

VOLEYBOLDA SMAÇ KOLUNUN AÇISAL KİNEMATİK ANALİZİ

E. Öz¹, A. Göktepe², H. Karabörk³, İ. Yıldırım¹, F. Korkusuz⁴

¹Gazi Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Ankara, yildiran, elifoz@gazi.edu.tr

²Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Konya, agoktepe@selcuk.edu.tr

³Selçuk Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, Konya, hkarabork@selcuk.edu.tr

⁴ODTÜ, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Ankara, feza@metu.edu.tr

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, $x_{(vktj)} = 20.92 \pm 1.8$ kg/m², $x_{(spor\ yaşı)} = 11.75 \pm 1.8$ yıl) gönüllü olarak katılmıştır. 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 deneye ait beş başarılı smaç vuruşu görüntüsü ve bu görüntülerden elde edilen toplamda iki yüz kare smaç vuruşu görüntüsü kullanılarak hesaplanmıştır. 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 düşünülmektedir. Dolayısıyla ileriki çalışmalarda, smaç vuruşunda top hızı ile üst ekstremitde eklem açıları ilişkilendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Hareket Analizi, Açısal Kinematik, Digital Fotogrametri, Smaç, Voleybol.

1. GİRİŞ

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.¹ Oluşan açısal değişiklikler ise biyomekanikte kinematiğin bir alt dalı olan açısal kinematik alanında incelenir.

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 (İnal, 2004).

Voleybolda oyun analizi sonuçlarından elde edilen bilgilere göre, en etkili sayı kazanma silahının smaç olduğu söylenebilir (Tiryaki, 2006). Bu becerinin nasıl uygulandığını anlamak için ise bazı biyomekanik (Kinematik, kinetik) çözümlemelere ihtiyaç vardır.

Voleybolda yapılan biyomekanik çalışmalara bakıldığında; birçoğunun alt ekstremitde ile ilgili olduğu ve özellikle dikey sıçrama çalışmalarının bulunduğu görülür (Alynn, 1994; Aura, 1998; Giatsis, 2004; Hsiesh, 2006; Stephens 2007; Westo, 1992; Lobietti, 2006). Voleybolda üst ekstremitdeyle uygulanan teknik bileşenlerin biyomekanik analizine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır (Christopher, 2001; Chung, 1988; Fantozzi, 2006; Le, 1993; Masumara, 2007). Voleybolda smaç kolunun açısal kinematik analiziyle ilgili çalışmalara ise daha da seyrek rastlanmaktadır (Linnel, 2007; Nawell, 2005). Ancak bu çalışmaların hiçbiri voleybolda smaç vuruşu esnasında üst ekstremitde eklem açılarının zamana bağlı değişimini ele almamıştır.

Bu çalışmalar, antrenörlere ve sporculara çok değerli bilgiler sunmaktadır (Medved, 2001). Analizler sadece sportif performansı arttırmak için kullanılmaz. Spor hekimliğinin de alanı içine giren spor sakatlıklarını önlemek için de bu analizlerden faydalanılır (İnal, 2004; Knudson, 2007; Medved, 2001).

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

2. MATERYAL ve METOD

2.1. 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.

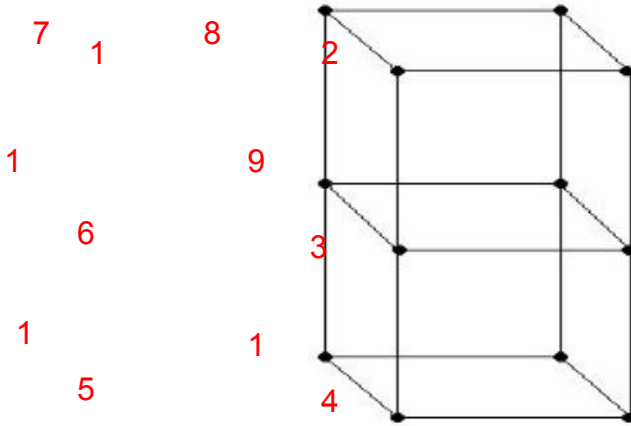
2.2. Kullanılan Materyal ve Cihazlar

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).



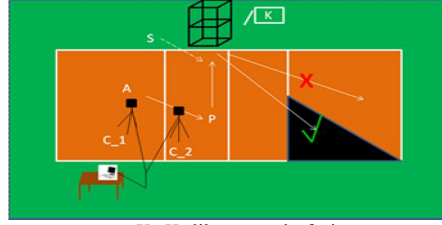
Şekil 2. Kalibrasyon kafesi

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

2.3. 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.

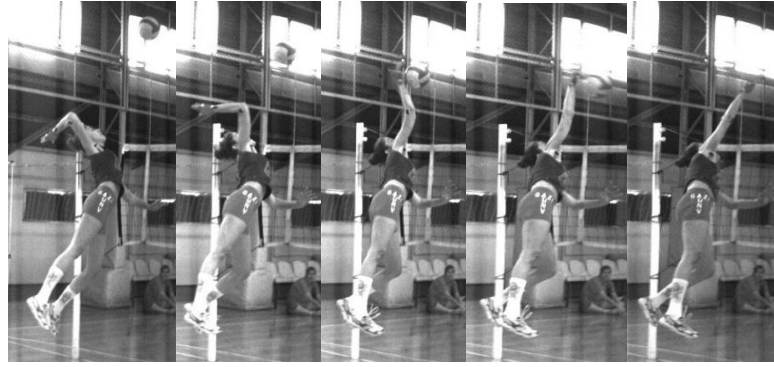
Görüntüleme sırasında deneklerden; voleybol sahasının 4 numaralı bölgesinden bir pasör tarafından atılan yüksek pasa; karşı sahanın 5 numaralı bölgesinde çizgilerle sınırları belirlenmiş alana (4,5m x 6m'lik dik kenarları bulunan 13,5 m²'lik üçgen alan) smaç vurmaları istenmiş ve bu smaçlardan hedefe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



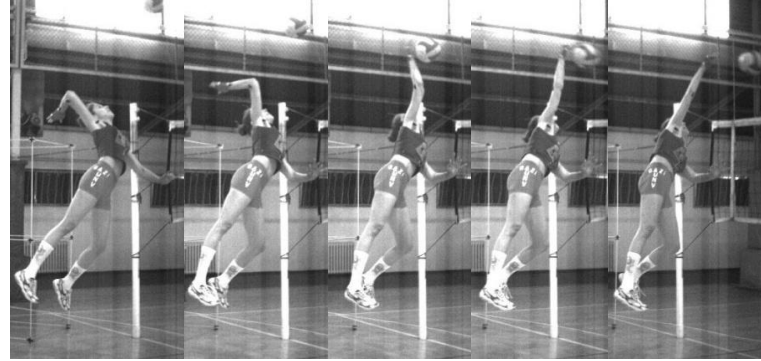
K: Kalibrasyon kafesi S: Smaçör
P: Pasör A: Antrenör
X: Başarısız smaç vuruşu V: Başarılı smaç vuruşu
Hedef bölge

Şekil 3. 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 1-2).

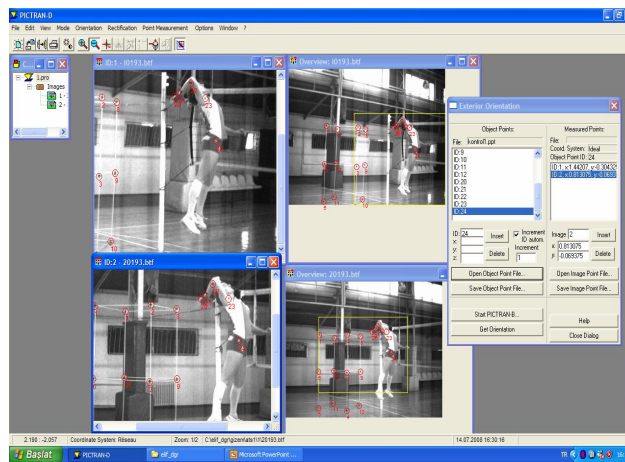
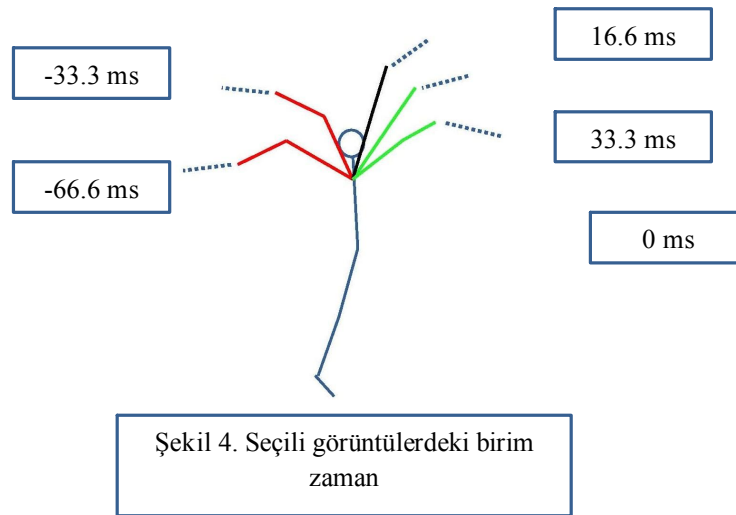


Resim 1. Bir sporcunun smaç vuruşu sırasında kamera 1 görüntüleri



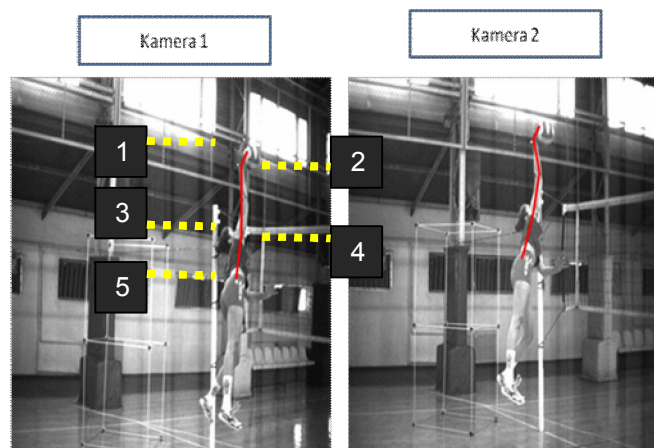
Resim 2. Bir sporcunun smaç vuruşu sırasında kamera 2 görüntüleri

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 4), Pictran (Technet Pictran Release 4 Digital Photogrammetrie, Berlin) yazılımı ile değerlendirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. 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 6).



Şekil 6. 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 eklemler
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 fleksiyonda meydana gelen el bileği eklemi açısı artı(+) olarak değerlendirilmiştir.

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 vuruşu sürecinde dirsek eklemi fleksiyondan ekstansiyona doğru hareket ederken, açısal değerler artı(+) olarak değerlendirilmiştir.

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 vuruşu sürecinde omuz eklemi fleksiyondan ekstansiyona doğru hareket ederken, açısal değerler artı(+) olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın istatistiksel analizi ise seçilen her zaman birimi için, bir deneğin beş başarılı smaç vuruşunda oluşan eklem açıları ortalama ve standart sapmaları ile tüm deneklerin toplam 20 görüntüsü üzerinden analiz edilen eklem açıları değerlerinin ortalama ve standart sapmaları SPSS 10.0 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.SONUÇLAR ve TARTIŞMA

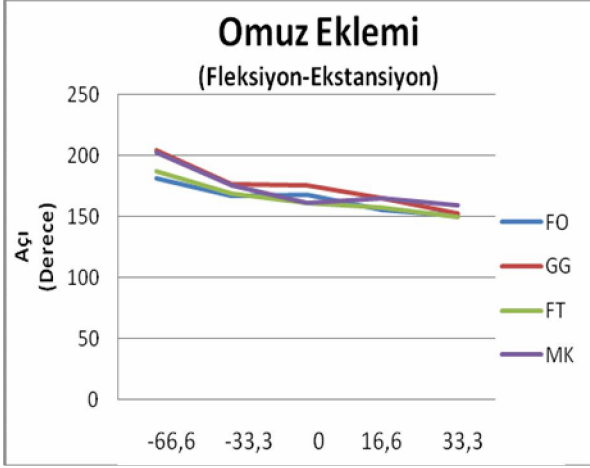
Dört bayan 1. Lig voleybolcusu üzerinde gerçekleştirilen çalışmada; seçili birim zaman görüntülerinden elde edilen omuz, dirsek ve el bileği açılarının ortalama değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz, dirsek ve 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)

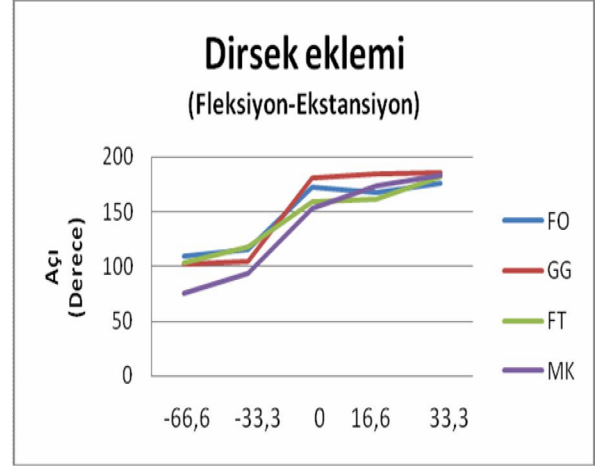
Denek	Omuz, Dirsek ve El Bileği Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri					
		Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
FO	Omuz	181.4° ± 7.1°	166.8° ± 3.6°	168.0° ± 6.6°	155.6° ± 3.9°	151.2° ± 6.9°
	Dirsek	108.8° ± 10.1°	114.4° ± 12.0°	171.4° ± 18.0°	167.4° ± 4.3°	175.4° ± 9.5°
	El Bileği	-30.8° ± 13.0° *	-4.0° ± 5.2° *	-0.2° ± 16.8° *	7.6° ± 28.3° **	-5.4° ± 26.4° *
GG	Omuz	204.8° ± 6.7°	176.4° ± 8.7°	176.0° ± 4.5°	165.6° ± 3.5°	152.8° ± 5.9°
	Dirsek	102.4° ± 13.1°	104.2° ± 8.6°	180.2° ± 5.1°	184.4° ± 3.8°	185.2° ± 6.9°
	El Bileği	-1.0° ± 3.4° *	16.8° ± 2.4° **	5.6° ± 13.8° **	11.6° ± 10.8° **	-4.8° ± 13.9° *
FT	Omuz	187.6° ± 5.0°	169.6° ± 9.7°	161.6° ± 11.3°	157.2° ± 7.5°	149.8° ± 8.2°
	Dirsek	102.8° ± 7.1°	117.2° ± 10.5°	158.6° ± 9.7°	161.6° ± 11.0°	182.2° ± 7.3°
	El Bileği	10.4° ± 6.6° **	26.2° ± 11.7° **	19.2° ± 19.7° **	26.6° ± 20.1° **	13.8° ± 22.5° **
MK	Omuz	202.4° ± 8.2°	175.8° ± 3.7°	162.0° ± 9.0°	165.4° ± 5.6°	159.8° ± 12.5°
	Dirsek	75.0° ± 9.4°	92.6° ± 8.6°	153.0° ± 13.2°	173.6° ± 10.7°	183.0° ± 6.2°
	El Bileği	-4.8° ± 4.5° *	8.8° ± 9.3° **	10.2° ± 18.7° **	12.0° ± 36.4° **	3.2° ± 18.4° **

Tablo 2. 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)

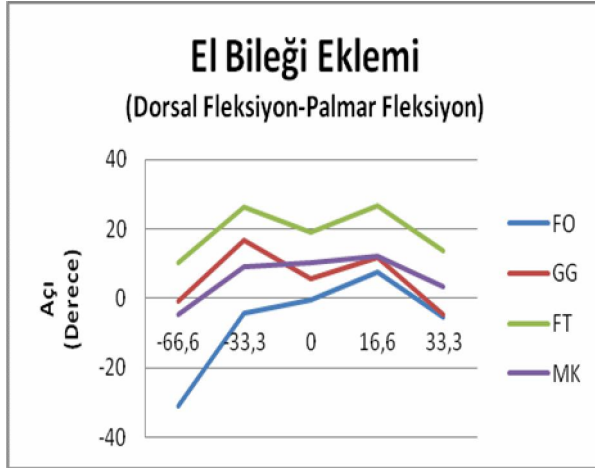
	Omuz, Dirsek, El Bileği Eklemi Açılarının Seçili Birim Zaman Görüntüleri				
	Görüntü 1 -66.6 ms	Görüntü 2 -33.3 ms	Görüntü 3 0 ms	Görüntü 4 16.6 ms	Görüntü 5 33.3 ms
Omuz eklemi açısı (α°)	194.5° ± 11.4°	172.1° ± 7.7°	167.2° ± 9.7°	161.3° ± 6.7°	153.5° ± 8.9°
Dirsek eklemi açısı (α°)	97.2° ± 16.3°	107.1°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



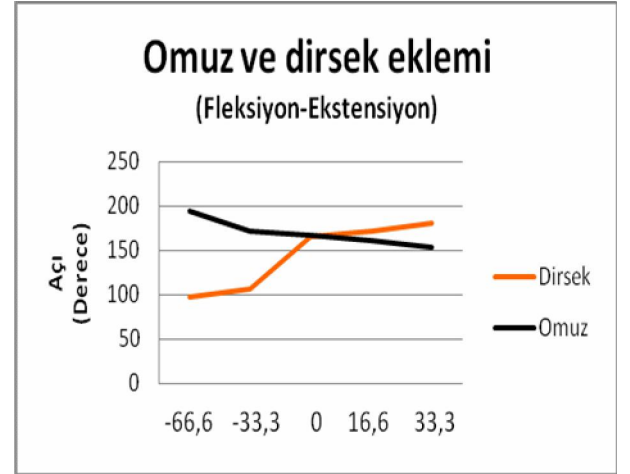
Grafik 1: Deneklerin smaç vuruşu sürecindeki omuz eklemi açıları (n=4, Analiz edilen görüntü sayısı= 5, FO: Denek 1, GG: Denek 2, FT: Denek 3, MK: Denek 4)



Grafik 1: 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)



Grafik 1: 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)



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)

Yapılan bu araştırma sonucunda, omuz eklemi açısı ortalama değerlerinin vuruş öncesinden, vuruş anı ve sonrasına kadar geçen sürede giderek azaldığı, dirsek eklemi ise topa maksimum yükseklikte bir vuruş sağlaması için bu zaman dilimi içinde giderek artan bir açı izlediği tespit edilmiştir. El bileği eklemi 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 yakalamanın verdiği avantajla, sadece nicel değil nitel analiz de yapılabilmektedir. Buradan hareketle bu çalışmada deneklerin benzer üst ekstremitte açılarındaki smaç vuruşu gerçekleştirdiği tespit edilse de; farklı vücut pozisyonlarında topla buluşukları, analiz edilen görüntülerden çok net bir şekilde görülmektedir.

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

KAYNAKLAR

İnal, HS. 2004, *Spor biyomekaniği temel prensipler*. 1. Basım. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

- Knudson, D., 2007. *Fundamentals of biomechanics*. 2nd ed. Newyork: Springer.
- Medved, V., 2001. *Measurement of human locomotion*. 1st ed. Florida: CRC Press LLC.
- Allyn, DA., 1994. *The kinetics and kinematics of landing from two “quick” attack techniques in volleyball*. Ph D. Minnesota, University of Minnesota.
- Aura, O., Vitasolo, J., 1989. Biomechanical characteristics of jumping. *International Journal Of Sport Biomechanics*. 5:89-98.
- Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V., Papaikovou, G., 2004. Biomechanical differences in elite beach volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports Biomechanics*. 3(1): 145-158.
- Hsiesh, CT., 2006. Biomechanical and pedagogical analysis of the volleyball spike jump. Ph D. Greeley: University of Northern Colorado.
- Stephens, MT., Lawson, BR., DeVoe, DE., Reiser, FR., 2007. Gender and bilateral differences in single leg countermovement jump performance with comparison to a double leg jump. *Journal of Applied Biomechanics*. 23: 190-202.
- Weston, J., 1992. *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.
- Lobietti, R., Fantozzi, S., Stagni, R., Merni, F., 2006. Kinematics analysis of landing from volleyball spike followed by block: A pilot study. *Gait & Posture*. 24(1): 47-48.
- Christopher, GA., 2001. *Shoulder biomechanics in volleyball spiking: implications*. M Sc. Provo UT: Brigham Young University.
- Chung, CS., 1988. Three-dimensional analysis of the shoulder and elbow joints during the volleyball spike. Indiana: Indiana University.
- Fantozzi, S., Lobietti, R., Stagni, R., Merni, F., 2006. A new protocol for kinematic analysis of two volleyball players simultaneously during spike and block using stereophotogrammetry. *Journal of Biomechanics*. 39(1): 561.
- Lee, Brian KK., 1993. *A cinematographical study of the effects of the kinematic link principle on performance*. Ph D. Texas: Texas A&M University.
- Masumara, M., Marquez, WQ., Koyama, H., Michiyoshi, AE., 2007. A biomechanical analysis of serve motion for elite male volleyball players in official games. *Journal of Biomechanics*. 40(2): 744.
- Linnell, W., Wu, T., Baudin, P., Gervais, P., 2007. Analysis of the volleyball spike using working model 2D. *Journal of Biomechanics*. 40(2): 760.
- Newell, RF., Lauder, MA., 2005. Three dimensional kinematic analysis of the front court volleyball spike of female volleyball players. *Journal Of Sports Sciences*. 23: 93-223.
- Tiryaki, Ş., 2006. *Voleybol antrenmanı üst düzey koç ve takımlar için el kitabı-I*. 1. Baskı. İstanbul: Çağrı Baskı.