

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GENÇ KADIN HALTERCİLERDE KOPARMA TEKNİĞİNİN
BİYOMEKANİK ANALİZİ**

Sezgin KORKMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

Danışman

Yrd.Doç.Dr. Erbil HARBİLİ

KONYA-2011

S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Sezgin KORKMAZ tarafından savunulan bu çalışma, jürimiz tarafından Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr. Şükrü Serdar BALCI
Selçuk Üniversitesi -BESYO

İmza

Danışman:

Yrd.Doç.Dr. Erbil HARBİLİ
Selçuk Üniversitesi-BESYO

İmza

Üye:

Yrd.Doç.Dr.Serkan REVAN
Selçuk Üniversitesi- BESYO

İmza

ONAY:

Bu tez, Selçuk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmenliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Tevfik TEKELİ
Enstitü Müdürü

iii. ÖNSÖZ

Uluslararası yarışmaların hazırlık döneminde olmasına rağmen çalışmaya gönüllü olarak katılan ve büyük özveri gösteren Türkiye halter milli takımı sporcuları ve antrenörlerine, lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince maddi ve manevi desteğini benden hiçbir şekilde esirgemeyen kardeşim Aslı Korkmaz'a, sabırlarından ve hiç tükenmeyen ilgi ve desteklerinden dolayı ev arkadaşlarım Emre Dönmez ve Ensar Köktaş'a ve daima desteklerini hissettiğim, bu günlere gelmemi sağlayan çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Halterin Tarihçesi	3
1.2. Halterde Genel Kurallar.....	3
1.3. Olimpik Halter	4
1.3.1. Kategoriler	4
1.3.2. Koparma Tekniği	5
1.3.3. Silkme Tekniği.....	6
1.3.4. Kadınların Halter Branşına Katılımı	7
1.4. Halterde Koparma Tekniğinin Biyomekaniği	7
1.4.1. Biyomekaniğin Tanımı	7
1.4.2. Spor Biyomekaniğinin Tanımı.....	8
1.4.3. Uygulamalı Biyomekanik	8
1.4.4. Statik	9
1.4.5. Dinamik.....	9
1.4.6. Kinetik.....	10
1.4.7. Kinematik.....	10
1.4.8. Koparma Tekniğinin Biyomekanik Analizi.....	14
2. GEREÇ VE YÖNTEM	17
2.1. Gereç.....	17
2.1.1. Hareket Analizi Sistemi	17
2.1.2. Kameralar.....	17
2.1.3. Kalibrasyon Kafesi.....	18
2.2. Yöntem	19
2.2.1. Verilerin Toplanması	19
2.3. Verilerin Analizi	21
2.3.1. Koparma Tekniğinde Evrelerin Belirlenmesi	21
2.3.2. Evrelere göre İşin ve Güç Çıktısının Hesaplanması	22
3. BULGULAR	23

4. TARTIŞMA	27
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	33
6. ÖZET.....	34
7. SUMMARY	35
8. KAYNAKLAR	36
9. EKLER	39
10. ÖZGEÇMİŞ.....	40

v. SİMGELER VE KISALTMALAR

IWF	Uluslararası Halter Federasyonu
F	Kuvvet (N)
m	Kütle (kg)
a	Açısal İvme (rad/s ²)
d	Uzaklık (m)
t	Zaman (s)
v	Hız (m/s)
r	Yer değiştirme
ME	Mekanik Enerji
PE	Potansiyel Enerji
KE	Kinetik Enerji
g	Yer çekimi ivmesi (m/s ²)
h	Yükseklik (m)
P	Güç (W)

1. GİRİŞ

Koparma hareketi olimpik halterde en teknik yarışmalardan biridir (Gourgoulis ve ark 2009). Koparma hareketinde, teknikle birlikte patlayıcı kuvvet ve esneklik performansa katkı sağlayan en önemli öğelerdir (Enoka 1979, Gourgoulis ve ark 2000). Bu yüzden koparma tekniği, tabiatı gereği çok faktörlü bir olaydır (Stone ve ark 1998).

Koparma kaldırışında bar sürekli tek bir hareketle baş üzerine kaldırılır ve bar tam skuat pozisyonunda yakalanarak ayağa kalkılır (Garhammer 1989). Koparma tekniği altı temel evreye ayrılabilir; (a) birinci çekiş evresi, (b) geçiş evresi, (c) ikinci çekiş evresi, (d) bar altına giriş evresi, (e) barın yakalanması, (f) ayağa kalkış evresi. Bu teknikte en zor bölüm, barın yerden ayrılarak haltercinin başı üzerinde yakalandığı ana kadar olan ilk beş evredir (Burdett 1982, Baumann ve ark 1988, Gourgoulis ve ark 2004). Koparma tekniğinin çok faktörlü doğasını daha iyi anlama konusunda haltercilere ve antrenörlere yardımcı olmak için çok sayıda biyomekanik değişken incelenmiştir (Enoka 1979, Hoover ve ark 2006, Gourgoulis ve ark 2004). Olimpik halterde çekiş sırasında yer reaksiyon kuvveti, ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açılma hareketi, barın yörüngesi ve bar üzerinde yapılan iş, güç ve enerji hesaplamaları incelenen biyomekanik değişkenler içerisinde yer almıştır (Enoka 1979, Garhammer 1980, Garhammer 1982, Isaka ve ark 1996, Gourgoulis ve ark 2002, Schilling ve ark 2002, Souza ve ark 2002, Hoover ve ark 2006). Bu çalışmalarda yaşın, yeteneğin, antrenman geçmişine bağlı beceri düzeyinin ve cinsiyetin koparma performansı üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Kadın halterciler ile erkek halterciler arasındaki farklılıklara bakıldığında, kadın haltercilerde erkek haltercilere göre daha düşük güç değerleri görülmüş (Garhammer 1991), kadın haltercilerin geçiş evresinde dizlerini erkeklerden daha yavaş ve daha az büküğü, barın baş üzerine dönüşü ve yakalama evresinde kadın haltercilerin bar altına daha yavaş girdikleri ve erkeklerde dikey eksen boyunca bar üzerinde yapılan mekanik işin birinci çekişte ikinci çekişten daha yüksek olduğu, tersine kadınlarda benzer olduğu belirlenmiştir (Gourgoulis ve ark 2002). Araştırmacılar, bu mekanik farklılıkları kısmen kadınların haltere erkeklerden daha sonra katılımcı olmasına bağlamıştır. Yetişkin haltercilerle genç halterciler arasındaki temel farklılık yetişkin

haltercilerde gücün baskın bir oranda daha yüksek ve teknik açıdan daha üst seviyede olmasıdır (Gourgoulis ve ark 2004). Hoover ve ark (2006)'ı tarafından yapılan benzer bir çalışmada ulusal şampiyonaya katılan 69 kg kategorisinde tüm kadın haltercilerin koparma kaldırışlarının biyomekanik analizleri sonucunda erkek haltercilere göre barın düşüş mesafesinin arttığı ve düşüş zamanının uzadığı, bununla birlikte elit erkek haltercilere göre barın dikey hızının daha az olduğu bulunmuştur.

Koparma tekniğinde cinsiyetler arası kinematik farklılıkları gösteren çok sayıda çalışma bulunmamaktadır. Kadın haltercilerde koparma performansını inceleyen çalışma sayısı (Garhammer 1991, Hoover ve ark 2006), erkek halterciler için yapılan çalışma sayısına kıyasla daha azdır (Enoka 1979, Burdett 1982, Gourgoulis ve ark 2000). Literatürde, özellikle genç kadın haltercilerde koparma performansını inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, genç kadın haltercilerde koparma tekniğinin üç boyutlu kinematiğini incelemek ve tekniğin evreleri arasındaki kinematik farklılıkları göstermektir.

Araştırmanın problemi

Literatürde yetişkin kadın haltercilerde koparma performansının kinematiklerini değerlendiren çalışma sayısı oldukça azdır. Özellikle genç kadın haltercilerde bu konuda yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle genç kadın haltercilerin koparma kaldırışında beceri düzeyini belirleyerek yetişkin haltercilerin beceri düzeyi ile karşılaştırmak ve literatüre bilgi desteği sağlamak araştırmanın problemini oluşturmuştur.

Araştırmanın hipotezi

Koparma performansı genç kadın haltercilerde antrenman yaşının az olması ve tecrübe eksikliğine bağlı olarak yetişkin kadın haltercilerden belirgin farklılıklar gösterecektir.

1.1. Halterin Tarihçesi

Halter sporu; iki ucuna ağırlık takılmış, çelik bir barın kaldırılması esasına dayanır. Günümüzde halter popüler bir spor dalıdır. Yarışmalara katılan çok sayıda sporcunun yanında birçok kişi de sağlık ve vücut güzelliği için bu sporla uğraşmaktadır. Kuvvet çalışması amacıyla yapılan halter kaldırma aktivitesi, diğer sporcuların hazırlık antrenmanlarında da önemli bir yer tutmaktadır. Halter sporuna benzer aktivitelerin geçmişi tarih öncesi dönemlere kadar uzanmaktadır. Eski çağ tarihçileri, bu dönemlerde erkek çocuklar için yapılan “Erginlik Sınavı” adı verilen sınavı geçen gençlerin belli bir ağırlığa sahip özel bir taşı kaldırdıklarında, evlilik yapmaya hak kazandıklarını belirtmektedirler (İnce 2010).

Birçok modern spor dalının doğduğu 19. yüzyılın ikinci yarısında halter, bir spor dalı olma yoluna tam anlamıyla girmiştir. 1894 yılında Wilhelm Turk adındaki bir Avusturya’lının Viyana’da ilk halter okulunu açmış olması da bu spora gösterilen büyük merak ve ilginin sonucuydu (Atabeyoğlu 1994).

1896 yılında yapılan ilk Avrupa şampiyonası yukarıdaki ifadeyi desteklemektedir. Aynı yıl halter sporu, Atina’daki ilk modern olimpiyat oyunlarında yer almıştır. İlk dünya halter şampiyonası da 1898 yılında Viyana’da yapılmıştır (Akkuş 1994).

1.2. Halterde Genel Kurallar

- Barı kavırken başparmağın avuç içine alınarak tutuşuna izin verilir (Kilitli tutuş)
- Bütün kaldırışlarda bar, diz üstü seviyeye çekildiği halde, harekete devam edilmezse hareket geçersiz olur. Hakemin indir işaretini alan sporcunun, barı öne ve bel seviyesine kadar takip ederek yere indirmesi gerekir.
- Bir sporcunun, kolları anatomik olarak tam gerilmiyorsa bu durum üç hakeme ve jüriye gösterilmelidir.
- Uyluklar üzerine barı kaydıran herhangi bir şey sürülemez.

- Ellerin kaymaması için magnezyum, ayakların kaymaması için ayakkabı altına reçine sürülebilir (Yazıcı 1997).

1.3. Olimpik Halter

Halter, Olimpiyat Oyunları'nda yer aldığı günden beri Olimpik halter olarak isimlendirilir (Garhammer ve Takano 1992). Koparma ve silkme Olimpik halterin iki kategorisidir (Burdett 1982).

1.3.1. Kategoriler

Halterde bayan ve erkekler vücut ağırlıklarına göre kurallarda belirtilen kategorilerde yarışmalara katılırlar. IWF (Uluslararası Halter Federasyonu) yarışmalarda üç yaş grubunu tanıır (Erişim 1).

1) Yıldızlar : 17 yaş altı

2) Gençler : 20 yaş altı

3) Büyükler : 20 yaş üzeri

Genç-büyük erkekler ve bayanlar

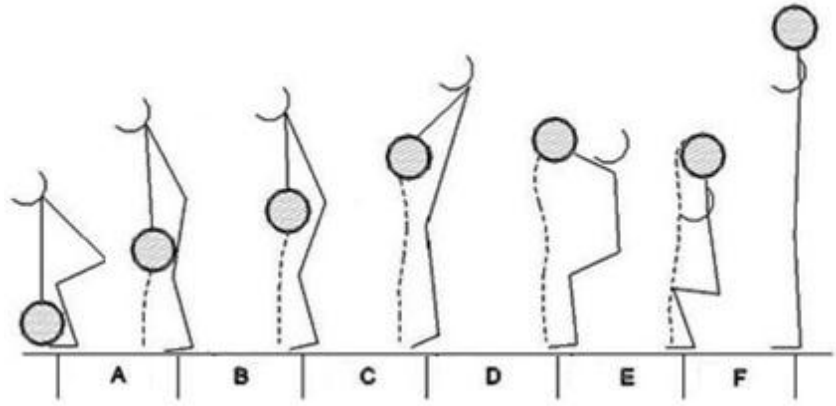
Genç erkekler ve büyük erkekler için sekiz kategori, genç bayanlar için yedi kategori vardır. IWF kuralları altında organize edilen tüm yarışmalarda aşağıdaki kategorilerin olması zorunludur (Erişim 1).

Çizelge 1.1. Olimpik halterde kategoriler

Genç erkekler ve büyük erkekler (kg)	Genç bayanlar ve büyük bayanlar (kg)
56	48
62	53
69	58
77	63
85	69
94	75
105	+75
+105	

1.3.2. Koparma Tekniği

Koparma tekniği; bar kollarla yakalandıktan sonra s¼rekli tek bir hareketle baş ¼zerine kaldırılmasıdır. Sporcu barı baş ¼st¼nde tam skuat pozisyonunda yakalar ve hakem indir sinyali verene kadar barla beraber kalkmaya devam eder (Garhammer ve Takano 1992). Koparmada bar baş ¼st¼ne gelene kadar 6 evre vardır. Şekil 1.1 bu evreleri g¼stermektedir. Bunlar: (a) birinci ¼ekiř evresi, (b) ge¼iř evresi, (c) ikinci ¼ekiř evresi, (d) bar altına giriş evresi, (e) barın yakalanması, (f) ayağa kalkış evresi (Schilling ve ark 2002).



Şekil 1.1. Koparma tekniğinin evreleri

Koparma tekniğinde barı kaldırabilmek i¼in v¼cut, bařlangı¼ pozisyonunu aldıktan sonra aşağıda belirtilen evreler ger¼ekleřtirilir.

(a) Birinci ¼ekiř evresi: Barın yerden ayrılışından maksimum diz ekstensiyonuna kadar.

(b) Ge¼iř evresi: Maksimum diz ekstensiyonundan maksimum diz fleksiyonuna kadar.

(c) İkinci ¼ekiř evresi: 1. maksimum diz fleksiyonundan 2. maksimum diz ekstensiyonuna kadar.

(d) Bar altına giriş evresi (BAG): 2. maksimum diz ekstensiyonundan barın maksimum y¼ksekliliđine kadar.

(e) Barı yakalama evresi (BY): Barın maksimum yüksekliğinden tam skuat pozisyonunda sabitlenmesine kadar.

(f) Ayağa kalkış evresi (AK): Tam skuat pozisyonundan yükselerek barın hareketsiz baş üzerinde kollar gergin tutulmasına kadar (Harbili 2006).

1.3.3. Silkme Tekniği

Omuzlama ve atış olarak iki bölümden oluşan klasik bir harekettir (Öztürk 1992). Halterci ayaklarını birbirine paralel ve üstten bakıldığında ayak uçlarını barın önünde görecektir şekilde, barın altına yerleştirir. Omuzlar, barın üzerine ve biraz öne doğru, sırt düz bir pozisyonda, dizlerden bükülerek çömelik duruma gelen sporcu, barı omuz genişliği kadar veya kendisine uygun bir açıklıkta kavrar. Bacakların ve vücudun doğrulmasını takiben, dirseklerin öne doğru çevrilmesiyle bar, omuzların üzerinde bloke edilir. Ayağa kalkılarak atış için uygun bir pozisyona girilir (Omuzlama aşaması).

Dizlerden ani bir esnetme ile bara uygulanan şiddet sonucu, yukarı doğru hareket kazanan barın altına bacaklar makas pozisyonuna getirilerek girilir. Kollarında gerilmesiyle, bar baş üzerinde kol uzunluğu kadar bir mesafede bloke edilir. Bacakların doğrulmasıyla ayaklar yan yana getirilerek, sabit bir duruşla hareket bitirilir (Atış) (Yazıcı 1997).

Silkme kaldırışı şu 9 evreden oluşur.

Omuzlamanın kaldırış aşamaları;

- (a) Başlangıç,
- (b) Çekiş,
- (c) Omuzlama (barın altına giriş),
- (d) Kalkış,
- (e) Atış için başlangıç.

Atışın aşamaları;

- (f) Çöküş ve atış,
- (g) Makas (Barın altına giriş),

- (h) Makastan toparlanma,
- (i) Baş üzerinde barı sabitleme (Garhammer 1980).

1.3.4. Kadınların Halter Branşına Katılımı

Kadınlarda halter sporu 2000 yılından itibaren olimpik düzeyde yapılmaktadır. Kadın halterciler ilk olarak 2000 yılında Avustralya'da Sydney Oyunlarında Olimpik kategoride yarışmışlardır. Kadınların haltere olan ilgisi son yıllarda oldukça artış göstermiştir. Erkekler gibi kadın haltercilerde de rekabet o dönemden günümüze koparma ve silkme olmak üzere iki kategoriden oluşur (Hoover ve ark 2006).

1.4. Halterde Koparma Tekniğinin Biyomekaniği

Halterde koparma tekniğinin biyomekaniği ile ilgili bilgi vermeden önce biyomekanik ve spor biyomekaniğinin tanımı, kapsadığı alanlar ve ilgilendiği konularla ilgili genel bilgiler bu bölümde sunulmuştur.

1.4.1. Biyomekaniğin Tanımı

Kinesiyoloji; insan hareketlerini araştıran bir bilimdir ve biyomekanik kinesiyolojinin birçok akademik alt dalından biridir. Biyomekanik tam olarak insan hareketleri ve insan hareketlerinin nedenleri üzerine çalışmayı kapsar. Mekanik fiziğin bir dalıdır. Hareketin tanımı ve kuvvetin nasıl hareket yarattığı ile ilgilidir. Kuvvetin eylemi, büyüme ve gelişmenin sağlıklı olması için ya da aşırı yüklü dokuların sakatlığa yol açmaması için yaşayan varlıklarda hareket yaratır. Biyomekanik, canlı varlıkların nasıl hareket ettiğini kavramsal ve matematiksel araçlar kullanarak, kinesiyoloji ise hareketin nasıl yapıldığını ve geliştirebileceğini açıklar (Knudson 2003).

Hareket araştırmalarına yönelik metotlara bağlı problemlerin çözümü biyomekanik analizlerle mümkündür. Sportif hareketlerin biyomekaniksel açıklanması belirli temel şartlara bağlıdır. Burada mekanik kanunlar kadar başlangıç şartları ve oluşum da (belirleme) önem arz etmektedir (Çetin 1997).

İnsan hareketlerinin biyomekaniği; bu hareketleri tanımlayan, analiz eden ve değerlendiren bir bilim dalı olarak tanımlanabilir. Fiziksel hareketlerin çeşitliliği bir yürüme engellinin yürüyüş şeklinden, elit seviyedeki bir sporcunun performansına kadar kapsar (Winter 2005).

İnsanın hareket performansı birçok yolla arttırılabilir. Etkili hareket, birçok anatomik faktörler gerektirir; sinir kas becerisi, fiziksel kapasite ve psikolojik yeterlilik gibi. Birçok kinesiyojoloji uzmanı yeni teknikler önererek ve eğitimini vererek performansın arttırılmasına imkân sağlamıştır. Biyomekanik, fiziksel ve psikolojik kapasiteden ziyade tekniğin hâkim olduğu spor ve aktivitelerde performansın arttırılması açısından daha yararlıdır. Biyomekanik, hareket tekniğinin bilimi olduğundan beri kinesiyojoloji uzmanlarının insan hareketini kaliteli analiz edebilmeleri için en önemli katkıda bulunan yardımcıları olmuştur (Knudson 2003).

1.4.2. Spor Biyomekaniğinin Tanımı

Spor biyomekaniği insan hareketinin mekanik şartlarını ve sportif hareketlerini araştırmakta, hareketin özellikleri ve hareket halindeki vücutsal oluşumları ve değişimleri ölçmektedir (Yeadon and Challis 1992). Niceliklerin yazılımı, birbiri ile kıyaslanması, farklılıklar, bağılıklar ve eşitlikler tespit edilmektedir. Uygulamada amaçlanana uygun modellendirilmiş mekanik kanunlar, daha iyi şartlara emniyet içerisinde taşınabilen sportif performansı yükseltme amacını taşır (Çetin 1997).

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

1.4.3. Uygulamalı Biyomekanik

Uygulamalı biyomekanik, mekanik sistemlerin hem dizaynı hem de analizi ile ilgilidir. Uygulamalı biyomekanik, katı cisim mekaniği, şekil değiştirilebilir cisim mekaniği ve akışkanlar mekaniği olarak üç ana alt başlıkta incelenir (Özkaya ve Nordin 1999). Genelde malzemeler ya katı olarak ya da akışkan olarak kategorize edilirler. İçinde boşluk olmayan malzemeler katı ya da şekil değiştirebilir olabilir.

Katı cisimler şekil değiştirmeyen cisimlerdir (Özkaya ve Nordin 1999). Özellikle hareket analizinin kullanıldığı biyomekanik çalışmalarda katı cisim mekaniği yaklaşımı kullanılır. Bu yaklaşımda, hareket eden vücut üyelerinin katı olduğu veya şekil değiştirmenin ihmal edilebilir olduğu kabul edilir. Nigg ve Herzog (1999)'a göre katı cisim, bir kuvvetin etkisi altında şekil değiştirmedeği varsayılan ve uzayda sonlu hacmi dolduran cisimlerdir. Katı cisim yaklaşımında, birçok küçük kütle parçacıklarından oluşan cismin herhangi iki parçacığı arasındaki mesafenin değişmediği varsayılır. Katı cisim kavramı tüm vücudun hareketine göre cismin şekil değiştirmesinin önemsiz olduğu durumlarda geçerli olabilir. Katı cisim mekaniği iki temel alt başlıkta incelenir. Bunlar, statik ve dinamiktir.

1.4.4. Statik

Newton'un ikinci yasasına göre, bir cisim üzerine etkiyen net moment veya net kuvvet sıfır değilse, cisim doğrusal veya açısal ivmeye sahip olacaktır. Eğer net kuvvet ve net moment sıfırsa cismin ivmesi sıfır olur ve sonuçta, cismin hızı ya sabit ya da sıfır olur. İvme sıfır olduğunda cismin dengede olduğu söylenebilir. Ayrıca cismin hızı sıfırsa cisim dengededir veya hareketsizdir (Özkaya ve Nordin 1999).

1.4.5. Dinamik

İnsan vücudunun hareketlerini incelemek için dinamiğin kuralları bilinmelidir. Dinamik, hareket bilimidir. Ayrıca bu bilim kinematiği (hareketin karakteristik çalışması) ve kinetiği (hareketi etkileyen kuvvetler bilimi) birçok alt bölümlere ayrılmıştır. Kinematik izim ivme, hız ve yer değiştirmenin karakteristik hareketiyle ilgili tanım yapılmasına imkân verir. Örnek olarak: vücut kütlelerinin merkezinin pozisyonundaki değişikliklerle alakalı yürüyüş modelinin analizi, çeşitli parçaların hareketlerinin oranı ve onların hareketlerinin hızı ve yönüdür. Kinematik, hareketlerdeki değişikliği inceler, bir başka deyişle, harekete neden olan kuvvetle alakalı değildir. Bu konular kinetiğin alanıdır. Yerçekimi, sürtünme, su ve hava direnci, kasların kasılması ve elastik öğeler vücudun hareketini etkileyen kuvvetlere örnektir. Hareketin özelliklerini gözlemleyerek ya da Newton'un hareket yasasından yola çıkarak, var olan kuvvetin özellikleri daha net belirlenebilir. Dinamik, beden eğitimi ve tıp alanlarında çok önemli bir bilimdir. Biyomekanik araştırmalar, yürüyüş

unsurlarının analizinde, çeşitli becerilerdeki kas işlevlerinin analizinde, hareket eden bir vücuda hava ve su direncinin etkisi ve spor yaralanmalarındaki araştırmalarda, başlıca rolü oynar (LeVeau 1991).

1.4.6. Kinetik

Harekete neden olan kuvvetler genel olarak kinetiklerdir. İç ve dış kuvvetleri içerir. İç kuvvetler, kas hareketlerini sağlar veya kas içi eklemdeki sürtünmelerden gelir. Dış kuvvetler, yerden veya dış yükten kaynaklanır. Aktif vücutlarda örneğin futbolda kuvvetin savunmacı tarafından kullanılması, pasif vücutlarda ise rüzgâra karşı direnmedir. Kinetiğin kapsamlı türlerde analizi yapılabilir. Kaslar tarafından üretilen kuvvetin hareketleri kesişme noktaları oluşturur, mekanik güç bu aynı kaslara ya da aynı kaslardan akar ve bu güç akışının sonucu olan vücudun enerji değişimleri kinetiğin göz önüne aldığı bölümlerdir (Winter 2005).

1.4.7. Kinematik

Kinematik değişkenler hareketi, harekete yol açan bağımsız kuvvetleri tanımlamayı gerektirmiştir. Bunlar; çizgisel ve açısal yer değiştirmeler, hızlar ve ivmeleri içerir. Yer değiştirme verileri herhangi bir anatomik işaretten alınır. Vücut bölümünün ağırlık merkezi, eklemlerin rotasyon merkezleri, kol ve bacakların en uç noktası, veya öne çıkan anatomik kilit noktalar gibi. Uzaysal örnek sistem yakın veya mutlak olabilir. Biçimlendirici parçadan parçaya değişen anatomik koordinat sistemine ait olan koordinatlara ihtiyaç duyar. Mutlak sistemin anlamı koordinatların dış uzaysal örnek sistem olarak adlandırılmasıdır. Açısal verilere benzer uygulamalardır. Yakın açıların anlamı eklem açılarıdır; mutlak açıları dış uzaysal örnek olarak adlandırılır. Örneğin; iki boyutlu (2D) sistemde yatay düzlem sağa doğru sıfır derecedir ve pozitif açısal yer değiştirme saat yönünün tersinedir (Winter 2005).

Temel kinematikte iki boyut temelinde bir düzlemi ifade eder. Bütün kinematik yer değiştirmeler ve dönüşsel değişkenler vektörlerdir. Bunlar her nasılsa verilen herhangi bir yön veya dönüşlerde, sayısal sinyalleri, yöntemi ve analizini göz önünde bulundurur. Üç boyutlu analizde ise farklı bir vektör yönü eklenir ve analiz

için üç düzlem oluşur. Üç boyutlu analizde bütün parçaların kendilerine ait eksen sistemleri vardır, böylece üç boyuta uyum sağlamaları bir düzlemin bir parçası kendine yakın olan parçalarla aynı olmak zorunda kalmayacaktır (Winter 2005).

Doğrusal kinematik

Açısal kinematik, dönüşümsel kinematik ya da açısal hareketle alakalı olduğu gibi, doğrusal kinematik de çevrimsel kinematik ya da açısal kinematikle alakalıdır. Mesafe ve yer değiştirme genellikle, vücut hareketlerinin miktarını ve kapsamını açıklamak için kullanılır (Hay 1978). Kinematik bir geometri, kalıp ve zamana uyumlu devinim, hareket incelemesidir. Hareketten ortaya çıkan inceleyen kinematik, hareketle birleşen güç, kuvvet ve etkiyi inceleyen kinetikten ayrıdır ve farklılık gösterir. Doğrusal kinematik, biçim, form, model, düzen ve sırayı bununla beraber eşzamanlılığı içerir. Dikkatli kinematik performans analizi klinikçiler, sosyal aktivite eğitmenleri ve antrenörler için benzersiz ve çok değerlidir. Kinematik mesafeler hem nitel hem nicel analiz formlarına sahiptir. İnsan kinematiği üzerindeki pek çok biyomekanik çalışmalar farklı konular üzerinde yapılmıştır. Kinematik sonuçlar, küçük çocukların objelere ulaşmak için koordinasyon gidişatlarını kullanmaya 12-15 aylıkken, yetişkinliğe eğilimli ulaşmalarının ise iki yılda vuku bulunduğunu gösteriyor (Hall 2003).

Uzaklık (Mesafe) ve yer değiştirme

Uzaklık (mesafe) ve yer değiştirme birimleri uzunluk birimleridir. Metrik sisteminde çoğunlukla kullanılan uzaklık ve yer değiştirmedir. Birimi metredir (m). 1 kilometre (km) 1000 m, 1 santimetre (cm) 1/100 m. ve 1 milimetre (mm) 1/1000 m' dir. İngiliz sisteminde genel uzunluk birimleri inçtir. Ayak 0,30 m , yarda 0,91 m ve mil 1,61 m' dir.

Uzaklık ve yer değiştirme farklı değerlendirilir. Uzaklık hareketin yoluyla birlikte ölçülür. Bir koşucu pistin etrafında 1,5 tur tamamladığında koşucunun kat ettiği mesafe 600 m' ye (400+200) eşittir. Yer değiştirmenin büyüklüğü ve uzaklık kat edişi hemen hemen aynıdır. Bir kayakçı yoldan aşağıya ağaçlıklara doğru kayarken her ikisi de eşittir (Hall 2003).

Hız ve sürat

Uzaklık (mesafe) ve yer değiştirmeyle kıyaslanabilir olan iki nicel olgu hız ve sürattir. Bu iki terim konuşma dilimizde sıklıkla eş anlamlı olarak kullanılır ama mekanikte kesin olarak farklı anlam taşır.

Sürat (s), uzaklığın (d) zaman periyoduna (t) oranıdır. Skaler büyüklüktür. Hız ile arasındaki farklılık yön bilgisi içermez.

$$s = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Formül 1.1})$$

Hız (\vec{v}) pozisyona ya da yer değiştirme (\vec{r}) ve zaman periyoduna (t) göre meydana gelir. Vektörel bir büyüklüktür. Yer değiştirme vektörel büyüklüktür ve üzerine ok simgesi konularak gösterilir. Yunan alfabesinde bir harf olan delta (Δ) genellikle değişimi belirtmek için matematiksel ifade de kısaltma olarak kullanılır.

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Formül 1.2})$$

Eğer vücudun hareketi pozitifse hız da pozitif durumdadır. Eğer yön negatifse, hız da negatif bir niceliğe sahiptir. Vücudun hız değişimi süratinin değişimini, hareket yönünü ya da her ikisini de gösterir (Hall 2003).

İvmelenme

Doğrusal ivme hızın zamana bağlı olarak değişimidir. Bir başka deyişle birim zamanda hızda meydana gelen değişim ivmelenmeyi ifade eder. İvme hızın değişim oranıdır.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Formül 1.3})$$

Genel kullanımda ivme terimi hızın artması veya hızın artış oranı olarak kullanılır. Eğer v_2 , v_1 den daha büyükse, ivme pozitifdir ve hareket halindeki vücudun zaman periyoduna bağlı olarak hızı artar. Bunun yanı sıra ivme negatif değer olarak varsayılabilir. Harekette negatif ivme, hareket halinde vücudun hızının düştüğünü gösterir. Örneğin bir koşucu bitiş çizgisine doğru koşarken bitişe yaklaştığında ivme negatifdir (Hall 2003).

Açısal kinematik

İnsan hareketini inceleyenler için açısal kinematiği anlamak çok önemlidir. Çünkü istem içi insan hareketleri bir veya birden fazla boğumlu olan eklem parçaları sayesinde oluşur. Tüm yürüyüş boyunca vücudun çevriminde rotasyonel hareketlerden meydana gelen avantaj kalça, diz ve ayak bileklerinde meydana gelir. Enine, çaprazlama bir hayali dönüşümün çevresinde oluşur (Hall 2003).

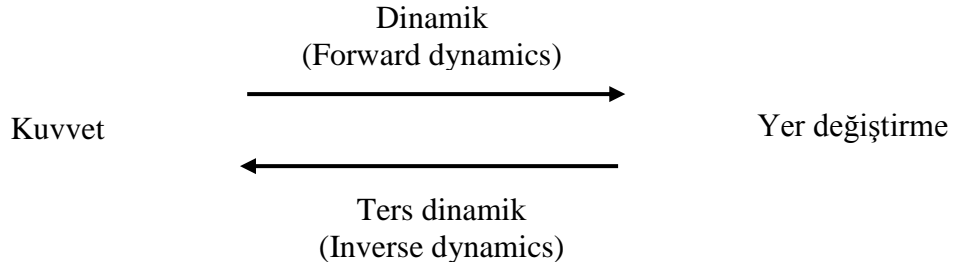
Açıların ölçümü

Açı tepe noktada kesişen iki bölümden oluşur. Nicel kinematik analizleri, bir kağıda insan vücudu görüntüleri tasarlanarak eklem ve eklemlerin bağlantı noktaları incelenerek yapılır (Hall 2003).

Goniometreler genellikle canlı insan örnekleri üzerinde birbirleriyle bağımlı kas açılarının direkt ölçümü için klinikçiler tarafından kullanılır. Goniometre iki uzun kolla bir iletke görevi üstlenir. İletkinin merkezi eklem merkezinden düzene sokulur. Eklem anatomisi bilgisinin altında yatan esasen rotasyon eklem merkezinin doğru bölgesidir. Rotasyonun merkezi; (bu olay) boğumlu kemik yüzeylerinin şekillerinden oluşur. Sonuç olarak eklem açısı değiştiğinde rotasyonun merkez bölgesi yavaşça değişir. Eklem açısı olarak belirlenen rotasyon merkezi ya da dinamik hareket anı olarak belirlenen merkez anı olarak adlandırılır (Hall 2003).

1.4.8. Koparma Tekniğinin Biyomekanik Analizi

Sportif hareketlerin dinamik yapısının anlaşılmasını kolaylaştıran kinetik ve kinematik analizler spor biyomekaniğinde sıklıkla kullanılan yaklaşımlardır (Souza ve ark 2002). Kinetik analiz hareketin nedenlerini (kuvvet vb.) incelerken, kinematik analiz ise hareketin miktar analizlerini (yer değiştirme, hız, ivme vb.) kapsamaktadır (Hay 1978).



Şekil 1.2. Dinamik çözümler (Zatsiorsky 2002).

İleriye doğru dinamik çözümlerinde ölçülen kuvvetin integralleri alınarak cismin yer değiştirmesi belirlenebilir. Ters dinamik çözümlerinde ise cismin yer değiştirmesinin zamana bağlı türevleri alınarak cismin üzerindeki kuvvetler hesaplanır. Olimpik halterde biyomekanik analizler, çekiş evrelerinde vücut ile barın bir sistem olarak yere uyguladığı kuvvetin doğrudan ölçüldüğü kinetik analizlerle, eklem açıları ile bar yörüngesinin incelendiği açısal ve doğrusal kinematik ve bar üzerinde yapılan iş, güç ve enerji hesaplamalarını içermektedir (Enoka 1988).

Koparma tekniğinin çekiş evresinde bar kinematiklerinden yola çıkılarak hesaplanan iş ve güç değerlerini inceleyen çalışmalarda ortak özellikler evreler arasındaki biyomekanik farklılıkları belirlemek ve koparma kaldırışının teknik bileşenlerini değerlendirmektir. Bu yaklaşımla Enoka (1979) koparma ve silkmede barın yerden yaklaşık bel yüksekliğine ulaşmasının çekiş olarak tanımlandığını, ancak barın yer değiştirmesi diz eklemiindeki açısal yer değiştirme referans alınarak değerlendirildiğinde, çekişin çift diz bükülme tekniği (Double Knee Bend) olarak isimlendirilen fleksiyon periyodu ile ayrılan iki ekstensiyon evresinden oluştuğunu

bildirmektedir. Bu teknik, ikinci çekişin gerçekleştirilebilmesinin bir yöntemi olarak gösterilmektedir. Bu nedenle, sadece barın konumuna bakarak evreleri açıklamanın yetersiz kaldığı, barın uzaydaki pozisyonunun vücudun pozisyonu ile birlikte değerlendirildiğinde kaldırışın teknik bileşenlerinin daha iyi anlaşılabilceğı sonucu öne çıkmaktadır.

Olimpik halterde çekiş sırasında kuvvet değişiminin doğrudan değerlendirildiğı ilk araştırmalardan biri olan Enoka (1979)'nın çalışmasında birinci çekiş evresinde yer reaksiyon kuvvetinin dikey bileşenin sistem ağırlığının (vücut ağırlığı ve barın ağırlığının toplamı) % 130'una ulaştığı, geçiş evresinde ise sistem ağırlığının % 85' ine düştüğü, ikinci çekiş evresinde ise sistem ağırlığının % 150' sine çıktığı bulunmuştur. Aynı çalışmada görüntü analizi kullanılarak bara uygulanan kuvvetin dikey bileşeni ters dinamik metotla hesaplanmış ve çekiş sırasında kuvvetteki değişimlerin iki pozitif ve geçiş evresindeki negatif ivmelenme ile ilişkili olduğı gözlenmiştir.

Bartonietz (1996) ise geçiş evresinde bir başka deyişle birinci çekiş ile ikinci çekiş arasında barın hızındaki kısa süreli azalmanın kabul edilebilir olduğunu, ancak bu azalmadan dolayı ikinci çekişte daha yüksek kabiliyete gereksinim duyulacağını ifade etmektedir. Barın kinematik verisi kullanılarak yapılan iş ve güç hesaplamalarında ise Garhammer (1980) koparma tekniğinin çekiş evresindeki güç değerlerinin vücut ağırlığı ile birlikte artış gösterdiğini (1245 W ile 3599 W) ve dikeyde yapılan işin toplam güç çıktısının en büyük bileşeni olduğunu vurgulamaktadır.

Garhammer (1991) ise elit ağır siklet haltercilerin çeşitli ağırlık kaldırma egzersizlerinde güç çıktılarının göğüs preste 415 W, skuatta 900 W ve sabit omuzlamada 3413 W olduğunu bildirmektedir. Bir beygir gücünün yaklaşık 746 W olduğı düşünöldüğünde, kuvvetin ne kadar kısa sürede uygulandığı önem kazanmaktadır. Stone ve ark (1998) ise barın yatay hareketlerinin de önemli olduğunu ifade ettikten sonra elit haltercilerde barın başlangıç pozisyonuna göre geriye doğru yatayda 10 – 20 cm arasında yer değiştirdiğini ve yatay hareketin daha fazla olması halinde bar altına girişte barın yakalanmasının zorlaştığını ve yatayda yapılan işin arttığını belirtmektedir.

Bu açıdan değerlendirildiğinde, Gourgoulis ve ark (2004) tarafından dizin maksimum ekstensiyonuna kadar barın dikey eksen hızının sürekli arttığı ve 1. çekişte mekanik işin daha fazla olduğu belirtilmektedir. Garhammer ve ark (2002) ise çift diz bükülme tekniğinin mekanik avantajını vurgulayarak koparma tekniğinde ikinci çekişin ikinci çekiş evresine göre daha yüksek mekanik güç gereksinimi ile sonuçlandığını ve bunun sonucunda çekişin daha kuvvetli ve daha kısa zaman aralığında gerçekleşmesi ile ortaya çıktığını bildirmektedir.

Öte yandan birçok çalışmada mekanik gücün ikinci çekiş evresinde daha fazla olduğu ifade edilmektedir. Mekanik iş ve güç çıktıları birinci çekişin kuvvet karakterli, ikinci çekişin ise daha çok güç karakterli olduğunu göstermektedir (Gourgoulis ve ark 2000). Bununla birlikte, Isaka ve ark (1996) çekişten sonra bar yüksekliğinin optimal bir şekilde maksimize, bar altına giriş sırasında ise bar yüksekliğindeki azalmanın minimize edilmesini başarıda etkili bir faktör olarak görmektedir. Benzer bir görüşü Burdett (1982) ifade ederek yetenekli halterciler tarafından barın daha düşük yüksekliklere kaldırılmasının teknikte belirli bir avantaj oluşturduğunu ve bar altına giriş evresinde barın baş üstünde sabitlenmesi için gereken yükseklikteki azalmanın açık bir şekilde bar ağırlığı ile oluşan toplam işteki tasarrufu ifade ettiğini bildirmektedir.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Deneklerin fiziksel özellikleri, yarışma kategorileri ve en yüksek koparma tekniği kaldırırları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Araştırma grubunun fiziksel özellikleri ve maksimum kaldırırları

Denekler	Yaş (yıl)	Vücut ağırlığı (kg)	Boy uzunluğu (cm)	Bar kütlesi (kg)	Kategori (kg)
1	20	48	157	70	53
2	19	46	157	73	48
3	19	53	165	75	53
4	19	53	155	77	58
5	20	60	167	79	58
6	20	69	172	79	69
7	17	65	163	80	75
8	17	66	163	84	69
9	18	60	165	85	63
10	19	88	163	90	+75
Ortalama±SS	18.8±1.13	60.8±12.28	162.7±5.16	79.2±5.95	-

2.1. Gereç

Çalışma Türkiye halter milli takımını temsil eden değişik kategorilerdeki 17-20 yaş aralığında 10 genç kadın sporcu üzerinde yapılmıştır. Ölçümler milli takım kampı sırasında, sporcuların yarışmaya hazırlık döneminde gerçekleştirilmiştir.

2.1.1. Hareket Analizi Sistemi

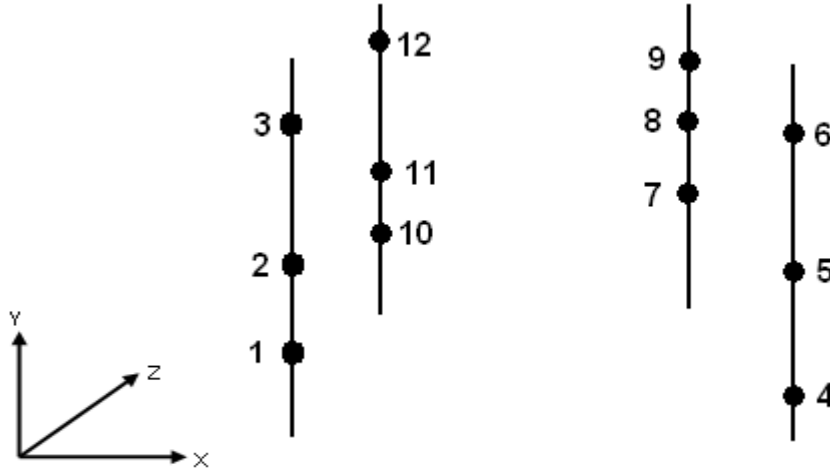
Hareket analizi sistemi; kamera, APAS hareket analizi yazılımı ve bilgisayardan oluşan bir sistemdir. Vücut üyeleri ve bar hareketinin 3 boyutlu kinematik verisi insan hareketlerinin analizi için geliştirilen APAS yazılımı (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA) kullanılarak elde edildi.

2.1.2. Kameralar

Elit haltercilerin koparma kaldırırlarının video görüntülerinin kaydedilmesinde saniyede 25 kare (50 alan/s) S-VHS kayıt yapabilen 2 adet kamera kullanıldı. Kameraların optik eksenini deneklerin kaldırırlarını yaptığı platformu yaklaşık 45° açıyla göreceğ şekilde yerleştirildi.

2.1.3. Kalibrasyon Kafesi

Görüntü alanını üç boyutlu olarak tanımlayabilmek için üzerinde 12 nokta işaretli ($2.5 \times 2.5 \times 2$ m) ebatlarında kalibrasyon kafesi kullanıldı. Kalibrasyon kafesi koparma kaldırışlarına başlamadan önce platform üzerine yerleştirildi ve görüntüsü 2 kamera tarafından kaydedildi. Kaydedilen kalibrasyon kafesi görüntüsü alanın kalibrasyonunda kullanıldı.



Şekil 2.1. Kalibrasyon kafesi üzerinde uzaysal konumları bilinen noktalar

Kalibrasyon kafesi üzerinde tanımlanan 12 noktanın üç boyutlu metrik değerleri Çizelge 2.2' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kalibrasyon kafesi üzerindeki noktaların metrik sistem koordinatları

Kalibrasyon kafesi üzerindeki noktalar	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
1	0	15.5	0
2	0	57.5	0
3	0	102.5	0
4	203	16.5	0
5	203	34.5	0
6	203	97.5	0
7	203	41.5	153
8	203	71.5	153
9	203	112.5	153
10	0	25	153
11	0	83.3	153
12	0	109.3	153

2.2. Yöntem

Aşağıda koparma tekniğinin üç boyutlu kinematik analizinin gerçekleştirme aşamaları sırasıyla verilmiştir.

2.2.1. Verilerin Toplanması

Her sporcu koparma tekniği ile kaldırabildikleri en büyük ağırlığı kaldırdı. Sporcuların başarılı koparma teşebbüsleri video kameraya kaydedildi. Koparma kaldırışlarının görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması ve hareket analizi yazılımında işlenmesi için gerekli olan adımlar aşağıda sunulmuştur.

Yakalama (Capture)

İki ayrı kameraya kaydedilen koparma kaldırışlarının görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılmasında görüntü yakalama kartı (Pinnacle 1394, Version 8.4.17) kullanıldı. Görüntüler kartı destekleyen Studio Version 8 arayüzü ile *.avi formatında bilgisayara kaydedildi.

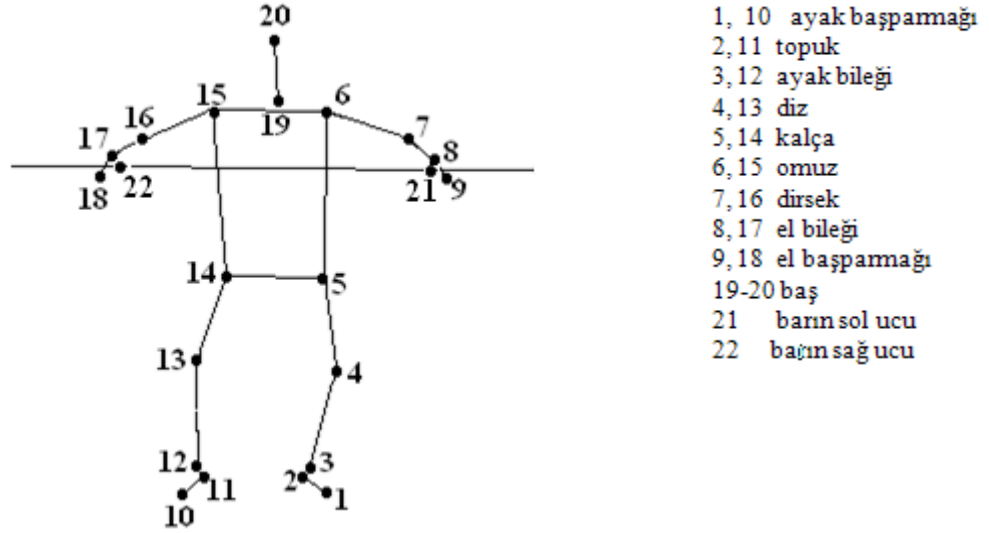
Görüntülerin eşleştirilmesi ve makaslama (Trimmer)

Bir koparma kaldırışına ait 2 ayrı kamera görüntüsünü eşleştirmek ve görüntülerdeki fazla kareleri kesmek için hareket analizi yazılımının makaslama (trimmer) modülü kullanıldı. Kaydedilen koparma kaldırışının 2 ayrı kamera görüntüsü makaslama modülünde açıldıktan sonra her görüntüde referans olacak bir an tespit edildi ve her kamera görüntüsünde o an belirlenerek eşleştirme işlemi yapıldı. Eşleştirme işleminden sonra görüntülerde koparma tekniğinin başlangıç anından önceki kareler ile kaldırışın tamamlandığı andan sonraki kareler 2 ayrı kamera görüntüsünde kesilerek aynı kare sayısına sahip 2 ayrı kamera görüntüsü elde edildi.

Sayıllaştırma (Digitize)

Sayıllaştırma işlemi antropometrik noktaların koordinatlarının elde edilme işlemidir. Toplam on koparma kaldırışı ve her bir sporcuya ait bir koparma kaldırışının iki ayrı kamera görüntüsü toplamda da yirmi kamera görüntüsünün sayıllaştırma işlemi gerçekleştirildi. Her bir kare görüntüde yirmi iki adet nokta

fare yardımıyla elle tıklanarak işaretlendi (Şekil 2.2). Böylece tüm video görüntülerindeki antropometrik noktaların ve barın sayısallaştırma işlemi tamamlandı. Daha sonra kalibrasyon görüntüsünde kafes üzerindeki noktaların sayısallaştırma işlemi gerçekleştirildi. Bu noktaların uzaysal konumları yazılıma tanıtıldı (Şekil 2.2, Çizelge 2.2).



Şekil 2.2. Görüntü üzerinde işaretlenen antropometrik noktalar

Dönüştürme (Transform)

Kare görüntü üzerinde işaretlenen her bir noktanın uzaysal konum bileşenleri hareket analizi yazılımındaki Doğrudan Doğrusal Dönüşüm (DLT-Direct Linear Transformation) algoritması tarafından hesaplandı. Böylece sayısallaştırılan her noktanın zamana bağlı 3 boyutlu konum verisi metrik cinsten elde edildi.

Filtreleme (Filter)

Sayısallaştırılarak uzaysal konumları elde edilen noktaların konum verisi frekansı 4 Hz'in altındaki veriyi geçiren sayısal filtre (Low pass digital filter) kullanılarak yumuşatıldı (Gourgoulis ve ark 2004). Bu filtreleme sayesinde sayısallaştırma sırasında yapılan hataların yumuşatılması ve hareketin gerçek doğasına uymayan frekansı yüksek verinin uzaklaştırılması sağlandı.

Görüntüleme (Display)

Vücut üzerindeki antropometrik noktaların ve barın 3 boyutlu konum verisi hareket analizi yazılımının görüntüleme modülü yardımı ile tablolar, grafikler ve üç boyutlu çubuk adam animasyonu şeklinde incelendi. Bu modülden araştırmada kullanılan barın yer değiştirme, hız ve diz açısı gibi doğrusal ve açısal kinematik veri elde edildi.

2.3. Verilerin Analizi

Bu bölümde koparma tekniğinin kinematik verisinin işlenmesi ve izlenen adımlar sırasıyla verilmiştir. Koparma tekniğinde vücut ve barın doğrusal ve açısal kinematik verisi kullanılarak evreler tespit edildi. Tüm haltercilerin koparma kaldırışları sırasında barın doğrusal kinematikleri (dikey ekseninde maksimum yer değiştirme, maksimum dikey hız vb.) belirlendi. Haltercilerin maksimum koparma kaldırışlarındaki iş ve güç çıktıları hesaplandı. Maksimum koparma kaldırışlarının kinematikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak değerlendirildi.

2.3.1. Koparma Tekniğinde Evrelerin Belirlenmesi

Koparma tekniğinin klasik evrelerinin yapısı diz eklem açısındaki değişimlere bağlıdır. Birinci çekiş (barın yerden kopuşu) alt ekstremitenin bütün eklemlerinde ekstensiyonla başlar. Dizdeki açı maksimuma ulaşır ve belirgin bir şekilde azalarak birinci çekişin sonunu işaret eden daha küçük açısal değere ulaşır. Daha sonra ikinci çekişin başlangıcını gösteren diz eklem açısında yeniden ekstensiyon başlar. Bu evre sırasında bar maksimum hızına ulaşır ve bu evrenin devamında bar altına giriş başlar.

Baumann ve ark (1988) göre iki boyutlu analizlerde iki önemli problemle yüz yüze kalınmaktadır. İlki, çekiş sırasında diz eklemine ağırlık plakalarının arkasında kalarak ölçümün doğruluğunu etkileyen kritik noktaların sayısallaştırma işleminin engellenmesidir. İkincisi ise, iki boyutlu (sagittal düzlem) diz açısı ile 3 boyutlu analiz sonucu hesaplanan diz eklem açısı arasındaki farkın 15°'ye kadar ulaşmasıdır. Bu durum açısal değişimlerin doğruluğunu etkilemekte ve tek çözümünde üç boyutlu hareket analizi olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle çalışmada bu bulgu referans alınmış ve koparma tekniğinin üç boyutlu kinematik analizi yapılmıştır.

2.3.2. Evrelere göre İşin ve Güç Çıktısının Hesaplanması

Koparma tekniğinde bar üzerinde yapılan dikey iş Garhammer (1993)'ın derleme makalesinde tanımladığı şekilde mekanik enerjideki değişime eşittir ($\Delta ME=W$). Mekanik enerji, barın potansiyel ve kinetik enerjisinin toplamına eşittir (Formül 2.1). Birinci çekiş için hesaplanan iş değeri evrenin süresine bölünerek birinci çekiş evresindeki güç çıktısı ve ikinci çekiş evresi için hesaplanan iş değeri evrenin süresine bölünerek ikinci çekiş güç çıktısı hesaplandı (Formül 2.2). Haltercinin rölatif güç çıktısı ise vücut ağırlığına bölünerek bulundu.

$$\Delta ME_{Bar} = PE + KE$$
$$\Delta ME_{Bar} = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \quad (\text{Formül 2.1})$$

$$P_{Bar} = \frac{\Delta ME}{\Delta t} \quad (\text{Formül 2.2})$$

İstatistiki analiz

Birinci ve ikinci çekiş sırasında yapılan mekanik iş ve güç çıktısı bağımlı gruplarda t-testi kullanılarak karşılaştırıldı. Koparma tekniğinin evrelerinin süreleri arasındaki farklar tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi (ANOVA) ile belirlendi. Varyans analizinde anlamlı fark bulunduğunda ikili karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmesi ile yapıldı. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ kabul edildi.

3. BULGULAR

Koparma tekniğinde evrelerin süreleri arasında anlamlı farklar bulundu ($F_{(4,36)}= 113.05$, $p < 0.05$). Birinci çekiş evresinin süresi (0.632 ± 0.10 s), geçiş (0.106 ± 0.04 s), ikinci çekiş (0.156 ± 0.03 s), bar altına giriş (0.216 ± 0.01 s) ve barın yakalanması (0.362 ± 0.06 s) evrelerinin sürelerinden anlamlı derecede yüksekti ($p < 0.05$). Barın yakalanması evresinin süresi de, geçiş, ikinci çekiş ve bar altına giriş evrelerinin sürelerinden anlamlı derecede yüksekti ($p < 0.01$). Ayrıca, bar altına giriş evresinin süresi, geçiş ve ikinci çekiş evrelerinin süresinden anlamlı derecede yüksekti ($p < 0.05$).

Çizelge 3.1.'de araştırmaya katılan elit haltercilerin maksimum koparma kaldırışında birinci ve ikinci çekişte ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açısal kinematikleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Birinci ve ikinci çekişte ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açısal kinematiği (Ortalama \pm SS)

	1. çekiş	2. çekiş	t değeri
Maksimum ekstensiyon açısı			
Ayak bileği (°)	118.02 \pm 6.14	138.17 \pm 5.49	6.829*
Diz (°)	135.86 \pm 13.25	169.93 \pm 4.54	7.524*
Kalça (°)	101.66 \pm 8.18	200.64 \pm 5.59	30.340*
Geçiş evresinde diz açısındaki azalma (°)	8.46 \pm 7.44		
Maksimum açısal hız			
Ayak bileği (rad/s)	1.36 \pm 0.44	5.41 \pm 0.87	11.583*
Diz (rad/s)	3.97 \pm 0.88	6.45 \pm 0.95	4.568*
Kalça (rad/s)	3.68 \pm 1.06	6.89 \pm 0.73	9.083*

* $p < 0.05$

Genç kadın haltercilerde koparma kaldırışı sırasındaki diz eklemının açısal değişimi incelendiğinde, başlangıç pozisyonunda diz eklemi açısının ortalama $65.95 \pm 10.91^\circ$ olduğu ve birinci çekiş evresinin sonunda diz eklemının ekstensiyon açısının ortalama $135.86 \pm 13.25^\circ$ 'ye ulaştığı görülmüştür. Birinci çekişi takip eden geçiş evresinde diz eklemının ekstensiyon açısının azaldığı ve ortalama $8.46 \pm 7.44^\circ$ 'lik fleksiyon olduğu, ikinci çekişin sonunda tekrar ortalama $169.93 \pm 4.54^\circ$ 'lik ekstensiyon açısına ulaştığı gözlenmiştir. Evreler arasında karşılaştırma yapıldığında, ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin maksimum ekstensiyon açılarının ve maksimum açısal hızlarının ikinci çekiş evresinde, birinci çekiş evresinden daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Öte yandan birinci çekiş evresinde eklemlerin

açısal yer değiştirmesi karşılaştırıldığında, ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin maksimum ekstensiyon açıları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F_{(2,18)} = 52.219$, $p < 0.05$). Birinci çekişte en büyük ekstensiyon açısı sırasıyla diz, ayak bileği ve kalça ekleminde gözlenmiştir. Diz eklemi ekstensiyon açısının, ayak bileği ve kalça eklemlerinin ekstensiyon açısından, ayak bileği ekleminin ekstensiyon açısının da kalça eklemi ekstensiyon açısından daha büyük olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Yine, ikinci çekiş sırasında da eklemlerin ekstensiyon açıları arasında anlamlı fark bulunmuş ($F_{(2,18)} = 508.593$, $p < 0.05$) ve ikinci çekişte en büyük ekstensiyon açısı sırasıyla kalça, diz ve ayak bileği ekleminde görölmüştür. Kalça eklemi ekstensiyon açısının, ayak bileği ve diz eklemlerinin ekstensiyon açısından, diz ekleminin ekstensiyon açısının da ayak bileği ekleminin ekstensiyon açısından daha büyük olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Birinci çekiş sırasında en büyük ekstensiyon açısı diz ekleminde, ikinci çekiş sırasında ise en büyük ekstensiyon açısı kalça ekleminde bulunmuştur. Öte yandan, hem birinci çekiş sırasında ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açısal hızları arasında anlamlı fark bulunmuş ($F_{(2,18)} = 37.493$, $p < 0.05$), hem de ikinci çekiş sırasında ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açısal hızları arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F_{(2,18)} = 17.125$, $p < 0.05$). Diz ve kalça eklemlerinin açısal hızının, ayak bileği ekleminin açısal hızından her iki evrede de anlamlı derecede daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$).

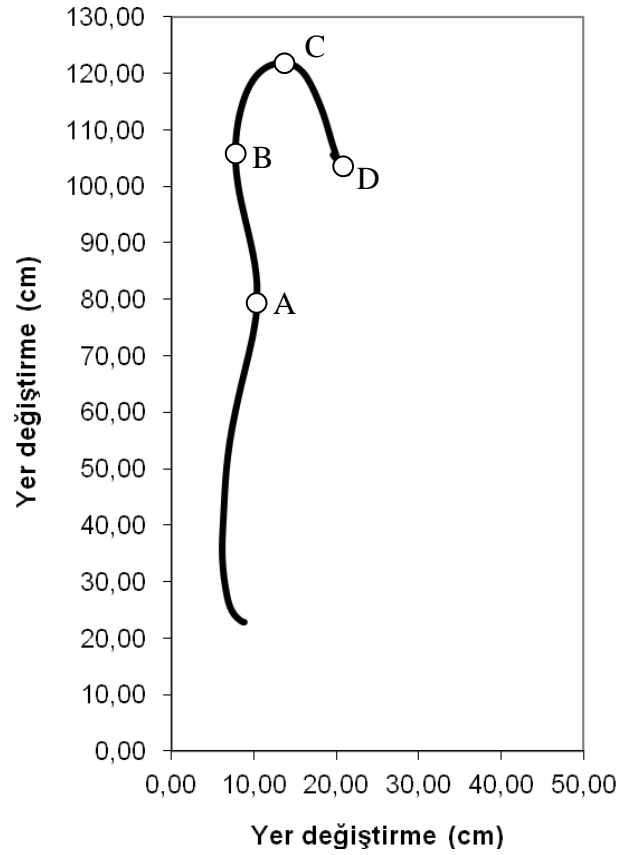
Çizelge 3.2. de araştırmaya katılan elit haltercilerin maksimum koparma kaldırışı sırasında oluşan barın doğrusal kinematikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Barın doğrusal kinematikleri (Ortalama \pm SS)

Dikey kinematikler	
Birinci çekiş sonunda bar yüksekliği (cm)	54.66 \pm 5.49
İkinci çekiş sonunda bar yüksekliği (cm)	98.88 \pm 3.80
Barın yüksekliği (m)	1.23 \pm 0.05
Barın düşüş mesafesi (cm)	18.17 \pm 4.34
Birinci çekişte barın maksimum dikey hızı (m/s)	1.02 \pm 0.21
İkinci çekişte barın maksimum dikey hızı (m/s)	1.82 \pm 0.08
Yatay kinematikler	
Birinci çekişte halterciye doğru (cm)	1.71 \pm 4.66
İkinci çekişte halterciden uzağa (cm)	1.42 \pm 5.55
Maksimum yükseklikten düşüş başladıktan sonra halterciye doğru (cm)	6.95 \pm 4.29

Genç kadın haltercilerin maksimum koparma kaldırışlarında birinci çekiş evresinin sonunda ortalama bar yüksekliği 54.66 \pm 5.49 cm, ikinci çekiş sırasında ise

ortalama 98.88 ± 3.80 cm olduğu görülmüştür. Barın düşüş mesafesi (maksimum yükseklikten sabitlendiği ana kadar olan mesafe) ortalama 18.17 ± 4.34 cm olarak bulunmuştur. Barın maksimum dikey hızına ikinci çekiş sırasında ulaşmış ve birinci çekiş sırasındaki maksimum dikey hızdan daha yüksek bulunmuştur ($t_{(9)} = 13.551$, $p < 0.05$). Yatay yer değiştirmeye bakıldığında (Şekil 3.1) ise birinci çekişte barın halterciye doğru olan yatayda 1.71 ± 4.66 cm yer değiştirdiği, ikinci çekişte barın halterciden uzağa 1.42 ± 5.55 cm yatay yer değiştirdiği, maksimum yükseklikten düşüş başladıktan sonra halterciye doğru yatay yer değiştirmenin ise 6.95 ± 4.29 cm olduğu görülmektedir. Barın maksimum yükseklikten düşmeye başladıktan sonra halterciye doğru yatay yer değiştirmesi, birinci çekişte halterciye doğru, ikinci çekişte halterciden uzağa olan yatay yer değiştirmelerden anlamlı derecede daha fazla olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).



Şekil 3.1. Bar yörüngesi. (A) barın halterciye doğru yer değiştirmesi, (B) barın halterciden uzağa yer değiştirmesi, (C) Barın maksimum yüksekliği, (D) barın yakalanma evresinde maksimum yükseklikten düşüş mesafesi.

Çizelge 3.3. de araştırmaya katılan elit haltercilerin maksimum koparma kaldırışları sırasında birinci ve ikinci çekiişte oluşan mekanik iş ve güç çıktılarını içeren değerler verilmiştir.

Çizelge 3.3. Birinci ve ikinci çekiişte mutlak ve rölatif mekanik iş ve güç çıktıları (Ortalama±SS)

	Birinci çekiiş	İkinci çekiiş	t-değeri
Mutlak iş (J)	289.50 ± 54.78	268.60 ± 43.78	0.783
Rölatif iş (J/ kg)	4.80 ± 1.03	4.60 ± 1.42	0.327
Mutlak güç (W)	449.90 ± 93.01	1439.30 ± 101.82	22.195*
Rölatif güç (W/kg)	7.70 ± 2.21	24.10 ± 3.90	14.421*

*p<0.05

Birinci ve ikinci çekiiş evresinde mutlak ve rölatif mekanik iş değerlerinin arasındaki farkın anlamsız olduğu görölmüştür (p>0.05). Ancak güç çıktıları incelendiğinde, ikinci çekiiş evresindeki mutlak ve rölatif güç çıktısının, birinci çekiiş evresindeki mutlak ve rölatif güç çıktısından anlamlı derecede daha büyük olduğu görölmüştür (p<0.05).

4. TARTIŞMA

Literatürde birinci çekiş evresinin kısmen yavaş ve kuvvete dayalı olduğu, ikinci çekiş evresinin ise daha hızlı ve güce dayalı olduğu bildirilmiştir (Garhammer 1991, Gourgoulis ve ark 2004). Genç kadın haltercilerde koparma kaldırışının çekiş evreleri, bar altına giriş ve barın baş üzerinde sabitlemesi süreçlerinde vücudun açısall ve barın doğrusal kinematiklerinde gözlenen değişimler performansla yakından ilişkilidir. Bu çalışmanın amacı da, genç kadın haltercilerde koparma tekniğinin üç boyutlu kinematiklerini incelemek ve tekniğin evreleri arasındaki farklılıkları göstermektir. Bu amaç doğrultusunda koparma tekniğinin çekiş evrelerinin süreleri, barın dikey ve yatay yer değiştirmesi, dikey hızı ile haltercinin bar üzerinde yaptığı iş ve ürettiği güç çıktıları hesaplanarak literatürde kadın ve erkek halterciler için bildirilenlerle karşılaştırmalar yapılmıştır.

Mevcut çalışmada koparma tekniğinin evrelerinin süreleri arasında anlamlı farklar tespit edilmiş ve birinci çekiş tüm evreler içerisinde süresi en uzun evre olarak belirlenmiştir. Birinci çekiş evresinin süresi, kadın haltercilerde daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen sonuçlara kıyasla kısmen fazla olmasına rağmen en uzun evre olması nedeniyle literatürle uyumlu olduğu görülmüştür (Gourgoulis ve ark 2000, Gourgoulis ve ark 2002). İlâveten barın yakalanma evresinin süresinin de geçiş, ikinci çekiş ve bar altına giriş evrelerinin sürelerinden daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Birinci çekiş sırasında yer çekimine karşı iş yapılırken, barın yakalanması evresinde de yer çekimi yönünde barın ivmeli hareketine karşı iş yapılması her iki evrenin süresindeki uzamaya neden olmuştur. Birinci çekiş evresinde barın eylemsizliğini yenmek ve bara pozitif ivme kazandırmak için uygulanan kuvvetin uygulama süresi uzamıştır. Benzer şekilde barı yakalama evresinde maksimum yükseklikten aşağı doğru hareket eden barı yavaşlatmak ve baş üzerinde sabitlemek için uygulanan kuvvetin uygulama süresi de uzamıştır. Bu nedenle hem birinci çekiş hem de barı yakalama evresinin süresi genç kadın haltercilerde belirgin şekilde artmıştır. Literatüre göre birinci çekiş sırasında barın kinetik ve potansiyel enerjisindeki değişimlerin ikinci çekışten daha büyük olması nedeniyle bu evrenin süresi uzamakta ve haltercinin bar eylemsizliğini yenmek için uzun süre iş yapmak zorunda olması yatmaktadır (Gourgoulis ve ark 2000).

Alt üyelerin açısız hareketi incelendiğinde, eklemlerin ekstensiyon açısı ve ekstensiyon hızı ikinci çekiş evresinde birinci çekiş evresinden daha yüksek olması ikinci çekişin güce dayalı olduğunun en önemli göstergelerinden biridir. Öte yandan, birinci çekiş sırasında diz eklemi, ikinci çekiş sırasında da kalça eklemi ekstensiyonunun diğer eklemlerden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bu artışlar her iki eklemi açısız hareketinin koparma tekniği üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca çekiş evrelerinde hem diz hem de kalça eklemlerinin açısız hızının ayak bileği eklemiinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayak bileği, diz ve kalça eklemi etrafındaki ekstensor kaslar kalça eklemiinden ayak bileği eklemiine doğru ilerleyen bir sırada antagonist kasların kontrolüne destek sağlar. Bu sıralama çekişin ilk üç evresindeki (birinci çekiş, geçiş ve ikinci çekiş) sırayla yakından ilişkilidir (Isaka ve ark 1996). Yetişkin erkeklerde ikinci çekiş sırasında kalça eklemiindeki ekstensiyonun diz eklemiindeki ekstensiyondan daha hızlı olması bu durumu desteklemektedir (Gourgoulis ve ark 2009). Bu çalışmada genç kadınlarda ikinci çekiş evresinde kalça eklemiinin açısız hızının diz ve ayak bileği eklemiine göre daha yüksek olması beklenirken aksine kalça ile diz eklemiinin açısız hızları birbirine benzer bulunarak literatürle çelişkili bir sonuç ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bu çalışmadaki genç kadın haltercilerde ikinci çekiş sırasında kalça eklemi açısız hızının (yaklaşık 6.9 rad/s) yetişkin kadın halterciler için (yaklaşık 7.9 rad/s) ve yetişkin erkek halterciler için (yaklaşık 8.1 rad/s) bildirilen değerlerden daha düşük olduğu da gözlenmiştir (Gourgoulis ve ark 2002). Bu durum, ikinci çekiş sırasında kalça eklemiinin açısız hızının yetişkin kadın ve erkeklerde ikinci çekiş evresinde gözlenene benzer olmadığını ve bu evrede haltercinin vücudunun arkaya doğru açılmasını sağlayan kalça ekstensor kaslarının kısa sürede büyük miktarda kuvvet üretmekte yetersiz kaldığını göstermiştir.

Birinci çekiş evresinde diz eklemi ilk maksimum ekstensiyonuna ulaşır, geçiş evresinde diz eklemi fleksiyona uğrar ve ikinci çekiş evresinde diz eklemi ikinci maksimum ekstensiyonuna ulaşır. Bu tekniğe çift diz bükülme evresi denir (Garhammer 1989). Bar diz seviyesinin hemen üstüne kaldırıldıktan sonra geçiş evresinde diz tekrar bükülmesini içeren bir tekniktir. Bu teknik sırasında diz ekstensor kaslarının güçlü bir şekilde kullanılması söz konusudur ve geçiş evresindeki diz fleksiyonu aktif-dikey sıçramadakine benzer şekilde depolanan

elastik enerji, patlayıcılık için kullanılır (Garhammer 1992). Birinci çekişten ikinci çekişe geçiş evresinde diz eklem açısında gözlenen fleksiyon miktarı adölesan erkeklerden (11°), yetişkin kadın haltercilerden (11°) ve özellikle yetişkin erkek haltercilerden (21°) oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Enoka (1988) bar ağırlığı ve teknik becerinin eklemlerdeki gücü diz eklemi başta olmak üzere etkilediğini bildirmektedir. Bu çalışmada, birinci çekiş esnasındaki diz açısının maksimum ekstensiyonu, erkekler için bildirilen değerlerden daha düşük, kadınlar için bildirilen değerlerden daha yüksektir (Gourgoulis ve ark 2002). Geçiş evresinde diz fleksiyonu literatürde kadınlar için bildirilen değerlere benzer, erkekler için bildirilen değerlerden düşüktür (Gourgoulis ve ark 2002).

Daha önce yapılan çalışmalarda bar yörüngesi mekanik olarak etkili bir çekişin ve uygun bir tekniğin göstergesi olmuştur (Bartonietz 1996, Bruenger ve ark 2007, Garhammer 1985, Hiskia 1997, Vorobyev 1978). Koparma tekniğinde barın yatay yer değiştirme miktarı, maksimum yüksekliği ve dikey hızı önemli performans göstergeleridir.

Barın aşırı yatay yerdeğiştirmesi, maksimum dikey kuvvet üretimi için olumsuz olmasına rağmen, bir miktar yatay yer değiştirme, vücudun kaldıraç sistemlerini kullanması için gerekli olan bir durumdur (Hoover ve ark 2006). Garhammer (1985) koparma sırasında barın yatay yer değiştirmesinin değerlendirilmesinde üç anahtar pozisyon tanımlamaktadır. Bunlar; (a) birinci çekiş sırasında barın başlangıç noktasından uzaklaştığı maksimum yatay mesafe (halterciye doğru pozitif yer değiştirme), (b) ikinci çekiş sırasında maksimum yatay mesafe (halterciden uzaklaştığı negatif yer değiştirme), (c) barın ikinci çekiş sonundan maksimal yüksekliğe ulaştığı noktaya kadar olan maksimum yatay mesafedir (halterciye doğru pozitif yer değiştirme). Barın bu üç yatay hareketi pozitif-negatif-pozitif yer değiştirme olarak tanımlanmıştır (Garhammer 1985, Hoover ve ark 2006). Garhammer (1985)' a göre barın yatay yer değiştirmesinin birinci çekiş evresinde 3-9 cm, ikinci çekiş evresinde 3-18 cm ve barın maksimum yüksekliğe ulaştığı noktada 3-9 cm aralığında değişmektedir. Birinci çekiş ve geçiş evresi sırasında milli düzeydeki kadın haltercilerde barın ortalama yatay yer değiştirme değeri 3.65 cm, olimpik düzeydeki erkek haltercilerde ise ortalama 6.29 cm olduğu belirtilmiştir. İkinci çekiş esnasındaki ortalama yatay yer değiştirmenin

ise kadınlarda 1.88 cm, erkekler için ise ortalama 3.87 cm olarak belirtilmiştir (Gourgoulis ve ark 2002). Bu çalışmada barın maksimum yükseklikten düşmeye başladıktan sonra yataydaki yer değiştirme miktarının birinci çekişte halterciye, ikinci çekişte halterciden uzağa olan yer değiştirme miktarlarından daha fazla olduğu gözlenmiş ve literatürdeki yetişkin kadın halterciler (Gourgoulis ve ark 2002) ve genç erkek halterciler' in (Gourgoulis ve ark 2004) elde ettiği sonuçlarla uyumlu bir yörünge gözlenmemiştir. Kas aktivitesi sadece barın daha büyük dikey hızına neden olmaz, aynı zamanda küçük miktarda yatay harekete neden olur. Çekiş sırasında barın yatay hareketi, harekete katkı sağlamak için kalça ekstensör kaynaklarını kullanan elit haltercilerde hareketin akıcı yönlendirilmesi ve kas gücünün verimli uygulanması olarak düşünülmelidir (Isaka ve ark 1996). Öte yandan, bu çalışmada bar maksimum dikey hızına literatürle uyumlu olarak ikinci çekiş sırasında ulaşmıştır (Baumann ve ark 1988). Baumann ve ark (1988)'na göre koparma tekniği sırasında elit haltercilerde iki tip hız eğrisi vardır. İlki çekiş sırasında dikey hızda iki maksimum tepenin, diğesinde ise bir maksimum tepenin görülmesidir. Çekiş sırasında barın hızında bir maksimum hızın gözlenmesi daha iyi haltercilerin bir karakteristiği olduğu ve birinci durumun iyi haltercilerde nadiren görüldüğü bildirilmektedir (Baumann ve ark 1988). Kategorilerde vücut ağırlığının artışına bağlı olarak barın maksimum dikey hızı artarken (Baumann ve ark 1988), elit haltercilerde maksimal ağırlıkların kaldırılması sırasında genelde barın maksimum dikey hızının azaldığı gösterilmiştir (Garhammer 1983, 1995). Diğer yandan, barın maksimum yüksekliğinin ise vücut yapısına bağlı olduğunu ve koparmada kaldırılan barın dikey yüksekliğinin çok küçük değişimlerle birlikte boyun % 60'ına karşılık geldiği bildirilmiştir (Baumann ve ark 1988). Bu çalışmada da kısmen boy uzunluğuna bağlı olarak barın maksimum yüksekliğinin azaldığı gözlenmiştir. Geçiş evresinde kayda değer bir düşüş olmaması, etkili tekniğin ve en iyi haltercilerin karakteristiğini yansıtır (Bartonietz 1996, Isaka ve ark 1996). Akıcı ve canlı bir geçişe rağmen hızda çok küçük bir düşüş olur ve barın dikey hızı azalır (Garhammer 1985). Bu çalışmada halterciler arasında çok belirgin başarısız teknik saptanmamıştır. Gourgoulis ve ark (2002)'nin yaptığı bir çalışmada ikinci çekiş sırasındaki maksimum dikey doğrusal hız ve ikinci çekişten sonra barın maksimum yüksekliği milli düzeydeki kadın haltercilerde olimpik şampiyonalardaki erkeklerden

daha yüksek bulunmuştur. Buna ilaveten cinsiyet ve yetenek düzeyi sonuçları etkilemiş, elit haltercilerde özellikle erkeklerde barın dikey kinematikleri azalmıştır (Garhammer ve ark 2002).

İkinci çekişin sonunda gövde tam ekstensiyonuna, vücut ağırlık merkezi maksimum yüksekliğine ve bar maksimum dikey hızına ulaşmıştır (Enoka 1979). Bununla birlikte Isaka ve ark (1996) ikinci çekişten sonra bar yüksekliğinin optimal bir şekilde maksimize, bar altına giriş sırasında ise bar yüksekliğindeki azalmanın minimize edilmesini başarıda etkili bir faktör olarak görmektedir. Benzer bir görüşü Burdett (1982) ifade ederek yetenekli halterciler tarafından barın daha düşük yüksekliklere kaldırılmasının teknikte belirli bir avantaj oluşturduğunu ve bar altına giriş evresinde barın baş üstünde sabitlenmesi için gereken yükseklikteki azalmanın açık bir şekilde bar ağırlığı ile oluşan toplam işteki tasarrufu ifade ettiğini bildirmektedir (Harbili ve Arıtan 2007). İkinci çekişin sonlanmasıyla bar altına giriş evresi başlar. Bar altına giriş evresinde bar yukarı yönde dikey hareketine devam ederken vücudun yer çekimi yönünde bar altına girişi gerçekleşir. Koparma kaldırışlarında görülen barın yüksekliğinde ve maksimum dikey hızındaki azalmalar, sistemde vücudun bar altına giriş hızını arttırmakta, giriş süresini ise kısaltmaktadır. Hoover ve ark (2006) tarafından yapılan bir çalışmada ulusal şampiyonaya katılan 69 kg kategorisinde tüm kadın haltercilerin koparma kaldırışlarının biyomekanik analizleri sonucunda erkek haltercilere göre barın düşüş mesafesinin arttığı, düşüş zamanının uzadığı ve barın dikey hızının erkeklerden daha az olduğu bulunmuştur.

Koparma tekniğinin evreleri arasındaki biyomekanik farklılıkları belirleyen ve koparma kaldırışının teknik bileşenlerini değerlendiren çalışmalarda dizin maksimum ekstensiyonuna kadar barın dikey eksen hızının sürekli arttığı ve birinci çekişte mekanik işin ikinci çekişe göre daha fazla (Enoka 1979, Bartonietz 1996, Gourgoulis ve ark 2004), ikinci çekişin birinci çekiş evresine göre daha yüksek mekanik güç gereksinimi ile sonuçlandığını ve bunun sonucunda çekişin daha kuvvetli ve daha kısa zaman aralığında gerçekleştiği gösterilmiştir (Garhammer ve ark 2002). Bu çalışmadaki mekanik iş değerlerine bakıldığında Gourgoulis ve ark (2002)'nin yaptığı çalışmadaki değerlerden farklı olarak birinci çekiş esnasındaki değerlerin ikinci çekiş esnasındaki değerlerden fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte erkek haltercilerin koparma kaldırış sonuçlarına benzer olarak mekanik iş

değerlerinin birinci çekişte ikinci çekişteki değerlerden daha fazla olduğu ve güç çıktılarının ikinci çekiş esnasında birinci çekişten daha fazla olduğu görülmüştür (Baumann ve ark 1988, Garhammer 1980, Garhammer 1991, Gourgoulis ve ark 2000). Birinci çekiş sırasında daha yüksek iş değerleri bu çalışmada güçlü bir artış göstermekte ve kadın haltercilerin erkek haltercilerinkine benzer bir koparma teşebbüsü sergilediğini göstermektedir. Öte yandan bir çok çalışmada mekanik gücün birinci çekişe göre ikinci çekiş evresinde daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Stone ve ark 1998, Gourgoulis ve ark 2000, Garhammer 1985, Garhammer 1991). Bu çalışmanın birinci çekiş evresindeki iş değerleri ve ikinci çekiş evresindeki güç değerleri literatürle benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmadaki milli düzeydeki genç kadın haltercilerin koparma performansında, barın doğrusal kinematik değerlerinin ve alt ekstremitelerin açısal kinematiklerinin ve diğer enerji karakteristiklerinin literatürde yetişkin kadın halterciler için belirtilen değerlerden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Genç ve yetişkin kadın haltercilerin koparma performansları arasında gözlenen farklılıkların erkek haltercilerle karşılaştırıldığında gözlenmediği, genç kadın haltercilerde elde edilen kinematik değerlerin erkek haltercilerin koparma kaldırışında elde edilen değerlere benzer olduğu gözlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada dikey eksen boyunca bar üzerinde yapılan mekanik iş, birinci ve ikinci çekiş evrelerinde birbirine benzer bulunmuştur. Güç çıktılarına bakıldığında ise ikinci çekiş evresindeki güç değerlerinin birinci çekiş evresindeki güç değerlerinden literatürle uyumlu olarak fazla olduğu görülmüştür. Birinci çekiş evresindeki iş değerleri ve ikinci çekiş esnasındaki güç değerleri literatürle benzerlik göstermiştir.

Birinci çekiş esnasındaki diz açısının maksimum ekstensiyonu, erkekler için bildirilen ortalama değerlerden düşük, kadınlar için bildirilen ortalama değerlerden yüksek bulunmuştur. Geçiş evresindeki diz fleksiyonu literatürde kadınlar için bildirilen değerlere benzer olduğu, erkekler için bildirilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür. Birinci çekiş sırasındaki diz ekleminin ekstensiyon hızı, ayak bileği ve kalça ekleminin ekstensiyon hızından daha yüksek bulunmuştur. İkinci çekiş sırasındaki kalça ekleminin ekstensiyon hızı, ayak bileği ve diz eklemlerinin her ikisinin ekstensiyon hızından daha fazla bulunmuştur. Bu sonuçlara göre literatürle uyumlu olarak en büyük açısal hız değerleri birinci çekişte diz ekleminde, ikinci çekişte kalça ekleminde gözlenmiştir.

Sonuç olarak, daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında genç kadın haltercilerin iyi bir performans sergilediği gözlenmiştir.

Öneriler

İkinci çekiş sırasında ihtiyaç olan patlayıcılığı sağlayan kalça ekstensor kaslarının gücünü arttıracak, yani kısa sürede yüksek miktarda kuvvet üretimi sağlayacak yardımcı egzersizler antrenmanlarda uygulanmalıdır. Antrenman sırasında uygulamaların daha seçici ve ihtiyaca uygun yapılması hem birinci çekiş sırasındaki maksimal kuvvetin hem de ikinci çekiş sırasındaki çabuk kuvvetin (gücün) gelişimi için çok önemlidir.

6. ÖZET

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Genç Kadın Haltercilerde Koparma Tekniğinin Biyomekanik Analizi

Sezgin Korkmaz

AntrenörlükEğitimiAnabilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ/KONYA-2011

Bu çalışmanın amacı genç kadın haltercilerde koparma tekniğinin üç boyutlu kinematiklerini incelemek ve tekniğin evreleri arasındaki farklılıkları göstermektir.

Araştırma 10 genç kadın halterci üzerinde yapılmıştır. Video kayıtları milli takım kampı sırasında sporcuların yarışmaya hazırlık periyodunun başlangıcında gerçekleştirilmiştir. Haltercilerin başarılı en ağır koparma kaldırışları kinematik analizi için seçilmiş ve sayısal veri APAS (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA) yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Sayısallaştırılan tüm noktaların zamana bağlı yer değiştirme verisi kesme frekansı 4 Hz olan, alçak geçiren sayısal filtre kullanarak filtelenmiştir. Mekanik iş ve güç çıktısında evreler arasındaki farklar bağımlı gruplarda t-testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Evrelerin süreleri, birinci ve ikinci çekiş evrelerinde alt üyelerin açısal kinematikleri arasındaki farklar tekrarlayan ölçümlerde varyans analizi ve ikili karşılaştırmalar Bonferroni testi kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgular birinci çekiş evresinin süresinin diğer evrelerden anlamlı derecede yüksek ($p<0.05$), barı yakalama evresinin süresinin de, geçiş, ikinci çekiş ve bar altına giriş evrelerinin sürelerinden anlamlı derecede yüksek olduğunu göstermiştir ($p<0.05$). Ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin maksimal ekstensiyon açısı ve açısal hızı ikinci çekiş evresinde birinci çekiş evresinden daha büyüktü ($p<0.05$). Birinci çekiş sırasında en büyük ekstensiyon açısının diz ekleminde, ikinci çekiş sırasında ise kalça ekleminde olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, birinci ve ikinci çekiş sırasında ayak bileği, diz ve kalça eklemlerinin açısal hızları arasında da anlamlı farklar bulunmuş ($p<0.05$), diz ve kalça eklemlerinin açısal hızının, ayak bileği ekleminin açısal hızından her iki evrede de anlamlı derecede yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). İlaveten, ikinci çekiş evresinde barın dikey hızının birinci çekişten daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, bar maksimum yükseklikten düşmeye başladıktan sonra barın yatayda kat ettiği mesafenin birinci ve ikinci çekiş sırasındaki barın yatay yer değiştirmesinden anlamlı derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). İkinci çekiş sırasındaki mutlak ve rölatif gücün birinci çekiş sırasındaki mutlak ve rölatif güçten anlamlı derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Bu çalışmanın sonuçları genç kadın haltercilerde koparma tekniğinin biyomekanik yapısının yetişkin kadın haltercilerle birçok açıdan benzerlik taşıdığını göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Genç kadın halterci;Kinematik;Koparma.

7. SUMMARY

Biomechanical Analysis of Snatch Technique in Junior Female Weightlifters

The objective of this study was to investigate the three-dimensional kinematics of the snatch technique and to determine differences between the phases of the event.

Ten junior women weightlifters were included in the study. Video recordings were taken during preparation camp pre season. The heaviest successful snatch lifts of the weightlifters were selected for the kinematic analysis and the data were obtained using by APAS software (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA). The data were smoothed using a low pass digital filter with a cut-off frequency of 4 Hz. Differences between the mechanical work and power outputs during the snatch lift were compared using the paired t-test. Repeated-measures variance analysis (ANOVA) and post-hoc test with Bonferroni correction were used to compare differences in the duration of the phases and the angular kinematics of the lower limb. A significance level of $p < 0.05$ was used.

The results revealed that the duration of the first pull was significantly greater than the duration of other phases of the snatch lift. The duration of the catch phase was significantly greater than the duration of the transition, the second pull, end the turnover under the barbell phases ($p < 0.05$). The maximum extension angle of the ankle, knee, and hip joints were greater in the second pull than that of the first pull ($p < 0.05$). The greatest maximum extension angle was observed in the knee joint during the first pull, and it was observed in the hip joint during the second pull. On the other hand, there were significant differences between the angular velocities of the ankle, knee, and hip joints ($p < 0.05$), and the angular velocity of the knee and hip joints were significantly greater than that of the ankle in both phases ($p < 0.05$). In addition, the vertical velocity of the barbell was significantly greater in the second pull than that of the first pull ($p < 0.05$). Furthermore, horizontal displacement toward weightlifter after beginning of descent from maximum height was greater than horizontal displacement toward weightlifter in the first pull and horizontal displacement away from weightlifter in the second pull ($p < 0.05$). The absolute and relative power outputs were significantly greater in the second pull than that of the first pull ($p < 0.05$).

The results of the present study revealed that the biomechanical structure of the snatch lift has a lot of similarities between the junior and adult women weightlifters.

Key words: Junior woman weightlifter; Kinematic; Snatch.

8. KAYNAKLAR

1. Akkuş H. Elit haltercilerin antropometrik özellikleri, biyomotor yetenekleri, fizyolojik özellikleri ve başarıları arasındaki ilişkilerin araştırılması. İstanbul, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 1994; 15.
2. Atabeyoğlu C. Türk halter tarihi, Ankara, Başkent Yayınevi, 1994; 11.
3. Bartonietz KE. Biomechanics of the snatch: toward a higher training efficiency. NSCA, 1996; June: 24-31.
4. Baumann W, Gross V, Quade K, Galbierz P, Schwartz A. The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships. *Int J Sport Biomechanics*, 1988; 4: 68-89.
5. Bruenger AJ, Smith SL, Sands WA, Leigh MR. Validation of instrumentation to monitor dynamic performance of olympic weightlifters. *J Strength Cond Res*, 2007; 21: 492-499.
6. Burdett RG. Biomechanics of the snatch technique of highly skilled and skilled weightlifters. *Research Quarterly*, 1982; 53(3):193-197.
7. Çetin N. Biomekanik, üçüncü baskı, Ankara, Setma matbaacılık, 1997; 1-2.
8. Enoka RM. The pull in olympic weightlifting. *Med Sci Sports Exerc*, 1979;11(2):131-137.
9. Enoka RM. Load and skill-related changes in segmental contributions to a weightlifting movement. *Med Sci Sports Exerc*, 1988;20(2):178-187.
10. Erişim 1. [www.iwf.net/doc/handbook/Handbook\(2009\)_technical_and_competition_rules.pdf](http://www.iwf.net/doc/handbook/Handbook(2009)_technical_and_competition_rules.pdf). 2.3.2011.
11. Garhammer J. Power production by olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc*, 1980;12(1):54-60.
12. Garhammer J. Energy flow during olympic weightlifting. *Med Sci Sports Exerc*, 1982; 14(5): 353-360.
13. Garhammer J. Biomechanical profiles of olympic weightlifters. *Int J Sport Biomechanics*, 1985;1:122-130.
14. Garhammer J. *Weightlifting and Training*. (Ed.C.L. Vaughn)'da *Biomechanics of Sport*. Boca Raton, FL:CRC press, 1989,(pp169-211).
15. Garhammer J. A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *Int J Sport Biomechanics*, 1991;7:3-11.
16. Garhammer J, Takano B. Training for weightlifting. "Strength and Power in Sports", (Ed. P.V. Komi)' da Blackwell Scientific Publications, 1992;357-369.
17. Garhammer J. A comparison of propulsive forces for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Science Research*, 1992, 6, 129-134.
18. Garhammer J. A review of power output studies olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction and evaluation tests. *J Strength Cond Res*, 1993;7(2):76-89.
19. Garhammer J. Barbell trajectory and power changes: six attempt and four world records. *Weightlifting, USA*. 2001;19(3):27-30.

20. Garhammer J, Kauhanen H, Hakkinen K. A comparison of performances by women at the 1987 and 1998 world weightlifting championships. Science for Success Congress, Jyväskylä, Finland, October, 2002.
21. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Mavromatis G, Garas A. Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. *J Sports Sci*, 2000;18:643-52.
22. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Antoniou P, Christoforidis C, Mavromatis G, Garas A. Comparative 3-dimensional kinematic analysis of the snatch technique in elite male and female Greek weightlifters. *J Strength Cond Res*, 2002;16(3):359-366.
23. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Kalivas V, Antoniou P, Mavromatis G. Snatch lift kinematics and bar energetics in male adolescent and adult weightlifters. *J Sports Med Phys Fitness*, 2004;44:126-31.
24. Gourgoulis V, Aggeloussis N, Garas A, Mavromatis G. Unsuccessful vs. successful performance in snatch lifts: a kinematic approach. *J Strength Cond Res*, 2009; 23: 486-494.
25. Hall SJ. Basic Biomechanics, Fourth Edition, New York, The McGraw-Hill Companies, 2003;355-317.
26. Harbili E. Koparma tekniğinin biyomekanik analizi ve modellenmesi. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2006; 9-7.
27. Harbili E, Arıtan S. Koparma tekniğinin biyomekaniği. *Spor Bilimleri Dergisi Hacettepe*, 2006; 17(3) : 124-142.
28. Harbili E, Arıtan S. Halterde artan bar ağırlığının bar kinematiği ve güç çıktısı üzerine etkileri. *Spor Bilimleri Dergisi Hacettepe*, 2007; 18(3) : 126-136.
29. Hay JG. The Biomechanics of Sports Technique, Second Edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1978; 14.
30. Hiskia G. Biomechanical analysis of world and Olympic champion weightlifters performance. In: Proceedings of the Weightlifting Symposium. A. Lukacsfalvi and F Takacs, eds. Budapest, Hungary: International Weightlifting Federation, 1977; 137-158.
31. Hoover DL, Carlson KM, Christensen BK, Zebas CJ. Biomechanical analysis of women weightlifters during snatch. *J Strength Cond Res*, 2006;20(3):627-633.
32. İnce A. Elit erkek haltercilerde columna vertebralisin multidedektör bilgisayarlı tomografi görüntülerinin üç boyutlu rekonstrüksiyonu. Konya, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 2010; 3-4.
33. Isaka T, Okada J, Funato K. Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement of elite Asian weightlifters. *IntJ Sport Biomech*, 1996;12:508-516.
34. Knudson D. Fundamentals of Biomechanics, New York, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2003; 131-133-23.
35. LeVeau BF. Biomechanics of Human Motion, Third Edition, Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1991; 150.
36. Nigg BM, Herzog W. Biomechanics of the Musculo-Skeletal System, England, Jhon Wiley & Sons LTD, 1999; 97-65.
37. Özkaya N, Nordin M. Fundamentals of Biomechanics, Second Edition, New York, Springer-Verlag, 1999;315-25.

38. Öztürk Ö. Halter ve Güç Geliştirme, Ankara, Ertem Matbaacılık, 1992; 11.
39. Reiser FR, Smith SL, Rattan R. Science and technology to enhance weightlifting performance:the olympic program. NSCA, 1996;August:43-51.
40. Schilling BK, Stone MH, O'Bryant HS, Fry AC, Coglianesi RH, Pierce KC. Snatch technique of collegiate national level weightlifters. J Strength Cond Res, 2002;16(4):551-555.
41. Souza AL, Shimada SD, Koontz A. Ground reaction forces during the power clean. J Strength Cond Res, 2002;16(3):423-427.
42. Stone MH, O'Bryant HS, Williams FE, Johnson RL. Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. NSCA, 1998;August:30-38.
43. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement, Johna Wiley & Sons, Inc, 2005; 35.
44. Yazıcı Ç. Halter temel ağırlık Çalışmaları ve güç geliştirme, ikinci baskı, Ankara, Ertem Basın Yayın Dağıtım LTD.ŞTİ, 1997; 1.
45. Yeadon MR, Challis JH. Future directions for performance related research in sports biomechanics. The sports council. Ancient house pres, Ipswich, London. 1992; 6.
46. Vorobyev AN. A Textbook on weightlifting . In: Ttrans.WJ. Brice, ed. Budapest, Hungary: International Weightlifting Federation, 1978; 172-242.
47. Zatsiorsky VM. Kinetics of Human Motion, USA, Human Kinetics, 2002;265-84.

9. EKLER

10. ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul ve ortaokul eğitimini Niğde'de, liseyi Malatya'da tamamladı. 2005 yılında Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Eğitimi bölümünü kazanarak 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Eğitimi Ana Bilim Dalında yüksek lisansa başladı.