
- m. ekstensor pollicis longus
- m. ekstensor indicis

2.7. Kinematik Araştırma ve Ölçüm Yöntemleri

Kinematik; uzaklık (yol), zaman ve açı ölçümlerine dayalı olarak hareketlerin oluşumlarını analiz etmeye yönelik bir araştırma ve ölçüm yöntemidir. Hareketin kaydedilmesi (filme ya da videoya) ve değerlendirilmesinde kişisel ve aletsel uygulamaların doğruluğuna dikkat edilmelidir. Aletler, spor türüne özgü uygulama koşullarında engel oluşturmayacak şekilde ölçebilmeyi sağlamalıdır (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.1. Mekanik Ölçüm Yöntemleri

Mekanik ölçüm yöntemlerinde; uzunluk ölçümü, açı ölçümü, zaman ölçümü, kütle belirlenmesi gibi konulara yer verilmelidir.

- **Uzunluk ölçümü:** Verime ait uzunlukların ölçümünde metre, insan vücudundaki uzunlukların ölçümünde ise antropometrik ölçüm aletleri kullanılır.
- **Açı ölçümü:** Sakin durmaktayken vücut eklemlerindeki büküklük ve gerginliği ölçen açı ölçerler kullanılır.
- **Zaman ölçümü:** Ardı ardına iki olay arasındaki zaman ölçümünde mekanik kronometre kullanılır (koşucunun koşuya başladığı an ile boşuyu bitirdiği an arasındaki zaman aralığı gibi).
- **Kütle ölçümü:** İnsan vücudunun kütlesi kaldıraç sistemine dayanan kollu teraziyle dolaylı olarak saptanabilir (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.2. Elektronik Ölçüm Yöntemleri

Mekanik büyüklüklerin elektrik ya da elektronik büyüklüklere dönüşümü söz konusudur. Elektronik ölçüm yöntemleri şunlardır:

a) Açı ölçümü: Mekanik açı ölçümüne karşın, elektronik açı ölçer (goniometre), dönen potansiyometre açı-zaman sürekli ölçümüne olanak verir. Uygulama hareketlerin düzlemi ile sınırlıdır. Üç boyutlu açı değışimlerinde ya da optik ulaşamaz hareketlerde özel bükülebilir goniometreler kullanılır.

b) Zaman ölçümü: Ölçülen diğere büyüklüklerden birinin zamanın işlevi olarak örneğın; kuvvet ölçümünde dayanma evresinin, çok kısa sürelerle elde edilmesine olanak verir. Bunu elektronik kapılar şeklindeki zaman ölçerler, bilinen kronometrelerden daha etkin şekilde sağlar.

c) Hız ölçümü: Ultrases – hız ölçümü; akustik dopler efektine dayanır. Eğer bir ses kaynağı sakin duran bir gözlemciden uzaklaşıyorsa ya da ona doğru hareket ediyorsa gözlemcinin bulunduğu yere göre değışen bir ses tonu (yüksekliğı) yayınlar. Bu da kaynağın hızını orantılı olarak belirler.

d) İvme ölçümü: İvme ölçümü Newton'un II. kanununa dayanır ($F = m.a$). Hızın birinci dereceden türevi olan ivme matematik işlemin yanı sıra elektronik bir yöntem olan ivme ölçerlerle (accelerometer) doğrudan ölçülebilir. Bunlar, bir konsol kiriş ya da çıkma yay üzerine yerleştirilmiş bir kütlede oluşur. Bu kütle de ivme ölçerin gövdesine tutturulur. Gövde hızlandıkça, eylemsizlik nedeniyle kütle geride kalır ve kiriş ya da çıkma yay deforme olur, şekli bozulur (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3. Optik Ölçüm Yöntemleri

İnsan fonksiyonunun belirlenip değeriendirilmesinde en basit yol görsel incelemedir. Film tekniğı insan hareketlerinin anlaşılmasında bir yüzyıldan fazla süredir kullanılmaktadır. Film, video veya fotoğraf ile gözle görüldüğünden daha fazla hareket detayı incelenip değeriendirilebilir. Hareket analiz metodunda en doğru sonucu film 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 tekniğı ise ucuzdur, kullanılışı kolaydır, çok pratiktir ve sonuçlar hemen değeriendirilebilir. 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 (Marshall et all, 1991).

2.7.3.1. Fotoğraf Tekniği

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

2.7.3.2. Kronosiklofotograf Tekniği

Karanlık ortamda açık kamera objektifi önünde değişik yerlerine ışık kaynakları yerleştirilen nesnenin hareket akışı negatif film üzerine kaydedilir. Makineye yerleştirilmiş delikli bir disk sabit hızla döner. Işık kaynağından gelen ışınlar film emilsiyonu üzerine etki eder. Böylece eşit zaman aralıklarıyla görüntü kaydedilmiş olur (Winter, 1990; Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3.3. İmpuls Fotoğraf (Işık İzi) Tekniği

Bu yöntem de, kayıt sırasında kamera objektifinin açık olduğu bir yöntemdir. Kayıtta zaman hakkında bilgiler belirli zaman aralıklarıyla yanıp sönen sporcunun üzerine yerleştirilen bir ışık kaynağından elde edilir. Bu yöntem için karanlık bir laboratuvar ortamı olması gerekmektedir (Winter, 1990; Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3.4. Seri Fotoğraf Yöntemi

Filmi sürekli çevirmek amacıyla zemberekli ve elektrikle çalışan bir motoru olan fotoğraf kameraları kullanılır. Böylece saniyede 3 ile 12 arasında karenin çekildiği seri fotoğraflar elde edilir. Buradan yalnız yavaş hareketlerde analitik yöntemlerle kullanılabilir veriler elde edilir (Winter, 1990; Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3.5. Kinematografi Yöntemi

Bu yöntem için sporda daha çok süper 8.16 mm. ve 35 mm. film kameraları kullanılır. Bu kameralarda kısmen zemberekli, ama çoğunlukla motor ile çekim frekansı 10 ile 40000 Hz. arasında hız düzenlenir. Doğru zaman akışı film yüzeyinin dışında, impuls yöntemi küçük ampullerden kaydedilmiş ışık işaretleri ile saptanır. Ayarlanabilen objektif açıklığı, söz konusu kısa sürede çekilen net bir fotoğraf elde etmeye olanak sağlar. Bunun için iyi aydınlanmış aydınlık bir ortama (gün ışığı ya da yapay aydınlatmaya) gerek vardır. Bu yöntemle çalışmak için yüksek duyarlı (400 asa ve üstü) filmlere gerek duyulur. Ancak bunlar iri grenli filmlerdir bu nedenle görüntüler çok net algılanmaz (Winter, 1990; Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3.6. Videografi yöntemi

Yüksek hızlı kameralar aracılığı ile çekilen görüntülerin bilgisayar hafızasına aktarılarak hareket analiz programlarında kinematik analizlerin yapılmasına olanak sağlayan sistemdir.

Teknik gelişime bağlı olarak video fotoğraf yöntemi sporda çok geniş uygulama alanı bulmuştur. Gündelik olarak kullanılan 25 resim /s frekanslı ticari kameralardan, yüksek frekanslı (200-400 resim /s) kameralara kadar değişik modeller şu amaçlarla kullanılır;

- Nitelik analizinde; örneğin, hücum setini ve taktik ayrıntıları gözlemlemek için.

- Tekniğin gözleminde; örneğin, raket oyunlarında vuruş türünü ve ayrıntılarını belirlemek için.
- Kinematik nicelik hareket analizinde; burada hareketin nümerik kaydı ve onun kinematik büyüklüklerle tanımlanması yapılır.

Hareket analiz sistemi, kişinin performansının yüksek hızlı film veya video kaydı ile teknik süreci temel alarak insan hareketinin ölçülmesini sağlar. Bunun yaygın olarak kullanılan diğer sistemlerden daha avantajlı yönleri vardır. İlk olarak EMG veya kinetik (güç platformu) datayı dışında tutacak olursak tel, markır veya sensörlara gerek duyulmaz. Taşınabilirdir ve çevrenin hazırlanmasını gerektirmez. Kameralar aktivitenin olduğu yere götürülebilir ve sporcuya müdahale etmeyecek herhangi bir yere konumlandırılır. Skala ve ölçümün doğruluğu, performe edilen aktivite için gerekli olan düzey ne olursa olsun ayarlanabilir. Kamera yeri, lens seçimi, kapatıcı ve film hızı, hareketlerdeki bazı detayları almak için çeşitlendirilebilir.

Özel uygulamalarda yüksek hızlı kamera, güçlü lensler ve ilüminasyonun yüksek düzeyi gerekli olmasına rağmen video ekipman teknolojisi bu ihtiyaçları karşılayabilecek düzeydedir. Ayrıca film verisi, analiz yerinden uzak olan uluslararası yarışmalar sırasında toplanabilir ve daha sonraki bir tarihte değerlendirilebilir (Ariel, 1975).

Kompütüre bağlantılı olan video analiz sistemi bir çok büyüklüğü değerlendirilmeye hazır olarak verir. Böylece iki ya da üç boyutlu kaydedilmiş hareket görüntüleri bir çok kinematik büyüklükle nicelik olarak ve çok değişik grafiklerle tanımlanır (Muratlı ve ark., 2000).

2.7.3.7. Optoelektrik Yöntem

Bu yöntemde işaretlenmiş eklem noktaları, doğrudan görüntü koordinatlarına taşınır. Genellikle, çok zaman alan elle değerlendirme gerektirir. Görüntü daha önceden işaretlenmiş nesne noktalarına indirgenir. Bunlarda ayrı modele uygun

çubuk adam olarak birleştirilir. On-line kaydedilen bu referans noktaları, diğer bütün yansımalar ve gün ışığına göre çok daha duyarlı tepki verir. Ancak bu yöntemlerin kullanım alanları yalnız laboratuvarlar ile sınırlıdır.

2.8. Kinematik Analiz

Kinematik analiz dört ana fazı içerir.

Birinci Faz: 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, 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.

İkinci Faz: Dijitize edilmesi analizin ikinci fazıdır. Özellikle video görüntüsü bilgisayara kaydedilmeli ve hafızada tutulmalıdır. Görüntü dizisi hafızadan alınıp kare kare gösterilir ve kişinin vücut eklemının 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 (Ariel, 1975).

Üçüncü Faz: 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 (Ariel, 1975).

Dördüncü 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 (Ariel, 1975).

2.8.1. DLT (Direct Linear Tranformation)Metodu

Üç 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 gerekmede 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.

DLT nin doğruluğu üzerine yapılan bir araştırmada kalibrasyon alanı içindeki 3 boyutlu koordinatların sonuçlandırılmasında 6-7 mm hata bulunmuştur (Chen et all, 1994). Bununla birlikte kalibrasyon alanının dışındaki noktalar analiz edildiğinde hata anlamlı bir şekilde artmıştır (Wood and Marshall, 1986).

2.8.2. Kare oranı

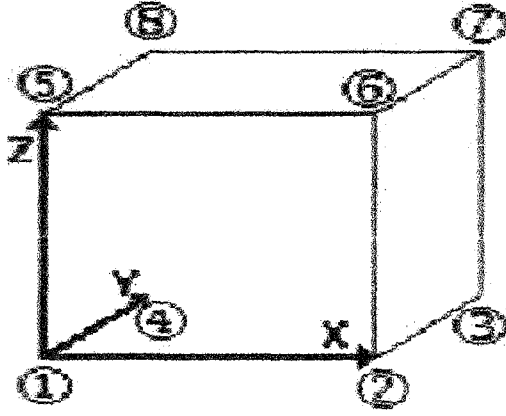
Bir saniye'deki örnekleme (kare) oranıdır. Avrupa'da standart yüksek hızlı kameraların kare oranı saniye'de 25 Hz, Amerika'da ise 30 Hz'dir. Bunlar alanın ikiye bölünmesiyle Avrupa'da saniye'de 50 Hz hıza, Amerika'da ise 60 Hz hıza çıkarılarak kullanılabilir. Devam eden hareketlerin görüntülenmesinde örnekleme sıklığı ile ilgili bilim adamlarının farklı görüşleri vardır. Kimi bilim adamları 5 ile 10 karelik örnekleme oranının gerekli olduğuna inanmasına rağmen, kimileri de bu sayının yeterli olmadığını düşünmektedir. Aşırı örnekleme ya fiyatı yükseltir ya da kamera seçimini sınırlandırır. Az örnekleme ise çok önemli hareket karakterlerinin kaçırılmasına ya da biçimce bozulmasına yol açar (Wood and Marshall, 1986).

2.8.3. Deri işaretleri

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 eksenine boyunca işaretleme yapılmalıdır (Trew and Everett, 1997).

2.8.4. Kalibrasyon

Kalibrasyon için genellikle kalibrasyon kafesi ya da küp tercih edilir. Kalibrasyonda en az 8 kalibrasyon noktası 3 koordinat için belirlenmiş olmalıdır.



Şekil 2.2. Koordinat sistemi ve kalibrasyon noktaları

2.9. Yüksek Kol Atışı

Atışlar ve itme hareketlerinde elin ucuna ulaşan hız önemli iken, vurma hareketinde momentum önemlidir. Örneğin bir beyzbol sopasıyla beyzbol topuna vurulduğunda kazanılan momentum, topun hızı ile beyzbol sopasının kütlesi çarpımına eşittir ($M=m.v$). Bu durumda daha hafif bir beyzbol sopası kullanıldığında aynı momentuma ulaşabilmek için topa daha çok hız kazandırmak gerekir.

Yüksek kol atışlarına en güzel örnek beyzbol atıcısının atışıdır. Ayrıca cirit atma, amerikan futbolunda pas atışı, hentbolde kale atışı gibi atışlar da yüksek kol atışına örnektir. Yüksek kol vuruşuna ise voleybolda smaç ve tenis servisi örnek olarak verilebilir.

Yüksek kol atışını Hirashima ve arkadaşları 5 faza ayırmışlardır. Bunlar; Hazırlık, dayanma, kol çekişi, ivmelenme ve yavaşlama fazlarıdır (Hirashima et al, 2002).

Atış başlamadan önceki gerilme safhasında şunlar olur. Atış hangi elle gerçekleşecek ise vücut ağırlığı o yöne kaydırılır. Örneğin sağ elle atış yapılacak ise vücut ağırlığı sağa, sol elle yapılacak ise sola kaydırılır. Örneğimiz sağ elle olduğundan, vücut bu hazırlık safhası için sağa doğru rotasyon yapar. Ayrıca sağ kol aşırı derecede ekstansiyon, abdüksiyon ve supinasyondadır. Hazırlık aşamasındaki

gerilme safhası tamamlandıktan sonra, atışın başlama safhasına geçilir ve aşağıdaki olaylar oluşur.

1- Sabit bacak üzerinde kalçanın sola-içe rotasyonu.

2- Gövdenin sola doğru güçlü rotasyonu.

3- Scapular abdüksiyon.

4- Omuzun sola-içe güçlü horizontal fleksiyonu, bitişe doğru kuvvetli iç rotasyonu ve addüksiyonu.

5- Dirsek ekleminin önkol rotasyonu ile birlikte ekstansiyonu. Bu rotasyon atılan cisme doğru yön vermede önemlidir.

6- Bilek ekleminin güçlü fleksiyonu. Bu fleksiyon atışın amacına bağlı olarak düz ya da ulnar abdüksiyon ile karışık fleksiyon şeklinde olabilir.

Beşinci ve altıncı şıklarda belirtilen hareketler genellikle birbirine bağlıdır. Örneğin önkol dış rotasyon yapmışsa, el bileği genellikle ulnar abdüksiyon ile karışık fleksiyon yapar. Önkol iç rotasyon yapmışsa, el bileği düz fleksiyon yapar. Ayrıca atış bittiğinde ve kol aşağıya düştüğünde aşırı pronasyon, addüksiyondadır. Yüksek kol atışlarındaki hareketin analizi art. humeri'nin stabilitesini sağlayan faktörleri anlamak açısından oldukça önemlidir. Art. humeri eklem kapsülünün gevşekliği ve eklem bağlarının gücü açısından vücudun en zayıf eklemlerinden biridir. Zaten bu sayede eklem hareketliliği artmıştır. Bu sebeple eklem stabilitesinin artırılması için başka faktörlerin de olması gerekir. Bu faktörler ise omuz bölgesi kaslarından bazılarıdır. Özellikle "rotator cuff" kasları dediğimiz grup omuz eklemi stabilitesi açısından çok önemlidir. "Cuff" İngilizce'de kol manşeti yada yaka manşeti anlamına gelir. İşte bu gruba giren kaslarda humerus başını bir manşet gibi çepeçevre sardıklarından ve kola rotasyon hareketleri yaptırdıklarından dolayı bu ismi almışlardır. Bu gruba giren kaslar m.supraspinatus, m.infraspinatus, m.subscapularis ve m.teres minor'dur. M.supraspinatus kolun ilk 15° lik abdüksiyonundan sorumludur. Ayrıca omuz ekleminin abdüksiyonu belli bir dereceye ulaştıktan sonra dış rotasyona da yardımcıdır ve de omuz ekleminin en güçlü stabilatörüdür. M.teres minor ve m.infraspinatus ise kola dış rotasyon yaptırırlar. M.subscapularis kola iç rotasyon yaptırır. Bu hareket açısından kolun en kuvvetli kasıdır. Ayrıca her üç kas

da omuz ekleminin sagittal eksenini alttan çaprazladığından dolayı, kola addüksiyon yaptırırlar.

Yukarıda da söylendiği gibi, rotator cuff kaslarının tendonları ve onları kuşatan bağ dokusu kılıfları humerus başı etrafında bir kuşak oluşturur. Böylece rotator cuff kasları, humerus başını fossa glenoidalis'e bağlayan dinamik bir ligament gibi görev görür. Rotator cuff kaslarının eklem alt kısmına desteği çok azdır. Bu yüzden de omuz eklemi çıkıkları (dislokasyon) eklem alt kısmında oluşur. Yüksek kol atışları özellikle de beyzbol atışları sırasında rotator cuff kasları oldukça sık zedelenir. Atışın hazırlık safhasında, kol aşırı derecede dış rotasyon, abdüksiyon ve ekstansiyon durumundadır. Bu durumda en belirgin fonksiyon olan kolun aşırı dış rotasyonuna karşı, kolun en güçlü iç rotatoru olan m.subscapularis karşı koymaya çalışır. Dolayısıyla bu aşamada m.subscapularis yırtılması veya zedelenmesi oluşabilir. Atışın bitiş aşamasında ise kol öne ve aşağıya doğru aşırı bir şekilde savrulmuştur ve aşırı pronasyon, addüksiyon ve fleksiyon durumundadır. Bu aşamadaki belirgin pozisyon kolun aşırı iç rotasyonudur ve bu durumda da kolun dış rotatoru olan m.infraspinatus ve m.teres minor, eklemi korumaya çalışır. Dolayısıyla hareketin en son safhasında da bu iki kas zedelenir. Bu iki kas hazırlık safhasında kolun pozisyonunu hazırlamaya yardımcıdır, fakat asıl fonksiyonu bitiş aşamasındaki eklemi koruma görevidir. M.supraspinatus ise, scapula ve humerus'u birbirine bağlayan kısa ve sıkı bir bant gibi görev gördüğünden, hareketin her aşamasında temel koruyucu rolünü üstlenir ve dolayısıyla her safhada zedelenebilir (Well, 1966).

Hirashima ve arkadaşlarının beyzbol, amerikan futbolu ve tenis oyuncularının yüksek kol atışlarını inceledikleri araştırmalarında kas aktivitesinin proksimal'den distale olduğunu tespit etmişlerdir (Hirashima et al, 2002). Atış hareketi gerçekleştiğinde bu olaya ayaktan başlayarak tüm vücut kasları katılır. Örneğin yüksek kol atışlarında üretilen kas gücünün yarısı kullanılan üst extremiteye aitken, diğer yarısı alt extremit ve gövdeye aittir. Bu oranlar atılan cismin şekline, büyüklüğüne ve ağırlığına göre değişebilir. Cooper ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda, beyzbol atışı sırasında harekete en fazla katkısı olan safhanın el-bileğinin fleksiyonu olduğunu bulmuşlardır. Diğer önemli safhaların ise kalçanın rotasyonu, gövdenin rotasyonu ve kolun iç rotasyonu olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksek kol atışlarında isabet sağlamadaki hatalar daha çok yükseklik-alçaklık tespitinde olmaktadır. Taraf hatası (sağ taraf-sol taraf kaymaları) daha az olmakla birlikte, alçak seviye kol atışlarına oranlandığında daha fazladır. Fakat yan kol atışlarına göre daha azdır. Yüksek kol atışlarında yanlış teknik kullanılırsa, üretilen kas gücü azalır. En sık yapılan hata, hazırlık aşamasında vücudu arkaya ve atışın yapılacağı kol tarafına döndürürken, önde kalan ayağın tercihindedir. Örneklememizi sağ elini kullananlar için yaptığımızı göre; vücudumuzu sağa arkaya doğru döndürürken (hazırlık safhası), önde kalan destek bacağı sol baktır. Yani hazırlık aşamasında, atış için kullandığımız kolun ters tarafındaki bacak önde kalmalıdır. Eğer aynı taraftaki bacak önde kalırsa; gövde ve kalça rotasyonundan elde edilecek katkı sağlanamaz. Ayrıca kolun iç rotasyonundan sağlanacak katkı da azalır (Wells, 1966).

Atışın isabetini etkileyen faktörlerden biri de, fırlatma hızıdır. Alçak hızlarda isabet artarken yüksek hızlarda düşebilir veya tam tersi de olabilir. Bu tamamen kişinin deneyimine ve çalıştığı hız sınırlarına bağlıdır. Diğer önemli faktör, parmakların ne ölçüde kullanıldığıdır. Eğer parmaklarını kullanmadan avuç içini kullanarak bir atış yaparsak, bu atışın başarılı olma şansı oldukça düşüktür. Bu durumu düz taban sıçrayışına benzetebiliriz. Ayak parmaklarını kullanmadan sadece tabanla sıçramanın ne kadar zor olduğunu kendimiz deneyerek de anlayabiliriz. Gerek ayak gerek el parmaklarının kullanılma zorunluluğu kaldıraç sistemindeki kuvvet kolunun uzatılması içindir. Böylece daha çok kuvvet sağlanır. Atılacak cismi parmak uçlarında tutmak bu etkiyi daha da artırır (Wells, 1966).

Diğer önemli bir yüksek kol atışı örneği “cirit atma”dır. Bunun da diğer yüksek kol atışlarından bazı farkları vardır. Özellikle hazırlık safhası farklılık gösterir. Hazırlık safhasında koşarak ilerlerken, atıştan önceki en son adımda hangi extremité kullanılıyorsa, o taraftaki bacak öndeki destek bacağına çaprazlayarak öne gelir. Önkol fırlatma anına kadar tam supinasyondadır. Fırlatma anından itibaren pronasyon yapmaya başlar. Yine fırlatma anına kadar kol tam ekstensiyondadır. Cirit atmada doğru yöntemi uygulamak oldukça önemlidir. Cirit fırlatma açısına uygun bir açıda taşınmalı ve atıcının kulağına çok yakın bir durumda tutulmalıdır. Bundan daha uzak tutulursa cirit hatalı yönlere gidebilir. Ayrıca öndeki bacağın pozisyonu fırlatma anını saptamada en önemli kriter olmalıdır. Öndeki ayağın tam ekstansiyona geldiği

ve başparmak üzerine ağırlık verildiği an, fırlatma için en uygun andır. Çünkü bu sırada hem kaldıraç sisteminde kuvvet kolu açısından en uygun noktaya gelmiş hem de fırlatma için en yüksek noktaya ulaşılmış olunur. Atışın safhalarında çalışan kas grupları da aynıdır.

2.10. Voleybolda Smaç

Smaç bir müsabakada en önemli hücum hareketidir (Coleman et all, 1993). Voleybolda smaç önce yumruk, sonra tokat olarak geliştirilmiştir. Daha sonra çekme hareketi adı verilen yeni bir teknik kullanılmaya başlanmış bir süre orası kullanılması yasaklanmıştır. Smaçör topa net bir vuruş yapacak, bir an için bile olsa topu tutmayacaktı. Böylece bugünkü smaç anlayışına ulaşılmıştır. Tek ayakla sıçramadan çift ayakla sıçramaya geçilmiştir. Yatay hız almada koşarak gelmeler bırakılıp üç adımla dengeli girişler yapılmaya başlanmıştır (Bengü, 1983).

Coleman ve arkadaşları voleybolda smacı altı bölüme ayırmışlardır. Yaklaşma, dayanma, çıkış, uçuş, topa vuruş , düşüş ve toplanma (Coleman, 1993).

Smaçta yaklaşma ya da giriş denilen yatay hız alma hareketi sıçramayı arttırması bakımından önemlidir. Burada dikkat edilmesi gereken yatay hızın duraklamadan dikey hıza dönüştürülmesi, hafif geriye doğru bir sıçrama ile yükselmenin en yüksek noktaya ulaşmasıdır. Girişte son adım en önemli adımdır. Bu dayanma fazının da başlangıcıdır. En iyi giriş, uzun bir adımla sıçrama ayağı yere bastıktan sonra diğerinin yanına gelmesidir. Bu çıkış fazının başlangıcıdır, sıçramaya bir yumuşaklık verir, vücudun sağa-sola çevrilmesini, havada dönmeyi kolaylaştırır. Diğer bir giriş ise sıçrama ayağı ile hafif öne sıçrayıp bu küçük sıçramanın sonunda yere iki ayağı ile aynı anda yere basarak uygulanan sıçramadır. Bu küçük ön sıçramada hız kaybedilmektedir. Üstelik sıçrama anına bir sertlik getirilerek vücudu havada döndürmeyi zorlaştırmaktadır (Bengü, 1983; Scates, 1984). Voleybolda tek ayakla sıçrayarak yapılan smaç'da, çift ayakla yapılan smaca göre daha büyük bir ağırlık merkezine, yaklaşma hızına ve daha kısa vuruş zamanına sahip olduğu görülmüştür (Huang et all, 1999).

Uçuş fazı, oyuncunun yerden ayrılmasından topla temas anına kadar olan bölümdür. Öne doğru savrulurken yukarı yönelen kolların yardımıyla smaçör daha yükseğe çıkacaktır. Bu arada gövde de geriye açılır. Yükselen smaçör vuruş kolu omuzunu geriye doğru hareketlendirerek smaç için hazırlar. Diğer kolu yukarıdan gelen topu gösterir. Serbest kol dirsekten bükülüp aşağı çekilirken, vuruş kolu geriden kırbaç gibi topa gelir. Smaçör vuruş yaparken topu açık olan eli ve bileği ile yönlendirir.

Düşüş fazında ise iki ayak üzerinde, kontrol ayak parmak uçlarında olmak üzere eklemler yardımıyla düşüşün yumuşatılması gerekir. Ayakların yere değmesinden sonra sporcu yavaş yavaş çömelir. Düşüş süresi mümkün olduğu kadar uzatılmalıdır. Çömelik pozisyonda durarak gözlerin toptan ayrılmaması gereklidir (Vurat, 2000).

Son faz olan toplanma ise başlangıç pozisyonuna geri dönüşü ifade eder.

2.11. Hentbolde Sıçrayarak Atış

Atış hentbolde en önemli beceridir (Jöris et all, 1985; Muijen et all, 1991). Etkili bir atışta iki temel faktör önemlidir; doğruluk ve atış hızı. Doğal olarak kaleye daha hızlı giden şut kalecilere topu yakalamak için daha az zaman tanıyacaktır. Hentboldaki en önemli faktörün gol atmak olması nedeniyle kaleye yapılan atışlar oyuncuların doğal hareketleridir. Daha da önemlisi bireysel hareketlerdir. Bireysel hareketlerin başarılı olabilmesi sporcunun büyük oranda yukarı sıçrayabilme ve hızlı yer değiştirme yeteneğine bağlıdır (Sivrikaya, 1998).

Antrenörler ve bilim adamları yüksek kol atışında hızı belirleyen üç ana faktöre işaret etmektedir; hareket tekniği, somatik özellikler ve motor yetenekler. Antrenman sürecinde hareket tekniği ve fitness düzeyine rağmen morfolojik faktörler ana genetik belirleyicilerdir.

Sıçrayarak Atış, temel atışın sıçrama esnasındaki kullanımudur. Hentbolda en sık kullanılan atış tekniğidir. Oyun alanının her bölgesinden ve savunma oyuncularının üzerinden kullanılan bir atıştır. İstatistiklere bakıldığında, gol olan

birçok atışın büyük ölçüde sıçrayarak yapılan atışlardan geldiği görülmektedir (Taşkiran ve ark., 2002).

Hentbolde değişik atışlar arasında oyun boyunca sıklıkla kullanılanı sıçrayarak atıştır. Bu tip atışlarda topun hızı en yüksek değerde ölçülmesine ve atış tekniğinin diğerlerinden daha komplike olmasına rağmen popüler olmasının sebebi daha etkili olmasıdır (Wit and Eliaz, 1998).

Hentbolda sıçrayarak atış; yaklaşma, sıçrama, uçuş, atış ve düşüş olmak üzere beş aşamadan oluşmaktadır.

Yaklaşma, sıçramadan önce iki veya üç adımda sağlanır. Optimum yatay hızla başlar ve sıçramaya transfer olacak kuvveti sağlar. Etkili bir sıçrama için iki veya üç adımla yatay hız gerekmektedir (Taborsky et al., 1999).

Sıçrama için, iki ve ya üç adımdan sonra sıçrama ayağı yukarı kaldırılıp basma ayağının yerden teması kesilir, sonuç olarak vücut yukarı kaldırılır.

Uçuş, oyuncunun yerden ayrılmasından topu atış anına kadar olan bölümdür. Basma ayağının yerden kalkması, havada kalış ve topu atış anındaki zamandır.

Atış ise sıçramanın en yüksek noktasında topun elden çıkmasıdır. En önemli karakteristiği, en yüksek eklem merkezi hızı, top atış hızı ve yüksekliğinde etkili atış gerçekleştirilmesidir (Zvonarek and Hraski, 1996).

Son faz olan düşüş, topun elden çıkışından ayakların yere temas etmesine kadar olan süreyi kapsar.

3.GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Süper Lig takımlarından Kocaelispor bayan voleybol takımından yaş ortalamaları 24 ± 4.65 , boy ortalamaları 174.45 ± 4.50 cm. ve ağırlık ortalamaları 68.03 ± 5.32 kg olan 9 voleybolcu, hentbol bayan milli takımından ise yaş ortalamaları 20.78 ± 2.82 , boy ortalamaları 174.63 ± 7.28 cm. ve ağırlık ortalamaları 65.81 ± 5.32 kg. olan 11 hentbolcu çalışmaya denek olarak alınmıştır. Denek grubu hareket genişliklerini engelleyebilecek herhangi bir sakatlığı bulunmayan kişilerden seçilmiştir. Voleybolcularda pasörler ve hentbolcularda kaleciler değerlendirme dışı bırakılmıştır.

3.2. Veri Toplama Araçları

Bayan voleybolcuların ölçüm ve çekimleri Kocaelispor tesislerinde, Hentbolcülerin ölçüm ve çekimleri ise Yakacık Ticaret Odası Spor tesislerinde gerçekleştirilmiştir.

Fiziksel ölçümlerden ağırlık ölçümünde tanita marka elektronik tartı kullanılmıştır. 100 grama kadar ölçüm sonucu kaydedilmiştir. Ölçümler çıplak ayakla ve deneklerin üzerlerinde ağırlık yapmayacak şort, tişört varken yapılmıştır. Boy ölçümleri Holtain marka stadiometre ile yapılarak ölçüm 0.1 cm e kadar kaydedilmiştir. Ölçüm yine çıplak ayakla denek dik pozisyonda iken nefes alma sonrasında alınmıştır.

Çekimlerde SonyTrv330E marka 2 adet dijital kamera kullanılmıştır. Hızları 25 hz olan kameraların programda alanın ikiye bölünmesiyle hızı 50 hz'e çıkarılmıştır.

Alanın kalibrasyonunda 4 adet kalibrasyon çubuğu kullanılmıştır. 1,5m, 1m ve 1 m lik üç bölümden oluşan çubuklar birbirine eklenerek uzatılacak şekilde dizayn edilmiştir.DLT yöntemi ile kalibrasyon yapılmıştır.

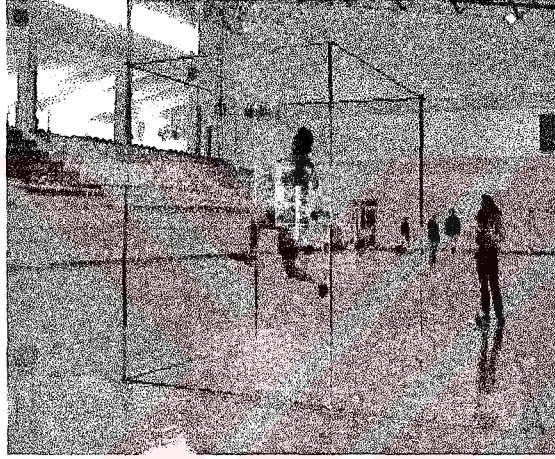
Bu yöntem; kamera görüntüsünden gelen dijitize koordinatlarla 3 boyutlu alandaki benzer koordinatlar arasında ilişki olduğu prensibinden hareket etmektedir.

Kameraların senkronizasyonu için canon marka flaş kullanılmıştır.

Kalibrasyon Alanı Ölçüleri:

Hentbol 2 x 2.50 x 2 m

Voleybol 2 x 2.67 x 2.80



<u>Hentbol</u>	<u>Voleybol</u>
<u>x; y; z</u>	<u>x; y; z</u>
0; 0; 0	0; 0; 0
2; 0; 0	2; 0; 0
2;2.50;0	2;2.67;0
0;2.50;0	0;2.67;0
0; 0; 2	0;0;2.80
2; 0; 2	2;0;2.80
2;2.50;2	2;2.67;2.80
0;2.50;2	0;2.67;2.80

Şekil 3.1.Kalibrasyon ölçüleri

Değerlendirmeye alınacak omuz-dirsek (kol) ve dirsek- el bileği (önkol) segmentleri üzerindeki acromion, olecranon ve medial syteloid noktalarının vücut üzerinde işaretlenmesinde fosforlu etiketler kullanılmıştır.

3.2.1 Ölçüm Yöntemleri

Araştırmada, hentbolcularda yüksek kol atışlarından sıçrayarak atış hareketi, voleybolcularda ise yüksek kol vuruşlarından smaç hareketi değerlendirmeye alınmıştır (şekil 3.2, şekil 3.3). Tüm çekimler 20 dk lık ısınma sonrasında gerçekleştirilmiştir. Her sporcuya hareket 2 kere tekrar ettirilmiştir.

Çalışmada 3 boyutlu videografi yöntemi kullanılmıştır. Kalibrasyon çubukları alana yerleştirildikten sonra kameralar kalibrasyon kafesini net görecektir şekilde ve birbirlerine yaklaşık 90° açı ile yerleştirilmiştir.

Kameraların açısının değişmemesi için uzaktan kumanda kullanılmıştır. Çekime başlamadan önce denekler, hareketlerini kalibre edilen alan içinde yapmaları yönünde uyarılmış ve kendilerinden maksimum güçlerini kullanmaları istenmiştir. Kameralar çekime başladıktan sonra her iki kameranın da görebileceği bir yerden flaş patlatılmış ve deneklerden harekete başlamaları istenmiştir. Deneğin hareketleri tamamlanana kadar kameralar çekime devam etmiştir.

Alınan görüntüler simi capture programı aracılığı ile bilgisayara aktarılmıştır. Analizler Simi 5.5. hareket analiz programında yapılmıştır.

Analize başlamadan önce ilk olarak kalibrasyon alanının görüntüsü çağrılarak 8 kalibrasyon noktası işaretlenmiş ve kalibrasyon alanının 3 koordinattaki mesafeleri girilmiştir (şekil.3.1.)

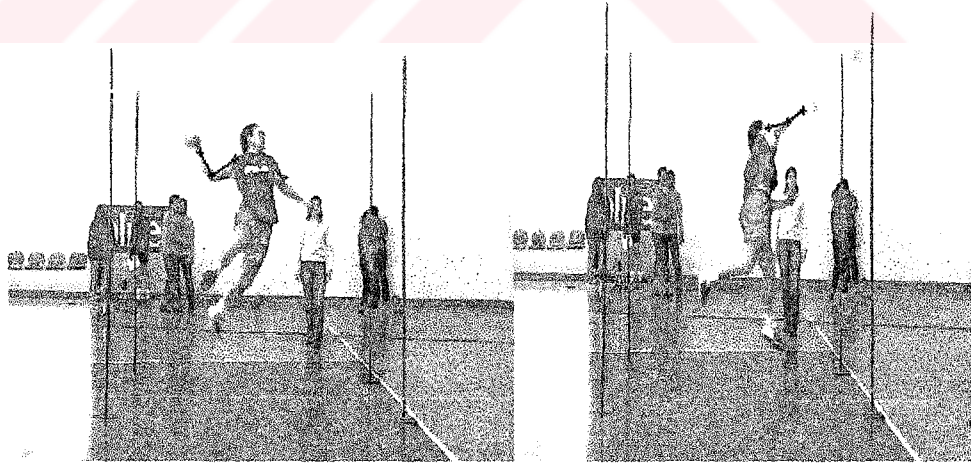
Her iki kamera için de sırasıyla aynı kişiye ait 2 farklı plandan alınmış görüntüler çağrılarak başlangıç karesi flaşın patladığı an olarak seçilmiştir. Kullanılacak anatomik noktalar ve bunlar arasında yapılacak bağlantılar (omuz-dirsek, dirsek-el bileği) bilgisayarda tanımlandıktan sonra görüntüler üzerinde kare kare, omuz, dirsek ve bilek eklemesindeki noktalar işaretlenmiştir. İşaretlemeler tamamlandığında 3 boyutlu analiz sonuçları filtre edilmiş datalar üzerinden çağrılarak hareketin her üç eksen üzerindeki, yani xy ekseni(transvers düzlem), xz ekseni (vertikal düzlem) ve yz ekseni (sagittal düzlem), açısal değeri (derece), açısal hız(derece/saniye) ve açısal ivmelenme (radyan/saniye) değerleri hesaplatılmıştır.

3.2.2. Hareket fazları

Yüksek kol atışının 2 fazı incelenmiştir. Gerilme ve ivmelenme fazı. Her iki spor dalında da kolun geriye hareketinin başladığı an başlangıç karesi olarak alınmıştır. Omuzun maksimum eksternal rotasyonundaki kare ise gerilme fazının bitişi kabul edilmiştir. İvmelenme fazının başlangıcı gerilme fazının bittiği, omuzun eksternal rotasyonundan sonra öne doğru hareketinin başladığı kare olarak belirlenmiş ve topun elden çıktığı kare bu fazın bitişi olarak alınmıştır.



Şekil 3.2. Hentbol'da sıçrayarak atış hareketi gerilme ve ivmelenme fazı



Şekil 3.3. Voleybol'da smaç hareketi gerilme ve ivmelenme fazı.

3.3. İstatistiksel Yöntem

Elde edilen veriler SPSS 10.0 istatistik paket programında; branşlar arası karşılaştırmalar Kruskal Wallis Waryans analizi, voleybolcularla hentbolcülerin her iki fazda da karşılaştırılmalarında Mann whitney U ve branşlardaki gerilme ve ivmelenme fazlarındaki korelasyon değerleri Pearson Korelasyon katsayısı teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir.



4. BULGULAR

Çizelge 4.1. Hentbolcuların yaş,boy, ağırlık değerleri aritmetik ortalama ve standart sapmaları.

HENTBOL			
NO	BOY	AĞIRLIK	YAŞ
1	182	71,7	25
2	178	64,5	18
3	178	68,9	20
4	170	64,9	26
5	175	77,5	27
6	175	64	34
7	166	61,9	19
8	170	77,1	22
9	173	63,9	28
10	175	66	22
11	177	67,9	23
AO	174,45	68,03	24,00
SS	4,50	5,32	4,65

Çizelge 4.2. Voleybolcuların yaş, boy, ağırlık değerleri aritmetik ortalama ve standart sapmaları.

VOLEYBOL			
NO	BOY	AĞIRLIK	YAŞ
1	180	59,1	26
2	159	58,6	19
3	179	71,2	22
4	175	70	23
5	175	73,6	19
6	178	65,4	18
7	166,5	61,3	18
8	181,2	67	19
9	178	66,1	23
AO	174,63	65,81	20,78
SS	7,28	5,32	2,82

Çizelge 4.3. Gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri

OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ					DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ				
	DAL	N	AO	SS		DAL	N	AO	SS
XYθOD	Voleybol	9	-6,27	2,49	XYθDB	Voleybol	9	-47,31	1,64
	Hentbol	11	35,71	1,48		Hentbol	11	-9,63	2,83
XYωOD	Voleybol	9	-109,99	28,92	XYωDB	Voleybol	9	71,14	30,33
	Hentbol	11	-189,15	13,37		Hentbol	11	-289,91	21,38
XYαOD	Voleybol	9	1331,24	486,26	XYαDB	Voleybol	9	1974,38	522,80
	Hentbol	11	-976,96	206,49		Hentbol	11	447,76	414,20
XZθOD	Voleybol	9	-24,13	3,19	XZθDB	Voleybol	9	27,10	1,85
	Hentbol	11	-48,18	1,34		Hentbol	11	-8,03	1,68
XZωOD	Voleybol	9	-370,59	24,60	XZωDB	Voleybol	9	2,26	23,74
	Hentbol	11	-141,17	14,25		Hentbol	11	-113,84	16,99
XZαOD	Voleybol	9	2719,32	465,05	XZαDB	Voleybol	9	-1852,10	419,81
	Hentbol	11	1179,61	275,62		Hentbol	11	1112,39	309,29
YZθOD	Voleybol	9	44,36	2,29	YZθDB	Voleybol	9	-0,48	2,90
	Hentbol	11	3,58	1,63		Hentbol	11	46,89	2,27
YZωOD	Voleybol	9	-106,63	31,22	YZωDB	Voleybol	9	-142,35	39,26
	Hentbol	11	-12,64	21,17		Hentbol	11	-161,10	34,30
YZαOD	Voleybol	9	-1391,05	603,79	YZαDB	Voleybol	9	-912,06	718,70
	Hentbol	11	1274,21	313,96		Hentbol	11	-2984,46	401,50

Çizelge 4.4. İvmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri

OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ					DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ				
	DAL	N	AO	SS		DAL	N	AO	SS
XYθOD	Voleybol	9	-36,74	2,98	XYθDB	Voleybol	9	-28,33	3,66
	Hentbol	11	-22,10	1,47		Hentbol	11	-48,59	2,06
XYωOD	Voleybol	9	-112,55	46,91	XYωDB	Voleybol	9	-83,01	63,34
	Hentbol	11	-137,80	30,31		Hentbol	11	108,34	38,41
XYαOD	Voleybol	9	2997,48	652,33	XYαDB	Voleybol	9	-1595,04	1130,38
	Hentbol	11	4007,75	293,48		Hentbol	11	3562,71	848,21
XZθOD	Voleybol	9	-11,38	4,20	XZθDB	Voleybol	9	-8,15	3,68
	Hentbol	11	-12,77	4,70		Hentbol	11	-16,34	2,74
XZωOD	Voleybol	9	444,03	35,75	XZωDB	Voleybol	9	13,91	68,55
	Hentbol	11	677,05	27,34		Hentbol	11	300,78	56,30
XZαOD	Voleybol	9	1210,76	654,88	XZαDB	Voleybol	9	5180,17	1033,91
	Hentbol	11	1708,59	740,35		Hentbol	11	4973,91	693,35
YZθOD	Voleybol	9	21,05	1,25	YZθDB	Voleybol	9	-25,94	2,95
	Hentbol	11	33,49	2,17		Hentbol	11	-19,42	2,27
YZωOD	Voleybol	9	-30,06	19,11	YZωDB	Voleybol	9	75,85	49,69
	Hentbol	11	102,27	38,33		Hentbol	11	23,25	46,43
YZαOD	Voleybol	9	-1116,24	322,64	YZαDB	Voleybol	9	2036,88	832,69
	Hentbol	11	-3656,77	516,88		Hentbol	11	3767,65	720,53

Çizelge 4.5. Hentbolcuların gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri.

	KOL SEGMENTİ (Omuzdirsek)					Önkol Segmenti (Dirsek-Bilek)			
	Kare	N	AO	S.Sapma		Kare	N	AO	S.Sapma
XYθOD	1	13	33,92	9,96	XYθDB	1	13	-2,23	31,24
	2	15	30,60	21,12		2	15	-13,33	43,60
	3	16	21,94	27,63		3	16	5,56	33,79
	4	18	34,61	6,70		4	18	-8,28	34,81
	5	12	38,75	20,01		5	12	-2,92	37,37
	6	12	22,08	21,22		6	12	-16,67	31,97
	7	20	49,95	5,19		7	20	13,85	25,55
	8	12	30,50	18,32		8	12	-0,75	34,03
	9	13	35,38	15,28		9	13	-33,38	40,35
	10	13	49,08	12,92		10	13	-28,69	23,36
	11	16	40,44	17,87		11	16	-29,88	30,64
XYαOD	1	13	-142,92	118,29	XyαDB	1	13	-298,23	348,08
	2	15	-269,47	175,63		2	15	-307,27	407,34
	3	16	-254,63	145,07		3	16	-211,19	289,22
	4	18	-105,33	139,95		4	18	-270,50	190,90
	5	12	-288,58	75,34		5	12	-427,17	231,22
	6	12	-245,33	105,68		6	12	-430,33	114,13
	7	20	-73,95	177,13		7	20	-240,40	241,20
	8	12	-288,25	138,12		8	12	-358,58	211,75
	9	13	-206,23	161,78		9	13	-332,54	367,09
	10	13	-101,77	289,43		10	13	-196,85	172,55
	11	16	-190,31	43,35		11	16	-210,50	224,55
XYαOD	1	13	-1085,46	2744,44	XyαDB	1	13	415,00	7132,54
	2	15	-378,67	3231,41		2	15	2322,20	6382,59
	3	16	-206,69	2924,37		3	16	-1046,50	5580,38
	4	18	-471,78	2678,25		4	18	1679,11	3921,91
	5	12	-1142,83	1138,82		5	12	-476,00	5561,85
	6	12	355,00	1977,17		6	12	1975,92	3325,26
	7	20	-1260,75	2539,93		7	20	-1207,80	4964,99
	8	12	-580,75	2835,83		8	12	445,58	4756,72
	9	13	-1505,92	1134,33		9	13	2292,08	6206,61
	10	13	-4193,08	2989,84		10	13	-592,38	4480,52
	11	16	-562,38	1193,15		11	16	-209,56	4462,72
XZθOD	1	13	-45,46	5,41	XZθDB	1	13	0,62	15,99
	2	15	-51,80	16,48		2	15	-19,93	11,17
	3	16	-56,31	25,52		3	16	32,38	11,48
	4	18	-52,22	9,23		4	18	4,89	17,11
	5	12	-50,17	20,67		5	12	-8,50	11,34
	6	12	-55,25	21,49		6	12	-13,33	8,70
	7	20	-38,20	7,17		7	20	-26,60	11,48
	8	12	-49,25	13,18		8	12	-28,33	15,72
	9	13	-49,31	16,73		9	13	-0,69	6,52
	10	13	-38,85	12,80		10	13	-15,46	18,99
	11	16	-45,88	20,78		11	16	-16,00	7,29
	1	13	-32,31	74,19		1	13	-171,31	96,46
	2	15	-107,60	267,95		2	15	-6,13	229,39
	3	16	-242,44	206,13		3	16	-71,25	174,41
	4	18	-124,89	108,74		4	18	-195,44	216,43

		KOL SEGMENTİ (Omuz-Dirsek)						ÖNKOL SEGMENTİ (Dirsek-Bilek)			
		Kare	N	AO	S.Sapma			Kare	N	AO	S.Sapma
XZ ω OD		5	12	-229,92	153,31	XZ ω DB		5	12	-169,17	210,83
		6	12	-147,75	257,92			6	12	-26,25	167,75
		7	20	-93,40	170,79			7	20	-58,10	276,45
		8	12	-185,92	139,25			8	12	-150,00	274,32
		9	13	-110,46	173,53			9	13	-118,69	143,15
		10	13	-87,62	200,81			10	13	-224,08	224,75
		11	16	-201,25	54,04			11	16	-92,19	195,09
XZ α OD		1	13	1087,77	2001,60	XZ α DB		1	13	-946,46	2327,17
		2	15	2950,73	3756,80			2	15	2049,33	4963,36
		3	16	2254,25	1835,99			3	16	-1185,69	4266,60
		4	18	980,28	2403,22			4	18	-1050,17	4048,30
		5	12	2771,50	4148,61			5	12	2490,67	2336,08
		6	12	1154,67	4487,09			6	12	1631,67	4261,31
		7	20	-17,50	2773,57			7	20	1589,35	4540,59
		8	12	2152,42	3306,60			8	12	3543,50	2662,28
		9	13	1285,62	4795,52			9	13	564,62	2723,80
		10	13	-1036,54	4902,85			10	13	2987,85	3054,25
		11	16	49,50	2240,58			11	16	1716,31	3138,65
YZ θ OD		1	13	-14,31	21,42	YZ θ DB		1	13	59,69	19,08
		2	15	-1,93	16,91			2	15	34,07	33,64
		3	16	9,50	16,03			3	16	35,31	28,86
		4	18	37,72	16,47			4	18	56,39	25,42
		5	12	1,67	6,40			5	12	54,50	19,10
		6	12	16,75	16,31			6	12	55,42	19,14
		7	20	4,75	8,64			7	20	47,10	29,16
		8	12	-17,17	15,51			8	12	37,17	29,61
		9	13	-12,15	11,40			9	13	43,69	36,36
		10	13	-1,62	10,78			10	13	45,00	36,28
		11	16	1,56	12,84			11	16	48,50	26,25
YZ ω OD		1	13	133,15	468,17	YZ ω DB		1	13	-206,69	394,76
		2	15	70,67	367,31			2	15	-288,20	444,62
		3	16	-43,69	213,73			3	16	13,94	594,95
		4	18	-65,22	230,48			4	18	-39,00	436,06
		5	12	3,58	196,62			5	12	-137,17	482,93
		6	12	-5,75	216,92			6	12	-178,58	387,66
		7	20	-51,25	147,36			7	20	24,00	434,65
		8	12	-95,75	255,99			8	12	-294,75	417,63
		9	13	49,15	275,54			9	13	-309,00	427,54
		10	13	-47,69	324,85			10	13	-289,31	404,71
		11	16	-47,50	161,40			11	16	-228,94	155,55
YZ α OD		1	13	2820,77	5591,58	YZ α DB		1	13	-3182,31	3891,51
		2	15	990,73	5543,88			2	15	-806,47	7234,32
		3	16	118,63	4086,53			3	16	-4166,00	4447,11
		4	18	-1013,83	2459,22			4	18	-2679,28	2824,88
		5	12	2333,33	2260,93			5	12	-5044,00	2942,30
		6	12	-32,17	4801,43			6	12	-4490,83	1704,46
		7	20	997,50	3164,14			7	20	-894,15	7020,70
		8	12	2597,42	4028,85			8	12	-3532,75	4670,10
		9	13	2645,31	1733,93			9	13	-3428,08	5433,45
		10	13	4589,77	2396,76			10	13	-4532,38	7597,69
		11	16	-255,94	3225,84			11	16	-1936,50	2415,85

Çizelge 4.6. Hentbolcuların ivmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri.

	KOL SEGMENTİ (Omuz-Dirsek)					ÖNKOL SEGMENTİ (Dirsek-Bilek)			
	No	Kare	AO	S.S.		No	Kare	AO	S.S.
XYθOD	1	9	-15,00	4,35	XYθDB	1	9	-56,33	5,04
	2	6	-26,50	2,31		2	6	-44,83	7,94
	3	9	-21,67	4,26		3	9	-32,33	6,52
	4	9	-25,78	5,75		4	9	-41,33	7,17
	5	9	-21,89	3,03		5	9	-58,44	5,74
	6	5	-13,40	2,42		6	5	-53,20	8,77
	7	8	-12,63	5,71		7	8	-57,75	4,48
	8	8	-27,50	3,83		8	8	-48,25	6,06
	9	8	-30,25	3,55		9	8	-52,00	5,42
	10	8	-13,50	4,16		10	8	-54,50	4,91
	11	12	-29,58	5,27		11	12	-40,92	7,83
XYωOD	1	9	-184,67	80,67	XyωDB	1	9	42,44	94,30
	2	6	-84,83	129,40		2	6	59,50	141,01
	3	9	-0,78	91,65		3	9	79,67	116,17
	4	9	-235,89	94,20		4	9	-67,67	136,19
	5	9	-39,67	108,10		5	9	222,00	119,15
	6	5	-147,40	23,04		6	5	339,80	78,73
	7	8	-257,88	119,40		7	8	-10,25	118,40
	8	8	-88,25	123,98		8	8	114,25	132,01
	9	8	-189,88	75,84		9	8	104,00	127,02
	10	8	-204,38	81,19		10	8	178,38	140,20
	11	12	-101,83	107,32		11	12	185,33	142,51
XYαOD	1	9	3136,33	800,93	XyαDB	1	9	5354,56	3052,08
	2	6	6745,17	776,06		2	6	2527,50	3429,54
	3	9	2621,56	1008,05		3	9	2191,89	2785,93
	4	9	4020,67	1046,21		4	9	457,00	3473,94
	5	9	4817,89	567,46		5	9	4828,11	1554,49
	6	5	88,60	269,37		6	5	2687,60	3176,09
	7	8	5384,75	1134,43		7	8	6456,63	1477,44
	8	8	5275,00	952,47		8	8	4744,38	2100,65
	9	8	4004,75	413,58		9	8	3423,50	4063,20
	10	8	3900,63	477,64		10	8	4906,88	2450,60
	11	12	3658,50	1022,22		11	12	1989,08	2958,51
XZθOD	1	9	-2,22	11,42	XZθDB	1	9	-22,44	8,64
	2	6	5,50	13,98		2	6	-9,67	7,91
	3	9	-14,56	16,70		3	9	-4,78	9,22
	4	9	-21,67	16,19		4	9	-37,11	6,69
	5	9	2,67	16,47		5	9	-3,56	9,66
	6	5	-51,20	7,04		6	5	-19,00	3,95
	7	8	-23,25	16,28		7	8	-17,88	7,88
	8	8	-10,13	16,78		8	8	-3,75	9,83
	9	8	-13,00	13,69		9	8	-13,63	7,05
	10	8	-8,88	17,49		10	8	-14,25	9,92
	11	12	-14,58	15,96		11	12	-27,25	8,97
	1	9	547,33	48,02		1	9	342,78	200,10
	2	6	825,50	41,52		2	6	356,50	226,28
	3	9	696,44	96,88		3	9	69,00	258,78
	4	9	687,33	92,32		4	9	317,00	180,69

	KOL SEGMENTİ (Omuz-Dirsek)					ÖNKOL SEGMENTİ (Dirsek-Bilek)			
	No	Kare	AO	S.S.		No	Kare	AO	S.S.
XZ_oOD	5	9	736,78	80,23	Xz_oDB	5	9	361,33	156,72
	6	5	431,40	113,47		6	5	-158,60	15,05
	7	8	681,63	136,69		7	8	426,75	157,99
	8	8	755,75	90,96		8	8	524,75	129,93
	9	8	717,38	43,01		9	8	263,88	167,39
	10	8	747,75	104,98		10	8	448,00	163,14
	11	12	605,92	81,52		11	12	242,25	191,35
XZ_aOD	1	9	1741,33	1235,67	Xz_aDB	1	9	7503,78	1621,28
	2	6	-983,67	2489,04		2	6	7086,83	2252,32
	3	9	-61,00	2790,06		3	9	6278,67	3273,14
	4	9	3054,56	2400,18		4	9	9549,44	972,89
	5	9	-891,89	2747,81		5	9	2962,44	2321,38
	6	5	5085,80	964,88		6	5	132,80	560,07
	7	8	4331,13	3260,65		7	8	4851,13	1799,10
	8	8	2389,63	2780,64		8	8	2406,00	1982,99
	9	8	2697,25	1444,99		9	8	6528,38	1244,58
	10	8	1749,50	3479,07		10	8	3119,25	2527,72
	11	12	1002,33	2049,17		11	12	3129,50	2659,65
YZ_oOD	1	9	52,56	3,26	Yz_oDB	1	9	-8,22	3,38
	2	6	47,17	4,07		2	6	-19,83	16,46
	3	9	32,67	7,98		3	9	-43,56	6,72
	4	9	10,11	2,62		4	9	-18,56	4,91
	5	9	37,56	5,31		5	9	-14,44	5,35
	6	5	34,60	6,33		6	5	-25,60	9,54
	7	8	38,50	9,42		7	8	-3,63	6,91
	8	8	27,75	9,40		8	8	-23,63	9,12
	9	8	39,00	4,90		9	8	-18,38	9,30
	10	8	41,13	6,77		10	8	-17,50	4,07
	11	12	18,75	4,21		11	12	-21,00	4,06
YZ_aOD	1	9	-7,00	121,88	Yz_aDB	1	9	-7,22	101,37
	2	6	-27,17	170,84		2	6	519,50	176,06
	3	9	255,67	115,19		3	9	35,33	203,49
	4	9	42,78	38,58		4	9	-52,33	130,49
	5	9	39,89	133,61		5	9	-75,22	129,58
	6	5	270,80	35,51		6	5	-536,60	82,99
	7	8	203,25	172,70		7	8	-161,75	176,19
	8	8	269,25	165,27		8	8	208,38	144,80
	9	8	36,75	153,34		9	8	344,00	161,02
	10	8	66,50	160,44		10	8	33,38	75,22
	11	12	44,00	74,69		11	12	-67,92	90,65
YZ_aOD	1	9	-5775,89	864,48	Yz_aDB	1	9	3463,44	2033,68
	2	6	-7564,67	1468,61		2	6	3259,67	5763,04
	3	9	-2413,22	1778,34		3	9	7174,67	2200,90
	4	9	-88,78	1016,56		4	9	4355,11	1212,75
	5	9	-3584,44	1588,16		5	9	2516,33	2641,67
	6	5	-1429,20	1007,35		6	5	5641,20	1358,60
	7	8	-4115,75	2680,03		7	8	3720,75	2761,44
	8	8	-5112,25	2047,83		8	8	4476,88	2775,03
	9	8	-6777,25	1315,87		9	8	6616,25	1811,04
	10	8	-4153,25	1863,74		10	8	1171,75	1920,99
	11	12	-1016,92	1133,22		11	12	801,75	1616,96

Çizelge 4.7. Voleybolcuların gerilme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri.

OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ					DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ				
	NO	Kare	AO	SS		NO	Kare	AO	SS
XYXOD	1	10	-16,10	6,08	XYXDB	1	10	-52,00	3,74
	2	13	-14,85	2,30		2	13	-64,92	1,54
	3	9	-56,89	4,97		3	9	-54,33	1,86
	4	6	35,50	3,56		4	6	-40,83	1,62
	5	11	-6,18	4,07		5	11	-43,91	6,85
	6	15	-8,20	3,32		6	15	-31,80	1,70
	7	13	-1,00	4,52		7	13	-43,69	1,90
	8	10	20,10	2,60		8	10	-42,80	6,91
	9	11	3,82	2,80		9	11	-52,91	5,83
XYVOD	1	10	-352,20	111,45	XYVDB	1	10	259,10	52,58
	2	13	-65,69	74,21		2	13	-60,08	42,12
	3	9	126,44	104,05		3	9	73,67	96,96
	4	6	-254,33	98,37		4	6	118,83	53,72
	5	11	-251,36	36,90		5	11	352,09	86,00
	6	15	12,60	64,69		6	15	-104,20	42,80
	7	13	-107,85	108,31		7	13	-132,54	82,72
	8	10	-126,90	39,34		8	10	123,30	152,06
	9	11	-69,82	42,28		9	11	178,73	66,96
XYAOD	1	10	4714,80	1784,00	XYADB	1	10	1311,80	1209,74
	2	13	2922,38	1252,60		2	13	2294,23	906,36
	3	9	3821,11	1993,90		3	9	4148,78	1430,39
	4	6	-5223,17	954,57		4	6	3051,33	622,03
	5	11	306,00	893,14		5	11	4113,73	1540,64
	6	15	842,53	1105,77		6	15	2250,00	953,03
	7	13	2493,85	1416,98		7	13	3280,62	1707,51
	8	10	-1026,00	1135,33		8	10	-792,40	2979,16
	9	11	373,45	796,79		9	11	-1711,45	1040,47
XZXOD	1	10	-25,20	6,30	XZXDB	1	10	31,10	4,50
	2	13	-27,00	10,23		2	13	3,31	2,45
	3	9	-20,89	9,24		3	9	22,44	2,78
	4	6	-32,50	5,41		4	6	41,67	2,91
	5	11	-32,55	8,14		5	11	5,91	0,79
	6	15	-13,73	9,18		6	15	45,47	2,92
	7	13	-1,54	7,23		7	13	41,77	1,52
	8	10	-51,20	6,10		8	10	28,50	2,17
	9	11	-25,73	12,12		9	11	25,00	6,32
XZVOD	1	10	-333,40	60,03	XZVDB	1	10	113,70	92,53
	2	13	-432,38	28,67		2	13	-55,23	53,02
	3	9	-492,22	33,89		3	9	-146,44	52,53
	4	6	-343,33	32,07		4	6	-184,67	52,60
	5	11	-308,91	71,10		5	11	-59,45	36,50
	6	15	-336,80	47,70		6	15	92,73	81,36
	7	13	-276,08	49,92		7	13	-46,85	47,64
	8	10	-276,20	170,73		8	10	11,40	53,17
	9	11	-552,00	53,29		9	11	180,55	73,70

OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ

DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ

	NO	Kare	AO	SS		NO	Kare	AO	SS
XZAOD	1	10	4154,80	557,79	XZADB	1	10	-4273,60	1420,00
	2	13	1563,23	824,72		2	13	1828,92	373,59
	3	9	3097,56	812,95		3	9	-2735,33	143,81
	4	6	3266,33	925,33		4	6	-3881,00	894,65
	5	11	2586,09	1475,85		5	11	-609,09	1365,28
	6	15	2062,80	652,83		6	15	-4821,13	1043,22
	7	13	-2196,31	1492,65		7	13	89,69	1187,27
	8	10	8717,10	1966,56		8	10	-2832,80	393,72
	9	11	3558,09	926,64		9	11	-769,36	1629,02
YZXOD	1	10	50,60	5,64	YZXDB	1	10	-16,20	2,87
	2	13	45,62	6,25		2	13	23,23	1,42
	3	9	8,78	3,22		3	9	-24,67	2,73
	4	6	35,33	4,04		4	6	0,67	9,72
	5	11	49,73	7,36		5	11	-44,00	7,43
	6	15	52,33	4,02		6	15	24,60	4,15
	7	13	61,38	3,29		7	13	-3,69	4,74
	8	10	29,00	4,32		8	10	16,40	9,90
	9	11	48,82	8,09		9	11	2,73	6,83
YZVOD	1	10	-163,20	91,49	YZVDB	1	10	-147,10	99,84
	2	13	-179,77	64,21		2	13	-52,38	45,38
	3	9	-138,22	24,55		3	9	-98,44	93,98
	4	6	-141,17	46,06		4	6	-285,33	230,89
	5	11	-211,64	93,84		5	11	-280,55	118,12
	6	15	-18,80	73,55		6	15	-273,40	93,49
	7	13	82,38	81,55		7	13	-127,15	86,61
	8	10	-146,60	131,74		8	10	-161,40	213,67
	9	11	-125,91	142,01		9	11	114,00	100,46
YZAOD	1	10	-4708,80	2435,18	YZADB	1	10	-1098,00	1537,48
	2	13	-1383,38	1161,50		2	13	-1492,31	1297,55
	3	9	1153,00	695,66		3	9	-3003,67	924,86
	4	6	1031,00	574,47		4	6	-6488,17	2787,27
	5	11	-2730,73	1764,77		5	11	4244,64	1105,47
	6	15	-2030,00	1005,46		6	15	2143,80	2320,80
	7	13	-3241,08	592,64		7	13	-812,46	1803,37
	8	10	6598,00	1824,13		8	10	-5733,70	2396,94
	9	11	-4652,00	2590,86		9	11	-362,64	2940,25

Çizelge 4.8. Voleybolcuların ivmelenme fazında kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açı, açısal hız ve ivmelenme değerleri.

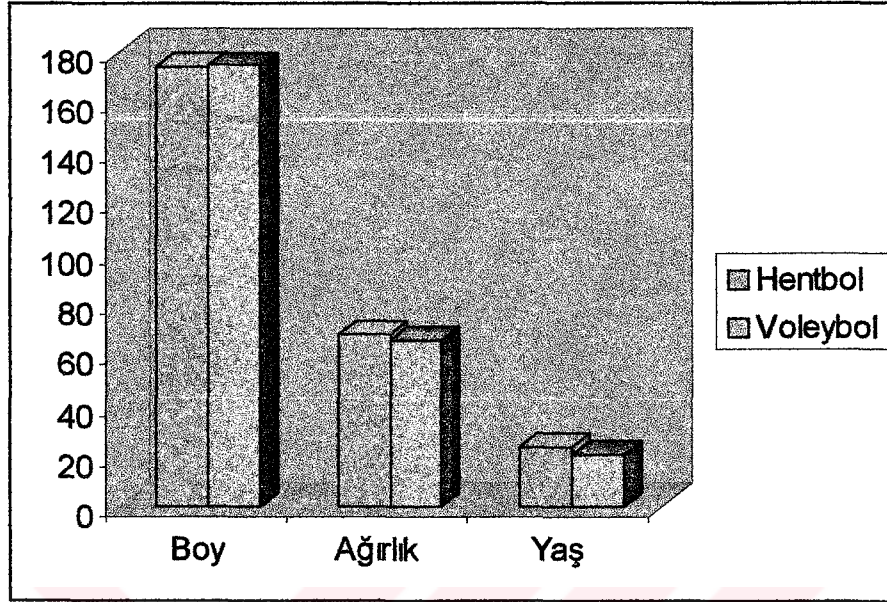
OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ					DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ				
	NO	Kare	AO	S.S.			Kare	AO	S.S.
XYXOD	1	9	-52,11	4,81	XYXDB	1	9	-23,44	13,89
	2	10	-30,60	7,67		2	10	-42,30	11,66
	3	10	-47,80	5,19		3	10	-16,70	13,37
	4	10	-45,60	7,51		4	10	-24,60	10,19
	5	7	-57,14	4,94		5	7	6,71	18,11
	6	9	-30,11	10,31		6	9	-39,78	9,42
	7	13	-35,46	8,27		7	13	-40,62	6,54
	8	17	-19,06	9,64		8	17	-24,41	7,78
	9	10	-32,50	8,77		9	10	-39,00	9,57
XYVOD	1	9	39,67	151,27	XYVDB	1	9	-124,89	237,40
	2	10	-8,20	174,38		2	10	17,50	202,65
	3	10	-102,00	73,87		3	10	-128,80	246,23
	4	10	-298,70	137,83		4	10	-173,60	163,52
	5	7	-175,57	124,70		5	7	-676,57	352,24
	6	9	-375,78	97,66		6	9	-141,67	151,40
	7	13	-228,15	87,91		7	13	-43,23	114,92
	8	17	143,88	149,56		8	17	204,59	138,58
	9	10	-182,90	140,60		9	10	-81,80	146,04
XYAOD	1	9	5501,78	1767,45	XYADB	1	9	-76,56	5196,54
	2	10	3979,30	2766,54		2	10	-1054,70	3613,68
	3	10	1069,50	1933,58		3	10	-2671,40	4580,24
	4	10	4877,10	1180,70		4	10	-1958,30	2932,29
	5	7	4868,14	1307,52		5	7	-14882,00	3290,29
	6	9	1318,67	2416,18		6	9	-462,00	2926,92
	7	13	1248,92	1502,53		7	13	463,46	2207,02
	8	17	2467,47	1607,42		8	17	42,24	2412,58
	9	10	3185,80	2674,84		9	10	759,30	2933,18
XZXOD	1	9	-7,00	11,92	XZXDB	1	9	-13,56	11,32
	2	10	-22,40	16,30		2	10	-0,90	8,29
	3	10	-19,90	11,48		3	10	-23,90	9,10
	4	10	-13,20	10,52		4	10	-19,40	10,63
	5	7	-14,29	11,35		5	7	-34,57	9,88
	6	9	-19,78	10,27		6	9	-8,67	10,00
	7	13	-20,69	11,64		7	13	-15,54	9,21
	8	17	18,76	10,05		8	17	19,47	10,09
	9	10	-23,50	14,49		9	10	-1,90	11,57
XZVOD	1	9	552,56	66,06	XZVDB	1	9	64,33	300,05
	2	10	598,70	108,83		2	10	51,20	173,79
	3	10	468,30	71,05		3	10	127,70	218,42
	4	10	438,60	63,29		4	10	-44,50	241,19
	5	7	595,00	40,85		5	7	12,57	322,23
	6	9	457,44	56,82		6	9	-131,67	217,48
	7	13	297,69	135,74		7	13	-80,54	177,50
	8	17	216,76	110,82		8	17	127,88	130,86
	9	10	631,70	87,04		9	10	-63,20	238,10

OMUZ-DİRSEK (KOL) SEGMENTİ

DİRSEK-BİLEK (ÖNKOL) SEGMENTİ

	NO	Kare	AO	S.S.			Kare	AO	S.S.
XZAOD	1	9	1653,56	1962,85	XZADB	1	9	7832,22	3435,12
	2	10	646,40	3017,96		2	10	2358,20	2940,00
	3	10	2800,80	1740,98		3	10	6230,90	2314,34
	4	10	2561,00	1391,55		4	10	5612,20	2992,29
	5	7	1661,29	1506,60		5	7	16810,43	6091,94
	6	9	876,00	1848,34		6	9	6367,11	2684,35
	7	13	2676,15	2009,28		7	13	3511,38	2228,57
	8	17	-3204,18	1475,11		8	17	315,24	2075,47
	9	10	4022,60	1610,38		9	10	5362,90	3419,26
YZXOD	1	9	17,44	1,80	YZXDB	1	9	-23,78	11,99
	2	10	21,50	3,40		2	10	-25,40	10,63
	3	10	16,80	3,79		3	10	-31,60	8,39
	4	10	23,50	3,09		4	10	-38,50	8,83
	5	7	13,14	3,08		5	7	-23,43	7,15
	6	9	32,67	1,29		6	9	-32,22	9,41
	7	13	19,23	4,23		7	13	-28,77	3,52
	8	17	22,47	4,25		8	17	-13,94	8,71
	9	10	20,70	1,68		9	10	-23,00	9,25
YZVOD	1	9	-23,33	37,01	YZVDB	1	9	293,00	142,63
	2	10	139,50	18,97		2	10	-67,90	218,90
	3	10	78,90	65,89		3	10	248,30	86,56
	4	10	-119,70	37,83		4	10	110,50	156,05
	5	7	-2,00	54,91		5	7	257,43	93,28
	6	9	-32,67	41,41		6	9	-8,11	223,95
	7	13	-194,46	64,24		7	13	-66,15	78,74
	8	17	-59,88	51,40		8	17	121,71	105,97
	9	10	22,10	35,26		9	10	-127,80	195,97
YZAOD	1	9	925,67	749,95	YZADB	1	9	1572,33	3579,45
	2	10	922,10	609,14		2	10	3672,40	3235,33
	3	10	-658,30	1132,97		3	10	1798,60	2069,42
	4	10	-609,10	526,70		4	10	2877,70	3070,61
	5	7	-260,43	1570,03		5	7	-2001,71	1642,80
	6	9	-1339,89	688,63		6	9	4443,44	3344,07
	7	13	1189,77	1073,95		7	13	1015,15	1214,22
	8	17	96,24	904,14		8	17	1462,35	1885,58
	9	10	-964,20	1087,90		9	10	3183,00	2872,80

4.1. Yaş, Boy, Ağırlık



Şekil 4.1. Yaş, boy, ağırlık

Araştırmaya katılan voleybolcuların yaş aritmetik ortalamaları $20,78 \pm 2,82$, hentbolcuların, $24,00 \pm 4,65$, voleybolcuların boy ortalaması $174,63 \pm 7,28$ cm., hentbolcuların $174,45 \pm 4,50$ cm., ağırlık ortalamaları ise voleybolcuların $65,81 \pm 5,32$ kg., hentbolcuların $68,03 \pm 5,32$ kg. tespit edilmiştir (çizelge 4.1).

4.2. Gerilme fazı (1. faz)

4.2.1 Hentbolcular

Hentbolcuların kol segmentinin, xy, xz ve yz eksenini (transvers, vertikal, sagittal düzlem) üzerindeki açısal genişlikleri, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hentbolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları

KOL SEGMENTİ									
	XY θ OD	XYWOD	XY α OD	XZ θ OD	XZWOD	XZ α OD	YZ θ OD	YZWOD	YZ α OD
Chi-Square	38,642	39,053	25,241	22,875	21,576	20,97	73,688	4,149	26,849
P	0,001	0,001	0,005	0,011	0,017	0,021	0,001	0,94	0,003

Çizelge 4.10. Hentbolcuların gerilme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları

ÖNKOL SEGMENTİ									
	XYθDB	XYWDB	XYαDB	XZθDB	XZWDB	XZαDB	YZθDB	YZWDB	YZαDB
Chi-Square	29,331	15,321	9,637	96,813	19,273	25,458	14,761	11,9	9,831
P	0,001	0,121	0,473	0,001	0,037	0,005	0,141	0,292	0,455

Hentbolcular, gerilme fazında kendi içinde karşılaştırıldığında, kol segmentinde; xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısal genişlik, hız ve ivmelenme değerleri açısından, xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısal genişlik, hız ve ivmelenmeler açısından ve yz eksenini, yani sagittal düzlemdeki açısal genişlik ve ivmelenmeler açısından anlamlı derecede farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$), (çizelge 4.9.).

Önkol segmentinde; xy ve xz eksenindeki, yani transvers ve vertikal düzlemdeki açısal genişlik ile xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki hız ve ivmelenmeleri açısından istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$), (çizelge 4.10.).

Hentbolcuların, gerilme fazında; xy eksenini, yani transvers düzlemdeki kol segmenti açısı ile xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki kol segmenti açısı arasında yüksek düzeyde bir ilişki bulunmuştur ($r = 0,906$).

4.2.2.Voleybolcular

Voleybolcuların kol ve önkol segmentinin, xy, xz ve yz eksenini (transvers, vertikal, sagittal düzlem) üzerindeki açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Voleybolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları

KOL SEGMENTİ									
	XYθOD	XYWOD	XYαOD	XZθOD	XZWOD	XZαOD	YZθOD	YZWOD	YZαOD
Chi-Square	62,975	21,028	24,044	17,114	21,975	26,155	35,951	11,899	24,559
P	0,001	0,007	0,002	0,029	0,005	0,001	0,001	0,156	0,002

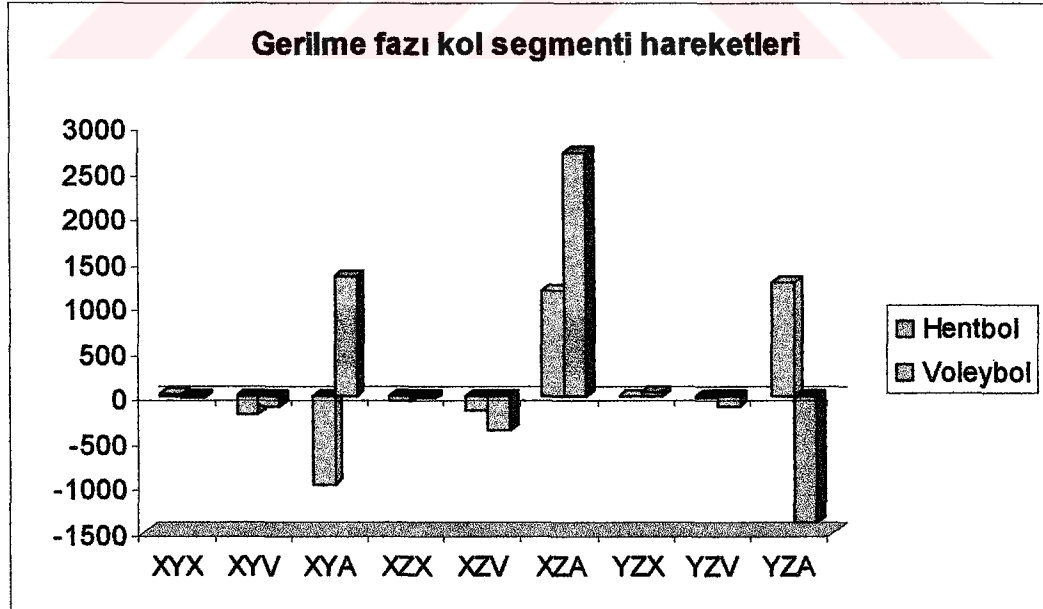
Çizelge 4.12. Voleybolcuların gerilme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları

ÖNKOL SEGMENTİ									
	XYXDB	XYVDB	XYADB	XZXDB	XZVDB	XZADB	YZXDB	YZVDB	YZADB
Chi-Square	38,754	32,588	12,72	64,343	19,428	27,734	56,893	9,991	19,088
P	0,001	0,001	0,122	0,001	0,013	0,001	0,001	0,266	0,014

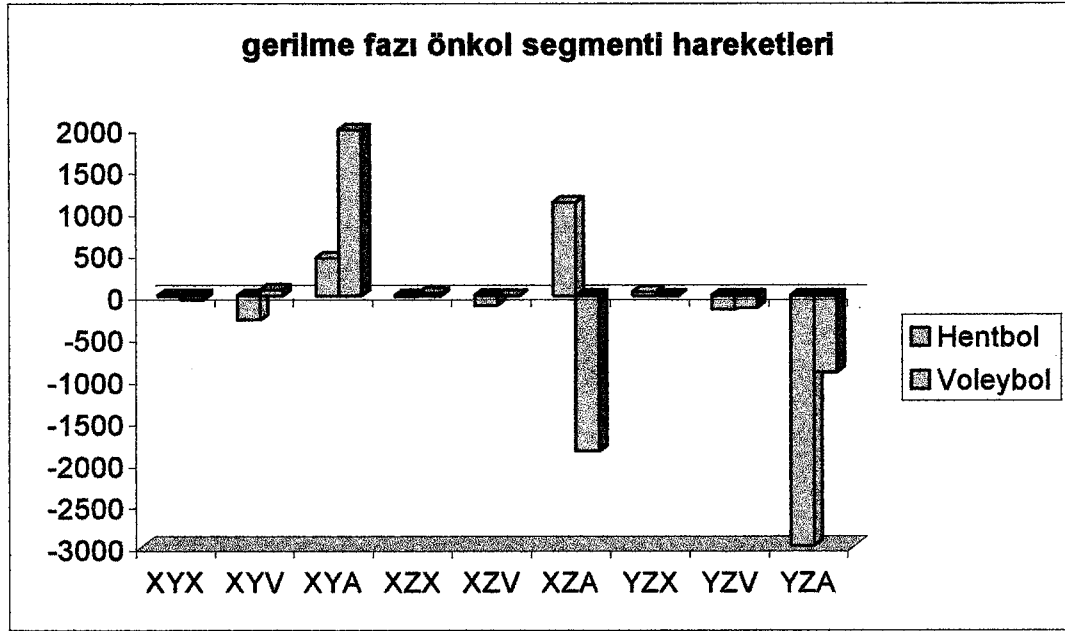
Voleybolcular, gerilme fazında kendi içinde karşılaştırıldığında kol segmentinde; xy eksenini yani transvers düzlemdeki hareketin açısal genişliği, hız ve ivmelenmeleri, xz ve yz eksenini, yani vertikal ve sagittal düzlemdeki hareketlerinin açısal genişliği ve ivmelenmeleri yönünden farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$) (çizelge 4.11)

Önkol segmentinde; xy eksenini, yani transvers düzlemdeki hareketlerinin açısal genişliği ve hızlarında, xz eksenini yani vertikal düzlemdeki hareketlerinin açısal genişliği, hız ve ivmelenmelerinde, yz eksenini, sagittal düzlem üzerindeki hareketlerinin açısal genişliği ve ivmelenmelerinde istatistiksel anlamda farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$) (çizelge 4.12).

4.2.3. Voleybol – Hentbol



Şekil 4.2. Voleybolcu ve Hentbolcularda gerilme fazındaki kol segmenti hareketleri.



Şekil 4.3. Voleybolcu ve Hentbolcularda gerilme fazındaki önkol segmenti hareketleri.

Voleybolcularla, hentbolcuların gerilme fazındaki kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açısal genişlik, açısal hız ve ivmelenmelerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Voleybol ve hentbolcularda kol segmenti hareketi farklılıkları.

	KOL SEGMENTİ								
	XYXOD	XYVOD	XYAOD	XZXOD	XZVOD	XZAOD	YZXOD	YZVOD	YZAOD
Mann-Whitney U	1295	6022	5222	4232,5	3281,5	5813	1547,5	6289,5	5489
P	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001

Çizelge 4.14. Voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları

	ÖNKOL SEGMENTİ								
	XYXOD	XYVOD	XYAOD	XZXOD	XZVOD	XZAOD	YZXOD	YZVOD	YZAOD
Mann-Whitney U	1295	6022	5222	4232,5	3281,5	5813	1547,5	6289,5	5489
P	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001

Voleybolcularla hentbolcular, gerilme fazı açısından karşılaştırıldıklarında; kol segmentinde tüm parametrelerde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$) (çizelge 4.13).

Önkol segmentinde de sadece yz eksenini, sagittal düzlem üzerindeki açısal hız parametresi hariç tüm parametrelerde voleybolcularla hentbolcular arasında anlamlı farklılık saptanmıştır ($p < 0,05$) (çizelge 4.14).

4.3. İvmelenme fazı (2.faz)

4.3.1. Hentbolcular

Hentbolcuların kol segmentinin, xy, xz ve yz eksenini üzerindeki, yani, transvers, vertikal ve sagittal düzlem üzerindeki açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.6 de verilmiştir.

Çizelge 4.15. İvmelenme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları

		KOL SEGMENTİ								
		XY θ OD	XYWOD	XY α OD	XZ θ OD	XZWOD	XZ α OD	YZ θ OD	YZWOD	YZ α OD
Chi-Square		22,46	6,718	25,679	6,817	12,78	5,389	30,562	7,872	21,199
P		0,013	0,752	0,004	0,743	0,236	0,864	0,001	0,641	0,02

Çizelge 4.16. İvmelenme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları

		ÖNKOL SEGMENTİ								
		XY θ DB	XYWDB	XY α DB	XZ θ DB	XZWDB	XZ α DB	YZ θ DB	YZWDB	YZ α DB
Chi-Square		14,504	6,995	5,076	19,102	9,386	14,535	17,78	22,406	9,173
P		0,151	0,726	0,886	0,039	0,496	0,15	0,059	0,013	0,516

Hentbolcular, ivmelenme fazında kendi içinde karşılaştırıldığında kol segmentinde; xy eksenini, ya da transvers düzlemdeki hareketlerin açısal genişlik ve ivmelenmeleri, yz eksenini, ya da sagittal düzlemdeki hareketlerin açısal genişlik ve ivmelenmeleri anlamlı bir şekilde farklı bulunmuştur ($p < 0,05$) (çizelge 4.15).

Önkol segmentinde ise xz, yani vertikal düzlemdeki açısall genişlik ve yz eksenini, sagittal düzlemdeki hareketlerinin hızları açısından anlamlı farklılığa rastlanmıştır ($p < 0,05$) (çizelge 4.16).

Korelasyon değerlerinde ise; xy eksenini yani transvers düzlemdeki kol segmenti hızı ile xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki kol segmenti ivmelenmesi arasında korelasyon bulunmuştur ($r = 0,759$).

Yz eksenini, yani sagittal düzlemdeki, kol segmentinin hızı ile xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki hareketinin ivmelenmesi arasında pozitif bir korelasyon ($r = 0,809$), kol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki hızı ile xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki ivmelenmesi arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($r = 0,800$).

Önkol segmentinin yz eksenini, yani sagittal düzlem üzerindeki açısall genişliği ile xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki ivmelenmesi arasında pozitif bir korelasyon saptanmıştır ($r = 0,729$).

Önkol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerindeki hızı ile aynı eksen üzerindeki açısall genişliği arasında pozitif yönde korelasyon saptanmıştır ($r = 0,887$).

Önkol segmentinin yz eksenini, yani sagittal düzlem üzerindeki hızı ile xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki ivmelenme ve xz eksenini, vertikal düzlemdeki açısall genişliği arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur ($r = 0,733, 0,730$).

Önkol segmentinin yz eksenini, ya da sagittal düzlem üzerindeki hızı ile ivmelenmesi arasında pozitif yönde bir ilişki bulunmuştur ($r = 0,854$).

Önkol segmentinin xz eksenini, ya da vertikal düzlemdeki hızı ile xy eksenini, ya da transvers düzlemdeki ivmelenmesi arasında pozitif korelasyon bulunmuştur ($r = 0,736$).

Önkolun xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerindeki hızı ile xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki hızı arasında pozitif yönde bir ilişki saptanmıştır ($r = 0,816$).

Gerime fazında xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerinde kol segmentinin açısall genişliği ile ivmelenme fazında xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki hızı arasında pozitif ilişki bulunmuştur ($r = 0,915$).

4.3.2. Voleybolcular

Voleybolcuların kol ve önkol segmentinin, xy, xz ve yz eksenini (transvers, vertikal, sagittal düzlem) üzerindeki açısal genişlik, açısal hız ve açısal ivmelenme aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.8.de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Voleybolcuların ivmelenme fazı, kol segmenti hareketi farklılıkları

KOL SEGMENTİ									
	XY θ OD	XYWOD	XY α OD	XZ θ OD	XZWOD	XZ α OD	YZ θ OD	YZWOD	YZ α OD
Chi-Square	13,192	9,451	6,354	10,59	16,22	8,054	18,936	25,868	8,223
P	0,105	0,306	0,608	0,226	0,039	0,428	0,015	0,001	0,412

Çizelge 4.18. Voleybolcuların ivmelenme fazı, önkol segmenti hareketi farklılıkları

ÖNKOL SEGMENTİ									
	XY θ DB	XYWDB	XY α DB	XZ θ DB	XZWDB	XZ α DB	YZ θ DB	YZWDB	YZ α DB
Chi-Square	10,54	8,468	10,581	16,457	2,733	11,791	8,141	6,801	3,041
Asymp. Sig.	0,229	0,389	0,227	0,036	0,95	0,161	0,42	0,558	0,932

Voleybolcular, ivmelenme fazında kendi içinde karşılaştırıldığında kol segmentinde; xz eksenini yani vertikal düzlemdeki açısal genişlikleri ile, yz eksenini, yani sagittal düzlem üzerindeki hareketlerinin açısal genişlik ve hızlarında istatistiksel yönden anlamlı bir farklılığa rastlanmıştır ($p < 0,05$) (çizelge 4.16).

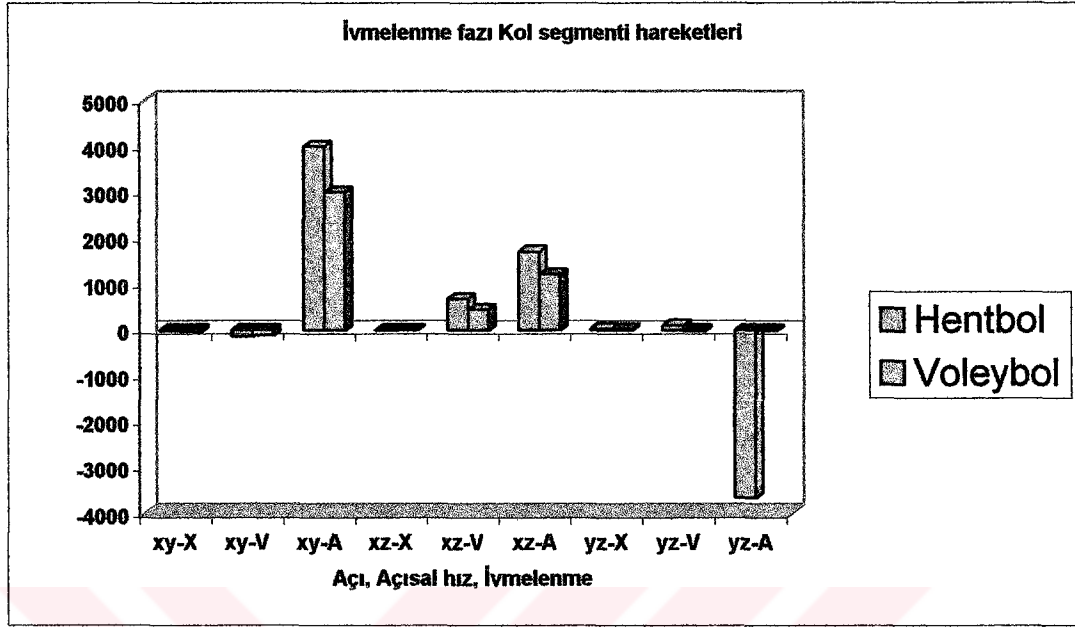
Önkol segmentinde ise; xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerindeki açısal genişlikleri yönünden anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$) (çizelge 4.17).

Önkolun xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerindeki hareketin açısal değeri ve xy eksenini, yani transvers düzlemdeki hızı arasında da pozitif yönde bir korelasyon saptanmıştır ($r=0,824$).

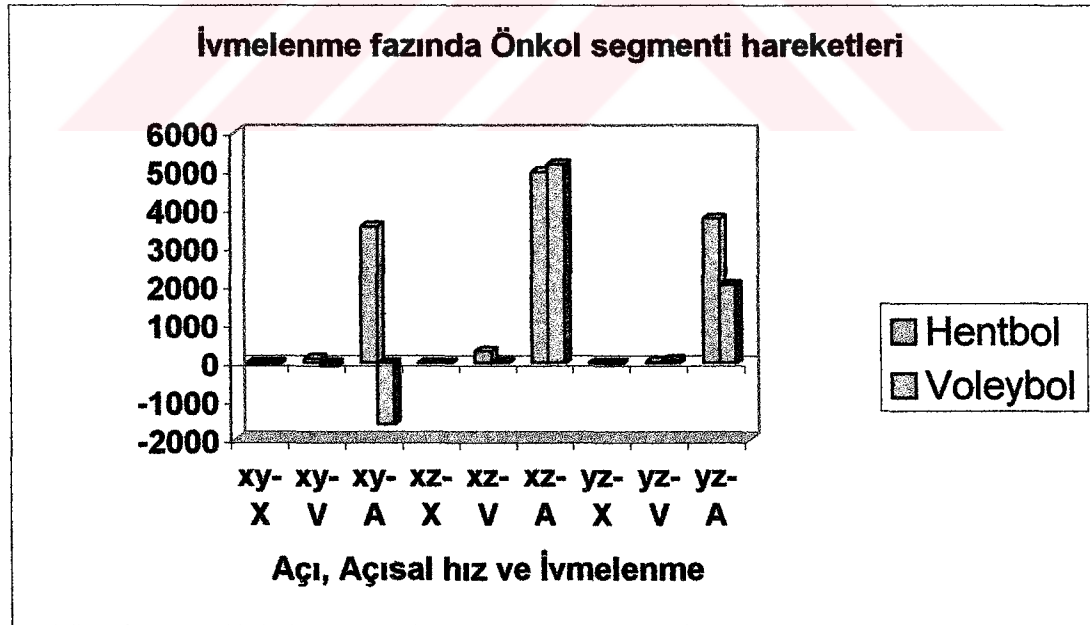
Kolun xz eksenini, yani vertikal düzlem üzerindeki hareketin açısal genişliği ile önkolun xy eksenini, yani transvers düzlemdeki hızı arasında da pozitif yönde bir korelasyon saptanmıştır ($r=0,822$).

Önkolun yz eksenini, yani sagittal düzlem üzerindeki hızı ile kolun xy eksenini, yani transvers düzlemdeki ivmelenmesi arasında korelasyon bulunmuştur ($r = 0,804$).

4.3.3. Voleybol-Hentbol



Şekil 4.4. Voleybolcu ve Hentbolcularda ivmelenme fazındaki kol segmenti hareketleri.



Şekil 4.5. Voleybolcu ve Hentbolcularda ivmelenme fazındaki önkol segmenti hareketleri.

Voleybolcularla hentbolcuların ivmelenme fazındaki kol ve önkol segmentlerinin 3 eksen üzerindeki açısal genişlik, açısal hız ve ivmelenmelerinin aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri çizelge 4.4. de verilmiştir.

Çizelge 4.19. İvmelenme fazı voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları

		KOL SEGMENTİ								
		XY θ OD	XYWOD	XY α OD	XZ θ OD	XZWOD	XZ α OD	YZ θ OD	YZWOD	YZ α OD
Mann-Whitney U		2564	4189,5	4320	4285,5	2502,5	4177	2649	3385	2402
P		0,001	0,717	0,995	0,92	0,001	0,692	0,001	0,011	0,01

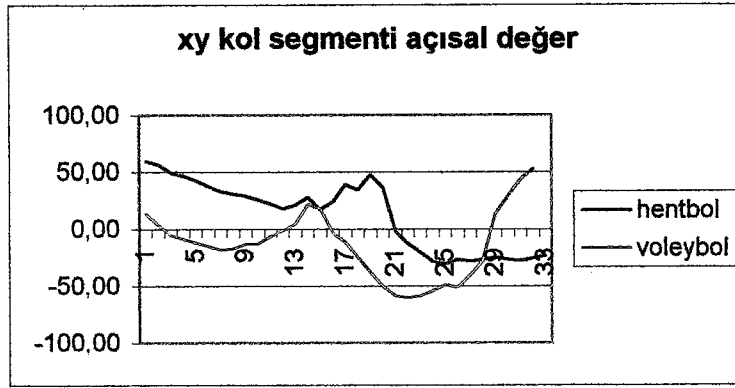
Çizelge 4.20. İvmelenme fazında voleybol ve hentbolcularda önkol segmenti hareketi farklılıkları

		ÖNKOL SEGMENTİ								
		XY θ DB	XYWDB	XY α DB	XZ θ DB	XZWDB	XZ α DB	YZ θ DB	YZWDB	YZ α DB
Mann-Whitney U		2564	4189,5	4320	4285,5	2502,5	4177	2649	3385	2402
P		0,001	0,717	0,995	0,92	0,001	0,692	0,001	0,011	0,01

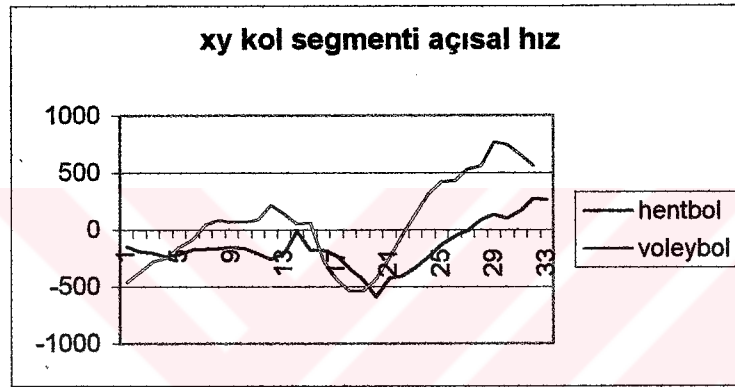
Voleybolcularla hentbolcular arasında kol segmentinde xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki açısal genişliklerde, xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki hız değerlerinde ve yz eksenini, sagittal düzlem üzerindeki hareketlerin açısal genişlikleri ile hız ve ivmelenmelerinde anlamlı farklılığa rastlanmıştır ($p < 0,05$) (çizelge 4.19).

Önkol segmentinde ise; xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki hareketin açısal genişliği ile xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki hareketin hızlarında ve yz eksenini, yani sagittal düzlemdeki tüm parametrelerde voleybolcularla ve hentbolcular arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p < 0,05$) (çizelge 4.20).

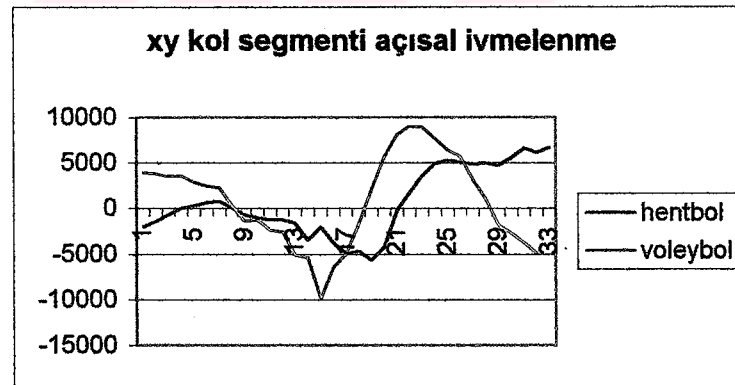
Hentbol ve voleybolcuların, kol ve önkol segmentlerinin her üç eksen ve düzlemdeki Hareket değişimleri grafik halinde verilmiştir (şekil 6-23).



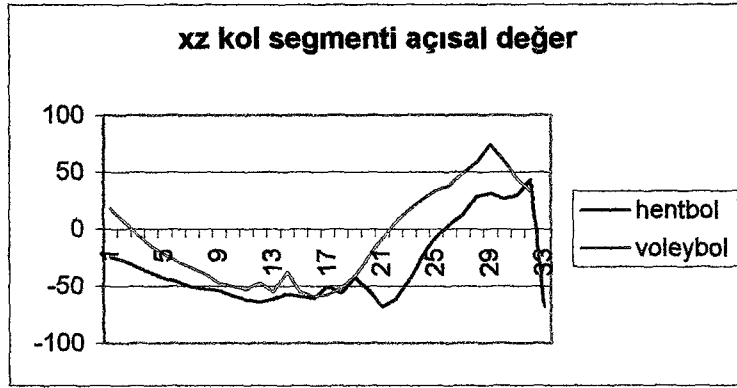
Şekil 4.6. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai değışimleri.



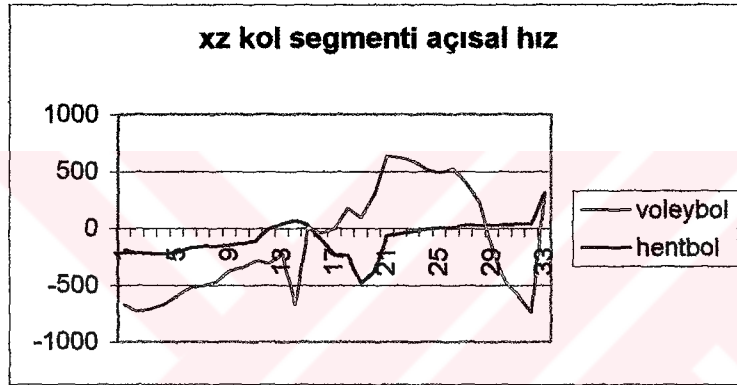
Şekil 4.7. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai hız değışimleri.



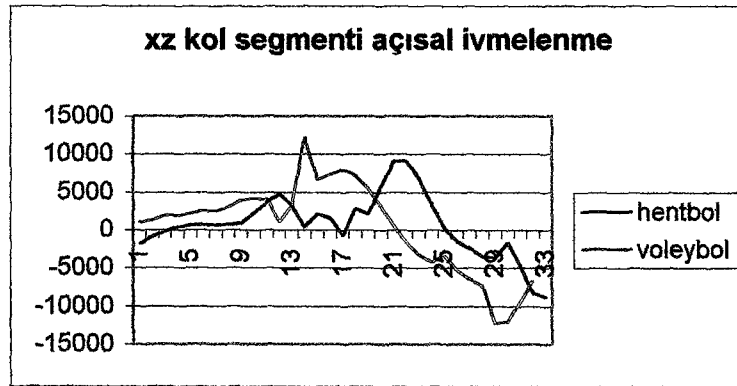
Şekil 4.8. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai ivmelenme değışimleri.



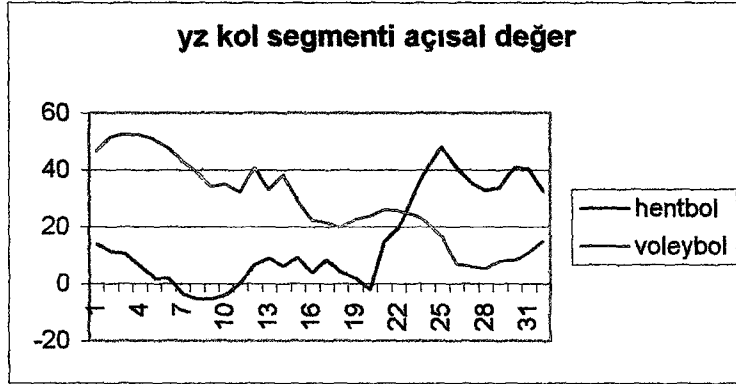
Şekil 4.9. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai değişimleri.



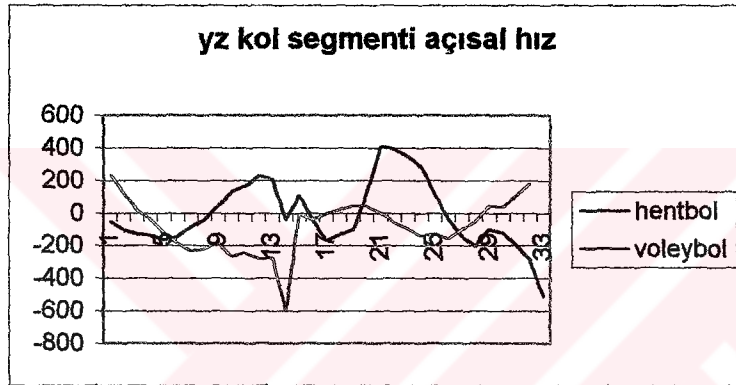
Şekil 4.10. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai hız değişimleri.



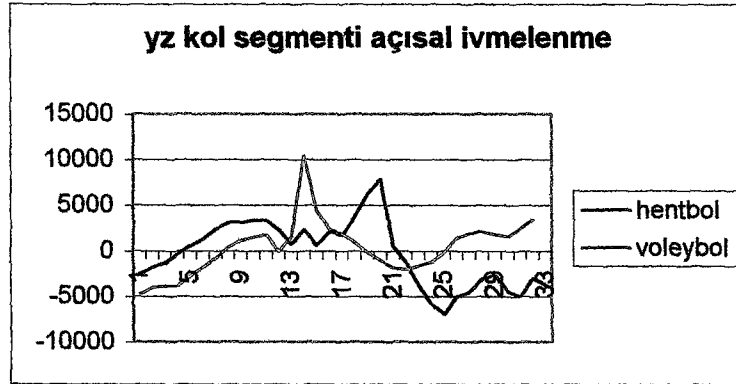
Şekil 4.11. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai ivmelenme değişimleri.



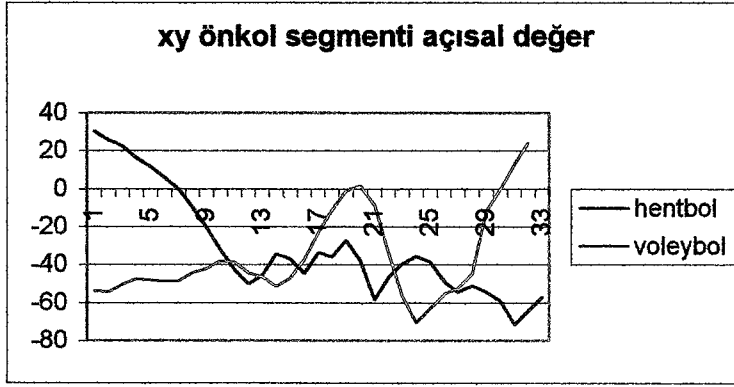
Şekil 4.12. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai değişimleri.



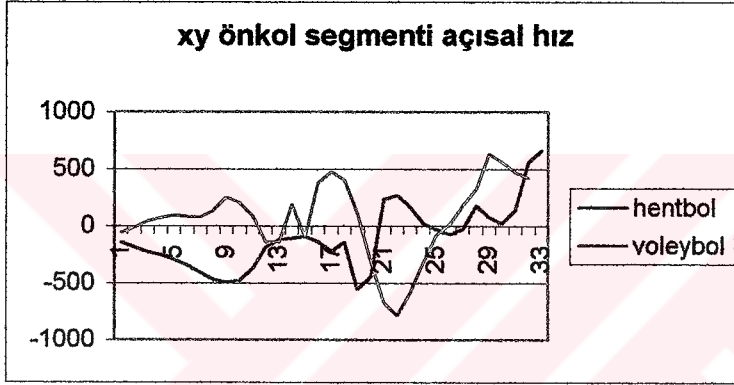
Şekil 4.13. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai hız değişimleri.



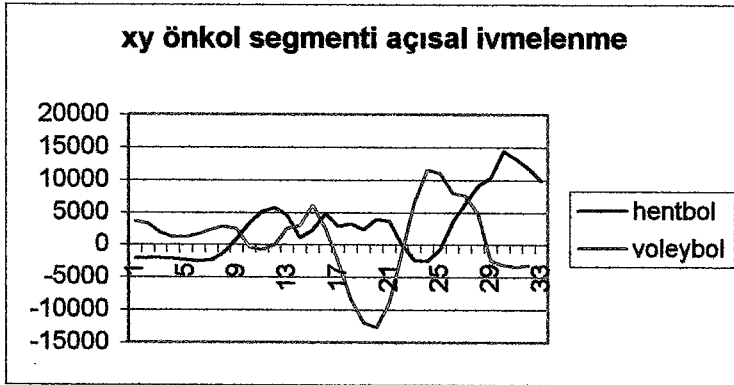
Şekil 4.14. Hentbol ve voleybolcularda kol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai ivmelenme değişimleri.



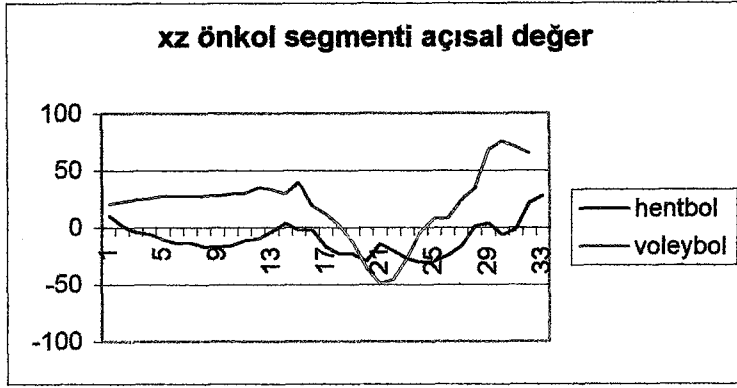
Şekil 4.15. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai değişimleri.



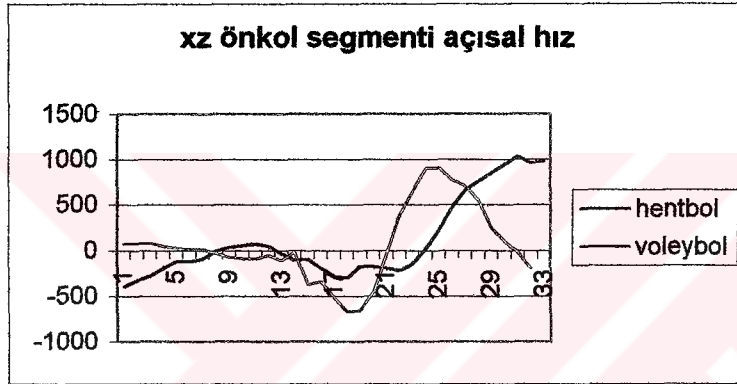
Şekil 4.16. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai hız değişimleri.



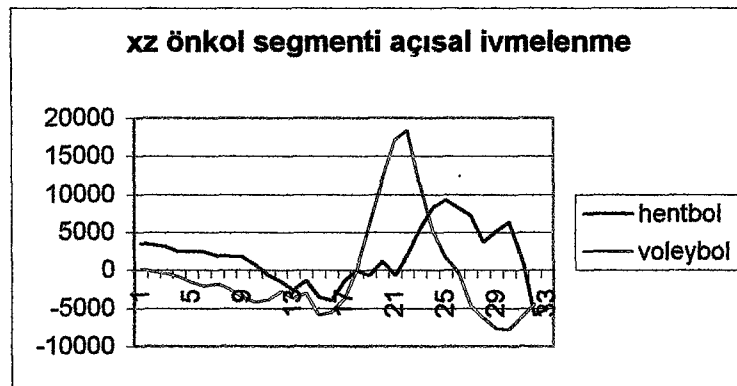
Şekil 4.17. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xy eksenini, yani transvers düzlemdeki açısai ivmelenme değişimleri.



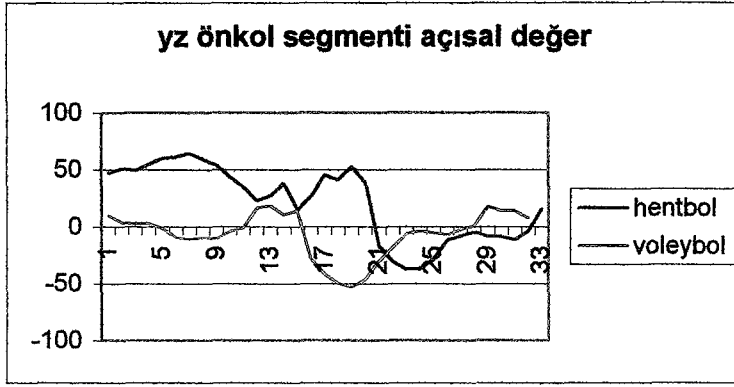
Şekil 4.18. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai değerişimleri.



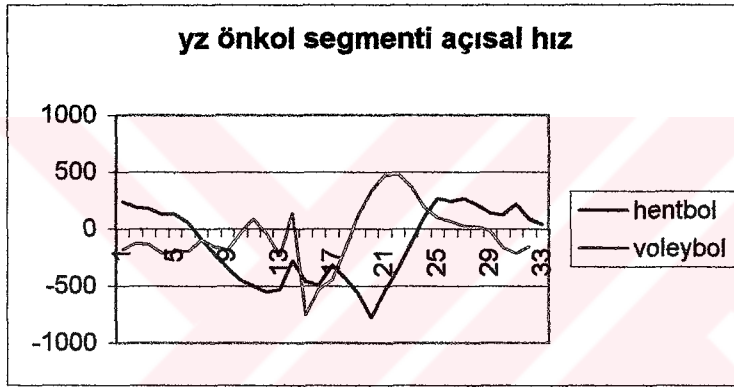
Şekil 4.19. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai hız değerişimleri.



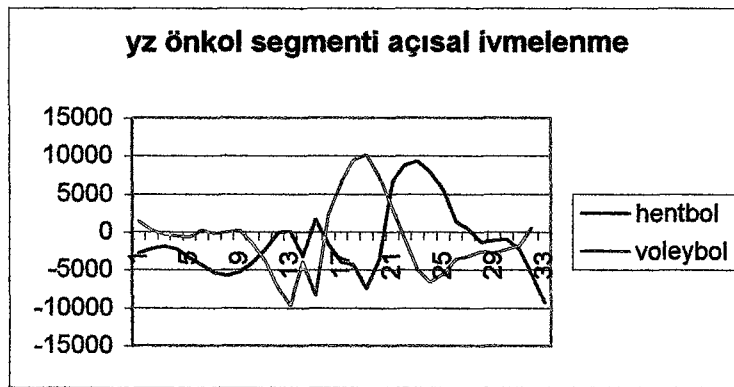
Şekil 4.20. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin xz eksenini, yani vertikal düzlemdeki açısai ivmelenme değerişimleri.



Şekil 4.21. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai değişimleri.



Şekil 4.22. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai hız değişimleri.



Şekil 4.23. Hentbol ve voleybolcularda önkol segmentinin yz eksenini, yani sagital düzlemdeki açısai ivmelenme değişimleri.

Çalışmamız sonucunda belirlediğimiz, daha çok xz eksenini yani vertikal düzlemde hareket eden hentbolcularla ve daha çok yz eksenini, yani transvers düzlemde hareket eden voleybolculara ait, açısal genişlik, açısal hız ve ivmelenme profil değerleri çizelge 4.21 ve çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Voleybolcuların yz eksenini sagittal düzlem üzerindeki kol ve önkol hareketlerinin profil değerleri .

	GERİLME FAZI				İVMELENME FAZI			
	AO	S.S	min	mak	AO	S.S	min	mak
YZ θ OD	44,36	2,29	-2	82	21,05	1,25	-2	57
YZ ω OD	-106,63	31,22	-993	792	-30,06	19,11	-556	324
YZ α OD	-1391,05	603,79	-20090	15446	-16,24	322,64	-7167	7549
YZ θ DB	-0,48	2,90	-69	69	-25,94	2,95	-85	22
YZ ω DB	-142,35	39,26	-1130	820	75,85	49,69	-1089	901
YZ α DB	-912,06	718,70	-14947	20344	2036,88	832,69	-10669	18884

Çizelge 4.22. Hentbolcuların xy eksenini transvers düzlem üzerindeki kol ve önkol hareketlerinin profil değerleri.

	GERİLME FAZI				İVMELENME FAZI			
	AO	S.S	Min	Mak	AO	S.S	Min	Mak
XY θ OD	35,71	-14	80	-22,10	-22,10	1,47	-52	21
XY ω OD	-189,15	-591	519	-137,80	-137,80	30,31	-647	468
XY α OD	-976,96	-11769	4288	4007,75	4007,75	293,48	-3091	8842
XY θ DB	-9,63	-86	61	-48,59	-48,59	2,06	-85	-2
XY ω DB	-289,91	-873	559	108,34	108,64	38,41	-601	949
XY α DB	447,76	414,20	-10778	13946	3562,71	848,21	-13386	22513

5. TARTIŞMA

Yaptığımız literatür çalışmasında; voleybolcu ve hentbolcularda hareket analizine yönelik birçok çalışmaya rastlanmıştır. Yapılan çalışmaların bazılarında hareket, birden fazla faza bölünerek incelenmiştir. Biz ise voleybol ve hentbolcularda, gerilme ve ivmelenme fazındaki yüksek kol atış tekniğini ele aldık. Bizim çalışmamızdaki gibi hareketi sadece 2 faza ayıran çalışmalar da mevcuttur (Chung et all, 1990; Sekine, 1999).

Taborsky ve arkadaşları (1999), hentbolda sıçrayarak atışın bayanlardaki karakteristiği üzerine yaptıkları çalışmada atışı dört fazda incelemiştir. Bu fazlar; yaklaşma, çıkış, uçuş, atış fazlarıdır. Yaklaşmada, optimum horizontal hız giderek artmış ve son adımda vertikale transfer edilmiştir. Atış anında ise hız artmış ve ayrıca bayanların uçuş fazının azalmasına kadar atışlarına başlamadığını saptamışlardır.

Zvonarek ve arkadaşları (1996) ise sıçrayarak şutu beş faza ayırarak incelemiştir. Bu fazlar; yaklaşma, çıkış, uçuş, atış, ve düşüş fazlarıdır. Bu araştırmacı proksimalden distal segmentlere enerji transferini baz aldıkları çalışmalarında, şutta en önemli parametreler olarak şunları tespit etmişlerdir; çıkış anında, horizontalden vertikale transfer hızı, uçuşun yüksekliği ve uzunluğu, atış hareketinin kinetik etkileri, atış yüksekliği ve top hızı.

Voleybolcularda da 4 fazda tek ayakla smaç'ı inceleyen araştırmalar mevcuttu (Huang et all, 1998). Bu çalışmada fazlar; yaklaşma, çıkış, uçuş, vuruş fazlarıydı. Bu araştırmacı, iki ayakla sıçrayanlara oranla, tek ayakla sıçrayanların çıkış anındaki kütle merkezinin yer değiştirmesini ve sıçrama yüksekliğini daha düşük bulmuştur.

Bizim çalışmamızda ise, yukarıdaki araştırmalara göre daha az faz mevcuttur. Çalışmamızda, gerilme ve ivmelenme fazları ele alınmıştır. Bunun sebebi voleybolcularda ve hentbolcularda yaklaşma, çıkış ve uçuş fazları aynı zamanda alt ekstremite ve gövde segmentini de kapsamaktadır. Biz araştırmamızda üst ekstremiteyi ve bu ekstremitedeki atış safhalarını inceledik. Diğer fazlar üst ekstremiteye direkt hareket kabiliyeti açısından katılmadığı için ele alınmamıştır.

Ama bizim çalışmamızda olduğu gibi sadece iki fazı ele alan çalışmalara da rastlanmıştır.

Chung ve arkadaşları(1990) voleybolda smaç hareketi boyunca vuruş kolunun 3 boyutlu kinematiğini incelemişlerdir. 7 erkek elit voleybolda, gerilme ve ivmelenme fazında, bizim çalışmamızda olduğu gibi hareket analizi yapmışlardır. Gerilme fazında, çoğu denekte dirsek fleksiyonu, omuzda horizontal abdüksiyon ile eksternal rotasyon bulmuşlardır. Omuz elevasyonu ise görmemişlerdir.

Bizim çalışmamızda da voleybolda, xz ekseninde, yani vertikal düzlemde omuzda abdüksiyon ve addüksiyon hareketi tespit edilmiştir. Chung'un bu çalışması gerilme fazında bizim çalışmamızı desteklemiştir. Ama bizim çalışmamızda voleybolda ilaveten hentbolda da yukarıdaki sonuçlara varılmıştır. Hatta hentbolda, bu eksen üzerindeki açısal değerler voleybolda oranla daha fazla bulunmuştur.

Yine Chung ve arkadaşlarının voleybolda smaç hareketi boyunca vuruş kolunu inceledikleri çalışmada; ivmelenme fazında, dirsekte ekstansiyon, omuzda horizontal addüksiyon ve omuzda elevasyon tespit etmişlerdir.

Bizim çalışmamızdaki ivmelenme fazında ise; voleybolda ve hentbolda kol segmentinin xy ekseninde, yani transvers düzlemde horizontal fleksiyon ve ekstansiyon ile dirsek fleksiyonu bulunmuştur. Bu fazda Chung'un çalışması bizim çalışmamızı bir defa daha desteklemiştir. Ama yine değinecek olursak hentbolda da bu fazın yukarıdaki hareketleri içerdiği, hatta daha yüksek açısal değerlere sahip olduğu görülmüştür. Rotasyon hareketini çalışmamızda belirlenememiştir. Çünkü ölçebilmemiz için vücut üzerinde daha fazla nokta işaretlememiz ve kamera sayısını arttırmamız gerekiyordu. Bunun sebebi kullandığımız kameraların hızı değildir. Baly ve arkadaşları voleybolda vuruş kolunun 3 boyutlu değerlendirilmesinde, Coleman ve arkadaşları voleybolda sıçrayarak servisin kinematik analizinde bizim gibi 50 hz lik kamera kullanmışlardır (Baly et al,2001; Coleman). Escamilla ve arkadaşları voleybolda atışlarını değerlendirirken, Yan ve arkadaşları çocukların yüksek kol atış hızlarını gelişimsel düzeyleri ile bağlantılı incelediklerinde, Feltner ve Taylor su polocularında yüksek kol atışını değerlendirirken ve Wit ile Eliaz hentbolda atışı 3 boyutlu kinematik olarak inceledikleri çalışmalarında 60 hz lik kamera kullanmışlardır (Rafeal et al,1998; Yan et al,2000;

Feltner and Taylor,1997; Wit ve Elias, 1998). Yine kullanılan kamera açısı da literatürle uyumludur. Robertson ve Konczak da çalışmalarında kamera açısını 90° kullanmışlardır (Robertson and Konczak,2001).

Yüksek performanslı hentbolcularda, motor yetenek parametreleri ile atış hızı arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmalar da yapılmıştır. Üç farklı atışta giriş hareketi karşılaştırılmış ve en yüksek top hızı, çapraz adımla girilen atışta bulunmuştur(Elias, 1998). Yani daha önce söz ettiğimiz yaklaşma evresi farklılıkları hızı etkileyen temel faktörlerden biridir. Bizim çalışmamızda gerilme fazı, tek bir yöntem kullanarak, yani bütün sporcularımızın aynı gerilme fazını gerçekleştirecekleri şekilde uygulanmıştır.

Coleman ve arkadaşları (1993), voleybolda smaç hareketini 3 boyutlu sinematografi yöntemi ile incelemişlerdir. Voleybolda harekete çıkış anındaki kütle merkezinin yer değiştirmesi, kütle merkezinin vertikal hızı ve vuruş kolunun açısız kinematiği ile topun hızı arasında artış yönünde anlamlı bir ilişki saptamışlardır.

Voleybolcularda sıçrayarak servis hareketinde el bileği açısız hızı, maksimum humerus açısız hızının topun hızını artış yönünde etkilediğini saptayan çalışmalar da yapılmıştır (Coleman 1997).

Bizim çalışmamızda; voleybolcu ve hentbolcularda, üst ekstremitedeki bütün segmentlerin açısız hızlarında artış saptanmıştır. Yukarıdaki çalışmalarla bir karşılaştırma yapacak olursak, topun hızını araştırmamıza rağmen, ekstremitelerin segmentlerindeki bu açısız hız artışları topun hızını da arttıracaklarını bize göstermiştir.

Hirashima ve arkadaşları (2002), Beyzbol atıcı ve tutucularında yüksek kol atışı boyunca üst ekstremitte ve gövdenin, kas aktivitelerini incelemişlerdir. EMG kullanarak 17 kas aktivitesini ölçtükleri bu çalışmada; daha önce yapılan çalışmalarda belirlenmiş, proksimalden distale doğru ilerleyen segment aktivitesi sıralamasının, kassal aktivite için de geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Gill ve arkadaşları (2001), profesyonel beyzbol atıcılarındaki atış mekaniğini inceledikleri çalışmalarında, aşırı kuvvetlerin yarattığı moment ile özellikle beyzbol oyuncularındaki aşırı hareketin, yumuşak dokularda aşırı stres yarattığını bulmuşlardır. Çalışmamızda olayın klinik açısını ele alınmamıştır. Ama doğru ve güvenilir bir hareketin sakatlıkları da minimale indireceği bir gerçektir.

Bizim çalışmamızın temel amacı; hentbol ve voleybolcularda, yüksek kol atış tekniğinin kullanıldığı hareketlerin farklılıklarını, segmental açı, açısal hız ve ivmelenme yönünden ortaya koymaktır.

Eksen ve düzlemler üzerindeki hareketler şöyle gerçekleşmektedir; xy ekseninde, yani transvers düzlemde horizontal fleksiyon, horizontal ekstansiyon ya da rotasyon hareketi, xz ekseninde yani vertikal düzlemde fleksiyon ve ekstansiyon hareketi, yz ekseninde, yani sagittal düzlemde, klasik, yani vertikal fleksiyon ekstansiyon hareketi.

Voleybolcular, kendi içlerinde karşılaştırılmış, gerilme fazında, kol segmentinin xz ve yz ekseninde, yani vertikal ve sagittal düzlem üzerindeki açısal hız değerleri dışında, tüm parametrelerde farklılık bulunmuştur. Önkol segmentinde ise; yz, yani sagittal düzlemdeki hızları ve xy yani transvers düzlemdeki açısal ivmelenmeleri dışındaki parametrelerde farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Voleybolcular, ivmelenme fazında kendi içinde karşılaştırıldığında kol segmentinde; xz ekseninde yani transvers düzlemdeki açısal genişlikleri ile, yz ekseninde, yani sagittal düzlem üzerindeki hareketlerinin açısal genişlik ve hızlarında, önkol segmentinde ise; xz ekseninde, yani transvers düzlem üzerindeki açısal genişlikleri yönünden anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Birinci faz olan gerilme fazında denekler arasında daha fazla farklılık olması kişisel özelliklerin biraz daha ön plana çıkmasına bağlanmıştır.

Hentbolcular, kendi içinde karşılaştırıldığında, gerilme fazında, kol segmentinde, yz eksenindeki yani sagittal düzlemdeki açısal hız değerleri hariç tüm parametrelerde farklılık bulunmuştur. Önkol segmentinde ise, xy ekseninde, yani transvers düzlemdeki açısal genişlik ve yz ekseninde, sagittal düzlemdeki hareketlerinin açısal genişlik ve hızları açısından anlamlı farklılığa rastlanmıştır ($p < 0,05$).

İvmelenme fazında; kol segmentinin xy eksenindeki yani transvers düzlemdeki hareketinin açısal genişliği ve ivmelenmeleri ile yz eksenindeki yani sagittal düzlemdeki hareketin açısal genişliği ve ivmelenmeleri anlamlı bir şekilde farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Önkol segmentinde; yz ekseninde, yani sagittal düzlemdeki açısal hız değerleri ile xz, yani vertikal düzlemdeki açısal genişlikleri yönünden istatistiksel anlamda farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).

Hentbolcularda,, birinci faz olan gerilme fazında, voleybolcular gibi, denekler arasında farklılık olması kişisel özelliklerin biraz daha ön plana çıkmasına bağlanmıştır. İkinci faz olan ivmelenme fazındaki hareketin benzer olması ise kişisel özelliklerin etkisinin azalmasına bağlanmıştır.

Voleybolcular gerilme safhasında vertikal ekstansiyonu, ivmelenme fazında ise vertikal fleksiyonu kullanırlar. Hentbolcular ise; gerilme safhasında horizontal ekstansiyonu, ivmelenmede ise horizontal fleksiyonu kullanmaktadır. Hentbolcular ayrıca eksternal rotasyonu, voleybolculara orana daha fazla kullanmaktadır. Hentbolcuların omuz hareketleri, daha çok xy ekseninde, yani transvers düzlemde iken, voleybolcuların, yz ekseninde, yani sagittal düzlem üzerindedir. Fakat bütün bu farka rağmen her ikisi de kol abdüksiyonunu maksimum derecede kullanmaktadır.

Bu farkın temel nedeni voleybolcularda gerilme safhasında üst ekstremitenin önce vertikal ekstansiyona, hentbolcularda ise, horizontal ekstansiyona gitmesidir.

Gerilme fazında voleybolcu ve hentbolcuların xy ekseninde, yani transvers düzlemdeki hareketlerinde, kol segmentinin hareketinin açısal genişliği, açısal hız ve ivmelenmeleri yönünden anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,01$). Voleybolcuların gerilme fazındaki ekstansiyon hareketi daha çok vertikal, hentbolcuların daha çok horizontaldir. Bu yüzden hentbolcularda kolun daha büyük hareket açısına sahip olması doğaldır.

Kol segmentinin xz ekseninde, yani vertikal düzlemdeki hareket genişliğinde hız ve ivmelenmesinde farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Hentbolcuların, gerilme fazında, bu eksen üzerindeki hareketlerinde, voleybolculara oranla daha büyük açısal değerlere sahip olmaları onlara, açısal hız ve ivmelenmelerinin daha fazla olması yönünde bir avantaj sağlamamıştır.

Huang (1998) dört elit bayan voleybolcunun kinematik analizini yaptıkları çalışmada; kol segmentinin smaç anındaki açısal hızını 1806 derece/s bulmuşlardır. Bizim de voleybolcu deneklerimizden birinin smaç anındaki kol segmenti açısal hızı 1539 derece/s idi. Sadece bir kişinin ortalama değerini grafiksel olarak ifade ettiği çalışmasını, bizim çalışmamız sonuçları ile kıyasladığımızda, yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada önkol segmentinin de açısal hızına bakılmıştır. 450 ± 50 derece/s bulunan önkol segmenti açısal hızı, bizim

deneklerimizin değerleri ile yine benzer bulunmuştur. Deneklerimizin ortalama açısai hızları önkol segmenti hareketlerinde 476,77 derece/s idi.

Kol segmentinin yz ekseninde, yani sagital düzlemdaki hareketinin açısai genişliği, hızı ve ivmelenmesi yönünden voleybolcularla hentbolcular arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmuştur($p < 0,05$). Bu eksen üzerinde daha fazla hareket eden voleybolcuların bu sonuçlara sahip olması doğaldır.

Önkol segmentinin xy ekseninde, yani transvers düzlem üzerindeki hareketinin açısai genişliği, açısai hız ve ivmelenmeleri yönünden voleybolcu ve hentbolcularda istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Voleybolcularda açısai genişlik ve ivmelenme yüksek iken, hızın hentbolcularda yüksek olduğu görölmüştür. Kol segmentindeki hız ve ivmelenme önkol segmentinde de paralellik göstermiştir.

Önkol'un yz eksenini üzerinde, yani sagital düzlemdaki hareketin açısai genişliği, hızı ve ivmelenmesi hentbolcularda voleybolculara göre daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).

Xz eksenini temsil eden vertikal düzlemda önkolun açısai genişlik, hız ve ivmelenmelerinde istatistiksel açıdan anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Voleybolcular, bu eksen üzerindeki açısai genişliği ve ivmelenme değerlerinde hentbolculara oranla daha yüksek değerlere sahipken, hentbolcularda hız değerleri daha yüksekti ($p < 0,05$).

Önkol segmenti için; değerler ve açılar proksimalden distale doğru düzenli bir ilerleme sağlar fikrinden yola çıkarak kol segmenti için anlattıklarımız önkol için de geçerli olmaktadır.

İvmelenme fazında ise; voleybolcu ve hentbolcuların, kol segmentinin xy eksenini temsil eden transvers düzlem üzerindeki hareketinin açısai genişliklerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Hareketin açısai genişliği voleybolcularda daha yüksek bulunmuştur.

Hız değerleri açısından anlamlı fark bulunmamasına rağmen gerilme fazında, xz eksenini ya da vertikal düzlem üzerindeki açısai genişlik ile ivmelenme fazındaki xy eksenini yani transvers düzlem üzerindeki hareketlerin hızları arasında korelasyon bulunmuştur. Xz eksenini temsil eden vertikal düzlemda gerilme fazında daha büyük açısai değerlere sahip olan hentbolcuların, ivmelenme fazında

xy eksenini temsil eden horizontal düzlem üzerindeki hızlarının daha fazla bulunması bu korelasyona bağlanabilir.

Xz eksenini üzerinde, yani vertical düzlemdeki önkol hareketlerinde hentbolcuların hızları bakımından voleybolculara oranla daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Yz eksenini, yani sagittal düzlemde, kol hareketinin açısali genişliği ve açısali hız ve ivmelenmeleri hentbolcularda, voleybolculara oranla daha fazla olduğu yönünde anlamlı bir fark bulunmuştur ($p < 0,05$).

Voleybolcuların ve hentbolcuların yüksek kol atış tekniğinde saptanan farklar her ne kadar smaç ve sıçrayarak atış birbirine benzeyen hareketler de olsa smaç, yüksek kol vuruş tekniğine, sıçrayarak atış ise yüksek kol atış tekniğine uygun formlarda gerçekleştirildiğinden, aradaki farkların buradan kaynaklandığı düşünülmektedir. Fakat her ikisinde de doğru teknikle yüksek ivmelenme yaratmak için gerekli bir takım bulgular ortaya çıkmıştır.

Voleybolcular yz eksenini, yani sagittal düzlemi daha fazla kullanmalarına ve gerilme fazında bu eksen üzerindeki hareketlerinde daha büyük açısali değerlere sahip olmalarına rağmen, hentbolcular ivmelenme fazında, bu ekseninde dahi daha yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Hentbolcuların horizontal fleksiyondan aniden vertical fleksiyona geçmeleri voleybolculara oranla daha yüksek bir ivmelenme göstermelerini sağlamaktadır. Bunun sebebi voleybolcuların vertical fleksiyonu daha çok kullanıp hız kazanmada süreyi uzatırken, hentbolcuların; horizontal fleksiyonda kullandıklarını hızı kısa bir sürede vertical fleksiyona aktarmalarına bağlanabilir.

Önkol segmentinde; xy eksenini temsil eden transvers düzlem üzerindeki hareketin açısali genişliği hentbolcularda, voleybolculara oranla anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Yine kol segmentinde olduğu gibi hız değerlerinde istatistiksel açıdan fark görülmezken, xz eksenini yani vertical düzlem üzerinde daha büyük açısali değerlere sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

xz eksenini, yani vertical düzlem üzerindeki önkolun hareketlerinin sadece açısali hızlarında hentbolcularda, voleybolculara göre daha yüksek olduğu yönünde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Açısali genişlikler ve ivmelenmeler yönünden fark görülmemiştir. Açısali hızın topun hızını etkilediği yönünde yapılan çalışmalar düşünüldüğünde, hentbolcuların topa daha fazla hız kazandırmak için açısali

hızlarının daha yüksek olduğu düşünülmektedir (Coleman,1997;Coleman et all,1993). Ayrıca hentbolcuların gerilme fazındaki açısal büyüklükler, onların daha fazla hız kazanmasına neden olmaktadır.

xy eksenini, yani transvers düzlem üzerindeki hareketler ise kol ve önkol segmentinin horizontal hareketini tanımlar. Aynı zamanda bizim araştırmamızda ölçmediğimiz total rotasyon hareketleri de bu eksen üzerinde kullanılır. Bu eksen üzerindeki hareketlerde hentbolcuların daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu durum voleybol ve hentbolcularda eşdeğer kabul ettiğimiz smaç ve sıçrayarak atış hareketlerinin teknik özelliklerine bağlanabilir. Çünkü yüksek kol atışında gerilme fazında en çok kullanılan hareket eksternal rotasyon, ivmelenme fazında ise internal rotasyondur (Wells,1966; Noback et all,1995).

Yz eksenini, yani sagittal düzlem üzerinde önkolün tüm hareketlerinde hentbolcularda yüksek olduğu yönünde anlamlı bir farklılık görülmüştür ($p>0,05$).

Önkol segmentinin sadece yz eksenindeki, yani sagittal düzlem üzerindeki fleksiyon ve ekstansiyon hareketi kendisine aittir. Diğer eksenler üzerinde önkol segmenti omuzun hareketiyle beraber hareket etmektedir. O yüzden bu eksen üzerinde de kol segmenti hareketlerinde yüksek olan hentbolcuların daha yüksek değerlere sahip olması beklenen sonuçtur. Kolun, xy eksenini, ya da transvers düzlemdeki hız değerleri ile önkol segmentinin yz eksenini, ya da sagittal düzlemdeki ivmelenmesi arasında bulunan korelasyon ilişkisine bağlı olarak, xy eksenini, ya da transvers düzlemde daha fazla hıza sahip hentbolcuların, yz eksenini temsil eden sagittal düzlemdeki hareketlerinin ivmelenmelerinde, voleybolculara oranla daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Werner ve arkadaşları (2001) beyzbolcular üzerine yaptığı çalışmalarında, topu bırakmadan önceki önkol açısal hızını 250 ± 513 bulmuşlardır. Biz çalışmamızda bu değeri voleybolcularda 152, hentbolcularda ise 323.77 olarak tespit edilmiştir. Beyzbol deneklerinin erkek oldukları düşünüldüğünde bile bayan hentbolculardan daha düşük bir değere sahip olması beyzbolcuların, hentbolculara göre daha statik gerilme kullanmalarına bağlanabilir. Hentbolcular hareketi koşarak ve sıçrayarak yaptıkları için vücut momentini daha fazla kullanırlar.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Smaç ve sıçrayarak atış, birbirine benzeyen hareketler de olsa smaç, yüksek kol vuruş tekniğine, sıçrayarak atış ise yüksek kol atış tekniğine uygun bir harekettir. Bu durum iki spor dalı arasında bazı farklar yaratmıştır.

Gerilme fazında;

- 1- Xy eksenini, yani transvers düzlemde, kol segmentinde, hentbolcuların açısall genişlik ve hızları büyük bulunurken, voleybolcuların ivmelenmeleri yüksek bulunmuştur. Önkol segmentinde; açısall genişlik ve ivmelenme voleybolcularda, hız ise hentbolcularda büyük bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 2- Xz eksenini, yani vertikal düzlemde; hentbolcuların kol segmentinin açısall genişlikleri daha büyük, hız ve ivmelenmeleri ise voleybolculara oranla daha düşük bulunmuştur. Önkol segmentinde; açısall genişlik ve ivmelenme voleybolcularda, açısall hız değerleri hentbolcularda daha büyük bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 3- Yz eksenini, ya da sagittal düzlemde; voleybolcularda, kol segmenti hareketinin açısall genişliği, hız ve ivmelenmeleri yüksektir. Önkol segmentinde açısall genişlik, hız ve ivmelenme değerleri hentbolcularda yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).

İvmelenme fazında;

- 1- Xy eksenini, yani transvers düzlemde, kol segmentinin açısall genişliği voleybolcularda yüksek bulunurken, önkol segmenti hareketinin açısall genişliği bakımından hentbolcular daha büyük değerlere sahip bulunmuştur ($p < 0,05$).
- 2- Xz eksenini, yani vertikal düzlemde hem kol segmentinin hem de önkol segmentinin açısall hız değerleri hentbolcularda voleybolculara oranla daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$).

- 3- Yz eksenini üzerinde kol segmentinin hareketlerindeki açısai genişlik, hız ve ivmelenme parametrelerinde hentbolcularda daha yüksek olduğu yönünde fark bulunmuştur ($p < 0,05$). Önkol segmentinde açısai genişlik ve hız değerleri voleybolcularda yüksekken, açısai ivmelenme hentbolcularda yüksek bulunmuştur. ($p < 0,05$).

Genellikle yz eksenini, yani sagittal düzlemde hareket eden voleybolcuların ve genellikle xy eksenini yani transvers düzlemde hareket eden hentbolcuların, gerilme ve ivmelenme fazındaki hareketlerine ait profil değerler belirlenmiştir (çizelge 4.21, çizelge 4.22). Bu değerlerin yüksek kol atışı tekniğinde, diğer çalışmalara baz oluşturacağını umuyoruz.

Bu konuda farklı spor dallarında ve denek sayısı artırılarak yapılacak çalışmalara, standart profillerin belirlenmesinde katkı sağlayacaktır. Ulusal ve uluslararası standart profillerin oluşturulması da, sporcuların teknik özelliklerinin geliştirilerek, performanslarının artırılmasında önemli rol oynayacaktır.

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., Demirel, H. (1993). *Biyomekanik ve Hareket Bilgisi.*, A.Ü.A.Ö.F.: 15 Eskişehir.
- Akgün, N. (1996). *Egzersiz ve Spor Fizyolojisi.*, 6.Baskı. İzmir.: 1.
- Arıncı, K., Elhan, A. (1985). *Eklemler.*, Ankara.: 66-92.
- Ariel, G. (1975). Computerized biomechanical analysis of human performance. XXth World Congress in Sports Medicine., *Congress Proceedings.*: 71-79.
- Baly, L., Favier, D., Durey, A. (2001). Finswimming 3D kinematic study to optimise technique 6th Annual Congress of European College of Sport Science. July, Cologne.: 24-28.
- Bengü, M. (1983). *Voleybol.* Adam Yayıncılık, Ankara.: 73-78.
- Bueche, J.F., Jerde, A.D. (1995), *Principles of Physics.* 6ndEd., USA.: 27-28, 36, 199, 203.
- Carr,G. (1997). *Mechanics of Sport, Human Kinetics,* USA.: 4.
- 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.
- Chung, C.S., Shin, I.S., Choi, K.J. (1990). Three-dimensional kinematics of the striking arm during volleyball spike. *Korean Journal of Sport Science*, vol.2: 124-151.
- Coleman, S. (1997)., 3 D Kinematics analysis of the volleyball jump serve. ISBS. Poster Presentation.
- Coleman, S.G., Benham, A.S., Northcott, S.R., (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike., *J.Sports Science* 11(4) : 259-302.
- Demirel, A.H., Koşar, Ş.N., (2002). *İnsan Anatomisi ve Kineziyoloji*, Star Ofset, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.: 97.
- Dere, F., (1984). *Anatomi.* 3. Baskı, Adana.: 45-53.
- Elhan, A., (1989). *Kemikler.* 2. Baskı, Ankara.: 8-15.
- Eliasz, J., (1998). The relationship between throwing velocity and motor ability parameters of the high performance handball players. ISBS. Konstanz, Germany.

- Erbahçeci, F., (1999). Vücut Mekaniklerini Geliştirme, Feryal Matbaacılık, Ankara.: 19.
- Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., Barrentine, W.S., Zheng, N., Andrews, R.J. (1998). Kinematic comparisons of throwing different types of baseball pitches. *Journal of Applied Biomechanics*, 14: 3-23.
- Feltner, M.E., Taylor, G., (1997). Three-Dimensional kinetics of the shoulder, elbow, and wrist during a penalty in Water Polo. *J.of Applied Biomechanics*,13: 342-372.
- Feneis, H., (1990). Resimli Anatomi Sözlüğü. Çev: Birvar K., Sermet Matbaası, Kırklareli. : 74.
- Gökmen, F.G., (2003). Sistematik Anatomi Güven Kitabevi, İzmir.: 6-8, 64-68, 109-113.
- Halliday, D., Resnick, R., (1985). Fiziğin Temelleri. Çev:Yalçın, C., 1.Baskı, Ankara. : 60.
- Hector, G., Lein, S.H., Scouten, E.C., (1952). Physics for Arts and Sciences. USA.
- Hirashima, M., Kadota, H., Sakurai, S., Kudo, K., Ohtsuki, T., (2002). Sequential muscle activity and its functional role in the upper extremity and trunk during overarm throwing. *J.Sports Science April 20(4)* : 301-10.
- Huang, C., Liu, G., Sheu, T., (1998). 3D analysis of the volleyball one-foot jump spike. ISBS Konstanz, Germany.
- Huang, C., Liu, G.C., Lim, Y.T. Sheu, T.Y., (1999). Kinematic analysis of the volleyball back row jump spike. ISBS 99 XVII symposium on biomechanics in sports, June 30- July 6, Edit Cowan University, Perth, Western Australia.: 49-52.
- Jöris, H.J.J., Ingen Schenau, V.G.J., Kemper, H.C.G., Muijen Van, A.E., (1985). Force, velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players., *J.Biomechanic* 18: 409-414.
- Kapanji, I.A. , (1974). The Physiology Of The Joints, Second Ed. Churchill Livingstone, New York.
- Kirtley, C., Phillips, R. (1996). An interaktive multimedia package for studying human movement 3-IIMS,Perth, Western Australia.: 192-202.
- Marshall, R.N., Wood, G.A., Elliott, 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.
- Muijen Van, A.E., Jöris, H., Kemper, H.C.G, Ingen Schenau, V.G.J., (1991). Throwing practice with different ball weights effect on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Training, Medical Rehabilitation*. 2: 103-113.

- Muratlı, S., Toroman, F., Çetin, E., (2000). Sportif Hareketlerin Biomekanik Temelleri., Bağırhan Yayınvevi, Ankara.
- Otman, S., Demirel, H., Sade, A., (1995). Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri, H.Ü., Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları-16, Ankara. :14- 60.
- Özkaya, N, Nordin, M: Fundamentals of Biomechanics: Equilibrium, Motion, and Deformation. Second Edition. Van Nostrand Reinhold, New York, New York, 1999.
- Roberton, M., Konczak, J., (2001). Predicting children's overarm throw ball velocities from their developmental levels in throwing. *Research Quarterly for exercise and sport*, V:72, Washington.: 92-103.
- Scates, E.A., (1984). Winning Volleyball. 3rdEd., USA. :49-53.
- Sears, W.F., Zewansky, W.M., Young, D.H., (1984). Colege Physics. 6nd Ed., USA. :21-59.
- Sekine, K., Toyokawa, T., Ae, M., Fjii,Nshimada,K. (1999). A kinematic study on the development of the overarm motion in elementary school boys. *Japanese journal of biomechanics in sport and exercise*, v:3, Tokyo.:2-11.
- Serway, A.R. (1986). Physics. 3rdEd., USA, s:4,40,96.: 1-2, 96.
- Shapiro, R. (1978). Direct linear Transformation method for three-dimensional cinematography. *The research quarterly*, 49(2): 197-205.
- Sivrikaya, K. (1998). Farklı Yaş Kategorilerindeki Erkek ve Bayan Hentbolcuların Fiziksel Özellikleri, Kaygı Düzeyleri ve Müsabaka Performanslarının Analizi., Doktora tezi, Ankara.
- Taborsky, F., Martin, T., Frantisek, Z., 1999. Characteristic of the women's jump shot in handball, *Handball*, 1: 24-28.
- Taşkıran, Y., Demirdizen, A., Çetin, E., (2002). Hentbol'da Temel Eğitim., Kocaeli.: 24.
- Trew, M., Everett, T. (1997). Measuring and evaulating human movement, *Publisher Mosby Edition 4*, Newyork.: 144.
- Vurat, M. (2000). Voleybol Teknikleri, Bağırhan Yayınvevi, Ankara.: 117-120.
- Weineck, J. (1998). Spor Anatomisi, Bağırhan Yayınvevi, Ankara: 52-61.
- Wells, F.K. (1966). Kinesiology the scientific basis of human motion, W.B.Saunders Company, Londra.
- Werner, S.L., Gill, T.J., Murray, T.A., Cook, T.C., Hawkins, R.J. (2001). Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sport medicine*; May/June, Baltimore.

- Winter, A.D.(1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 2ndEd., Canada.: 18-24.
- Wit, A., Eliaz, J. (1998). A three dimensional kinematics analysis of handball throws, ISBS, Poster Presentation, Belgium.
- Wood, G.A., Marshall, R.N. (1986). The Accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis. *J. of Biomechanics*.,19: 781-785.
- Yan, J.H., Hinrichs, N.R., Payne, G.V., Thomas, R.J.(2000). Normalized Jerk a measure to capture developmental characteristics of young Girl's overarm throwing. *J.of Applied Biomechanic*.,16, p:196-203.
- Yıldırım, M. (2002). *Resimli İnsan Anatomisi, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul*.: 1-3.
- Ziyagil, M.A. (1995). *Kinesiyoloji ve Foksiyonel Anatomi, Emel Matbaacılık,İstanbul*, 5-7.
- Zvonarek, N., Zeljko, H. (1996). Kinematic basis of the jump shot.. *European Handball* No: 1,:7-10.

ÖZGEÇMİŞ

30 Temmuz 1970 yılında Akhisar'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimi Erdek'te tamamladı. 1987 yılında girdiği 9 Eylül Üniversitesi, Buca Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümünden 1991 yılında mezun oldu.

1991- 1993 yılları arasında Uşak İlinde Beden Eğitimi öğretmeni olarak görev yaptı. 1993 yılında Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Birimine okutman olarak atandı.

1995 yılında aynı Üniversitenin Sağlık Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Kinantropometri alanında yaptığı çalışmayla 1998 yılında mezun olarak, 1999 yılında doktora programına başladı.

Halen Kocaeli Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

**Y.G. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**