

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİMDALI

VOLEYBOLDA SMAÇ KOLUNUN AÇISAL KİNEMATİK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ÖZ

Tez Danışmanı
Prof. Dr. İbrahim YILDIRAN

ANKARA
Ağustos 2008

Kabul ve Onay Sayfası

T.C.

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

..... **Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı**

çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından

Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : ... / ... / 2008

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

..... **Üniversitesi**

Jüri Başkanı

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

..... **Üniversitesi**

İmza

Ünvanı Adı ve Soyadı

..... **Üniversitesi**

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay	I
İçindekiler	II
Şekiller, Resimler, Grafikler	IV
Tablolar	V
Önsöz	VI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Biyomekanik	3
2.1.1. Tanım ve Kapsam	3
2.1.2. Tarihsel Gelişim	4
2.2. Kinematik	12
2.2.1. Doğrusal Kinematik	13
2.2.2. Açısal Kinematik	14
2.3. Kinematik Ölçüm Yöntemleri	15
2.4. Spor Biyomekaniği ve Kinematik Veri Toplama	18
2.5. Voleybol	22
2.5.1. Voleybolda Temel Teknikler	22
2.5.2. Voleybolda Smaç	25
2.5.2.1. Kol Salınımı	27
2.5.2.2. Topla Temas	30
2.5.3. Voleybolda Kinematik Analiz	32
3. GEREÇ ve YÖNTEM	34
3.1. Deneklerin Seçimi	34
3.2. Kullanılan Materyal ve Cihazlar	34
3.3. Uygulanan Yöntem	36
4. BULGULAR	45

III

5. TARTIŞMA	49
6. SONUÇ	56
7. ÖZET	59
8. SUMMARY	61
9. KAYNAKLAR	63
10. EKLER	68
11. ÖZGEÇMİŞ	70
12. TEŞEKKÜR	72

Şekiller, Resimler, Grafikler

Şekil 1: Dragonfly express digital video kamera	34
Şekil 2: Kalibrasyon kafesi	35
Şekil 3: Elektronik dijital ölçüm cihazı	35
Şekil 4: Çalışma düzeneği şematik görünümü	36
Resim 1: FO'nun smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri	37
Resim 2: FO'nun smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri	37
Resim 3: GG'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri	38
Resim 4: GG'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri	38
Resim 5: FT'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri	39
Resim 6: FT'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri	39
Resim 7: MK'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri	40
Resim 8: MK'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri	40
Şekil 5: Seçili görüntülerdeki birim zaman	41
Şekil 6: Pictran yazılım arayüz görüntüsü	42
Şekil 7: Üç Boyutlu değerlendirmede kullanılan işaret noktaları	43
Grafik 1: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz eklemi açıları	45
Grafik 2: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki dirsek eklemi açıları	46
Grafik 3: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki el bileği eklemi açıları	47
Grafik 4: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz ve dirsek eklemi açıları	48

Tablolar

Tablo 1: 2000 Olimpiyat Oyunları Bayanlar Beceri Etkinliği	24
Tablo 2: 2000 Olimpiyat Oyunları'nda En İyi Bayan Oyuncuların Bireysel Beceri Etkinliği(%)	25
Tablo 3: Deneklerin smaç vuruğu sürecindeki omuz eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri	45
Tablo 4: Deneklerin smaç vuruğu sürecindeki dirsek eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri	46
Tablo 5: Deneklerin smaç vuruğu sürecindeki el bileği eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri	47
Tablo 6: Deneklerin smaç vuruğu sürecindeki omuz, dirsek ve el bileği eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri	48

ÖNSÖZ

Son yıllarda sporda ve tıp alanında hareket analizi; bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere de paralel olarak büyük bir ivme kazanmış ve spor bilimlerinde önemli konulardan birisi haline gelmiştir. Ortopedi, kinesiyoloji, fizik tedavi ve rehabilitasyon, spor bilimleri, fizik gibi birçok alanla ilişkili olan hareket analizi, spor biyomekanikçilerinin ilgi odağıdır.

Hareket analizi kapsamında yapılan kinematik ve kinetik incelemeler, insan hareketlerinin veya sportif bir becerinin nasıl gerçekleştiğini anlamaya yöneliktir. Bu süreç içerisinde sıklıkla, fizik prensipleri, teknoloji destekli görüntü alma cihazları ve bazı özel yazılımlardan yararlanılır.

Multidisipliner bir işbirliği gerektiren sportif hareketlerin analizi hakkında yapılmış çalışmalar; analiz için gerekli görüntülerin alınması ve aktarılmasında meydana gelen bazı güçlükler ve analiz sürecinin uzun sürmesi nedenleriyle diğer disiplinlere göre daha azdır. Yapılan literatür incelemesinde, voleybolda özellikle smaç vuruşunda üst ekstremité ile ilgili yapılmış kinematik analizlerin azlığı dikkatimizi çekmiştir. Voleybolda smaç vuruşunun oyun içerisinde sayı almadaki etkinliği düşünülecek olursa; bu beceri ile ilgili üst ekstremité hareket analizlerinin daha çok olması beklenmektedir.

Yaptığımız bu çalışmanın, alanda var olan soru işaretlerinden bazılarını gidermesini ve bir başlangıç olarak kabul edilmesini umuyor ve spor bilimine faydalı olmasını diliyoruz.

ANKARA, 2008

1. GİRİŞ

İnsan hareketlerini oluşturan mekanik kuralların, hücre, doku ve daha geniş anlamda organizma seviyesinde etkilerini ve sonuçlarını inceleyen bir bilim alanı olan biyomekanik¹, önceleri hayvanlarda ve insanlarda yürüme, koşu gibi basit hareketler üzerinde çalışırken; günümüzde spor materyallerinden, spor hekimliğine, mühendislik biliminden motor gelişime kadar birçok alana yönelik çalışmalara olanak sağlamaktadır. Son yıllarda birçok üniversitede bulunan spor fakülteleri ve yüksekokullarında bir ders olarak verilen ve birçok yüksek lisans, doktora öğrencisi bulunan spor biyomekaniği², dinlenme ve hareket anında insan vücudu üzerinde etkili olan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin diğer objelere, kişilere olan sonuçlarını inceleyen bir bilim dalıdır.^{1,3}

Spor biyomekaniğinde branşlara özgü teknik elementlerin analizlerini konu edinen çalışmaların çoğunluğunun kinematik ve kinetikle ilgili olduğu görülür.^{4,5,6,7,8} Mekaniğin bir alt dalı olan dinamik disiplini içinde ele alınan kinematik; yapılan bir hareketi; zaman, kat edilen yol, açı, ivme (akselerasyon) veya hıza göre inceler.^{1,9} İnsan vücudunda bulunan eklemlerle yapılan birçok hareket, rotasyonel olması sebebiyle açısal kinematik bakımından analiz edilir.

Bilimin ortak dili matematiktir. Biyomekanik de sıklıkla matematiksel hesaplardan faydalanır.² Matematiksel hesaplar açısal kinematik alanında da; hareketler anında meydana gelen açısal pozisyon ve yer değiştirme, açısal hız ve ivme, tangential ivme ve merkezkaç kuvvetler olarak karşımıza çıkmaktadır.¹

Tarihsel süreçte, Antik Çağ'dan itibaren birçok bilim adamı insan hareketlerinin mekaniği ile ilgilenmişler ve bu bilim dalının faydalanacağı farklı alanlarda (Matematik, fizik, tıp vb.) sayısız eser bırakmışlardır. Bu alanda kaslarla ilgili Galen'in (M.Ö. 129-201) yazdığı

“De motu musculorum” adlı kitapla başlayan bilimsel süreç^{10,11}, günümüzde teknolojiye paralel olarak, uygulama alanları genişleyen bu bilim dalında kullanılan gözleme dayalı, fotografi, sinematografik araştırma yöntemleri gibi yöntemleri de geride bırakarak; yerini bilgisayar yardımıyla yapılan hareket analizlerine bırakmıştır.^{1,2}

Voleybolda yapılan biyomekanik çalışmalara bakıldığında; birçoğunun alt ekstremiteler ile ilgili olduğu ve özellikle dikey sıçrama çalışmalarının bulunduğu görülür.^{12,13,14,15,16,17,18} Voleybolda üst ekstremitelerle uygulanan teknik bileşenlerin biyomekanik analizine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır.^{19,20,21,22,23,24} Voleybolda smaç kolunun açısal kinematik analiziyle ilgili çalışmalara ise daha da seyrek rastlanmaktadır.^{20,21,25,26} Ancak bu çalışmaların hiçbirisi voleybolda smaç vuruşu esnasında üst ekstremiteler eklemlerinin zamana bağlı değişimini ele almamıştır.

Bu çalışmalar, antrenörlere ve sporculara çok değerli bilgiler sunmaktadır.¹¹ Analizler sadece sportif performans arttırmak için kullanılmaz. Spor hekimliğinin de alanı içine giren spor sakatlıklarını önlemek için de bu analizlerden faydalanılır.^{1,2,11}

Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; voleybolda smaç vuruşunda üst ekstremitelerde bulunan omuz, dirsek ve el bileği eklemlerinde meydana gelen açısal değişikliklerin zamana bağlı olarak belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Biyomekanik

2.1.1. Tanım ve Kapsam

Biyomekaniğin tanımını yapmadan önce kinesiyojinin tanımını yapmak gerekir. Kinesiyoji, insan hareketlerini inceleyen bir bilim dalıdır.² Biyomekanik ise, biyolojik bir yapı içinde ve üzerinde etki eden kuvvetleri ve bu kuvvetlerin etkileriyle oluşan sonuçları inceleyen bir bilimdir¹⁰ ve de kinesiyojinin alt disiplinlerinden biridir.⁸ Biyomekanik, canlıların hareketlerinin doğru olarak tanımlanmasını ve oluşumunu içerir.²

Biyomekanik, mekanik bilimini kullanarak yaşayan canlıların hareketlerini inceler. Mekanik, hareketi tanımlayan ve hareketin nasıl oluştuğuyla ilgilenen bir fizik dalıdır. Canlı nesnelere etki eden kuvvetler; hareket oluşumunu meydana getirir. Biyomekanik, canlı nesnelerin nasıl hareket ettiklerini, kinesiyojların hareketleri nasıl geliştirdiklerini, nasıl güvenli bir hareket oluşturacaklarını anlamamız için gerekli olan matematiksel ve kavramsal araçları sağlar.²

Bir sistem üzerinde etki eden dış kuvvetler kapsamlı ölçüm cihazları kullanılarak nicel olarak ölçülebilir. Dış kuvvetler ya da kas aktiviteleri sonucu oluşan iç kuvvetler ise aktarıcı ölçüm cihazları ile ya da model hesaplarından tahmin yoluyla değerlendirilir. İç ve dış kuvvetlerin sonuçları:

- İlgili segmentte hareketler,
- Biyolojik materyallerde deformasyonlar,
- Etki edilen dokuda biyolojik değişikliklerdir.¹⁰

Dolayısıyla biyomekanik araştırmalar, çalışmalar ve/veya ölçümler;

- Farklı vücut segmentlerinin hareketleri ile harekete etki eden faktörleri,
- Biyolojik yapılarda meydana gelen deformasyonları ve bu deformiteye neden olan etkenleri,
- Canlı doku üzerine lokal olarak etki eden büyüme, gelişme, aşırı yüklenme ve sakatlık gibi biyolojik etmenleri inceler.¹⁰

Bir başka tanıma göre biyomekanik, mekanik bilgi ve metodlar kullanılarak biyolojik sistemlerin fonksiyonları ve yapılarını inceleyen bir bilimdir.¹⁰

Biyomekanik araştırmalar; insan ve hayvan hareketlerinde farklı birkaç alana hizmet eder. Bu alanlar ise şunları içerir: a) Kaslar, kemikler, tendonlar, kıkırdaklar ve bağların fonksiyonları, b) Canlılarda yüklenme ve aşırı yüklenmeyle ilgili spesifik yapılar, c) Performansı etkileyen faktörler. İnsan biyomekaniğinin içerdiği konular ise; sakat ve sakat olmayan ile sporcu ve sporcu olmayanlarla ilgilidir ve yaş aralığı çocuklardan yaşlılara kadar geniş bir yelpazededir.^{2,10} Diğer yandan biyomekanik çalışmaları, egzersiz ve kondisyon programları oluşturmaya da yardım eder ve kinesyolojiye insan hareketlerinin nicel analizi anlamında yardım eden en önemli disiplinlerden biridir.²

2.1.2. Tarihsel Gelişim

Antik dönemde yaşayan Galen (M.S. 129-201), dünyanın ilk spor eğitmeni ve takım doktoru olarak tahmin edilmektedir.^{4,36} Gladyatörler arasında dört seneliğine dietetik ve ameliyat konusunda deneyim kazandıktan sonra, 20 yıl boyunca imparatorluk makamında 500'ü aşkın medikal bilimsel araştırma gerçekleştirmiştir "*De motu musculorum*" (Kasların Hareketleri Üzerine) adlı eseri^{10,11}, hareketin mekaniği ile ilgili olup, Galen'in ömür boyu süren tutkusu haline gelmiştir. Thales, ilk kez

bilgi ile inancı birbirinden ayırmıştır. Pythagoras, Aristotle ve Archimedes ise hareketin mekanik ve matematik açıdan analizi ile ilgili temelleri atmışlardır. Hipocrates, Herophilos, Erasistratis ve Galen insan vücudunun ilk anatomik ve fizyolojik kavramlarını oluşturmuşlardır.¹⁰ Aristotle M.Ö. 334'te, hayvan hareketlerini nitel olarak analiz eden ilk kitabı "*De motu Animalium*" (Hayvanların Hareketleri Üzerine) yazmıştır.^{10,11} İnsan ve hayvan hareketi ile ilgili gözleme dayanan ve kas hareketlerini tanımlayan ilk bilimsel analizi yapmıştır.¹⁰ Hayvan hareketlerini geometrik olgularla analiz ederek kağıda dökmüştür. Kas hareketlerini ve hareket boyunca eklemlerde meydana gelen olayları ilk tanımlayan kişi olmuştur.¹¹

Antik dönemde biyomekanikle ilgili dört gelişme vardır:

- Bilgi ve inanç birbirinden ayrılmıştır.
- Mekaniksel ve matematiksel olgular geliştirilmiştir.
- Anatomik olgular geliştirilmiştir. İnsan vücudunun ilk biyomekanik analizi gerçekleştirilmiştir.¹⁰

Orta Çağ'da (M.Ö.200-M.S.1450) biyomekanik gelişmeler çok az düzeydedir. Bu dönemde genel anlamda bilimsel çalışmalar engellenmiş ve dolayısıyla insan ve hayvanlarda anatomi, fizyoloji ve lokomasyon gibi ilgi alanları, daha önceki bilgilerle 1200 yıldan fazla bir süre uykuya dalmıştır.^{10,11}

Ortaçağ'da rafa kaldırılmış bilimsel çalışmalar, Rönesans döneminde yeniden gözden geçirilmiştir.¹⁰ Leonardo da Vinci (1452-1519) hareketi anlamaya ve anlatmaya çalışmıştır. Özellikle anatomi ile ilgili insan iskelet sistemi üzerine yaptığı çizimler çok kıymetlidir. Vinci'nin insan vücudu, organları, fonksiyonları ile ilgili yaptığı çizimleri; kendisini Rönesans dönemi bilim dünyasında kabul gören bir konuma getirmiştir.¹¹ Da Vinci ve Vesalius insan kadvraları üzerinde yaptıkları incelemeler ve gözlemlerinden edindikleri deneyimler sonucu; modern anatomi ve

fizyolojinin temelini atmışlardır. Kadavralar üzerinde yapılan incelemelere paralel olarak insan hareketleri tartışılmış ve bu hareketlere etki eden faktörler araştırılmıştır.¹⁰

Rönesans döneminde (1450-1527) biyomekanikle ilgili üç büyük gelişme vardır:

- Bilimsel çalışmalar yeniden gözden geçirilmiştir.
- Modern anatomi ve fizyolojinin temelleri atılmıştır.
- Hareketler ve kas aktivasyonları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.¹⁰

Galileo Galilei (1564-1642) ve Isaac Newton (1642-1727) ise hareketleri fizik prensipleri çerçevesinde inceleyerek, teorik ve deneysel olarak hareket analizinin temellerini atmışlardır.¹¹

İnsan hareketlerinin nicel ve objektif olarak ölçüm ve analizi ise Galileo'nin öğrencisi Borelli (1608-1679) tarafından yapılmaya başlanmıştır.¹¹ Giovanni Borelli, biyomekaniğin babası olarak adlandırılan kitabıyla (*De motu animalium ex principio mechanico statico*, 1680) bilimsel yenilenme dönemine damgasını vurmuştur.^{10,11} Kitap, biyodinamik ve biyokinematiğin başlangıcı ve dolayısıyla da biyomekaniğin kurucusu olmuştur.¹¹ Borelli'nin amacı, fizyoloji ve fizik bilimini birleştirmektir. Kitabında koşma, sıçrama, yüzme gibi karmaşık insan hareketlerinin geometrik modelleri bulunmaktadır. İnsan vücudu üzerindeki araştırmaları, yürüyüş analizi ve kasların analizini de içerir.¹⁰ Kasların kemikler tarafından bir mekanik kaldıraç gibi hareket ettirildiğini, matematik prensiplere göre açıklamıştır. Borelli ilk kez prizmatik bir eksen çevresindeki üç dikey düzlem içerisinde insan vücudunun ağırlık merkezini belirlemiştir.¹¹ Borelli, hipotezlerini ve bulgularını öneriler şeklinde gruplandırmıştır. Sıçrama ile ilgili saptamalarından birkaçı şöyledir¹⁰:

- Sıçrama yatay düzlem içerisinde ve yörüngesi paraboliktir.
- Niye koşu sonrasındaki bir sıçrama daha uzun ve daha yüksektir?

Borelli'nin mekanik ile ilgili önerileri biyomekaniğin gelişiminde önemli bir iz bırakmıştır.

Bilimsel yenilenme döneminde aletler, deneysel içerik kapsamında geliştirilmiştir. Mekanik biliminde teleskop, fizyolojide ise mikroskop yenilenmiş, geliştirilmiştir. Çalışmalar farklı alanlar şeklinde ayrılarak ortaya çıkmaya başlamış ve 18. yüzyıl boyunca da amacına ulaşmıştır. 17.yüzyılda Galilei, Borelli ve Harvey gibi bilim adamlarının insan vücudunu ve işleyişini anlama çalışmaları sayesinde, biyomekaniğin temelleri atılmıştır.¹⁰

Newton'un sentezleri ise hareket biliminde yeni bir yol açmıştır. Mekanik felsefesinin ortaya çıkması ve Newton kanunları; insan hareketlerinde yapılan çalışmalar için bir güç sağlamış ve bu hareketlerin anlaşılması için bir araç olmuştur. İnsan vücudu mekanik araştırmaların odağı olmaya başlamıştır.¹⁰

Bilimsel yenilenme döneminde 2 büyük gelişme mevcuttur:

- Deney ve teori; bilimsel araştırmalarda bütüncüleyici elementler şeklinde tanımlanmıştır.
- Newton mekaniği belirlenmiş ve mekanik analizler için teorik bilgiler saptanmıştır.¹⁰

Aydınlanma döneminde, 18. yüzyıl boyunca Newton mekaniği ve Newton'un bakış açısı tartışılmış ve kuvvetin aslında ne olduğu ile kuvvetin etkileri tartışmalara sebep olmuştur. Kuvvet ve hareket arasındaki ilişki önem kazanmaya başlamıştır. Yapılan bu tartışmalar

sonucunda biyomekaniğin mekanik temelleri ışığında momentum ve enerji kanunları geliştirilmiştir.¹⁰

18. yüzyılda yapılan matematik analizler ile mekanik çalışmalar ilerlemiştir. Biyolojik materyallerin fonksiyonları ve yapıları kimyasal ve mekaniksel yöntemlerin kombinasyonu ile daha anlaşılır olmaya başlamıştır.¹⁰

Aydınlanma döneminde ise dört büyük gelişme vardır:

- Kuvvet kavramı tamamen anlaşılmıştır.
- Momentum ve enerji kavramları gelişmeye başlamıştır.
- Farklı mekanik kanunlarının matematiksel birleşmeleri gerçekleştirilmiştir.
- Kas kasılması ve aktivasyonu, elektrik güçleri, biyokimya ve mekanik aracılığıyla tanımlanmıştır.¹⁰

Yürüyüş yüzyılı döneminde ise üç büyük gelişme mevcuttur:

- Ölçüm metotları hareketin kinematik ve kinetik nicelikleri şeklinde geliştirilmiş ve bu metotlar yürüyüş analizi üzerinde uygulanmıştır.
- Ölçüm metotları, kas aktivitesi esnasında elektriksel akım ile nicelendirilerek geliştirilmiştir.
- Mühendislik prensipleri, biyolojik ve biyomekanik analizler üzerinde uygulanmıştır.¹⁰

İnsan hareketlerinin nicelik değerlerini elde etmek için kullanılan aletler Marey, Muybride ile Braune ve Fischer tarafından geliştirilmiştir. Fotoğrafının gelişimi ile hareketleri insan gözünün

göremeyeceği hızda resimlendirmek mümkün olmuştur. Bunlara ek olarak kas aktiviteleri EMG yoluyla ölçülmüştür. 19. yüzyıl sonunda fotografi geliştirilmiş ve insan ve hayvan hareketleri nicelik olarak tanımlanmaya başlanmıştır. Bu dönemde Marey, çok içerikli ve sınırsız sayıda insan ve hayvan hareketleri analizi yapmış ve Fransız hükümeti asistanı ile Parc des Princes'ta Roland Garros Tenis Kortları'nı yaptırarak; burada bazı ekipmanlarla monitörize edilmiş 500 metrelik dairesel bir alanı içeren Station Physiologique (Fizyoloji Laboratuvarı)'i kurmuştur.^{10,11} Bu merkezde yetişkinlerde ve çocuklarda sportif hareketlerin analizini yapmıştır.¹⁰ Marey'e göre; gözlem altındaki nesneleri ölçmek için kullanılan dinamometre, pedometre, spirometre ve diğer cihazlar insan hareketleri üzerinde çalışmak için tesis edilmiştir. Bunlara ek olarak, pnömograf, sphygmograph ve kardiyograflar da antrene edilen sporcuların gelişimlerini adım adım takip etmek ve egzersizin organik hayat fonksiyonları üzerine etkilerini araştırmak için kullanılmalıdır. Marey'in bu yaklaşımı, modern anlamda fizyoloji ve biyomekanik laboratuvarlarının öncüsü olmuştur.¹¹ Aynı zamanda Marey sıklıkla; bir öncü gibi biyomekanikten daha çok sinematografi alanında bir çok tanımlamalar yapmıştır. Marey, insan hareketlerini yüksek hızda kaydetmeye yarayan aletleri geliştirmiş ve ürettiği fotografik tabancasını Kodak disk kamera ile benzer prensiple çalıştırmıştır. Marey 1889'da ise modern sinekamera diye de adlandırılan kronofotografik zarı da geliştirmiştir. İnsan hareketlerinin analizini görüntü görüntü (frame by frame) analiz etmeyi tercih etmiş ve hareketleri merceği sayesinde kendisinin çıplak gözle göremeyeceği hızda kaydederek resimlendirmiştir. Marey'in veri toplama metodları hızla kardiyoloji, mikroskopi, mekanik, müzik, hidrodinamik, inşaat mühendisliği gibi birçok alanda kabul görmüştür. Kinematik ve kinetiği birleştiren ilk bilim adamı olmuştur.^{10,11}

Modern anlamda hareketlerin ölçümü ise İngiliz bir fotoğrafçı olan Edward Muybridge (1830-1904) tarafından hayata geçirilmiştir.¹¹

Edward Muybridge kendi kariyerine Leland Stanford'un (Stanford Üniversitesi'nin kurucusu) sezgilerini temel alarak başlamıştır. Stanford, bir at yarışı hayranıdır ve onlarla ilgilenirken anatomileri ve hareketlerine de merak salmıştır. Atların dört nala koşarken bir periyotta, dört ayağının birden yerden kesildiğine inanmıştır. Kendi atı Occident'in dört nala koşuşunu fotografik yöntemle belirlemesi amacıyla; Muybridge'i görevlendirmiştir. Muybridge önceleri 12, sonraları da 24 kamera kullanarak yaptığı çalışmada; saniyenin 1/1000'i kadar hızda görüntü kaydetmeyi başarmış ve bu hipotezin doğruluğunu ispatlayarak başarılı olmuştur. Stanford ile işbirliğini sürdürerek Stanford'un atlarının yürüyüşlerini "*Horses in Motion*" adlı kitapları aracılığıyla kağıda dökmüşlerdir. Bu da 1895'te ortaya çıkan modern sinematografinin temeli olmuştur. Muybridge, 1884-1885 yılları arasında 781 plakadan oluşan 20.000 görüntü üretmiştir. Muybridge'in fotoğraf kaydetmesiyle ilgili çeşitli eleştiri ve değişik yorumlar olmasına rağmen, hiç şüphe yoktur ki, onun çalışmaları yeni bir kinematik bilim dili oluşmasını sağlamıştır.^{10,11}

1891'de ise insan yürüyüşünün ilk kez üç boyutlu analizi Otto Fischer ve Wilhelm Braune tarafından matematiksel analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.¹⁰ Anatomi bilimci Braune ve fizikçi Fischer, 1895'te hareket biliminde çok önemli bir adım atmışlardır. Hem kadavralarda hem de askerler üzerinde yaptıkları çalışmalarında, fotografik ve stereometrik yöntemlerle kinematik ölçümleri tamamlamışlardır. Üç boyutlu fotografik yöntemleri kullanarak yayınladıkları çalışmaları "*Der Gang des Menschen*" (The Human Gait, 1895), hareket bilimlerinde nicel bilimsel araştırmalar açısından bir temel oluşturmuştur. Çalışmalarında, ikisi yanlarda ve ikisi de önde olacak şekilde dört kamera kullanmışlardır. İnsan vücudunda anatomik referans noktalarını ilk kez doğru olarak tanımlayan kişilerdir.¹¹

Nikolaj A. Bernstein ise (1896-1966) insan hareketlerinin kinematiğini ölçmede cylography, bir film kamera ve bir ayna kullanarak farklı bir ölçüm yöntemi ve bakış açısı getirmiştir. Aynayı, sabitlediği kamerayla aralarında 45 derecelik bir açı olacak şekilde yerleştirerek, üç boyutlu analizlerini gerçekleştirmiştir. Dolayısıyla her fotoğrafın hem önden hem de yandan görüntülerini elde etmiştir.¹¹

Kuvvet platformlarının geliştirilmesiyle ise daha objektif ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yürüyüş analizi ile ilgili ilk tıbbi klinik çalışmalar ise R. Plato Shwartz tarafından 1930'larda başlamıştır. Kendisi aynı zamanda yürüyüş analizi için gerekli temel ihtiyaçları da kabul ettirmiştir.¹¹

1940'ların ortalarında ise Saunders, Inmann ve Sutherland tarafından oluşan Berkeley grubu; California Üniversitesi Biyomekanik Laboratuvarı'nda 2. Dünya Savaşı'nda yaralanan askerlerin ortopedik rehabilitasyonlarıyla ilgilenmişler ve bu esnada elektromiyografik, kinetik ve kinematik farklı ölçüm yöntemleri keşfetmişlerdir.¹¹

1970'lere kadar ise stroboskopik fotoğrafı ve sinematografi, insan hareketlerinin kinematik analizinde baskın ölçüm yöntemleri olarak kullanılmaya devam etmiştir.¹¹

20. yüzyılda biyomekanikte meydana gelen gelişmeler, birkaç faktör tarafından etkilenmiştir. Bunlar; iki tane Dünya Savaşı sonucu teknolojide ve mekanikte meydana gelen gelişmeler, nüfusun artması, toplumda sporun sosyal ve finansal olarak tanınması, finansal kaynakların insan sağlığı ve tıbbi araştırmaları desteklemesidir. Tüm bu dış etkenler biyomekaniğin gelişmesine katkıda bulunmuş ve buna bağlı olarak birçok biyomekanik araştırmacısı ve biyomekanik laboratuvarları ortaya çıkmıştır.

Bunların yanı sıra 20. yüzyılda biyomekaniğin gelişmesi ve büyümesi; çeşitli politik ve profesyonel aktivitelerle ve biyomekanik

toplulukların sayıca artması ile ilişkilendirilebilir. Biyomekaniğin ilk atılımı üniversitelerde sporla ilgili disiplinlerde, öğretim müfredatları içerisine konulmasıyla gerçekleşmiştir. 20. yüzyılın başlarında bazı üniversiteler Beden Eğitimi ve Spor Fakültelerinde biyomekanik dersleri vermeye başlamıştır. O zamanlar bu dersin kinesiyoloji ya da biyomekanik adı altında verilmesi ile ilgili çeşitli tartışmalar meydana gelmiştir. Bugün ise bu sorunun cevabı netleşmiştir. Kinesiyoloji kendi içerisinde farklı disiplinleri (Mekanik, fizyolojik ve nörolojik gibi) barındıran bir bilimdir.^{10,11}

Bugün biyomekanik araştırmalardan elde edilen sonuçlar doğrudan tıp, iş alanları ile spor ve spor materyalleri gibi birçok alanı etkilemekte ve insan hayatının farklı yönlerine hizmet etmektedir. Son zamanlarda ise biyomekanik; disiplinler arası projelerde yerini daha fazla almaktadır.¹⁰

2.2. Kinematik

Mekanik, harekete neden olan kuvvetler ve nesnelerin hareketlerini inceleyen bir fizik dalıdır. Kendi içinde üç ana sınıfa ayrılır: 1) Katı cisim mekaniği, 2) Şekil değiştiren cisim mekaniği, 3) Akışkan mekaniği.²

Birçok spor biyomekaniği çalışması, iskelet sistemi ile ilgilidir ve katı cisim mekaniği içerisinde incelenir. Katı cisim mekaniği de ikiye ayrılır: 1) Statik, 2) Dinamik.^{2,9}

Statik, sabit veya hareket etmeyen nesneler üzerinde çalışır. Dinamik ise kuvvetlerin etki etmesi sonucu hareket eden (ivmelenen) nesneler üzerinde çalışır ve iki alt sınıfa ayrılır: 1) Kinematik, 2) Kinetik.²

Kinematik, hareketlerin tanımlanmasıyla ilgilenen mekaniğin bir parçasıdır.^{2,11,27} Kökü Yunanca' da hareket anlamına gelen kinematik, ilk kez 19. yüzyıl ortasında Ampère tarafından kullanılmıştır. Kinematik

nicelikler vücut hareketlerinin uzayda geometrik olarak tanımlanmasıyla ilgilendiği için, kinematiğe hareketin geometrisi de denebilir. Kinematik; hareket eden cisimlerin pozisyonları, hızları, vücut parçalarının ivmelenmeleri, birbirlerine olan açıları, açısal hızları ve açısal ivmelenmelerini nicelik olarak belirler.¹¹ Diğer bir ifadeyle kinematik; yapılan hareketin; zaman, kat edilen yol, açı, ivme (akselerasyon) veya hıza göre incelenmesidir.^{1,9}

Kinetik ise objelerin hareketlerine neden olan kuvvetlerden bahsetmektedir. Kütle ve kuvvet ölçümleri yapılarak hareketi oluşturan kuvvetlerin miktarı hesaplanmaktadır. Objeye etki eden kuvvetlerin yanı sıra kasların açığa çıkardığı kuvvetler, vücuda etki eden yerçekimi kuvveti, yer reaksiyon kuvveti vb. kinetiğin konuları arasındadır.¹

Biyomekanikçiler insan hareketini oluşturan bileşenleri, açısal ve doğrusal mekanik değişkenleri ölçerek elde ederler. Kinematik, istenilen teknikle ilgili değerli bilgiler elde etmeyi sağlar. Biyomekanik, insan hareketlerinin kinematik analizleri ile ilgili uzun bir geçmişe sahiptir. Çoğu zaman da bu kinematik veriler, bazı kompleks kinetik değişkenlerin hesaplanması için de kullanılır.²

2.2.1. Doğrusal Kinematik

Doğrusal yönde yapılan hareketleri doğrusal (linear) kinematik incelemektedir. Doğrusal kinematik, hareket eden sporcunun veya spor malzemesinin (top, raketi tekne, araba vb.) hızı, yönü, kat ettiği mesafeyi inceler.^{1,11} Bir boksörün direk yumruğu doğrusal bir harekettir. Artistik patinaj sporcusunun statik durumda buz üstünde düz bir çizgi üzerinde kayması; yelkenlinin sakin bir havada belirlenmiş noktaya doğru gitmesi yine doğrusal bir harekettir.¹

2.2.2. Açısal Kinematik

Mekaniğin bir dalı olan açısal kinematik; insan vücudundaki hareketlerin incelenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bir merkez ve eksen çevresinde yapılan yörüngesel hareketleri araştıran bu tip kinematik; eklemlerde meydana gelen hareketleri değerlendirmede en uygun mekanik alanıdır.^{1,11} Çünkü insan vücudunda bulunan birçok eklem, bir, iki veya üç rotasyon yaparak hareketleri oluşturur.¹¹

Günlük yaşamda veya sportif amaçla gerçekleştirilen tüm hareketler açısal değişiklikler içermektedir. Aynı zamanda bu hareketler sadece bir değil, birkaç açısal alanı da içermektedir. Dolayısıyla hareketler meydana geldikleri eklemlerin özelliklerine göre farklı düzlemlerde oluşurken, bu düzlemlerde farklı açısal dilimleri içlerine almaktadır. O nedenle topa vururken diz ekstensiyonu ile birlikte aksiyal rotasyon olmakta ve bu, ayağın vuruş şekline göre içe veya dışa doğru gerçekleşmektedir. Bu hareketler tüm vücudun katıldığı açısal hareketleri oluşturmaktadır.¹

Açısal kinematik kapsamında hareketler anında meydana gelen açısal pozisyon ve yer değiştirme, açısal hız ve ivme, tangential ivme ve merkezkaç kuvvetler incelenmektedir.¹

Açısal kinematik iki sınıfa ayrılabilir. Bunlardan ilki; yalnız bedenin oryantasyonu ve açısal pozisyonuyla ilgilidir. Buna segment açıları denir. İkincisi ise vücudun birleşik segmentlerinde oluşan iki çizgi arasında kalan açıyla ilgilenir. Bu da rölatif, eklem veya kardinal açıları olarak adlandırılır. Çünkü burada birbiriyle ilişkili iki segmentin açısal pozisyonları ölçülür.²⁷

İnsan vücudu, birbirine eklemlerle bağlanmış birçok segmentten oluşur. Dolayısıyla eklem açılarını ölçmek ve tanımlamak

sıklıkla kullanılır. Eklem açılarının ölçülmesi, minimum üç koordinatı veya iki net açıyı gerektirir.²⁷

Bunların yanı sıra; tüm doğrusal kinematik değişkenler de açısal kinematik verilere bağlıdır.¹¹

Dinamiğin temel prensipleri olan kinetik parametrelerin hesaplanması, kuvvetler ve kuvvete etki eden momentler gibi değişkenlerin belirlenmesi için kinematik verilere ihtiyaç vardır.¹¹

Açısal kinematik ile yapılan değerlendirmeler ve elde edilen sonuçlar, sporcuların gerçekleştirdikleri hareketlerin analiz edilmesinde, sporcuların ve antrenörlerin kendilerini geliştirmesinde ve yeni tekniklerin yaratılmasında yardımcı olmaktadır.¹

2.3. Kinematik Ölçüm Yöntemleri

Kinematik değişkenler, film ve video kamera gibi ilgili eklemde yer değiştirme verilerini elde etmeye yarayan aletler aracılığıyla ölçülür. Bazı hareketler iki boyutlu (2-D) basit düzlemsel koordinatlar ile ölçülmek için oldukça karmaşık olabilir. Bu nedenle bu hareketler üç boyutlu (3-D) metotlar kullanılarak ölçülür.²⁷

Özel kameralar görüntüleri kaydeder ve eklem merkezleri üzerinde bulunan markerların yörüngelerini hesaplar ve sonra hareket bileşenlerini analiz eder. Daha sonra bu veriler; eklemlerde hareket genişliği, her segmentin hız ve ivmelenmesi, vücut ağırlık merkezi gibi çeşitli kinematik işlemlere tabi tutulur. Tüm bu veriler, yer reaksiyon kuvveti ile inverse dinamik analiz için de kullanılabilir.²⁷

Kinematik, analitik araçlar kullanır. Kinematik veriler; daha sonra inverse dinamik analizlerde olduğu gibi kuvvetlerin hesaplanması ve eklemlere etki eden momentlerin hesaplanmasında kullanıldığı için ayrı bir

önem taşır. Bu nedenle kinematik analiz kendi çalışmaları içinde son buluyor gözükebilir; fakat kinetik analizler için bir ön adımdır.²⁷

Kinematik ölçüm yöntemleri üç farklı sınıfta incelenebilir:

1. Ekzoskeletal ölçüm yöntemi,
2. Stereometrik ölçüm yöntemleri,
3. Akselerometri¹¹

1970'lerin başında hem uygun fiyatı hem de basit ölçüm yöntemi sayesinde tercih edilen elektrogoniometri, bir ekzoskeletal ölçüm yöntemidir. Elektrogoniometri, vücut segmentleri arasındaki açıları ölçme anlamına gelir. Rehabilitasyon merkezlerinde, klinik yürüyüş analizlerinde ve yürüyüş araştırmalarında yavaş gerçekleşen hareketlerin ölçülmesi ve analiz edilmesi için uygun bir yöntemdir.¹¹

Stereometrik yöntemler, kapsamlı kinematik veriler elde etmemizi sağlar. Kendi içinde kapalı aralık analitik fotogrametri, yüksek hızlı fotogrametri metodu, optoelektronik metod, ışık taramalı metod ve stereometrik metod olarak sınıflara ayrılabilirler. Yüksek hızlı fotoğrafı¹¹ metodu 1970'li yılların sonuna kadar en yaygın kullanılan metot olup; günümüzde özellikle spor biliminde halen sıklıkla kullanılmaktadır. Amerikan Fotogrametri Topluluğu'na göre (1980) fotogrametri; fiziksel nesneler ve görüntü kaydetme, ölçme ve değerlendirme yöntemleri sonucu oluşan veriler hakkında gerçek bilgileri elde eden sanat, bilim ve teknolojinin bir sonucudur.²⁷ Biyomekanik araştırmacıları, fotografik veya videografik araçlar aracılığıyla net görüntüleri elde etmek için gerekli faktörlerle yakından ilgilenirler. Bu yöntemler oldukça pahalıdır. Uzun süren değerlendirme süreci vardır ve elle sayısallaştırma yapılır. Videografi ise daha yaygın kullanılan bir metottur. Tüm bu araçlar;

kullanılabilir fotografik görüntüleri yaratmak için birçok benzer prensiple karşılaşılır.²

Fotogrametride hareketler, en az iki senkronize edilmiş kamera ile kaydedilmekte ve genellikle bu kameralar saniyede 50 ila 100 kare görüntü kaydedebilmektedir.¹¹ Biyomekanikçiler tarafından kullanılan kameralar, saniyede 10 kare görüntüden 500 kare görüntüye kadar kayıt yaparlar.²⁵ Aynı zamanda çok hızlı gerçekleşen hareketler de bu yöntemle analiz edilebilmektedir. Uygulamada kameraların sabit açılarda pozisyonu sağlanır ve bu genellikle hareket eden nesneye dik olacak şekildedir. Kameraların yerleşimi global koordinat sistemi içerisinde tanımlanır ve analiz edilecek deneğin yapacağı hareketin tamamını görebilecek konumda olmalıdır. Fotogrametrik yöntemler sonucunda belirlenen vücut segmentlerinin uzaydaki üç boyutlu x , y , z koordinatları verilir ve bu değerlerden istenilen kinematik veriler hesaplanabilir.¹¹

Berkeley grubu'nun California'da yaptıkları ilk çalışmalarında (1944), fotografik, akselerometrik, ayna ile fotografik ve elektromyografi, yer reaksiyon kuvveti gibi biyomekanik ölçüm yöntemleri kullanarak kinematik veriler elde etmişlerdir.¹¹

Sonuç olarak fotoğrafı, insan gözünün fark edemeyeceği hızda görüntü alarak, insan hareketlerinin analiz edilmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Birçok laboratuvar yeni projelerinde bu ölçüm yönteminin gerektirdiği cihazları talep etmektedir.¹¹

Fotografik metotta, görüntü-görüntü (Frame by frame) analiz etme, değerlendirme ve sayısallaştırma işlemi yavaş ve uzun süreli olduğundan; optoelektronik metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar 1960'ların sonunda bazı özel laboratuvarlarda geliştirilmiş ve daha sonra ticari olarak pazarlanmaya başlanmıştır. Bu yöntem bilgisayar biliminde meydana gelen gelişmelerle daha çok tercih edilir duruma gelmiştir.¹¹

Üçüncü bir kinematik ölçüm yöntemi olan akselerometrede ise, stereofotogrametri ve elektrogoniometride olduğunun aksine cisimlerin yer değiştirmeleri ile ilgili veriler elde edilmez. Sadece ivmelenme değerlerine ulaşılabilir. Bu nedenle bu metotla sınırlı kinematik verilere ulaşılır ve tek başına tercih edilmez.¹¹

Üç boyutlu kinematik analizler hiçbir zaman iki boyutlu kinematik analizlerden daha zor olarak düşünülmemelidir. Tüm çoklu kamera hareket analizi sistemleriyle üç boyutlu ölçümleri yapmak mümkündür.²⁷

Kinematik verilerden elde edilen bilgiler, uzmanlara, antrenörlere ve sporculara önemli bir yol gösterici konumundadır.¹¹

2.4. Spor Biyomekaniği ve Kinematik Veri Toplama

Spor biyomekaniği, dinlenme ve hareket anında insan vücudu üzerinde etkili olan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin diğer objelere, kişilere olan sonuçlarını inceleyen bir bilim dalıdır.^{1,9}

Spor biyomekaniği, sportif verimi artırma, insan sağlığını koruyucu önlemler alma, antropometrik ölçümler ile seçilen spor türüne uygunluğu belirleme gibi amaçlara hizmet eder. Aslında beden eğitimi öğretmenleri ve antrenörler bir hareketin öğretiminde farkında olarak ya da olmayarak biyomekanik yaklaşım içerisinde olurlar. Sporda tekniklerin birçoğu ya sportif verimi arttırmak için ya da değişen araç-gereçler ve kurallar gereği öğretmenler, antrenörler ve sporcular tarafından deneme yanılma yoluyla bulunmuştur.⁹ Teknik bir hareket öğreten beden eğitmeni, antrenörün yanı sıra, sakatlık tedavi eden fizyoterapistler de hareket analizini kullanırlar.²

Performans artırma açısından biyomekanik çalışmalar değerlendirildiğinde, egzersiz ve kondisyon programlarına avantaj

sağladığı da görülür. Bilgisayar kontrollü egzersiz ve test makineleri ise biyomekanik gereçlerin kuvvet ve kondisyona ne derecede katkıda bulunduğunun bir diğer göstergeleridir.²

Sporcuların performansı, kullandıkları gereçlerin dizaynıyla da arttırılabilir. Bu şekilde bir performans artışı, yeni sportif materyallere ve mühendislik bilgilerinin kullanılmasına bağlıdır. Günümüzde birçok biyomekanik laboratuvarı, birçok bilim adamı sportif gereçlerin biyomekaniğiyle ilgilenmektedir. Geliştirilen ürünlerin sportif performansı önemli oranda arttırdığını gösteren birçok örnek mevcuttur.²

Birbirini izleyen evreleri ve bu evrelerin anahtar öğelerini gözlemlerken, spor mekaniği bilgilerini de kullanmak gerekir. Sporcunun yer çekimi, sürtünme, sürüklenme, hava direnci, rakiplerin ürettiği kuvvet gibi etmenlere karşı yarışırken; antrenörün de sporcunun hareketlerinin mekanik etkinliğini dikkatli bir biçimde değerlendirmesi gerekir. Bu şekilde sporcunun yaptığı teknik hatalar kolayca belirlenebilir.⁹

Bunun yanı sıra bir sporcunun gerçekleştirdiği hareketlerin kinematik değerlendirmesi yapılırken, sadece vücudun anatomik ve fizyolojik özelliklerine ve doğru teknik kuralların uygulanmasına yönelik incelemelerin yapılması yeterli değildir. Sporcunun kişisel özellikleri, hareketi yapmasındaki amacı ve içinde bulunduğu çevre de önem kazanmaktadır. Bu nedenle hareketin kişiye, amaca ve çevreye bağlı durumlar ile yönlendirildiği göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmalıdır.¹

Sportif teknikler üzerine yapılan biyomekanik çalışmalar bazen var olan değişikliklerin gerisinde kalmaktadır. Sporcular ve antrenörler çoğu zaman yeni teknikleri deneyerek bulurlar. Biyomekanik öğrencileri, birçok popüler sporda, teknik analizlerle ilgili kısıtlı biyomekanik çalışmalarla karşılaşarak şaşırabilirler. Spor biyomekaniğinin

antrenörler ve sporcular tarafından geride kalmasının bir sebebi de; bilimsel araştırmaların verileri bir araya getirme ve yazım süreci itibariyle çok uzun zaman alıyor olmasıdır.²

Günümüzde bilgisayar hafızalarının gitgide artıyor olması ve bu alanda meydana gelen gelişmeler, biyomekanikçiler için yeni bir uygulama alanı oluşturmuştur. Bu alanın büyük çoğunluğu ise sakatlıkları tedavi etme veya önlemeyle ilgilenmektedir. Bazı biyomekanikçiler ise daha iyi bir teknik hareket ve daha yüksek performans için insan hareketlerinin animasyonunu sağlayan bazı yazılımlar geliştirmişlerdir.¹⁰ İnsan vücudunda gerçekleştirilen bu nicel ölçümler, halen devam etmekle birlikte oldukça pahalı materyalleri gerektirir.²⁹

Kinematik veri toplamak için en sık kullanılan metot; üzerinde işaret noktası(Marker) bulunan deneğin, sabitlenmiş bu noktalarla yaptığı hareketlerin, resim veya hareket yakalama yöntemleri kullanılarak elde edilmesidir. İşaret noktalarının koordinatlarını elde etmek manuel ya da otomatik olabilir. En sık kullanılan görüntü yakalama sistemleri video, dijital video veya senkronize edilmiş kameralardır (APAS, Elite, Motion Analysis, Peak Performance, Qualisys ve Simi gibi). Bu yöntemlerle hareketler, çevrelenmiş ışıkların ya da ışıkları yansıtan işaret noktalarının kullanıldığı yöntemlerle kaydedilir. Laboratuvarlarda, kameralar kendi aydınlatmalarına sahiptir ve işaret noktaları; ten, kıyafet veya arka zeminden daha seçici olacak şekilde yansıtıcı manyetik bant ya da şeritlerden oluşur. Diğer video sistemleri, infrared ışıklar veya işaret noktalarının yerlerini tanımlayan infrared kameraları kullanırlar. Bazı sistemler yansıtıcı infrared ışıklarını kullanırken (Vicon gibi) diğerleri (Optotrak gibi) aktif infrared ışık diyotlarını (IREDs) kullanır.²⁷

Planar (düzlemsel) hareketlerde çalışmak için bir kamera hareket düzleminin optik eksenine dik olacak şekilde yerleştirilir ve sadece bu işlem görüntü yakalamak için yeterlidir. Buna rağmen birçok laboratuvar;

vücudun değişik yönlerinden görüntü alabilecek şekilde, üç boyutlu koordinatları kaydedecek birden çok kamera kullanır. Üç boyutlu koordinatlar için aslında sadece iki kamera gerekmektedir. Bazı durumlarda, vücudun bazı uzuvları tarafından işaret noktalarının gözükmesi engellenebilir ya da rotasyonel hareketlerde işaret noktaları görüş alanı veya kamera dışına çıkabilir. İki den çok kamera ise bu dezavantajları yok eder. Dolayısıyla düzlemsel hareketlerde yapılan çalışmalar içinde çoklu kamera sistemi avantajlıdır. Bunlara ek olarak, çoklu kamera sistemlerinde her kameranın yer değiştirmesi ve oryantasyonu önemli değildir.²⁷

Modern görüntü sistemlerinin avantajlarından biri de; sayısallaştırma işlemi otomatiktir ve hareket sırasında birçok işaret noktasından elde edilen koordinatlar çabuk görüntülenebilir ve hesaplanabilir. Bu sistemler bulunmadan önce insan hareketlerini kaydetmek için, 16 mm'lik sinefilmler kullanılmaktaydı. Sinefilmler, kamera hızları ve çözünürlükleri bakımından daha avantajlı olmalarına rağmen; koordinatların elle sayısallaştırılması, birkaç saniyelik video analizlerin sayısallaştırma işleminin saatler alması sebebiyle tercih edilmemektedir.²⁷

Veri toplamada kullanılan işaret noktaları, vücutta ilgili yerde belirlenen referans noktalarının, film üzerinde analiz yaparken kolaylıkla seçilmesi amacıyla kullanılan yapıştırıcılardır. Yumuşak dokunun hareket sırasında yerinden kayması nedeniyle bu tür yapıştırıcılar bazen hareketi yanıltabilir, bunun yerine stensil denilen bazı sabit kalıpların kullanılması daha avantajlı olabilir.¹⁰

Genel olarak işaret noktalarının kullanımı 4 farklı kategoride ele alınabilir²⁷:

1. Kemikler üzerine saplama,
2. Spesifik anatomik noktalarda ten üzerine yerleştirme,

3. İlgili vücut segmentine işaret noktalarının bulunduğu bir materyali giydirme,

4. Anatomik noktalarla giydirme işlemini kombine etme.

Burada dikkat edilecek en önemli nokta ise; işaret noktalarının ağırlığı ve hareketin oluşumunu engellememesidir. Üç boyutlu koordinatların ölçümünde işaret noktaları sorun çıkarabilir ve araştırmacılar çalışmalarını dizayn ederken bunları göz önünde bulundurmalıdır. En uygunu işaret noktalarının, kemiğin üzerine monte edilmesidir. Bu yöntem uygulanabilir olmasına rağmen; oluşturduğu ağrı ve prosedürle ilgili sıkıntıları sebebiyle tercih edilmemektedir. Dolayısıyla araştırmacı kendi çalışmasına en uygun işaret noktası yerleşimine kendi karar vermelidir.²⁷

Verileri kaydetmede ise yüksek hızlı kameralar kullanılmaktadır. Bu kameraların zaman kalibrasyonları internal ve eksternal yapılabilir. Birçok kamera görüntülerin sıklıklarını belirlemeye izin veren, internal zaman kalibrasyonuna sahiptir.¹⁰

Yüksek hızlı kameralar, mekanik açıdan çok iyi donatılmıştır ve dolayısıyla pahalıdır. Bu sebeple planlanan birçok projenin hayata geçmesini sınırlandırmaktadır. Buna rağmen hareketlerin nicelik olarak ölçülmesinde en iyi yöntem yüksek hızlı film kameralarını kullanmaktır. Birçok biyomekanik laboratuvarı yeni projelerinde yüksek hızlı film tekniklerini kullanmaktadır.¹⁰

2.5. Voleybol

2.5.1. Voleybolda Temel Teknikler

Tekniği genel olarak tanımlamak gerekirse; bir şeyin uygulanış şeklidir. Sporda teknik ise, birbirini izleyen hareket bileşenleri

olarak tanımlanır ve sportif performans boyunca değişen vücut parçalarının oryantasyonu ve rölatif pozisyonları ile ilişkilidir.²⁸

Teknik analiz, sportif becerilerin uygulanışını anlamaya yönelik kullanılan analitik bir metottur ve performans geliştirmeyi amaçlar. Uzun yıllar teknik analiz üzerinde çalışılmasına rağmen; bilimsel anlamda sportif teknik analiz, son elli yıl gibi yakın bir geçmişe sahiptir.²⁸

Teknik, oluşturulan insan hareketiyle daima ilişkili olmasıyla birlikte; bazı sportif faaliyetlerde psikososyal, anatomik veya fizyolojik faktörler başarı ile daha yakından ilişkilidir. Buna en iyi örnek kısa mesafe koşusudur. Bu branşta fizyolojik faktörlerin diğer faktörlere göre, başarı için çok daha ön planda olduğunu söyleyebiliriz.²

Voleybol teknik, taktik ve atletik gereklilikleri bakımından kompleks bir disiplindir.^{29,30} Servis, karşılama ve oyun kurmaya; smaç ve atak aksiyonları eşlik eder.²⁹

Voleybolun yalnızca 7 temel tekniği vardır. Her temel becerilerin de bazı ana teknikleri vardır³⁰:

BECERİLER	TEMEL TEKNİKLER
Servis Karşılama	Manşet Pas
Oyun Kurma	Parmak Pas
Alan Savunması	Tek Elle Pas
Dublaj	Plonjon
	Ayakla Karşılama
Servis	Vücudun önünden Vuruş
Hücum Vuruşu	Vücudun yanından vuruş
	Tek ayak üzerinde vuruş
Blok	Hücum Bloğu Tekli

Savunma Bloğu İkili
Üçlü³⁰

Backe'in kitabında³⁰ bulunan 2000 Olimpiyat Oyunları müsabaka süresince bayanlar takım beceri etkinliği ve bireysel beceri etkinliği tablolarına bakılacak olursa (Tablo 1, Tablo 2); oyunda en etkili sayı kazanma silahının hücum olduğu rahatlıkla söylenebilir.

Tablo 1: 2000 Olimpiyat Oyunları Bayanlar Beceri Etkinliği³⁰

BAYANLAR		HÜCUM		BLOK		SERVİS		KARŞILAMA		SAVUNMA	Toplam
Sıra	Takım	Sayı	Hata	Sayı	Hata	Sayı	Hata	Sayı	Hata	Kurtarış	
1	KÜBA	50	14	20	37	4	12	58	4	71	
2	RUSYA	47	15	21	36	5	11	61	3	77	
3	BREZİLYA	41	13	18	32	4	9	63	4	77	
4	ABD	38	13	18	29	4	7	53	5	72	
5	ÇİN	38	12	16	39	6	9	56	4	74	
6	ALMANYA	39	16	14	34	3	8	62	4	70	
7	HIRVATİSTAN	39	14	17	36	5	9	56	6	71	
8	KORE	35	12	11	39	3	5	63	3	71	
1-4		44	14	19	34	4	10	59	4	72	
5-8		38	14	15	37	4	8	59	4	71	
Fark		+6	0	+4	+3	0	-2	0	0	+1	+12

Tablo 2: 2000 Olimpiyat Oyunları'nda En İyi Bayan Oyuncuların Bireysel Beceri Etkinliği (%)³⁰

SIRA	HÜCUM Sayı	BLOK Sayı	SERVİS Sayı	KARŞILAMA Mükemmel	SAVUNMA Kurtarma	HÜCUM PASI Asist
1	57	32	14	74	85	55
1-5	51	28	12	69	78	50

2.5.2. Voleybolda Smaç

Voleybolda başarılı olmak için güçlü bir hücum anlayışına sahip olmak gerekir.²⁹ Voleybolda teknik bileşenlerden müsabakada en sık kullanılan ise smaç hareketidir. Çünkü hücum vuruşu, blok, pas ve hatta servis için gereklidir. Bu nedenle oyuncuların uzmanlıklarına, oynanan setlerin sayısına ve süresine bağlı olarak bir oyuncunun maç başına 80 ile 150 arası bazen de 200'e varan sayılarda sıçrama yapması gerekir.³⁰

Voleybolda smaç, en önemli hücum silahıdır. Takımlar sayı almak için servis karşılama sonrası atağı kullanırlar. Smaç her seviyede çok eğlenceli ve dinamik bir beceridir. Voleybolda (Özellikle 25 sayılıklı ralli sisteminde), atak başarılarının maç kazanma ile doğrudan ilişkili olduğu çok iyi bilinmektedir.³¹

Smaç hiç şüphesiz ki; voleybolda belirleyici bir elementtir. Üst düzeyde mücadele eden elit sporcular, yüksek top hızına sahip smaç vuruşu gerçekleştirmelidirler. Voleybolda smaç, kendi içerisinde teknik ve kas kalitesi gibi birçok faktörü barındıran kompleks bir beceridir. Smaç yaklaşma adımının ardından dikey sıçramayla karakterizedir. Yaklaşma adımları smaçöre yatay momentum kazandırır ve sonra bu momentum dikey momentuma dönüştürülerek maksimum sıçrama gerçekleştirilir.²⁹

Smaç hızı topla buluşulan yükseklik, haftalık antrenman saati, sporcuların vücut kitle indeksleri, dominant omuz ve dirseğin izokinetik torkuyla istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki içindedir.²⁹

Voleybolda çoğu hücum organizasyonu smaçla sonlanır. Tipik olarak; iki ya daha çok smaçör pasörün taktik seçenekleri ile ardı ardına sıçrama gerçekleştirir. Bu yüzden, maç içinde meydana gelen birçok atak girişimi smaç sıçraması ile tamamlanır. Smaçörler, voleybol alanının ortasından yaklaşma adımına başlar. Genellikle kenar bölgeden atak yapan smaçörler, 3 m çizgisinin gerisinden yaklaşma adımlarına başlarlar. Smaç sıçraması bir countermovement sıçramadır.³²

Smaç vurmak için yaklaşma adımıyla başlayan dikey sıçramada amaç, topa en yüksek hızda vurmaktır.²⁹ Sıçrama ve smaç için agresif kol salınımı gerekmektedir. Smaç hareketinde sporculara özellikle; ayaklarının omuz genişliğinde açık olması, vücut ağırlıklarının ayakların iç tarafında olması, kalça ve bacakların yaklaşık 110 derece bükülü olması, vücutun öne doğru 45 derecelik bir açıyla eğilmesi gerektiği öğretilir.³³

Smaç 6 basit bileşene ayrılabilir:

1. Yaklaşma adımları
2. Son adım (Sıçrama için ayakların uygun pozisyon alması)
3. Sıçrama
4. Kol salınımı
5. Topla temas
6. Düşüş³⁰

Smaç vuruşu için en iyi yaklaşım; mümkün olduğu kadar en yüksek dikey sıçrama mesafesine ulaşmak ve bu noktada en etkili vuruşu gerçekleştirmektir. En sık yapılan hata ise smaçörün topun altına doğru koşmasıdır. İyi bir yaklaşım, smaçöre smaç vurmak için tüm yönlendirmelerin yapılması ve smaçörün blok adamını ve defans oyuncularını görmesidir.³⁰

Adımlama ise oyuncunun bulunduğu mevkiye göre değişir. Orta oyuncular bir adım smaç sıçraması yaparken köşe oyuncuları iki adım ya da üç adım ile smaç sıçraması gerçekleştirirler.³⁰

2.5.2.1. Kol salınımı

Kol salınımı, smaçörün en yüksek noktada ve maksimum güçte topa vurmasına izin vermelidir. Birbirinden farklı ve kişiden kişiye değişebilen kol salınımları mevcuttur. Bazıları biyomekanik açıdan mükemmel olmasa da elit sporcular için hepsi başarılıdır. Bu kol salınım stilleri dört grup altında toplanabilir³¹:

1. Yay ve ok: Smaçör kol salınımına başladığında, smaç vurmayan kol yukarıya doğru yükselirken, smaç vuruşu yapan kolun dirseği geriye doğru bükülerek bir yol çizer. Bu hareket bir ok atışına benzer. Smaç kolu dirseği kulak yüksekliği hizasına kadar gelir ve geride bulunan el, yere yatay konumda 90 derecelik bir açı oluşturacak şekilde, yavaşça baş üzerine doğru yükselir. Smaçörün eli topla temas için yukarıya doğru uzanır, dirseği de yukarıya doğru açılmaya devam eder. Bu hareket, beyzbolda atış hareketiyle benzerlik gösterir. Smaçör kol salınımına başlamak için gövdesini geriye doğru bükür. Smaçör topa doğru uzanmaya başladığında, smaç vurmayan kol aşağıya doğru salınımını devam ettirerek smaç kolunun hareketini dengelemeye çalışır. Yay ve ok stili genellikle uygulanır. Fakat bu stilde smaçörün topa vurmadan önce kısa bir duraksama yapması gerektiğinden dolayı, omuzda ağrıya neden olabilir (Bu hareket omuzu biraz sarsabilir).

2. Dairesel kol salınımı: Dairesel kol salınımı, yay ve ok kol salınımına benzerdir. Fakat smaç vuran kolun dirseği, kulak hizasından geriye gelip yukarıya devam edeceğine, geriden aşağıya doğru dairesel bir hareket yapacak şekilde uzanır ve tekrar kulak hizasına gelir. Buradan da topla temas için yukarıya uzanır. Dairesel kol salınımı, smaç kolunun yay

ve ok kol salınımindaki gibi yukarıda vuruş öncesi kısa bir süre duraklamasını gerektirmediğinden, yay ve ok salımına göre smaçörde daha az stres oluşturur. Çünkü salınım başlangıçtan bitişe kadar sürekli dir. Dairesel kol salınımı smaçörün smaç kolunu yeterince yukarıya uzatmaması durumunda, mümkün olan en yüksek noktada topa vuramamasına sebep olur. Bu da; bu stilin dezavantajıdır.

3. Düz (Gergin, bükülmemiş) kol salınımı: Smaçör, yay ve ok kol salınımindaki olduğu gibi smaç kolunu geriye bükeceğine, her iki kolunu da yukarıya kaldırır. Kol salınımı ve smaç vuruşu kol bükülmeden gerçekleştirilir. Bu tip kol salınımı omuz üzerinde çok fazla stres yaratır, atak genişliğini oldukça azaltır ve bu da smaçörün kolayca bloğa yakalanmasına sebep olur (Blok oyuncusunun sadece smaçörün kolunun karşısında set kurması yeterlidir).

4. Roundhouse kol salınımı: Roundhouse ilginç bir kol salınımidir. Oyunculara bu kol salınımı genellikle uygulanmaz. Sadece acil durumlarda kullanılabilecek bir stildir ve blok ve defans oyuncularının zamanlamasını bozmak için kullanılır (Bu etki iyi bir tipleme ile de gerçekleştirilebilir). Smaç kolu yere doğru salınımına başlar. El vücudun gerisine doğru geçtiğinde, avuç içi dışarıya doğru döner ve tavana doğru yükselir. Bu hareket dairesel bir şekilde topla temas edinceye kadar devam eder.³¹

Voleybolda omuz sakatlıklarının çoğu, aşırı kullanmadan meydana gelmektedir. Omuz sakatlıkları aynı zamanda diğer baş üstü sporlar diye adlandırılan beyzbol, tenis ve yüzmede de sıklıkla görülür. Omuz eklemi sabit olmaktan ziyade daha çok hareketli bir şekilde dizayn edilmiştir ve bu sebeple bu sporlarla uğraşan kişilerde sakatlığa elverişli bir durum söz konusudur. Voleybolda smaç ve servis gibi elementler omuz kemeri nde çok büyük bir yük oluştururlar. Bu kuvvetler omuzun

sabitleştirici mekanizması (Statik stabilizörler: Glenohumeral eklem; glenoid labrum ve omuz kapsülü ligamenti. Dinamik Stabilizörler: Rotator cuffta bulunan 4 kas; Supraspinatus, infraspinatus, teres minor ve supscapularis) aracılığıyla absorbe edilip dağıtılmak zorundadır.³²

Smaç ve servis sırasında dominant kolun omuz kemeri, tekrarlı bir strese maruz kalır. Eğer bu stres dokuların kendilerini tamir edeceği dereceyi aşarsa (aşırı yüklenmede olduğu gibi); her seferinde artan bir şekilde omuza zarar verir. Bu nedenle, voleybolcularda aşırı kullanmadan meydana gelen sakatlıkların mekanizmasını daha iyi anlamak gerekir ve bunun için de voleybol ve tıp uzmanlarının, smaç ve servisin kinematik analizini basit bir şekilde bilmeleri gerekmektedir.

Diğer yandan kol salınımı kendi içinde de safhalara ayrılmaktadır. Beyzbol atışında olduğu gibi, kol salınımının mekaniği üç safhaya ayrılmıştır. Bu tanımlama ilk kez Tullos ve King tarafından 1973'te yapılmıştır³⁴:

1. Kolun geriye salınımı (cocking),
2. Akselerasyon (hızlanma, ivmelenme),
3. Vuruş sonrası hareketin tamamlanması,
4. Yavaşlama (Follow through, deceleration).

Kolun geriye salınımı safhası, hareket için bir ön hazırlık safhası olarak da tanımlanabilir. Sporcu başlangıçta, smaç kolunu dirseği bükülü olacak şekilde vücudundan uzaklaştırır ve dışa rotasyonunu sağlar. Bu safhanın sonunda omuz, maksimal bir şekilde dışa rotasyon yapar ve 90 dereceden fazla bir açıyla vücuttan uzaklaştırılır. Smaçörler ve smaç servis kullananlar, bu hareketleri uygularken tipik bir şekilde; gövde rotasyonu ve kalça ekstansiyonu da gerçekleştirirler. Akselerasyon safhası, kalçanın fleksiyona başlaması ve gövdenin derotasyon yapması

ile başlar. Geriye salınımını tamamlamış üst ekstremitte, öne doğru hareket eder ve fleksiyon, adduksiyon ve internal rotasyonun bir arada görülmesiyle akselerasyon oluşmaya başlar. Topla temas halinde ise üst ekstremitte tipik olarak 150 – 180 derece olacak şekilde pozisyon alır (Neredeyse vertikal bir konum alır), yavaşça bükülür (Topun dış yüzüyle top vücudun önünde iken temas edilir) ve topla mümkün olduğu kadar yüksek pozisyonda temas edebilmek için el bileği topla uzanır. Bu pozisyon aynı zamanda; hızlı bir kol salınımı sonucu üst ekstremitde kol momentini maksimum yapar ve daha güçlü bir smaç vuruşu sağlar. Topla temastan sonra yavaşlama safhası başlar. Bu safhanın öncelikli amacı; akselerasyon safhasında kaybedilen enerjinin, omuz çevresinde minimum stres yaratarak yerine getirilmesini sağlamaktır. Yavaşlama omuzda internal rotasyon ve üst ekstremitte adduksiyonu kombinasyonu ile meydana gelir ve bu olaya rotator cuffin egzentrik hareketi de eşlik eder.³²

2.5.2.2.Topla temas

Smaçör, topla vücut önünde ve omuzun maksimum ekstensiyonunda buluşmalıdır. Topla temastan önce smaçör, gövdesinin geriye doğru rotasyonunu gerçekleştirir. Bunu omuz ve ön kol da takip eder. Avuç içi ile topun üstüne gelecek şekilde ve topu yere doğru yönlendirerek ilk temas yapılır. El bileği ile top yakalanmaya çalışılır. Parmaklarla topun etrafı kavranarak topun kontrolü sağlanır ve topla yön verilir.³¹

Topla temas sonrası (Yavaşlama safhası) kol aşağıya doğru salınımına devam eder ve vücut hizasına geldiğinde de sonlanır.^{31,33} Bu safhanın öncelikli amacı; akselerasyon safhasında kaybedilen enerjinin omuz çevresinde minimum stres yaratarak yerine getirilmesini sağlamaktır.³¹

Smaç veya smaç servis hareketi; yüksek hızda ve geniş hareket serbestliği ile meydana gelmektedir. Üst ekstremitede dikkate değer kuvvetler oluşturmakta ve bu da omuz kemeriinde sakatlık riskini beraberinde getirmektedir. Ayrıca, elit bir voleybolcunun bir müsabaka sezonu içinde 40.000 smaç vurduğu tahmin edilmektedir. Bu şiddet ve sıklıkta, aşırı kullanımdan dolayı omuzda meydana gelecek sakatlıklar pek de şaşırtıcı değildir ve karakteristiktir. Bu sakatlıkların içinde glenohumeral instability sendromu, impingement sendromu (Rotator cuff tendinopati) ve suprascapular nöropati yer almaktadır.³²

Voleybol açıları ile ilgilidir. Smaçör her türlü topa her türlü yükseklikte vurabilmelidir. Smaçör bu hareketi gerçekleştirirken; hangi açıyla nereye doğru vuracağını öğrenmeye ihtiyaç duyar. Bunun için de uzun bir öğrenme periyodu içinde; farklı açılardan, farklı yüksekliklerden ve farklı mevkilerden toplara defalarca smaç vuruşu yapılmalıdır.³¹

Smaç hareketi birçok farklı değişkenleri içermesine rağmen, elit sporcular istedikleri amaca ulaşmak için en uygun ve tatmin edici gereklilikleri yerine getirirler.³³

Beceri kazanımı sırasındaki hataların nedenleri arasında; yetersiz motivasyon, hareketin tam olmayan veya yanlış imgelemi, becerinin mekaniği hakkında yetersiz bilgi, motor öğrenmede yetersiz deneyim, yetersiz fiziksel yetenekler, hareket örüntüsü hakkında yetersiz veya yanlış geribildirim, kötü veya olağandışı öğrenme koşulları, yetersiz ya da yanlış algı ve kas duyusu, yetersiz dikkat veya konsantrasyon, endişe veya engelleme gibi birtakım biyomekanik, psikolojik faktörler, motor öğrenme, fiziksel durum bulunmaktadır. Teknik hareketlerin biyomekanik analizi bu hataların bir kısmını elimine etmekte ve antrenöre önemli bir öğrenme modeli oluşturmaktadır.³⁰

2.5.3. Voleybolda kinematik analiz

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, bunların sıklıkla elit sporcular üzerinde olduğu görülür. Halbuki bir teknik becerinin öğreniminde biyomekanik oldukça önemli bir role sahiptir ve özellikle gençlerde teknik öğrenimi aşamasında bu bilgilerden yararlanılmalıdır.²

Bir voleybol antrenörü; smaçörlerin smaç vuruşu esnasında yaptıkları en sık hatanın, güçlü ve doğru bir baş üstü smaç kolu hareketinin olmaması ve dolayısıyla topa yeterince kuvvetli vurulamaması olduğunu söyleyebilir. Kinematik zaman ve şiddet açısından eksiklikleri gösterir. Vuruş anında dirsek ve ön kol, omuz hizasının önünde olmalıdır. Dolayısıyla antrenörün smaç vuruşunu öğretmeden önce, smaç kolunun vuruş sırasında nasıl olması gerektiğini öğretmesi gerekmektedir. Bunun için de antrenörün mutlaka, bir motor öğrenme ve bir biyomekanikçi ile birlikte çalışması sağlanmalıdır. Voleybolcunun smaç hareketinde topa temas sırasında dirseğini önde bulundurmaması, kol ve gövde hareketlerinin yeterince öğrenilmemiş olduğunun bir göstergesidir ve bu durum motor öğrenme ile ilgilidir. Bu problemi çözmek için antrenörler birçok yolu deneyebilir; bunlardan biri de hareketi basite indirgemek ve topla temas safhasını çalışmaktır. Antrenmanların odağı ise gövde, kol, önkol ve el bileği üzerine olmalıdır.²

Antrenmanlar veya sporcular arasındaki farklılaşmayı belirleyen kriterlerin, sadece gözlem yoluyla değil, hareket analizi yöntemleri kullanarak da incelenmesi ve sonuçların karşılaştırılması daha doğru bir seçim olacaktır.^{1,35}

Voleybolda yapılmış biyomekanik analizlere bakılacak olursa; bunların değişik yöntemler kullanarak kinetik ve kinematik analizlerden faydalandıklarını ve çok geniş bir yelpazede (spor sakatlıkları, teknik analiz, motor öğrenme gibi) ele alındığını söyleyebiliriz. Teknik analiz

açısından ele alındığında ise; voleybolda servis, manşet, blok, smaç ve pas ile ilgili yayınlar bulunmaktadır. Bunların yanı sıra voleybol topu^{8,37} ve zemin¹⁴ ile ilgili yapılmış çalışmalar da mevcuttur.

Literatür incelendiğinde voleybolda teknik elementler açısından biyomekanik analizlerin büyük çoğunluğunun, sıçrama^{4,5,17,38} ve alt ekstremitayla^{36,38,39,40,41} ilgili olduğu görülmektedir. Benzer şekilde üst ekstremitayla ilgili biyomekanik çalışmaların da bulunmasına rağmen^{42,43,44,45}, voleybolda smaç kolunun kinematik analizi ile ilgili çalışma^{20,21,25,26} oldukça azdır. Bunun nedenleri arasında ise; ölçümlerin pahalı ölçüm aletleri ve laboratuvar şartları gerektirmesi, smaç hareketinin yüksek hızda gelişen bir hareket olması ve rotasyonel bir hareket olması sebebiyle, bazı durumlarda markerların görüş alanı dışına çıkması sonucu, analizi gerçekleştirecek net görüntülerin elde edilememesi ve görüntülerin analiz evresinin çok uzun süre alması sayılabilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Deneklerin Seçimi

Çalışma; dominant kolu sağ olan 4 bayan 1. lig voleybol oyuncusu ($x_{(yaş)}=21.7\pm1.5$ yıl , $x_{(boy)}=178\pm2.9$ cm, $x_{(vücut\ ağırlığı)}=66.3\pm0.9$ kg, $x_{(VKI)}=20.92\pm1.8\text{kg/m}^2$, $x_{(spor\ yaşı)}=11.75\pm1.8$ yıl) üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Deneklerin çalışmaya dahil edilme ölçütleri arasında; dominant kolunun sağ olması, 1. Lig oyuncusu olması, son altı ay içinde herhangi bir sakatlık geçirmemiş olması, smaçör ya da orta oyuncu mevkinde oynaması bulunmaktadır.

3.2.Kullanılan Materyal ve Cihazlar

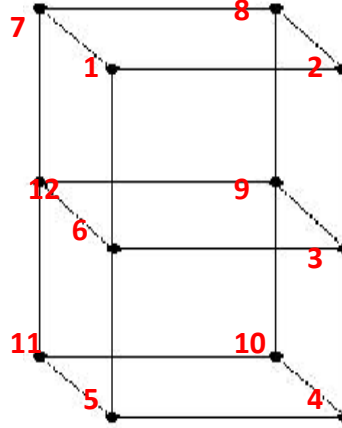
Denekler ölçüm sırasında dar kıyafetler (Forma, tayt gibi) kullanmışlar ve görüntüyü daha net yakalayabilmek için ellerine (Üzerinde 2 adet işaret noktası bulunan) eldiven giymişlerdir.

Resim çekme işlemi iki adet 200 FPS+VGA+1394B Dragonfly Express TM dijital video kamera ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Dragonfly express digital video kamera

Resim çekiminde kullanılmak üzere 1x1x2 m ebatında özel yapım bir kalibrasyon kafesi kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Kalibrasyon kafesi

Kalibrasyon kafesinin gerçek koordinatlarını tekrarlı bir şekilde belirlemek amacıyla ise Topcon GTS 701 adlı elektronik dijital uzunluk ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 3).

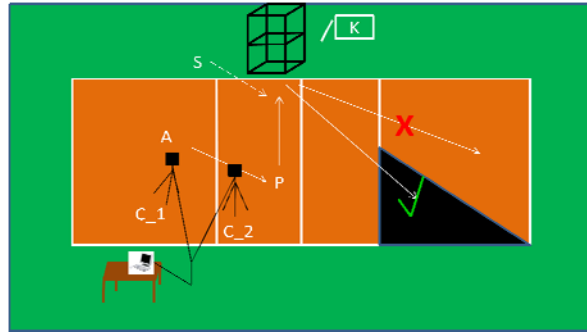


Şekil 3: Elektronik dijital ölçüm cihazı

3.3. Uygulanan Yöntem

Deneklere uygulanacak test protokolü önceden hazırlanan bilgilendirme formu dağıtılarak ve ardından protokolün uygulanışı anlatılarak açıklanmıştır. Denekler gönüllü katılımlarını bildirdikten sonra, yaklaşık 20 dakikalık genel ve özel voleybol ısınması yaptıktan sonra çalışmaya tabi tutulmuşlardır.

Görüntüleme sırasında deneklerden; voleybol sahasının 4 numaralı bölgesinden bir pasör tarafından atılan yüksek pasa; karşı sahanın 5 numaralı bölgesinde çizgilerle sınırları belirlenmiş alana (4,5m x 6m'lik dik kenarları bulunan 13,5 m²'lik üçgen alan) smaç vurmaları istenmiş ve bu smaçlardan hedefe yapılan vuruşlar başarılı kabul edilmiştir. Her deneğe ait beş başarılı vuruş çalışmaya dahil edilmiştir.



K: Kalibrasyon kafesi

S: Smaçör

P: Pasör

A: Antrenör

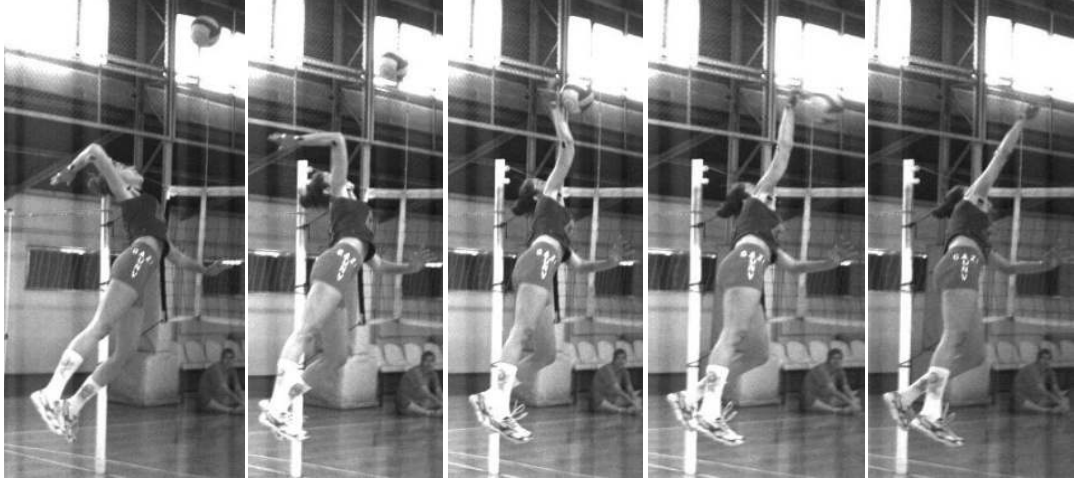
X: Başarısız smaç vuruşu

V: Başarılı smaç vuruşu

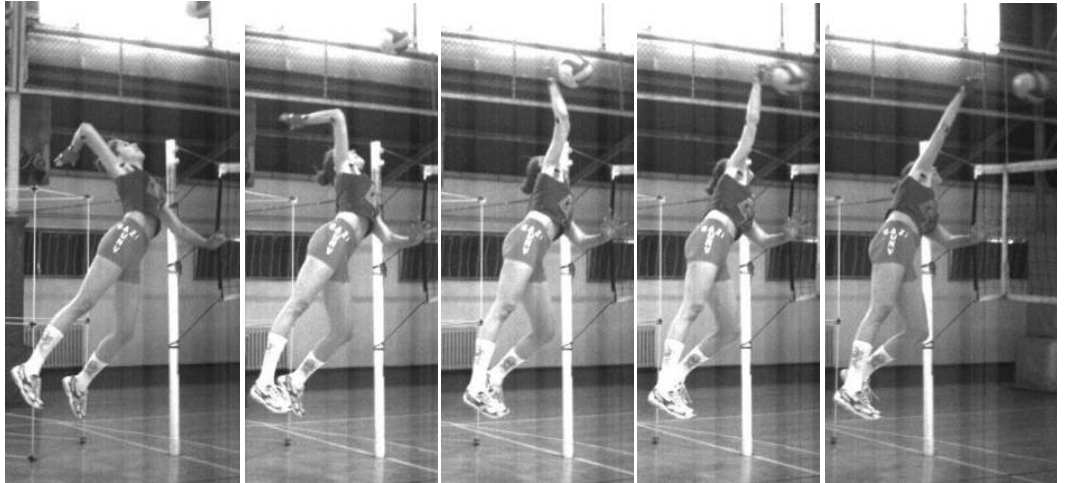
▲: Hedef bölge

Şekil 4: Çalışma düzeneği şematik görünümü

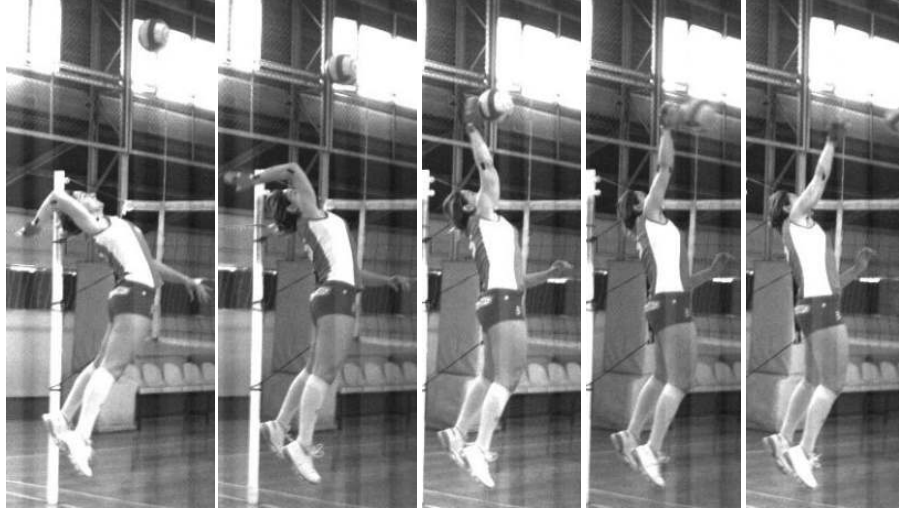
Bu smaç vuruşları sırasında stereo fotogrametik amaca uygun olarak iki adet digital video kamera ile senkronize bir şekilde film çekme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki kameraya ait görüntü örnekleri aşağıda gösterilmiştir (Resim 1-8).



Resim 1: FO'nun smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri



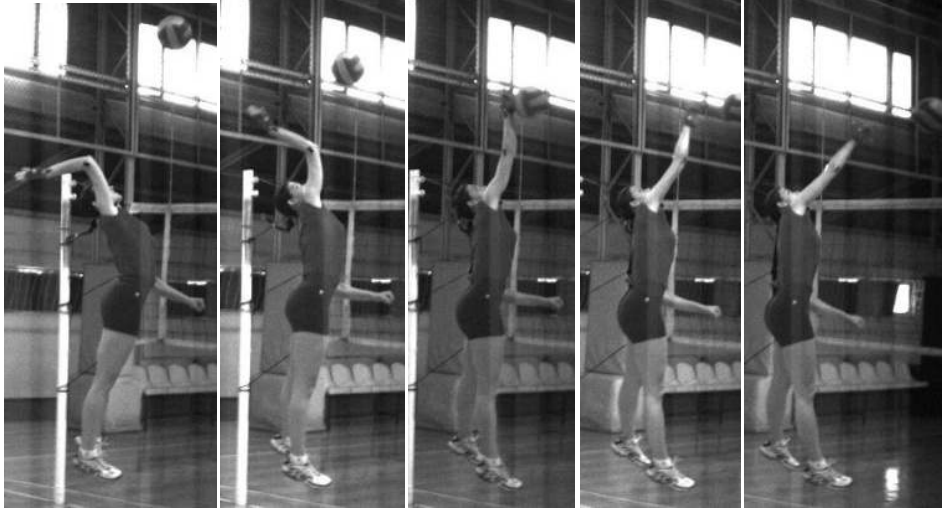
Resim 2: FO'nun smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri



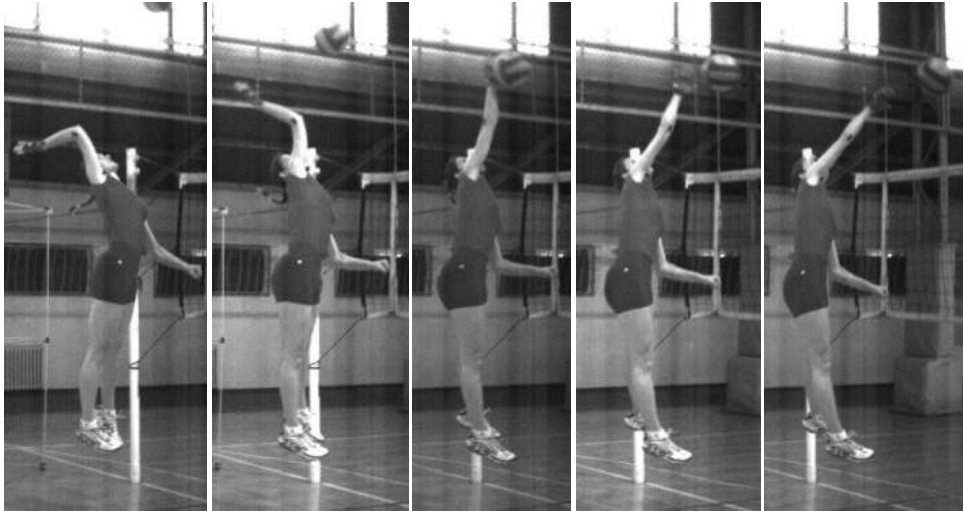
Resim 3: GG'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri



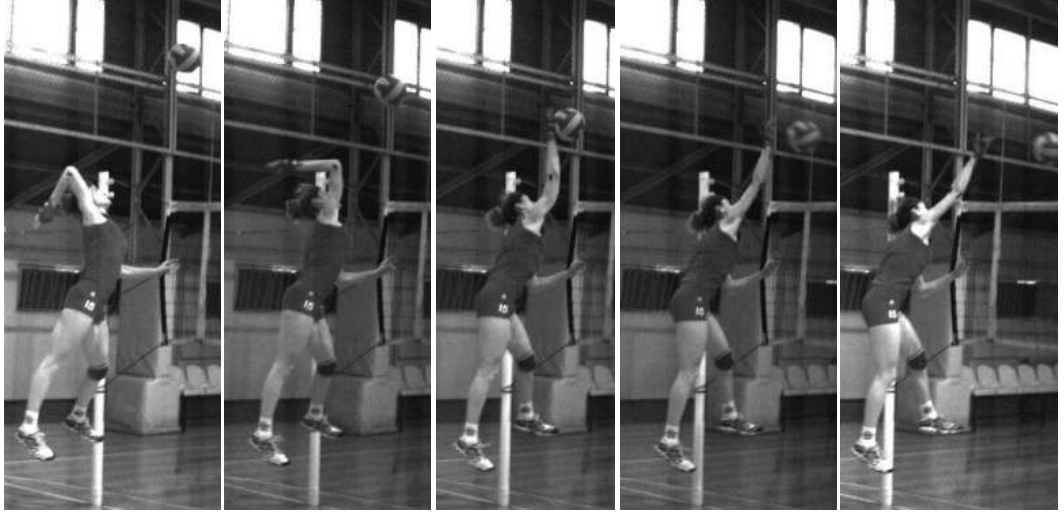
Resim 4: GG'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri



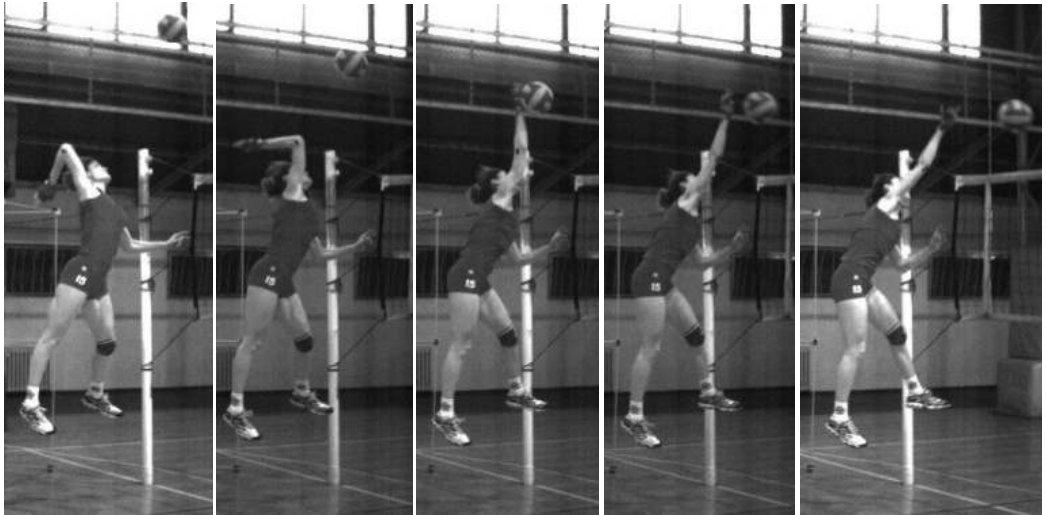
Resim 5: FT'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri



Resim 6: FT'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri

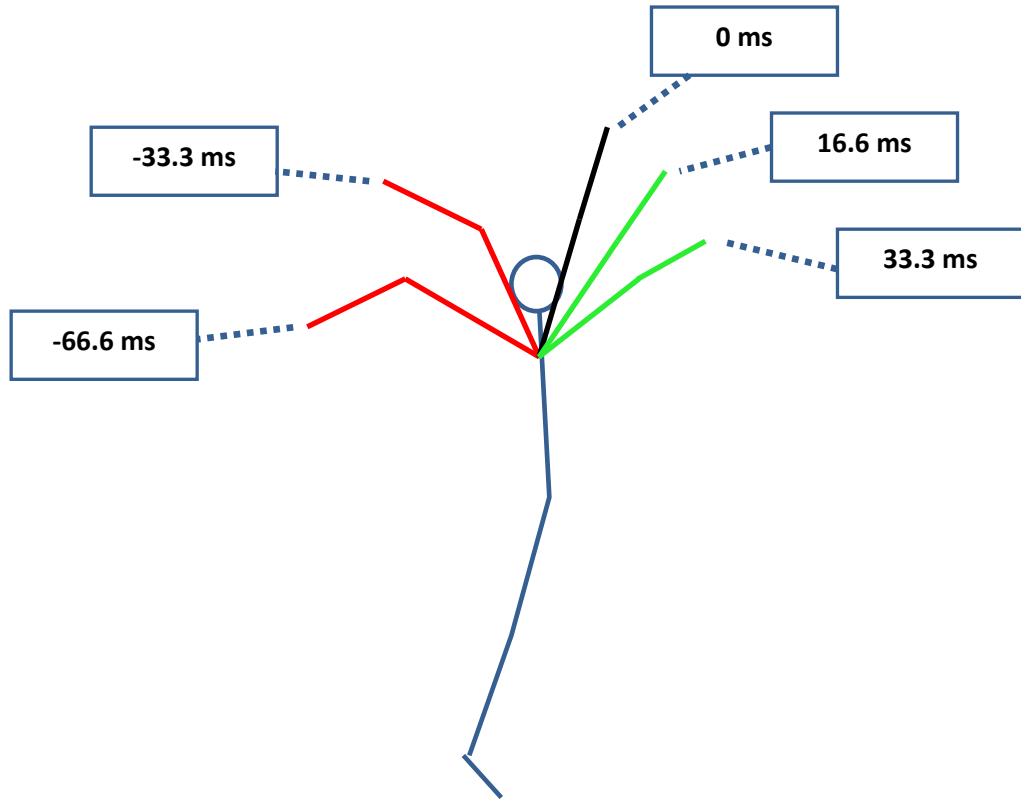


Resim 7: MK'nin smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri

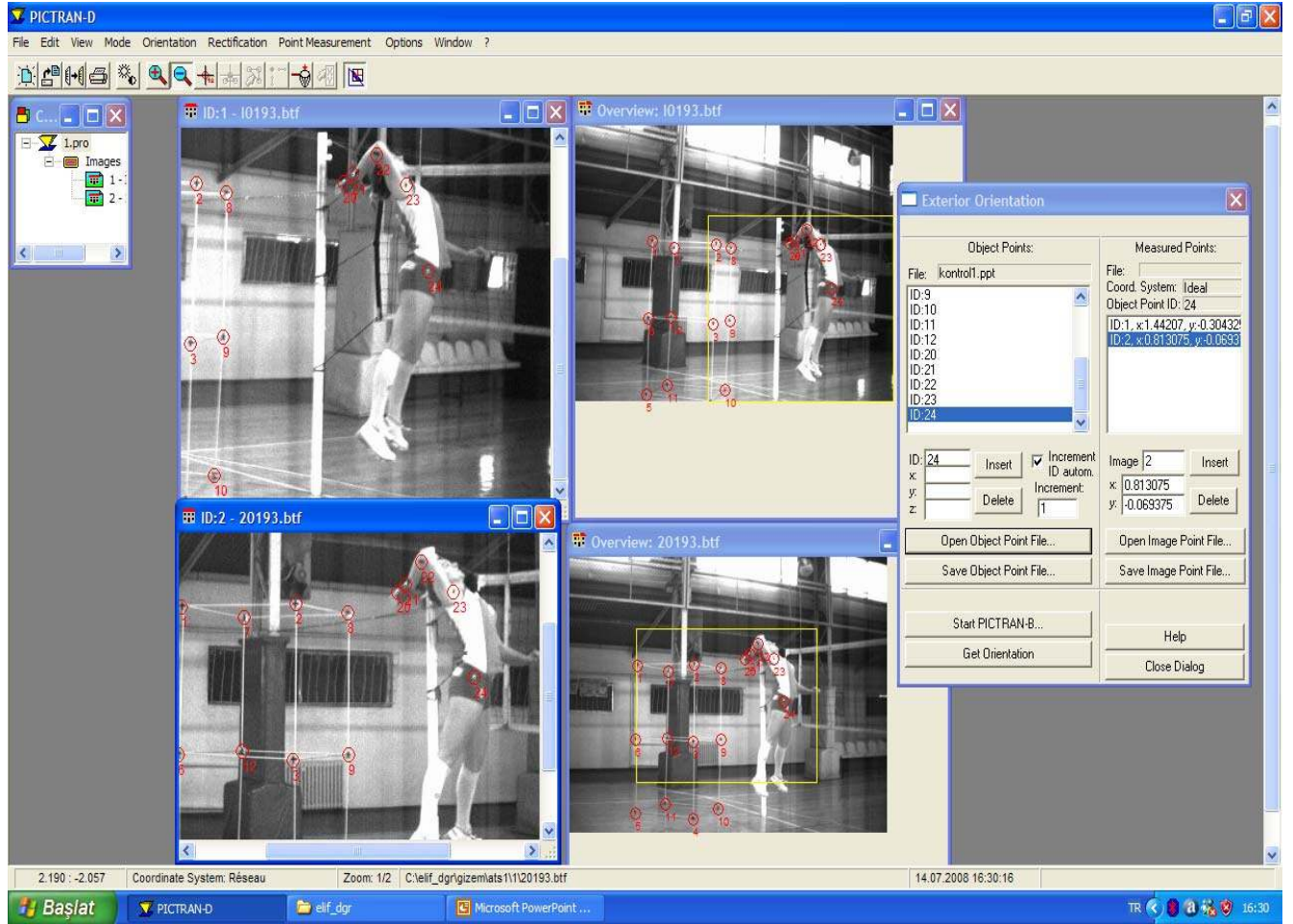


Resim 8: MK'nin smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri

İki adet senkronize video kameradan alınan görüntüler, smaç vuruşunda hareketin başlangıç anından (Smaç adımlamasına başlama) bitim zamanına kadar olan süre (Smaç vuruşu sonrası yere düşüş) dikkate alınarak seçilmiştir. Her başarılı vuruşa ait görüntülerden sadece smaç vuruş anı (Topla temas, 0 ms), vuruştan 66.6 ms ve 33.3 ms öncesi ile 16.6 ms ve 33.3 ms sonrası görüntüler seçilerek (Şekil 5), Pictran (Technet Pictran Release 4 Digital Photogrammetrie, Berlin) yazılımı ile değerlendirilmiştir (Şekil 6).



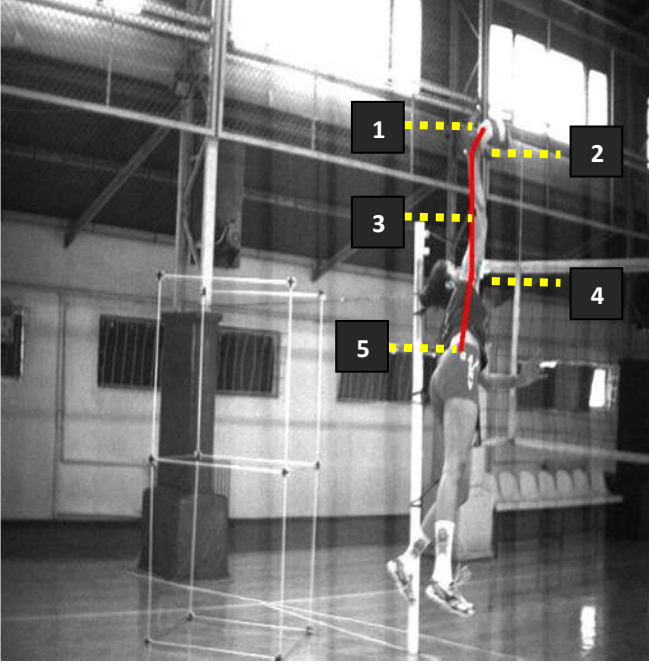
Şekil 5: Seçili görüntülerdeki birim zaman



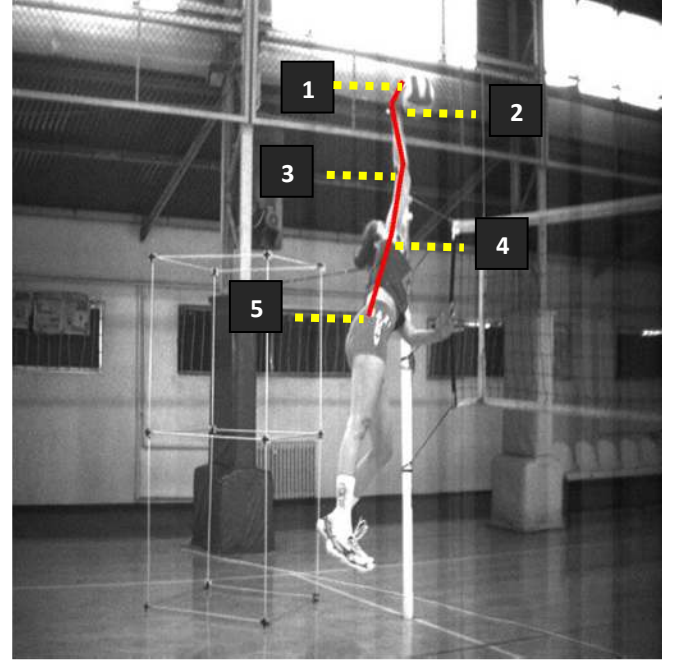
Şekil 6: Pictran yazılım arayüz görüntüsü

Deneklerin başarılı smaç vuruşları sırasında; el bileği, dirsek ve omuz ekleminde oluşan açıların belirlenmesi amacıyla sporcular üzerine 5 adet işaret noktası yerleştirilmiştir (Şekil 7).

Kamera 1



Kamera 2



Şekil 7: Üç boyutlu değerlendirmede kullanılan işaret noktaları

İşaret noktası 1 : El, 5. Metakarpal kemiğin distal ucu

İşaret noktası 2: El bileği, ulnar stiloid çıkıntı

İşaret noktası 3: Dirsek, humerus lateral epikondil

İşaret noktası 4: Omuz, glenohumeral eklem

İşaret noktası 5: Kalça, büyük trokanter

El bileği eklemi açısı; işaret noktası 1 ve işaret noktası 2 arasındaki çizgi ile işaret noktası 2 ve işaret noktası 3 arasındaki çizginin kesiştiği yerde oluşturduğu açıdır. Smaç vuruşu sürecinde el bileği dorsal fleksiyondan palmar fleksiyona geçerek hareketini tamamlamaktadır. Dorsal fleksiyonda meydana gelen el bileği eklemi açısı eksi(-), palmar

flexsiyonda meydana gelen el bileği eklemi açısı artı(+) olarak değerdendirilmiştir.

Dirsek eklemi açısı; işaret noktası 2 ve işaret noktası 3 arasındaki çizgi ile işaret noktası 3 ve işaret noktası 4 arasındaki çizginin kesiştiği yerde oluşturduğu açıdır. Smaç vuruğu sürecinde dirsek eklemi flexsiyondan ekstansiyona doğru hareket ederken, açısal değerdler artı(+) olarak değerdendirilmiştir.

Omuz eklemi açısı ise; işaret noktası 3 ve işaret noktası 4 arasındaki çizgi ile işaret noktası 4 ve işaret noktası 5 arasındaki çizginin kesiştiği yerde oluşturduğu açıdır. Smaç vuruğu sürecinde omuz eklemi flexsiyondan ekstansiyona doğru hareket ederken, açısal değerdler artı(+) olarak değerdendirilmiştir.

Çalışmanın istatistiksel analizi ise sečilten her zaman birimi için, bir deneğin beř başarılı smaç vuruğuunda oluşan eklem açıları ortalama ve standart sapmaları ile tüm deneklerin toplam 20 görüntüsü üzerinden analiz edilen eklem açıları değerdlerinin ortalama ve standart sapmaları SPSS 10.0 istatistik paket programı kullanılarak gerçekteştirilmiştir.

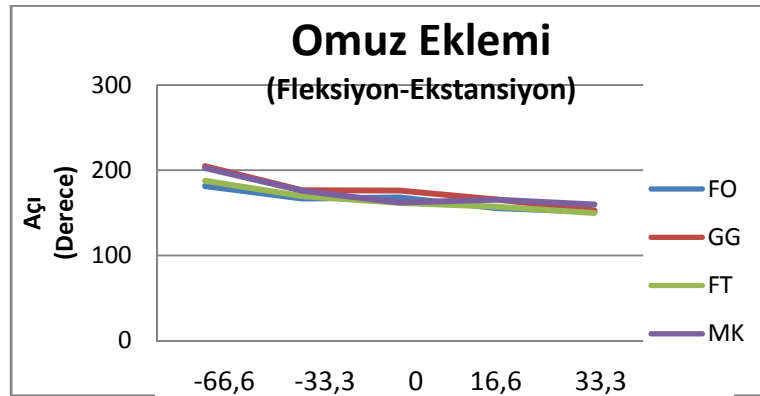
4. BULGULAR

Dört bayan 1. Lig voleybolcusu üzerinde gerçekleştirilen çalışmada; seçili birim zaman görüntülerinden elde edilen omuz, dirsek ve el bileği açılarının ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 3: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Denek	Omuz Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri				
	Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
FO	181.4° ± 7.1°	166.8° ± 3.6°	168.0° ± 6.6°	155.6° ± 3.9°	151.2° ± 6.9°
GG	204.8° ± 6.7°	176.4° ± 8.7°	176.0° ± 4.5°	165.6° ± 3.5°	152.8° ± 5.9°
FT	187.6° ± 5.0°	169.6° ± 9.7°	161.6° ± 11.3°	157.2° ± 7.5°	149.8° ± 8.2°
MK	202.4° ± 8.2°	175.8° ± 3.7°	162.0° ± 9.0°	165.4° ± 5.6°	159.8° ± 12.5°

Her dört voleybol oyuncusunun smaç vuruşu sürecinde omuz eklemi açıları -66.6 ms ile 33.3 ms arasında sırasıyla; 181.4°±7.1°, 204.8°±6.7°, 187.6°±5.0°, 202.4°±8.2°’den, 151.2°±6.9°, 152.8°±5.9°, 149.8°±8.2°, 159.8°±12.5°’ye gelmiş; topla temas esnasında(0 ms), 168.0°±6.6°, 176.0°±4.5°, 161.6°±11.3°, 162.0°±9.0° olarak tespit edilmiştir. Deneklere ait omuz eklemi açılarının grafiksel görünümü Grafik 1’ de verilmiştir.

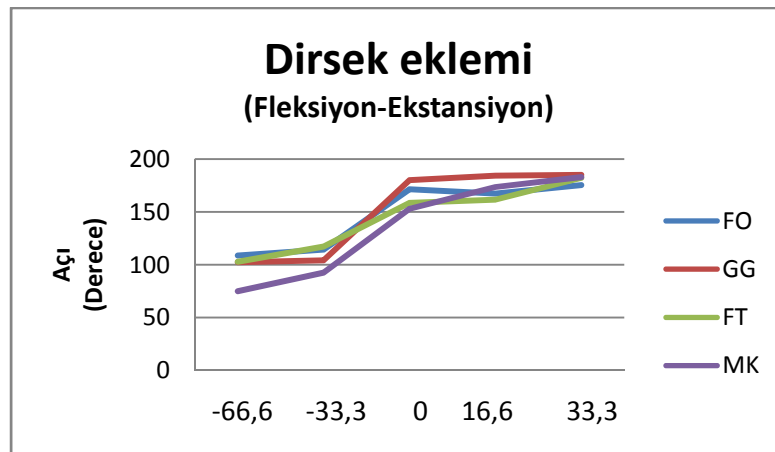


Grafik 1: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz eklemi açıları (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Tablo 4: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki dirsek eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Denek	Dirsek Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri				
	Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
FO	108.8° ± 10.1°	114.4° ± 12.0°	171.4° ± 18.0°	167.4° ± 4.3°	175.4° ± 9.5°
GG	102.4° ± 13.1°	104.2° ± 8.6°	180.2° ± 5.1°	184.4° ± 3.8°	185.2° ± 6.9°
FT	102.8° ± 7.1°	117.2° ± 10.5°	158.6° ± 9.7°	161.6° ± 11.0°	182.2° ± 7.3°
MK	75.0° ± 9.4°	92.6° ± 8.6°	153.0° ± 13.2°	173.6° ± 10.7°	183.0° ± 6.2°

Her dört voleybol oyuncusunun smaç vuruşu sürecinde dirsek eklemi açıları -66.6 ms ile 33.3 ms arasında sırasıyla; 108.8°±10.1°, 102.4°±13.1°, 102.8°±7.1°, 75.0°±9.4°’den, 175.4°±9.5°, 185.2°±6.9°, 182.2°±7.3°, 183.0°±6.2°’ye gelmiş; topla temas esnasında(0 ms) 171.4°±18.0°, 180.2°±5.1°, 158.6°±9.7°, 153.0°±13.2° olarak tespit edilmiştir. Deneklere ait dirsek eklemi açılarının grafiksel görünümü Grafik 2’ de verilmiştir.



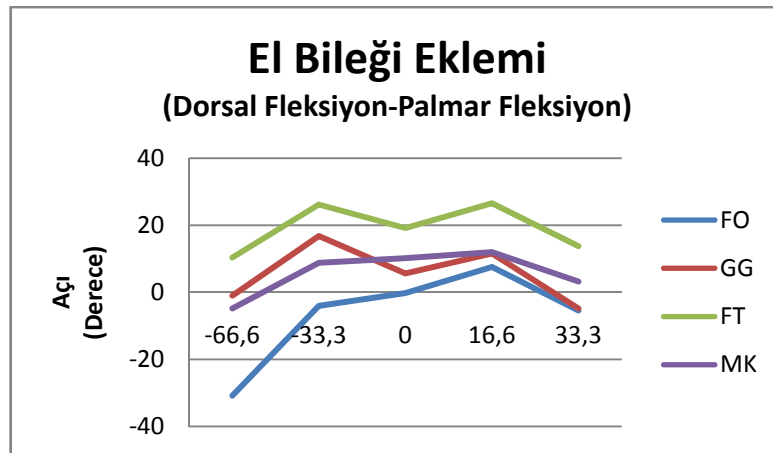
Grafik 2: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki dirsek eklemi açıları (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Tablo 5: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki el bileği eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri(n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Denek	El Bileği Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri				
	Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
FO	-30.8° ± 13.0° *	-4.0° ± 5.2° *	-0.2° ± 16.8° *	7.6° ± 28.3° **	-5.4° ± 26.4° *
GG	-1.0° ± 3.4° *	16.8° ± 2.4° **	5.6° ± 13.8° **	11.6° ± 10.8° **	-4.8° ± 13.9° *
FT	10.4° ± 6.6° **	26.2° ± 11.7° **	19.2° ± 19.7° **	26.6° ± 20.1° **	13.8° ± 22.5° **
MK	-4.8° ± 4.5° *	8.8° ± 9.3° **	10.2° ± 18.7° **	12.0° ± 36.4° **	3.2° ± 18.4° **

*Dorsal Fleksiyon , **Palmar Fleksiyon.

Her dört voleybol oyuncusunun smaç vuruşu sürecinde el bileği eklemi açıları -66.6 ms ile 33.3 ms arasında sırasıyla; -30.8°±13.0°, -1.0°±3.4°, 10.4°±6.6°, -4.8°±4.5°'den, -5.4°±26.4°, -4.8°±13.9°, 13.8°±22.5°, 3.2°±18.4°'ye gelmiş; topla temas esnasında(0 ms) -0.2°±16.8°, 5.6°±13.8°, 19.2°±19.7°, 10.2°±18.7° olarak tespit edilmiştir. Deneklere ait el bileği eklemi açılarının grafiksel görünümü Grafik 3'te verilmiştir.

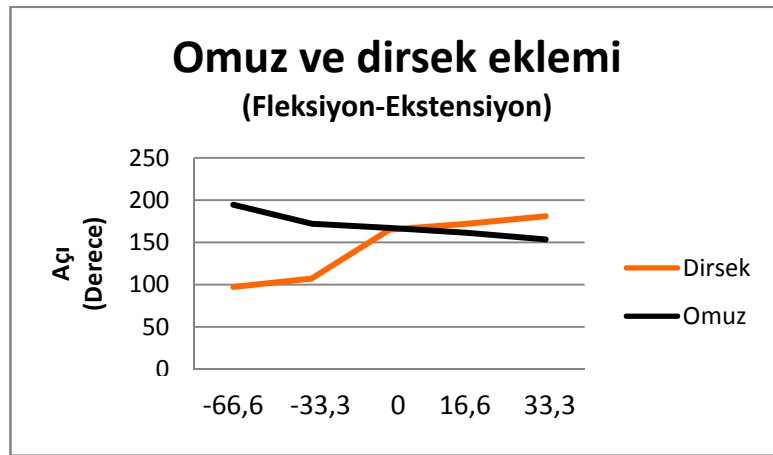


Grafik 3: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki el bileği eklemi açıları (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

Tablo 6: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz, dirsek ve el bileği eklemi açılarının birim zamana bağlı ortalama değerleri (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 20, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

	Omuz, Dirsek, El Bileği Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri				
	Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
Omuz eklemi açısı (α°)	$194.5^\circ \pm 11.4^\circ$	$172.1^\circ \pm 7.7^\circ$	$167.2^\circ \pm 9.7^\circ$	$161.3^\circ \pm 6.7^\circ$	$153.5^\circ \pm 8.9^\circ$
Dirsek eklemi açısı (α°)	$97.2^\circ \pm 16.3^\circ$	$107.1^\circ \pm 13.5^\circ$	$165.2^\circ \pm 16.2^\circ$	$172.1^\circ \pm 11.5^\circ$	$181.0^\circ \pm 8.3^\circ$
El bileği eklemi açısı (α°)	$-7.6^\circ \pm 16.3^\circ$	$12.0^\circ \pm 13.5^\circ$	$12.1^\circ \pm 19.6^\circ$	$11.8^\circ \pm 23.9^\circ$	$1.3^\circ \pm 20.5^\circ$

Seçilen birim zamanlarda deneklere ait yirmi görüntünün ortalamasından elde edilen omuz, dirsek ve el bileği eklemi açıları değerlendirildiğinde ise sırasıyla; -66.6 ms'de $194.5^\circ \pm 11.4^\circ$, $97.2^\circ \pm 16.3^\circ$, $-7.6^\circ \pm 16.3^\circ$; -33.3 ms' de $172.1^\circ \pm 7.7^\circ$, $107.1^\circ \pm 13.5^\circ$, $12.0^\circ \pm 13.5^\circ$; 0 ms'de $167.2^\circ \pm 9.7^\circ$, $165.2^\circ \pm 16.2^\circ$, $12.1^\circ \pm 19.6^\circ$; 16.6 ms' de $161.3^\circ \pm 6.7^\circ$, $172.1^\circ \pm 11.5^\circ$, $11.8^\circ \pm 23.9^\circ$; 33.3 ms' de $153.5^\circ \pm 8.9^\circ$, $181.0^\circ \pm 8.3^\circ$, $1.3^\circ \pm 20.5^\circ$ olarak tespit edilmiştir. Deneklere ait omuz ve dirsek eklemi açılarının grafiksel görünümü Grafik 4' de verilmiştir.



Grafik 4: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz ve dirsek eklemi açıları (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 20, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)

5. TARTIŞMA

Araştırmaya katılan denekler bireysel olarak ele alındığında; seçilen birim zamanlarda her birine ait 5 başarılı smaç görüntülerinden analiz edilen smaç kolunun omuz eklemi açıları değerlendirilecek olursa; omuz ekleminin -66.6 ms'den 33.3 ms'ye kadar olan süre içerisinde giderek azalan bir açıyla fleksiyondan ekstansiyona geçerek (-66.6 ms, FO $181.4^{\circ} \pm 7.1^{\circ}$, GG $204.8^{\circ} \pm 6.7^{\circ}$, FT $187.6^{\circ} \pm 5.0^{\circ}$, MK $202.4^{\circ} \pm 8.2^{\circ}$; 33.3 ms, FO $151.2^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$, GG $152.8^{\circ} \pm 5.9^{\circ}$, FT $149.8^{\circ} \pm 8.2^{\circ}$, MK $159.8^{\circ} \pm 12.5^{\circ}$) hareketini tamamladığı belirlenmiştir. -66.6 ms'de en geniş açıda omuz eklemi açısına sahip oyuncu GG ve onunla neredeyse benzer değere sahip olan MK'dir. Omuz eklemi açısı; dirsek eklemi-omuz eklemi arasında bulunan iki işaret noktası arasında oluşturulan çizgi ile omuz eklemi-kalça eklemi arasında bulunan iki işaret noktası arasında oluşturulan çizgi arasında meydana gelen açı olarak belirlendiği için; bu değerler, her iki denekte de omuzun vuruş sırasında kalça ekleminden çok daha önde olduğunu göstermektedir. Bu da her iki deneğin daha kuvvetli bir smaç için hareketi uygularken, gövdelerinin hiperekstansiyonundan faydalandıklarını göstermektedir.

Deneklerin seçilen birim zamanlarda her birine ait 5 başarılı smaç görüntülerinden elde edilen smaç kolunun dirsek eklemi açıları bireysel olarak değerlendirildiğinde; dirsek ekleminin -66.6 ms'den 33.3 ms'ye kadar olan süre içerisinde giderek artan bir açıyla (-66.6 ms, FO $108.8^{\circ} \pm 10.1^{\circ}$, GG $102.4^{\circ} \pm 13.1^{\circ}$, FT $102.8^{\circ} \pm 7.1^{\circ}$, MK $75.0^{\circ} \pm 9.4^{\circ}$; 33.3 ms, FO $175.4^{\circ} \pm 9.5^{\circ}$, GG $185.2^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$, FT $182.2^{\circ} \pm 7.3^{\circ}$, MK $183.0^{\circ} \pm 6.2^{\circ}$) fleksiyondan ekstansiyona geçtiği tespit edilmiştir. -66.6 ms'de dirsek eklemi açısı en dar olan deneğin MK olduğu ve topla temas sırasında (0 ms) MK' nin dirsek eklemi açısının diğerlerinden daha düşük derecede (FO $171.4^{\circ} \pm 18.0^{\circ}$, GG $180.2^{\circ} \pm 5.1^{\circ}$, FT $158.6^{\circ} \pm 9.7^{\circ}$, MK $153.0^{\circ} \pm 13.2^{\circ}$) kaldığı tespit edilmiştir. Yapılan subjektif gözlemlerde MK, en yüksek hızda

smaç vuruşu gerçekleştiren iki denekten biri olmasına rağmen; dirsek ekleminin yeterince ekstensiyona geçememesi, daha kuvvetli bir smaç vuruşu için dezavantaj yaratmaktadır.

Deneklerin seçilen birim zamanlarda her birine ait 5 başarılı smaç görüntülerinden elde edilen smaç kolunun el bileği eklemi açıları bireysel olarak değerlendirildiğinde; -66.6. ms'de el bileğini dorsal fleksiyonda en geniş açıda bulunduran deneğin FO ($FO -30.8^{\circ} \pm 13.0^{\circ}$, GG $-1.0^{\circ} \pm 3.4^{\circ}$, MK $-4.8^{\circ} \pm 4.5^{\circ}$) ve bu seçili zaman biriminde el bileğini palmar fleksiyonda bulunduran deneğin FT ($10.4^{\circ} \pm 6.6^{\circ}$) olduğu, hareketin geneli itibariyle başlangıç anından bitim anına kadar geçiş sürede el bileği ekleminin dorsal fleksiyondan palmar fleksiyona geçtiği tespit edilmiştir. Kolun akselerasyon safhasında analiz edilen ilk görüntüde dorsal fleksiyonda elin oldukça geriye alındığı pozisyon; topla temas eden el bölgesinin topla daha hızlı vurması için öğretilen bir tekniktir. Vuruş sırasında el bileğinde meydana gelen palmar fleksiyona doğru geçiş ise; topun üst noktası ile temas edildiğinde, yüksek hızda bir vuruş gerçekleştirmek ve topu karşı sahada (karşılanması zor olan) oyun alanı içerisinde daha yakın bir alana göndermek için uygulandığı şeklinde açıklanabilir.

Smaç vuruşu sırasında (0 ms) omuz eklemi açısı ortalama değeri $167.2^{\circ} \pm 9.7^{\circ}$ ve dirsek eklemi açısı ortalama değeri $165.2^{\circ} \pm 16.2^{\circ}$ olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, smaç vuruşunda topla temas anında dirsek ve omuz ekleminin neredeyse vertikal bir konum aldığını göstermektedir ve Jonathan'ın smaç kolunun vuruş sırasındaki pozisyonunu anlattığı kitabında³² belirttiği ifadelerle (Topla temas halinde üst ekstremité tipik olarak 150° - 180° olacak şekilde pozisyon alır.) benzerdir.

Toplamda dört deneğin beş başarılı smaç vuruşundan kaydedilen 200 görüntünün analiz sonuçları değerlendirildiğinde; omuz

eklemi açıları ortalama değerlerinin topa vuruş öncesinden sonrasına kadar giderek azalan bir açıda devam ettiği , dirsek eklemi açıları ortalama değerlerinin ise tam tersine topa vuruş öncesinden vuruş sonrasına kadar giderek artan bir açıda devam ettiği tipik olarak tespit edilmiştir. Smaç vuruşu sırasında seçilen birim zamanlar içerisinde deneklerin omuz ve dirsek eklemlerinde hareketin fleksiyondan ekstansiyona doğru olduğu; el bileği ekleminde ise dorsal fleksiyondan palmar fleksiyona doğru bir hareket gözlemlendiği belirlenmiştir.

FT'nin omuz, dirsek ve el bileği eklemlerinde yapılan açısal analizlerinde, diğer deneklere göre daha dar bir eklem hareket aralığında smaç vuruşunu gerçekleştirmiş olduğu tespit edilmiştir ve bu sonucun FT'nin orta oyuncu mevkisinde oynamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu mevkide oynayan oyuncular, hızlı tempo oyuncularıdır ve yüksek toptan daha çok hızlı ve kısa toplara vurdukları için, bu protokolde gerçekleştirilen smaç vuruşlarında ilgili eklemlere ait açılarının ortalama değerleri diğer deneklere göre düşük çıkmıştır.

1980'de Baudin⁴, 22 elit bayan voleybolcudan sadece bir kamera kullanarak aldığı toplam 44 smaç vuruşunda yaptığı sinematografik analizde, bazı kinematik değişkenlerin voleybolda smaç sıçramasının yüksekliğine etkisini araştırmıştır. Çalışma prosedüründe basketbol potasına asılmış topa smaç vuruşu uygulatmıştır. İncelediği kinematik değişkenler arasında; vücut ağırlığının yatay hızı ve dikey hızı, dominant kolun açısal hızı, bacakların açısal hızı ve sıçrama öncesi yerle temas zamanı bulunmaktadır. Elde ettiği sonuçlara göre smaç yüksekliği ile sıçrama öncesi yerle temas süresinin yüksek bir ilişki içinde olduğunu, kol salınımı hızının bacak ekstensiyonu ile zamansal olarak ilişkili olduğunu, dominant kolun açısal hızının ortalama 975.99 ± 155.78 derece.s⁻¹ bulunduğunu ifade etmiştir.

Chung 1988'de Indiana Üniversitesi'nde yaptığı doktora tezi araştırmasında²⁰; sekiz voleybolcunun smaç görüntülerinin kol salınımı safhalarını üç boyutlu sinematografik analizini yaparak; vuruş yapan kolun omuz ve dirsek eklemlerinde oluşan tork ve kuvvetleri her ekleme etki eden kas aktiviteleri ile açıklamıştır. Yapılan bu araştırma nicel bir çalışmadan ziyade, kaydedilen görüntüler üzerinden yapılan nitel bir çalışma olmuş ve bazı deneklerde kolların geriye salınımı safhasında dirsek ekstensiyonunun çok daha fazla olduğu sonuç olarak tespit edilmiştir.

Omuz kinematiği ve kinetiği ile ilgili yapılmış bir diğer çalışmada¹⁹ ise; altı bayan ve beş erkek voleybolcu denek 120 Hz video analiz yöntemi ile ölçüme tabi tutulmuş ve çalışmada maksimum internal tork, maksimum omuz eklemi kompresif kuvveti, maksimum omuz fleksiyon torku araştırılmıştır. Sonuç olarak maksimum omuz fleksiyon hızı ile maksimum top hızı arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.

Hsiesh¹⁵, elli bayan voleybolcunun her birine on smaç vuruşu yaptırmış ve bu görüntüleri 60 Hz video kamera ile Vicon Peak hareket analizi sistemi kullanarak iki boyutlu koordinatlar içerisinde incelemiştir. Çalışmanın sonunda smaç yüksekliği ile kalça eklemi açısal hızı, omuz eklemi açısal hızı, ayak bileği eklemi açısal hızı, vücut ağırlık merkezinin yukarıya çıktığı süre, vücut ağırlık merkezinin yatay hızı arasında yüksek bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışmasında ilginç bir bulgu olarak ise; takeoff (Ayakların yerden kesilmesi) evresinde deneklerin diz eklemi açısal hızının smaç yüksekliğini etkileyen önemli bir belirleyici olmadığını tespit etmiştir.

Voleybolda smaç vuruşunda üst ekstremité ile ilgili yapılmış biyomekanik çalışmalardan biri de Linnell ve arkadaşlarının yaptığı "Voleybolda smaç vuruşunun iki boyutlu model kullanılarak analiz edilmesi" başlıklı yayınları²⁵ gösterilebilir. Bu çalışmada smaçla birlikte

voleybol topuna kazandırılan spine (Topun kendi etrafında dönmesi) etki eden faktörlerin, pas yüksekliği ve topla ilk temas eden el bölgesiyle ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Tek denek üzerinde farklı yüksekliklerde atılan (3m, 4m, 6m, 10m) topa smaç vuruşu uygulatılan çalışmada, pas yüksekliğinin artmasıyla topun kazandığı spinin arttığı belirlenmiştir. Buna rağmen; topla elin temas ettiği ilk bölgenin (Parmaklar, avuç içi) topun spinine olan etkisi, görüntü analizinde meydana gelen bazı sıkıntılar nedeniyle (Parmakların hareketi çok hızlı gerçekleştirmesi ve bunun görüntülerde net seçilememesi) net olarak tespit edilememiştir.

Fantozzi ve arkadaşları ise; şimdiye kadar yapılan voleybolda smaç hareketinin kinematik analizine farklı bir bakış açısı getirmişler ve yaptıkları çalışmalarında²¹ aynı anda iki sporcunun (Birisi smaç vururken diğeri aynı anda blok hareketini gerçekleştirir) hareket analizinin uygulanabilirliğini belirlemek için stereofotogrametrik yöntemle altı kamera ile ölçüm almışlardır. Yeni bir protokol olarak sundukları çalışmalarında, her iki sporcunun 15 işaret noktasını aynı anda görüntülemeyi ve analiz etmeyi başarmışlar ve voleybolda file önünde yapılan teknik hareketlerin analiziyle ilgili yeni bir bakış açısı sunmuşlardır.

Yapılan açısal kinematik çalışmalardan sadece eklem açılarının kullanıldığı bir çalışma¹⁸ ise Fantozzi'nin de aralarında bulunduğu aynı çalışma ekibi tarafından üç erkek denek (iki smaçör bir orta oyuncu) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Smaç sıçraması sonrası blok hareketinde yere iki farklı düşüş tekniği (tek ayak, çift ayak) ile ilgili çalışmalarında alt ekstremitede bulunan ayak bileği, diz ve kalça eklemi açısal kinematik değerlerini incelemişler ve bunun için altı kamera ile stereofotogrametrik yöntemi kullanmışlardır. Uygulanan iki farklı teknikte alt ekstremitede oluşan fleksiyon açıları arasında anlamlı bir fark tespit edememişlerdir.

Voleybolda smaç vuruŖu ile overuse yaralanmalar arasındaki iliŖkinin nicel olarak tespitini yapmak amacıyla Rinderu on erkek ve on bayan üzerinde yaptığı alıŖmasında⁴⁴, herhangi bir yüklenme olmaksızın omuz eklemi reaksiyon kuvvetini 400 N, smaç sırasında ise bu değerin erkeklerde 1500 N, bayanlarda 1350 N olarak tespit ederek, smaç vuruŖunun omuz ekleminde ne büyüklükte bir harabiyete neden olduğunu ispatlamıŖtır.

Voleybolda yayınlanmıŖ diğer teknik hareket analizi alıŖmaları ise tıpkı smaç tekniğinde yapılan alıŖmalar gibi sınırlı sayıdadır ve her biri teknik analiz olmasına rağmen; farklı biyomekanik (kinematik, kinetik) deėiŖkenleri veya farklı vücut uzuvlarını (Alt ekstremitte, st ekstremitte gibi) incelemiŖlerdir. En çok yapılmıŖ alıŖma ise sıçramada alt ekstremitte biyomekaniği ile ilgilidir.^{14,46,47,48} st ekstremitte ile ilgili yapılmıŖ kinematik analiz alıŖmalarının az oluŖu ve bu alıŖmalarda da birbirinden farklı teknik elementler ile farklı deėiŖkenlerin incelenmesi^{20,24,43,45,49} yaptığımız alıŖmayla karŖılaŖtırabileceėimiz bir veri elde etmemizi engellemiŖtir.

Voleybolda hareket analizi alanında yapılan alıŖmalarda kullanılan denek sayısına bakıldığında ise bunun spor biliminde yapılan alıŖmalardan daha az denekle gerekleŖtirildiėi görülmektedir.^{18,25,41,44} Bu da iki faktörle açıklanabilir: 1) Deneklerden sadece bir saniyede gerekleŖtirilen bir hareket için bir kameradan (kameranın hızına bağlı olarak) yüzlerce görüntü kaydedilmesi 2) Uygulanan bu hareketin birkaç saniye olduğu dŖnlrse (Smaç hareketi için yaklaŖık 5 s), tüm kameralardan elde edilen görüntüler bir araya getirildiğinde, bir deneğin binlerce görüntülerinin elde edilmesi ve bu görüntülerin analiz aŖamasının çok uzun zaman (Hafta, ay) almasıdır. Her ne kadar denek sayısı azlığı yanılıtcı bir faktör olarak görülse de; aslında istatistikte kullanılan görüntü

sayısı çokluğu çalışmadaki ortalama verilerin ve anlamlılık testlerinin rahatlıkla yapılabileceğini ortaya koymaktadır.

Yapılan tüm bu çalışmalardan hareketle, teknik analizin sadece performansı geliştirmek için kullanılmadığını, özellikle sporun neden olduğu sakatlıkları önleme veya tespit etmek için de çok yaygın bir şekilde kullanıldığını söyleyebiliriz. Diğer yandan performansı değerlendirirken yalnızca hareket analizinden faydalanmanın çok fakir kalacağını, bu değerlendirmelerin performansa etki eden diğer önemli faktörlerle (Psikolojik, fizyolojik, dış etkenler vb.) de bir bütün içerisinde incelenmesi gerektiğini bir kez daha belirtmek gerekmektedir.

6. SONUÇ

Yapılan bu araştırma sonucunda, omuz eklemi açısı ortalama değerlerinin vuruş öncesinden, vuruş anı ve sonrasına kadar geçen sürede giderek azaldığı, dirsek eklemine ise topa maksimum yükseklikte bir vuruş sağlaması için bu zaman dilimi içinde giderek artan bir açı izlediği tespit edilmiştir. El bileği eklemine ise vuruş öncesinden vuruş anına kadar, el bileği eklemi açısı ortalama değerlerinin azaldığı, vuruş anından sonraki süreçte ise tekrar arttığı belirlenmiştir.

İnsan gözünün algılayamayacağı hızda görüntü yakalamamanın verdiği avantajla, sadece nicel değil nitel analiz de yapılabilmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada deneklerin benzer üst ekstremitte açılarında smaç vuruşu gerçekleştirdiği tespit edilse de; farklı vücut pozisyonlarında topla buluştukları, analiz edilen görüntülerden çok net bir şekilde görülmektedir. FO'nun topla temas anında vücudunun toptan oldukça uzak kaldığı, GG'nin smaç vuruşunda el bileğinin dış rotasyonunu sağlayarak topa yön verdiği, FT'nin orta oyuncu (hızlı hücumcu) olmasının da verdiği bir özellikle dirseğinin yeterince ekstensiyona geçemeyerek topa istenilen açıda uzanamadığı ve en yüksek noktada topla buluşamadığı, MK'nın topla temas anında dirseğinin topun önünde kaldığını, analiz sürecinden elde ettiğimiz bilgilere göre rahatlıkla söyleyebiliriz.

Sonuç olarak; çalışmadan elde edilen bulgulara göre, smaç vuruşu sırasında üst ekstremitede oluşan eklem açıları bireysel farklılıklar göstermekte ve bu farklılıkların smaç vuruş kuvvetini etkileyebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler ışığında şunlar önerilebilir:

- Benzer çalışma daha fazla denek ve denek grupları (elit/elit olmayan, 1.lig/3.lig sporcuları, milli/milli olmayan) üzerinde

uygulanarak, gruplar arasında üst ekstremitede açısal kinematik farklılık olup olmadığı araştırılabilir.

- Benzer bir çalışma farklı yaş kategorilerinde (yıldız, genç, a takım oyuncularını) üzerinde uygulanabilir.
- Erkek ve bayanlarda smaç vuruşu sırasında üst ekstremitenin açısal kinematiğı bakımından farkı/farksızlığı araştırılabilir.
- Voleybolda smaç vuruşunun kinematik analizleri, kinetik analizler ile birleştirilebilir.
- Yapılan açısal kinematik analizde eklem açılarının yanı sıra, açısal hız, açısal yer değıştirme ve açısal ivmelenme değeri de kullanılabilir ve bunlara smaç vurulan topun hızı da eklenebilir.
- Voleybolda smaç kolunun biyomekanik analizine yorgunluğun etki edip etmeyeceğı araştırılabilir.
- Mevkiler arası smaç kolunun kinematik değışkenleri karşılaştırılabilir.
- Aynı sporculara farklı mevkilerden (ön/arka bölge atağı, orta/köşe atakları) smaç vuruşu uygulatılarak, biyomekanik açıdan farklılıklara bakılabilir.
- Farklı hızlarda atılan toplara yapılan smaç vuruşlarının smaç kolunda kinematik veya kinetik açıdan farklılıklara yol açıp açmadığı araştırılabilir.
- Smaç vuruşunda top hızı ile üst ekstremitte eklem açıları ilişkilendirilmelidir.

Bu tür bir biyomekanik analiz sürecinin çok uzun süre alacağı ve uygulanan hareket ve teknik donanım sebebiyle çalışmanın bazı sınırlılıkları olacağı unutulmamalıdır.

7. ÖZET

Bu çalışmaya, dominant kolu sağ olan 4 bayan 1. lig voleybol oyuncusu ($x_{(yaş)} = 21.7 \pm 1.5$ yıl , $x_{(boy)} = 178 \pm 2.9$ cm, $x_{(vücut\ ağırlığı)} = 66.3 \pm 0.9$ kg, $x_{(VKI)} = 20.92 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$, $x_{(spor\ yaşı)} = 11.75 \pm 1.8$ yıl) gönüllü olarak katılmıştır. Denekler, herhangi bir sakatlık veya ameliyat geçirmemişlerdir. Verileri toplamadan önce denekler 20 dakikalık bir esneklik ve voleybol ısınması yapmışlardır. Tüm deneklere gönüllü katılım formu imzalatılmıştır.

Her denek, rakip sahada bulunan hedef alana 5 başarılı smaç vuruşu gerçekleştirmiştir. Smaç görüntüleri, 60 fps hızında iki adet dijital kamera (Dragonfly Point Grey Research, 2006) kullanılarak stereoskopik olarak kaydedilmiştir. Deneklerin hareketi uyguladıkları yerde görüntüleri kalibre etmek için 1x2x1 m boyutunda 12 adet kontrol noktası bulunan bir kalibrasyon kafesi kullanılmıştır. İşaret noktaları, deneklerin vücudunda beş bölgeye (büyük trokanter, glenohumeral eklem, humerus lateral epikondil, ulnar stiloid çıkıntı, 5. metakarpal kemiğin distal ucu) yerleştirilmiştir. Kameralar birbirlerine yaklaşık 90° olacak şekilde sabitlenmiştir. Fotogrametrik çözümleme ise Pictran yazılımı (Technet GmbH, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, SPSS 10.0 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Omuz, dirsek ve el bileği eklemleri açılarının ortalama ve standart sapmaları, seçilen birim zamanda her deneğe ait beş görüntü ve toplamda dört denekten elde edilen yirmi görüntü kullanılarak hesaplanmıştır.

Yapılan bu çalışmanın sonucunda, smaç vuruşu kol salınımı akselerasyon safhasından vuruşun tamamlanması safhasına kadar geçen sürede, deneklerin omuz eklemi açılarının azaldığı ve dirsek eklemi açılarının arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgulara ek olarak akselerasyon safhasından topla buluşma safhasına kadar geçen sürede, deneklerin el

bileği eklemi açıların azaldığı, topla buluşma safhasından vuruşun tamamlanması safhasına kadar geçen sürede ise el bileği eklemi açıların arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; çalışmadan elde edilen bulgulara göre, smaç vuruşu sırasında üst ekstremitede oluşan eklem açıları bireysel farklılıklar göstermekte ve bu farklılıkların smaç vuruş kuvvetini etkilediği düşünölmektedir. Dolayısıyla ileriki çalışmalarda, smaç vuruşunda top hızı ile üst ekstremitte eklem açıları ilişkilendirilmelidir.

8. SUMMARY

Four right handed 1st league female volleyball players ($x_{\text{(age)}} = 21.7 \pm 1.5$ year , $x_{\text{(height)}} = 178 \pm 2.9$ cm, $x_{\text{(body mass)}} = 66.3 \pm 0.9$ kg, $x_{\text{(BMI)}} = 20.92 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$, $x_{\text{(sports age)}} = 11.75 \pm 1.8 \text{ year}$) volunteered to participated in this study. All participants were free from orthopedic and physical injury. Prior to data collection players warmed up with flexibility and special volleyball exercises during 20 minutes. Informed of content form was signed by the participants.

Each player performed 5 successful spikes to the target area at the other court. The spikes were recorded with a stereoscopic view by using two digital cameras (Dragonfly Express Point Grey Research, 2006) with 60 fps. A calibration frame 1x2x1 m with 12 control points was used to calibrate area which the participants performed action. Markers were placed on the five sites (hip's greater trochanter, glenohumeral joint, humerus lateral epicondyl, ulnar styloid process and distal side of the 5th metacarpal bone) of the body. The cameras were placed approximately 90° to each other. Photogrammetric restitutions were done by using Pictran Software (Technet GmbH, Germany).

The data obtained were evaluated by SPSS statistical software. The shoulder, the elbow and the wrist joint angles' means and standard deviations which obtained from five views of each subject and twenty views of four subjects were calculated for each selected time.

At the end of the study it was found that the shoulder joint angle decreased and the elbow joint angle increased during the spike action which from the acceleration phase of armswing to deceleration phase during the spike action. In addition to these findings, it was also found that the wrist joint angle decreased from the acceleration phase to

the ball contact time and after increased from the ball contact time to deceleration time.

In conclusion, this study showed the individual differences of the joint angles at the upper extremity during the spike action and it was thought these differences effected on the spike force. Therefore, further studies should be associated with spiked ball velocity and upper extremity joint angles during the spike action.

9. KAYNAKLAR

1. İnal HS. Spor biyomekaniği temel prensipler. 1. Basım. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım; 2004.
2. Knudson D. Fundamentals of biomechanics. 2nd ed. Newyork: Springer; 2007.
3. Carr G. Sports Mechanics for coaches. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.
4. Baudin JP. A biomechanical analysis of the volleyball spike jump. M Sc. Alberta: University of Alberta; 1980.
5. Chenfu H. A biomechanical analysis of volleyball block jumps. Ph D. Minnesota: University of Minnesota; 1993.
6. Forthomme B, Croiser JL, Ciccarone G, Crielaard JM, Cloes M. Factors correlated with volleyball spike velocity. AM J Sports Med 2005; 33(10): 1515-1519.
7. Honish A. A biomechanical comparison of the indoor and outdoor volleyball spike approach and take-off. M Sc. Winnipeg MB: The University of Manitoba; 2005.
8. Kao SS, Sellens RW, Stevenson JM. A mathematical model for trajectory of spiked volleyball and its coaching application. Journal of Applied Biomechanics 1994; 10: 95-109.
9. Muratlı S, Toraman F, Çetin E. Sportif hareketlerin biomekanik temelleri. Ankara: Bağırhan Yayınmevi; 2000.
10. Benno MN, Walter H, editors. Biomechanics of the musculo-skeletal system. 2nd edition. West Sussex: John Wiley&Sons; 1999.
11. Medved V. Measurement of human locomotion. 1st ed. Florida: CRC Press LLC; 2001.

12. Allyn DA. The kinetics and kinematics of landing from two “quick” attack techniques in volleyball. Ph D. Minnesota, University of Minnesota; 1994.
13. Aura O, Vitasolo J. Biomechanical characteristics of jumping. *International Journal Of Sport Biomechanics* 1989; 5:89-98.
14. Giatsis G, Kollias I, Panoutsakopoulos V, Papaiaikovou G. Biomechanical differences in elite beach volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports Biomechanics* 2004; 3(1): 145-158.
15. Hsiesh CT. Biomechanical and pedagogical analysis of the volleyball spike jump. Ph D. Greeley: University of Northern Colorado; 2006.
16. Stephens MT, Lawson BR, DeVoe DE, Reiser FR. Gender and bilateral differences in single leg countermovement jump performance with comparison to a double leg jump. *Journal of Applied Biomechanics* 2007; 23: 190-202.
17. Weston J. A study of biomechanical variables in the countermovement jump and the drop jump performed by female intercollegiate athletes. Ph D. Denton: Texas Woman’s University; 1992.
18. Lobietti R, Fantozzi S, Stagni R, Merni F. Kinematics analysis of landing from volleyball spike followed by block: A pilot study. *Gait & Posture* 2006; 24(1): 47-48.
19. Christopher GA. Shoulder biomechanics in volleyball spiking: implications. M Sc. Provo UT: Brigham Young University; 2001.
20. Chung CS. Three-dimensional analysis of the shoulder and elbow joints during the volleyball spike. Indiana: Indiana University; 1988.
21. Fantozzi s, Lobietti R, Stagni R, Merni F. A new protocol for kinematic analysis of two volleyball players simultaneously during spike and block using stereophotogrammetry. *Journal of Biomechanics* 2006; 39(1): 561.

22. Lee Brian KK. A cinematographical study of the effects of the kinematic link principle on performance. Ph D. Texas: Texas A&M University; 1993.
23. Loyer AC. A kinematic analysis of three champions performing the volleyball spike. Ph D. Carbondale: Southern Illinois University; 1978.
24. Masumura M, Marquez WQ, Koyama H, Michiyoshi AE. A biomechanical analysis of serve motion for elite male volleyball players in official games. *Journal of Biomechanics* 2007; 40(2): 744.
25. Linnell W, Wu T, Bausdin P, Gervais P. Analysis of the volleyball spike using working model 2D. *Journal of Biomechanics* 2007; 40(2): 760.
26. Newell RF, Lauder MA. Three dimensional kinematic analysis of the front court volleyball spike of female volleyball players. *Journal Of Sports Sciences* 2005; 23: 93-223.
27. Robertson E, Gordon D, Cakdwell GE, Hamill J, Kamen G, Whittlesey SN. *Research Methods in Biomechanics*. 1st ed. Champaign: Human Kinetics; 2004.
28. Lees A. Technique analysis in sports: a critical review. *Journal of Sports Sciences* 2002; 20: 813-828.
29. Knudson DV, Morrison CS. *Qualitative analysis of human movement*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2002.
30. Tiryaki Ş (Ed.). *Voleybol antrenmanı üst düzey koç ve takımlar için el kitabı-I*. 1. Baskı. İstanbul: Çağrı Baskı; 2006.
31. Shondell D, Reynaud C, (Ed.). *The volleyball coaching bible*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002.
32. Jonathan CR, Roald B, (Ed.). *Volleyball Handbook of Sport Medicine and Science*. First Published, Hong Kong: Blackwell Publishing; 2003.

33. Kinda SL, (Ed.). Coaching volleyball: Offensive fundamentals and techniques. 2nd edition. Monterey CA: Coaches Choice; 2004.
34. Tullos HS, King JW. Throwing mechanism in sports. Orthop Clin North Am. 1973 Jul;4(3) : 709-20.
35. Howard RE. A model of fundamental volleyball techniques based on qualitative principles of biomechanical efficiency. Ph D. Tennessee: Middle Tennessee State University; 1994.
36. Wanderer J. A biomechanical analysis of three blocking footwork patterns in volleyball players. M Sc. San Jose, Washington: San Jose State University; 1996
37. Kao SS. The trajectory of a spiked volleyball and its application. M Sc. Canada: Queen's University at Kingston; 1992.
38. Loewen DJ. A biomechanical analysis of vertical displacement of body center of mass in the one-foot and two-foot takeoff in female volleyball players. M Sc. Fresno: California State University; 2001.
39. Cronin JB, Bressel E, Finn L. Augmented feedback reduces ground reaction forces in the landing phase of the volleyball spike jump. Journal of Sports Rehabilitation 2008; 17:148-159.
40. Dona G, Zorzi E, Petrone N, Sawacha Z, Cobelli C. Biomechanical analysis of three different blocking footwork techniques in volleyball: a pilot study. Journal of Biomechanics 2006; 39(1): 564.
41. Lobietti R, Fantozzi S, Stagni R, Merni F. Kinematic analysis of landing from volleyball block 2007; SIAMOC Congress: p19.
42. Cingel RV, Kleinrensink G, Stoeckart R, Aufdemkampe G, Bie R, Kuipes H. Strength values of shoulder internal and external rotators in elite volleyball players. J Sports Rehabil 2006; 15: 237-245.

43. Marryatt WR. Biomechanical variables as predictors of performance in the forearm contact in volleyball. M Sc. Canada: Dalhousie University; 1978.
44. Rinderu ET. A biomechanical analysis of the attack strike in the volleyball game. Journal of Biomechanics 1998; 31(1): 180.
45. Strohmeyer HS. An analysis of selected cinematografic and descriptive variables in the jump and conventional overhand volleyball serves of unites states olympic athletes. M Sc. Wyoming: University of Wyoming; 1988.
46. Carcia C, Eggen J, Shultz S. Hip abductor fatigue, frontal-plane landing angle and exercusion during a drop jump. J Sport Rehabil 2005; 14: 321-331.
47. Salcı Y. Comparison of landing manuevers between male and female volleyball players. Ankara: METU; 2002.
48. Walsh M, Arampotzis A, Schade F, Brüggemann GP. The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed and moment on force. Journal of Strength and Conditioning Research 2004; 18(3): 561-566.
49. Rander PW. A multicamera method for 3D digitization of dynamic, real world events. Ph D. Pittsburg: Carnegie Mellon University; 1998.

(GÖNÜLLÜ BİLGİLENDİRİLMESİ VE RIZASININ ALINMASI PROTOKOLÜ)

EK 1

Tarih: ... / ... /

BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU

Araştırmadan önce bana verilen çalışma protokolü ile ilgili Bilgilendirme Formu' nu okudum. Çalışma hakkında bana yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarla söz konusu deneysel araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün;

Adı Soyadı :

İmzası

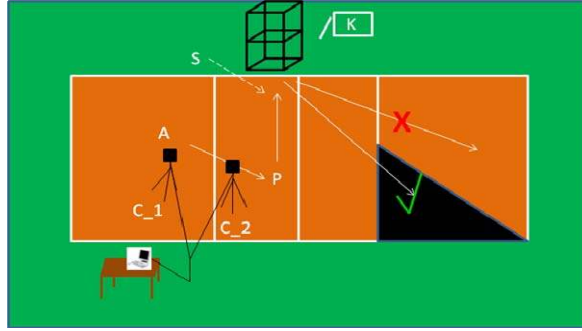
Adresi(Varsa telefon no)

Açıklamaları Yapan Araştırmacının;

Adı Soyadı :

İmzası

BİLGİLENDİRME FORMU



K: Kalibrasyon kafesi

S: Smaçör

P: Pasör

A: Antrenör

X: Başarısız smaç vuruşu

V: Başarılı smaç vuruşu

▲: Hedef bölge

Çalışma düzeneği şematik görünümü

ÇALIŞMA PROTOKOLÜ

AMAÇ:

Bu çalışmanın amacı, voleybolda smaç vuruşunda üst ekstremitelerde bulunan eklemlerde meydana gelen açısal değişikliklerin zamana bağlı olarak belirlenmesidir.

MATERYAL METOD:

Bu çalışmada denekler şemayla gösterilen protokolü gerçekleştirirler. 60 Hz hızında 2 kameradan (Dragonfly Express Camerass) elde edilen başarılı smaç vuruşu görüntüleri; Pictran (Technet GmbH, Almanya) adlı yazılıma aktarılacaktır. Her deneğin karşı sahada hedefe yaptığı 5 başarılı vuruş değerlendirmeye alınacaktır. Smaç kolunun kinematik analizi kapsamında :

1. Omuz eklemi açısı
2. Dirsek eklemi açısı
3. El bileği eklemi açıları incelenecektir.

Çalışmaya deneklere çalışma protokolü anlatıldıktan sonra, boy ve kilo ölçümü ile bazı demografik bilgiler alınacaktır. Yaklaşık 20 dk ısınma süresi sonrasında ise kalça, omuz, dirsek ve el bileğine işaret noktaları yapıştırılacaktır. Deneklerden pasörün attığı yüksek pasa, karşı sahada bulunan hedefe vuruşları istenecektir.

2 farklı kameradan elde edilen bir smaç vuruşuna ait görüntülerin; yaklaşık 600 kare (frame) olacağı düşünülmektedir. Bu da bir kişinin 5 başarılı vuruşu düşünülürse; 3000 kare görüntü etmektedir. Her karede işaret noktalarıyla sabitlenen anatomik referans noktaları (5 nokta) yazılım aracılığıyla işaretlenecek ve elde edilen açısal verilerin zamana bağlı olarak değişimi incelenecektir. Çalışmanın analiz aşaması uzun sürmesine rağmen, literatürde voleybolda smaç vuruşunda üst ekstremiteler ile ilgili yapılmış benzer çalışmaların az olması sebebiyle çalışmayı orijinal kılmaktadır.

11. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif ÖZ

Doğum Yeri ve Tarihi : Bolvadin, 1983

Eğitimi :

- Lisans, Gazi Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği, Ankara, 2005.
- Lise, Atatürk Sağlık Meslek Lisesi, Anestezi Teknisyenliği Bölümü, Balıkesir, 2001.
- Ortaokul, Atatürk Ortaokulu, Balıkesir, 1997.
- İlkokulu, Ali Hikmet Paşa İlköğretim Okulu, Balıkesir, 1994.

Yabancı Dili : İngilizce

Bilimsel Etkinlikleri :

Uluslar arası Kongrelerde Bildiriler:

- Orhan O, Ateşoğlu U, Çetin E, **Öz E**, Ertaş B. Effects of moderate altitude on pulmonary function of physical education students. 13th Annual Congress of the European College of Sports Science, 9-12 July 2008, Estoril, Portugal. Book of Abstract; s394.
- Atalay Güzel N, Çolakoğlu F, Karacan S, **Öz E**, Akyüz M, Aslanoğlu E. The effects of training on sports performance in adolescent volleyball and football players. 13th Annual Congress of the European College of Sports Science, 9-12 July 2008, Estoril, Portugal. Book of Abstract; s467.
- Akyüz M, Şenel Ö, Güzel NA, Eroğlu H, **Öz E**. Müsabaka süresince erkek futbolculardaki bazı hematolojik ve biyokimyasal değişimlerin incelenmesi. IV. Uluslar arası Akdeniz Spor Bilimleri Kongresi, 9-11 Kasım 2007, Antalya, Türkiye. Bildiri Kitabı; s125.

- Güzel NA, Çolakoğlu F, Karacan S, **Öz E**, Akyüz M, Arslanoğlu E. 13-16 yaş grubu kız voleybol ve futbolcuların bazı fiziksel, fizyolojik ve antropometrik özelliklerinin karşılaştırılması. IV. Uluslar arası Akdeniz Spor Bilimleri Kongresi, 9-11 Kasım 2007, Antalya, Türkiye. Bildiri Kitabı; s147.

- Cengiz R, **Öz E**, Çolakoğlu T, Güzel NA. Futbol antrenörlerinin fiziksel aktivite düzeyleri ve bedensel farkındalıkları üzerine bir araştırma. IV. Uluslar arası Akdeniz Spor Bilimleri Kongresi, 9-11 Kasım 2007, Antalya, Türkiye. Bildiri Kitabı; s121.

Bilimsel Projeler:

- Yıldırım İ, Şenel Ö, Akarçeşme C, **Öz E**. Elit Bayan Voleybolcuların Müsabaka Öncesi, Esnası ve Sonrası Fizyolojik Stres Düzeylerinin Telemetrik Sistem ve Kan Laktat Analizörü Yoluyla Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi BAP, 2007- (Devam etmektedir).

12. TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesi için bilimsel ortamı sağlayan, her aşamada desteğini yanımda hissettiğim, görüş ve bilgisini çok önemseyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim YILDIRAN'a ve çalışmanın kurgulanmasından deneklerin seçimine, ölçümlerin alınmasından analizine kadar geçen sürede benden desteğini esirgemeyen ODTÜ Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Feza KORKUSUZ'a, görüntü alma, analiz etme ve verileri elde etmede verdikleri destek ve katkılarından dolayı Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu'ndan Yrd. Doç. Dr. Ayhan GÖKTEPE ve Arş. Gör. Hakan KARABÖRK'e, değerlendirme aşamasındaki desteğinden dolayı Yrd. Doç Dr. Latif AYDOS'a, ölçümler esnasında yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Öğr. Gör. Dr. Ahmet PEKEL'e, tezin çeşitli aşamalarındaki desteklerinden dolayı Aylin Özge SARAÇ ve Mehtap KAMBER'e teşekkür ederim. Ayrıca manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim sevgili annem ve babama sonsuz şükranlarımı sunarım.

Elif ÖZ

Ankara - 2008