

# FARKLI BAR AĞIRLIKLARININ KALDIRILDIĞI KOPARMA TEKNİĞİNİN ÜÇ BOYUTLU BİYOMEKANİK ANALİZİ

Gökhan HADİ, Hasan AKKUŞ, Erbil HARBİLİ

Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

## ÖZ

*Çalışmanın amacı elit haltercilerin bir tekrar maksimal (1TM) bar ağırlığının yüzdelerinde (%60, %80, %100) yaptıkları koparma kaldırıışlarının 3 boyutlu kinematiklerini incelemek ve bar ağırlığındaki artışların koparma tekniği üzerindeki biyomekanik etkilerini karşılaştırmaktır. Araştırma Türkiye halter milli takımını oluşturan çeşitli kategorideki 7 erkek sporcu üzerinde yapılmıştır. Ölçümler milli takım kampı sırasında sporcuların yarışmaya hazırlık periyodunun başlangıcında gerçekleştirilmiştir. Vücut ağırlık merkezi (VAM) ve bar hareketinin 3 boyutlu kinematik analizinde APAS yazılımı (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA) kullanılmıştır. Kaldırıışların kinematikleri ve haltercilerin kaldırıış sırasında yaptığı toplam iş ve toplam güç çıktıları 0.05 anlamlılık düzeyinde tekrarlayan ölçümlerde parametrik olmayan Friedman testi ile karşılaştırıldı. İkili karşılaştırmalarda Benferroni testi kullanıldı. Analizler sonucunda haltercilerin birinci çekiş dikey iş, toplam dikey iş, toplam VAM dikey iş, ikinci çekiş VAM dikey iş arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). İkinci çekiş dikey iş, toplam yatay iş ve ikinci çekiş yatay iş arasında ise anlamlı farklılık bulunmamıştır. Koparma kaldırıışları sonucunda haltercilerin ikinci çekiş yatay güç, toplam güç ve toplam relatif güç çıktıları arasında anlamlı farklılık bulunmazken, birinci çekiş dikey güç, ikinci çekiş dikey güç, toplam dikey güç, VAM toplam dikey güç, ikinci çekiş VAM dikey güç, ikinci çekiş toplam güç ve ikinci çekiş relatif güç değerlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Kinematik değişkenler açısından bakıldığında ikinci çekişin süresi ve VAM'nin bar altına giriş süresinde anlamlı farklılık görülmezken, barın en yüksek dikey yer değiştirmesi, en yüksek dikey hızı, VAM en yüksek dikey yer değiştirmesi, VAM bar altına giriş hızı, birinci çekiş süresi, geçiş süresi, verimlilik ve barın düşüş mesafesi arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Sonuç olarak, koparma tekniğinde bar ağırlığı artırıldığında barın ulaştığı yükseklik ve hız azalmasına karşın vücudun bar altına girişi hızlanmıştır. Bar ve vücuttan oluşan sistemde bar ağırlığının artması, çekiş evresinde barın doğrusal kinematiğinde azalmaya, vücudun doğrusal kinematiğinde artışa neden olmuştur.*

**Anahtar Sözcükler:** Halter, Koparma, Biyomekanik, Hareket analizi

## 3-DIMENSIONAL BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SNATCH TECHNIQUE LIFTED IN THE DIFFERENT LOADS

### ABSTRACT

*The purpose of the study is to examine 3 dimensional kinematics of snatch lifting of elite weightlifters at one repetition maximal barbell weight percentage (60%, 80%, 100%) and to compare biomechanical effects of increased barbell weights on snatch technique. The study has been done on 7 elite male athletes in various categories of Turkey Weightlifting National Team. The measurements have been achieved during national team camp at the beginning of preparation to competition. APAS software (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA) has been used at the 3 dimensional analyze the movements of center of gravity (CG) and barbell. The measuring of total work and total power outputs of weightlifters during lifting and kinematics of lifts have been compared using repeated analysis of variance (ANOVA) and Benferroni test in 0,05 meaning level of significance. As a result of analyses, there have been significantly difference between vertical work done on the barbell during the first pull, total vertical work, total work done of CG and work done of CG during second pull ( $p<0.05$ ). On the other hand, there has not been found significantly difference work done on the barbell during second pull, total horizontal work done on the barbell, horizontal work done on the barbell during second pull. At the end of the snatch there were no significantly difference of lifters between horizontal power outputs at second pull, total power outputs and total relative power outputs of lifters but there has been found significantly difference between power outputs at the first pull, power outputs at second pull, total vertical power outputs, CG total vertical power outputs, and CG power outputs, total power outputs, relative power outputs during second pull ( $p<0.05$ ). When we consider in respect of kinematics variables, there were no significantly difference the time of second pull and drop under time of CG, on the other hand there were significantly difference between the maximum vertical displacement of the barbell, and its maximum vertical velocity, the maximum vertical displacement of the CG, drop under velocity of CG, the time of first pull, the time of transition, efficiency of lifting and drop displacement of barbell ( $p<0.05$ ). In conclusion, when the barbell weight has been increased at the snatch technique, although height of barbell and its velocity is decreased, the velocity of drop under the barbell of the body is increased. Increased of barbell weight induced a decrease of linear kinematics of barbell, and a increase of linear kinematics of body at the system composed the body and barbell during pull phase.*

**Key Words:** *Weightlifting, Snatch, Biomechanics, Motion analysis*

## **Giriş**

Koparma tekniğinin hareket örüntüsü barın bir tekrarda baş üzerine kaldırılmasıdır. Baş üzerine kaldırılan bar tam skuat pozisyonunda sabitlenir ve kontrollü bir şekilde barla birlikte ayağa kalkılır (Enoka, 1979; Baumann ve diğ., 1988; Garhammer ve Takano 1992; Schilling ve diğ., 2002; Reiser ve diğ., 1996). Koparma tekniğinin bütünü incelendiğinde, kaldırışın tamamen çekiş sırasındaki vücut ve barın hareketlerine bağlı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla koparma tekniğinde vücut ve bardan oluşan sistemin uyumu ve mükemmelliği başarılı kaldırışın en önemli anahtarı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Halterde yayınlanmış biyomekanik çalışmaların büyük bir çoğunluğu ulusal yarışmalarda (Bartonietz, 1996; Garhammer, 1980; Garhammer, 1982; Garhammer, 1991; Gourgoulis ve diğ., 2004; Souza ve diğ., 2002; Stone ve diğ., 1998) ve uluslar arası yarışmalarda (Burdett, 1982; Campos ve diğ., 2006; Enoka, 1988; Garhammer, 1985) çok az sayıda olmak kaydı ile de Dünya şampiyonalarına katılan (Garhammer, 2001) elit haltercilerin kaldırışlarından elde edilen bar ve vücut üyelerinin kinematiklerini içermektedir. Koparma tekniğinin çekiş evresinde bar kinematikiğinden yola çıkılarak hesaplanan iş ve güç değerlerini inceleyen çalışmalardaki ortak özellikler evreler arasındaki biyomekanik farklılıkları belirlemek ve koparma kaldırışının teknik bileşenlerini değerlendirmektir. Yapılan çalışmalara göre, birinci çekişteki mekanik işin ikinci çekişteki mekanik işe göre daha fazla olduğu ve barın dikey hızının ikinci çekiş sırasında maksimuma ulaştığı yönündedir (Gourgoulis ve diğ., 2004). Garhammer ve diğ., (2002) ne göre ikinci çekiş sırasındaki ba-

rın maksimum dikey hıza ulaşmasının temel nedeni olarak ikinci çekişin birinci çekiş evresine göre daha yüksek mekanik güce ihtiyaç duyması bir başka deyişle büyük bir kuvvetin daha kısa zaman aralığında uygulanmasına bağlıdır. Öte yandan birçok çalışmada mekanik gücün birinci çekiş evresine göre ikinci çekiş evresinde daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Baumann ve diğ., 1988; Enoka, 1979; Garhammer, 1985; Garhammer, 2001) . Mekanik iş ve güç çıktıları birinci çekişin kuvvet karakterli, ikinci çekişin ise daha çok güç karakterli olduğunu göstermektedir (Gourgoulis ve diğ., 2000). Dolayısıyla birinci çekişe göre ikinci çekiş sırasında görülen yüksek güç çıktısının nedenleri arasında çekiş sırasında barın hızındaki artış yanında çekiş süresinin kısalması gösterilmektedir. Bununla birlikte, Isaka ve diğ., (1996) belirttiğine göre çekişten sonra bar yüksekliğinin optimal bir şekilde maksimize, bar altına giriş sırasında ise bar yüksekliğindeki azalmanın minimize edilmesini başarıda etkili bir faktör olarak görülmektedir. Benzer bir görüşü Burdett (1982) yetenekli halterciler tarafından barın daha düşük yüksekliklere kaldırılmasının teknikte belirli bir avantaj oluşturduğunu ve bar altına giriş evresinde barın yüksekliğindeki azalmanın minimize edilmesinin toplam işte tasarrufa neden olduğunu ifade etmektedir. Koparma tekniğinde barın dikey hareketinin kaldırışın temel kriteri olması yanında yatayda da öne kaya hareketlerinin olduğu bilinmektedir. Barın dikey hareketi incelendiğinde birinci çekişte barın dikeydeki hızının arttığı, geçişte azaldığı, ikinci çekişte maksimuma ulaştığı, yatay hareketi incelendiğinde ise birinci çekişte sporcuya doğru yaklaştığı, ikinci çekişte ise uzaklaştığı bildi-

ılmaktadır (Hoover ve diğ., 2006). Stone ve diğ., (1998) barın yatay hareketlerinin de kaldırışta önemli olduğunu, elit haltercilerde barın başlangıç pozisyonuna göre geriye doğru yatayda 10 – 20 cm arasında yer değıştirdiğini, yatay hareketin daha fazla olması halinde bar altına girişte barın yakalanmasının zorlaştığını ve yatayda yapılan işin arttığını belirtmektedir. Garhammer (1985, 1993, 2002)'in çalışmalarında yarışma ortamında aynı kategorideki haltercinin kaldırdığı ağırlık arttırıldığında, çekiş sürelerinin uzadığı, maksimum ve ortalama çekiş hızlarının, maksimum bar yüksekliğinin ve güç çıktılarının azaldığı bulunmuştur. Bu bulgular ışığında koparma tekniğinde vücudun ve barın dinamik analizi, daha yüksek ağırlıkların kaldırılmasında etkili olan mekanik faktörlerin belirlenmesini ve performansı arttıracak önemli bilgilere ulaşılmasını sağlayacaktır.

Bu çalışmada amaç, elit seviyedeki haltercilerin 1 tekrar maksimalin (1TM) farklı yüzdelerinde yapılan (% 60, % 80 ve % 100) koparma kaldırışlarının üç boyutlu kinematiklerini incelemek ve bar ağırlığındaki artışların koparma tekniğı üzerindeki biyomekanik etkilerini karşılaştırmaktır.

## YÖNTEM

**Araştırma Grubu:** Çalışma Türkiye halter milli takımını oluşturan değışik kategorilerdeki 7 erkek sporcu üzerinde yapıldı. Ölçümler milli takım kampı sırasında sporcuların yarışmaya hazırlık periyodunun başlangıcında gerçekleştirildi. Tablo 1'de deneklerin fiziksel özellikleri, kategorileri ve bar ağırlıkları verilmiştir. 1 tekrar maksimum (1TM) bar ağırlığı araştırmanın yapıldığı hafta antrenörler tarafından haftalık kaydedilen en yüksek ağırlıklara göre belirlendi ve 1 TM bar ağırlığının % 60'ı (1TM60) ve % 80'i (1TM80) hesaplandı.

**Veri Toplama Araçları:** Hareket Analizi Sistemi; kamera, APAS (Ariel Performance Analysis System, San Diego, USA) hareket analizi yazılımı ve bilgisayardan oluşmaktadır. Bu sistem vasıtasıyla koparma tekniğı sırasında vücut üyelerinin ve barın 3 boyutlu hareketinin kinematik verisi elde edildi.

Elit haltercilerin koparma kaldırışlarının video görüntülerinin kaydedilmesinde saniyede 25 kare (50 alan/s) görüntü yakalayan 4 adet Sony marka (DCR-TRV18E) dijital kamera kullanıldı. 4 adet kamera platformun köşegenleri hizasına

**Tablo 1.** Araştırma grubunun fiziksel özellikleri ve 1 TM'nin yüzdeleri

Araştırma grubu	Yaş (yıl)	Vücut ağırlığı (kg)	Boy (cm)	Kategori (kg)	1TM60 (kg)	1TM80 (kg)	1TM100 (kg)
GA	27	58	150	56	66	88	110
SA	31	60	162	56	72	96	120
EB	20	64	156	62	72	96	120
YA	29	70	163	69	84	112	140
TS	22	81	171	77	78	104	130
HY	25	100	175	94	96	128	160
BS	32	107	176	105	96	128	160

haltercinin sagittal düzlemi ile yaklaşık 45° açı yapacak şekilde platformdan 7 m uzağa yerleştirildi. Şekil 1'de kameraların pozisyonları görülmektedir. 1 ve 2 numaralı kameralar vücudun ve barın sağ tarafını, 3 ve 4 numaralı kameralarda sol tarafını görüntülemek için optik eksenleri arasında yaklaşık 90 derecelik açıyla yerleştirildi. Çünkü Baumann ve diğ., (1988) göre iki boyutlu analizlerde iki önemli problemle yüz yüze kalındığını bildirmektedir. İlki, çekiş sırasında diz ekleminin ağırlık plakalarının arkasında kalarak ölçümün doğruluğunu etkileyen kritik noktaların sayısallaştırma işleminin engellenmesidir. İkincisi ise, iki boyutlu (sagittal düzlem) analiz sonucu hesaplanan diz eklem açısı ile 3 boyutlu analiz sonucu hesaplanan diz eklem açısı arasındaki farkın 15°'ye kadar ulaşmasıdır. Bu durum açısal değişimlerin doğruluğunu etkilemekte ve tek çözümün üç boyutlu hareket analizi olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle çalışmada bu bulgu referans alınmış ve kopar-

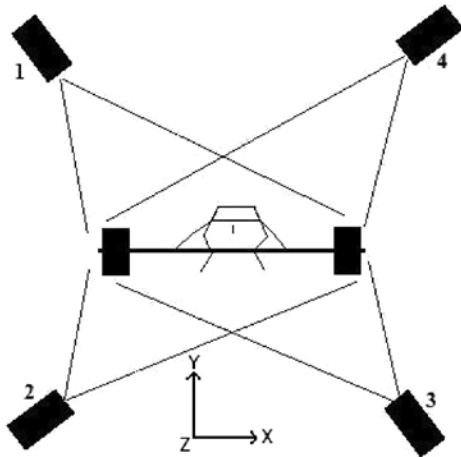
ma tekniğinin üç boyutlu kinematik analizi yapılmıştır.

**Kalibrasyon Kafesi:** Görüntü alanını üç boyutlu olarak metrik cinsten tanımlayabilmek için üzerinde 8 nokta işaretli 2.4 x 1.2 x 1.25 m ebatlarında kalibrasyon kafesi kullanıldı.

**Yansıtıcılar:** Çalışmada kullanılan 20 adet ışığa duyarlı yansıtıcı vücudun her iki yanındaki (ayakucu, topuk, ayak bileği, diz, kalça, omuz, dirsek, el bileği, ayrıca çene ve alın) antropometrik noktalara ve barın sağ ve sol ucuna olmak üzere her iki tarafı yapışkanlı bantlar kullanılarak yerleştirildi (Şekil 2).

**Aydınlatma:** Haltercinin vücudu üzerine yerleştirilen yansıtıcıların parlaması ve kaldırış görüntüsünün net alınması için her kameranın yanına 500 watt gücünde aydınlatma kaynağı (projektör) yerleştirildi.

**Verilerin Toplanması:** Her sporcu koparma tekniği ile 1 TM'nin % 60, % 80 ve % 100'üne karşılık gelen bar ağırlıklarını kaldırdı. Kaldırışlar arasında müsabaka standartlarına uygun dinlenme aralıkları verildi. Sporcuların yukarıda bahsedilen yüzdelerde tüm başarılı koparma teşeb-



Şekil 1. Koparma tekniğinin görüntü kaydı yapan kameraların yukarıdan görünümü



Şekil 2. Işığa duyarlı yansıtıcıların vücut ve bar üzerindeki yerleşim noktaları

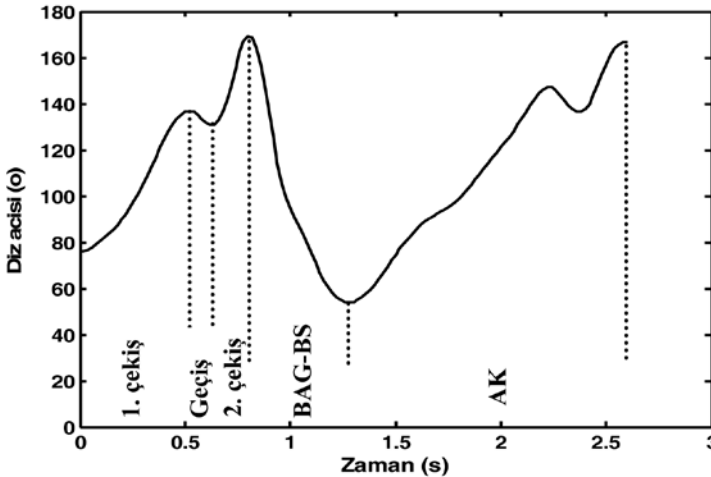
büsleri video kameraya kaydedildi. Koparma kaldırışlarının görüntüleri bilgisayar ortamına aktarıldı ve APAS hareket analizi yazılımında sayısallaştırıldı.

**Koparma Tekniğinde Evrelerin Belirlenmesi:** Koparma tekniğinin klasik evrelerinin yapısı diz eklem açısındaki değişimlere bağlıdır (Baumann ve diğ., 1988). Birinci çekiş (barın yerden kopuşu) alt ekstremitenin bütün eklemlerinde ekstansiyonla başlar. Dizdeki açı maksimuma ulaşır ve belirgin bir şekilde azalarak birinci çekişin sonunu işaret eden daha küçük açısala değere ulaşır. Daha sonra ikinci çekişin başlangıcını gösteren diz eklem açısında yeniden ekstansiyon başlar. Bu evre sırasında bar maksimum hıza ulaşır ve bu evrenin devamında bar altına giriş başlar (Baumann ve diğ., 1988).

Şekil 3'de sağ diz eklemine açısala değişimine göre belirlenen evreler görülmektedir. Sağ diz eklemine ilk ekstansiyonu birinci çekiş, ilk fleksiyonu ge-

çiş, ikinci ekstansiyonu ikinci çekiş, ikinci fleksiyonu bar altına giriş ve barın yakalanması ve üçüncü ekstansiyon ayağa kalkış evrelerini tanımlamaktadır.

**Evrelere Göre İşin ve Güç Çıktısının Hesaplanması:** Kameraların görüntüleme hızına bağlı olarak saniyede 25 adet (50 alan/s) görüntü karesinin sayısallaştırma işlemlerinden sonra barın kinematik verisi zamana bağlı olarak (0.02 saniye aralıklarla) elde edilmiştir. Koparma tekniğinin kinematik analizinde barın yer değiştirme ve hız verisi kullanıldı. Evrelerin süreleri, barın maksimum yatay ve dikey yer değiştirmesi ve barın maksimum dikey hızı 0.02 s zaman aralığında belirlendi. Barın yaptığı mekanik iş ve güç çıktısı hesaplamalarında barın kinematik verisi kullanıldı. Birinci çekiş ve ikinci çekiş sırasında bar üzerinde yapılan iş Garhammer (1993) tarafından ayrıntılı olarak tanımlanan metodolojiye göre barın potansiyel ve kinetik enerjisinin toplamı olarak hesaplandı (Eş.1).



Şekil 3. Diz eklem açısına göre koparma tekniğinin evreleri

$$\Delta ME_{Bar} = PE + KE$$
$$\Delta ME_{Bar} = mgh + \frac{1}{2}mv^2 \quad [E\text{ş.1}]$$

Birinci çekiş ve ikinci çekiş sırasında haltercinin güç çıktısı ise her evrede yapılan işin o evredeki süreye bölünmesi ile bulundu (Eş.2). Haltercinin relatif güç çıktısı ise vücut ağırlığına bölünerek bulundu.

$$P_{Bar} = \frac{\Delta ME}{\Delta t} \quad [E\text{ş.2}]$$

Bar üzerinde yapılan yatay iş barın yatay ivmelenmesinin bar kütlesi ile çarpımı sonucu elde edilen yatay kuvvet (Eş.3) ile yatay yöndeki yer değiştirmesi çarpılarak hesaplandı (Eş.4). 1. çekiş evresindeki toplam yatay iş, 1. çekiş evresinin süresine ve 2. çekiş evresinde yapılan toplam iş, 2. çekiş evresinin süresine bölünerek yatay güç çıktıları hesaplandı (Eş.5).

$$F_z = ma_z \quad [E\text{ş.3}]$$

$$W_z = F_z d_z \quad [E\text{ş.4}]$$

$$P = \frac{W_z}{\Delta t} \quad [E\text{ş.5}]$$

VAM'ın dikey ekseninde yaptığı iş sadece potansiyel enerji kullanılarak hesaplandı (Eş.6). VAM'ın güç çıktısı ise evrelerin süresine bölünerek hesaplandı (Eş.7).

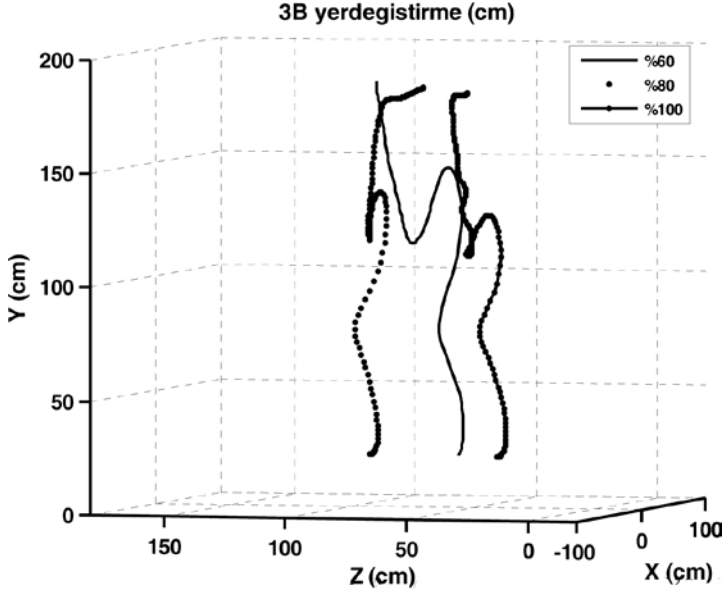
$$\Delta ME_{VAM} = mgh \quad [E\text{ş.6}]$$

$$P_{VAM} = \frac{\Delta ME_{VAM}}{\Delta t} \quad [E\text{ş.7}]$$

**Verilerin Analizi:** Koparma tekniğinin 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 1 TM'nin farklı yüzdelerinde yaptığı koparma kaldırışlarındaki belirlenen evrelerde iş ve güç çıktıları hesaplandı. 1 TM'nin % 60, % 80 ve % 100'ündeki bar ağırlıkları ile yapılan koparma kaldırışlarının kinematiki ve haltercilerin kaldırış sırasında yaptığı toplam iş ve toplam güç çıktıları 0,05 anlamlılık düzeyinde tekrarlayan ölçümlerde parametrik olmayan Friedman testi ile karşılaştırıldı. İkili karşılaştırmalarda Benforroni testi kullanıldı. Veriler ortalama ( $\bar{x}$ ) ve standart sapma (Ss) değerleri verilerek tablolandırıldı.

## BULGULAR

Şekil 4'te 1TM bar ağırlığının yüzdelelerinde yapılan koparma kaldırışlarında barın 3 boyutlu yörüngesi görülmektedir. Koparma kaldırışında barın sağa-sola (X eksenini) yer değiştirmesinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu ve barın kaldırış sırasında izlediği karakteristik yörüngesinin dikey ekseninde (Y eksenini) ve yatay ekseninde öne-arkaya (Z eksenini) hareketi ile YZ düzleminde gerçekleştiği görülmektedir. Haltercinin üç koparma kaldırışını incelendiğinde, artan bar ağırlığının kaldırışlardaki bar yörüngesini etkileyerek barın dikey ve yatay ekseninde yer değiştirme miktarının azaldığı gözlenmiştir. Dolayısıyla başarılı bir koparma kaldırışlarında, barın dikey eksen kinematiklerinin yanında yatay



Şekil 4. BS'nin 1TM bar ağırlığının % 60, % 80 ve % 100'ünde yaptığı koparma kaldırışlarında barın üç boyutlu yer değıştirmesi

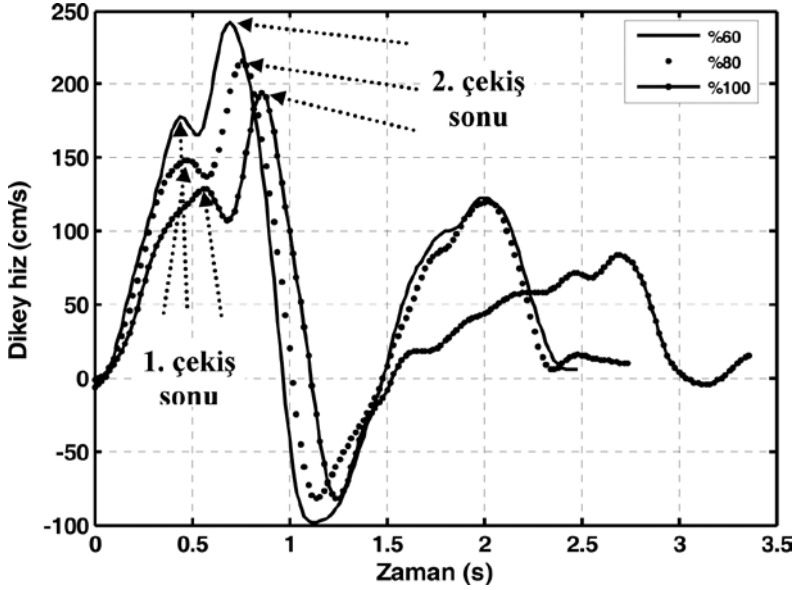
eksen kinematiklerinin de önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 5'te 1 TM bar ağırlığının %'lerinde koparma kaldırışlarında barın dikey eksende ulaştığı maksimum hızları görülmektedir. Birinci çekişle birlikte barın dikey eksen hızının arttığı, geçiş evresinde dikey hızın azaldığı ve ikinci çekişle birlikte barın dikey eksende maksimum hızına ulaştığı görülmektedir. Ayrıca birinci çekiş, ikinci çekiş evrelerinin ve kaldırışın toplam süresinin uzadığı görülmektedir.

Tablo 2'de 1TM'nin farklı yüzdeleri ile yapılan koparma kaldırışı sırasında birinci çekiş dikey iş değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 43,22, p < 0,01$ ). 1TM100 koparma kaldırışı sırasında birinci çekişte yapılan dikey iş 1TM60 ve 1TM80 de yapılan dikey iş

ten, 1TM80 de yapılan dikey işte 1TM60 ile yapılan dikey işten yüksektir ( $p < 0,01$ ). 1TM'nin farklı yüzdelerinde yapılan toplam dikey iş değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 58,17, p < 0,01$ ). 1TM100'de yapılan toplam dikey iş 1TM60 ve 1TM80 e göre anlamlı düzeyde yüksektir ( $p < 0,01$ ). Farklı yüzdelerdeki kaldırışlarda VAM'ın toplam iş değerlerinde de anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 7,28, p < 0,05$ ). 1TM80 de VAM'ın yaptığı toplam dikey iş 1TM100 de VAM'ın yaptığı toplam dikey işe göre daha yüksektir ( $p < 0,05$ ). İkinci çekiş sırasında VAM'ın yaptığı işin de 1TM'nin yüzdeleri arasında anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 8,71, p < 0,01$ ). 1TM100 ile yapılan koparma kaldırışının ikinci çekişinde VAM dikey iş değeri 1TM60 ile yapılan





**Şekil 5.** BS'nin 1 TM bar ağırlığının % 60, % 80 ve % 100'ünde yaptığı koparma kaldırışlarında 1. çekiş ve 2. çekiş evrelerinde barın ulaştığı maksimum dikey hız.

**Tablo 2.** 1 TM bar ağırlığının % 60, % 80 ve % 100'ünde yapılan koparma kaldırışlarında bar üzerinde yapılan yatay ve dikey iş ile VAM'ın yaptığı işin ortalama, standart sapma ( $\bar{x} \pm Ss$ ) ve varyans analizi sonuçları

Değişkenler	1TM60	1TM80	1TM100	F
	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	
$1_{\text{ç iş}}$ (J)	389,00 ± 127,98 <sup>a</sup>	503,00 ± 154,34 <sup>b</sup>	630,85 ± 180,72 <sup>c</sup>	43,22**
$2_{\text{ç iş}}$ (J)	446,42 ± 78,02	511,14 ± 103,44	511,14 ± 97,72	3,75
$Y_{\text{Topiş}}$ (J)	835,42 ± 151,13 <sup>a</sup>	1014,28 ± 182,93 <sup>b</sup>	1142,14 ± 217,33 <sup>c</sup>	58,17**
$Z_{\text{Topiş}}$ (J)	50,71 ± 26,71	55,28 ± 40,47	39,28 ± 32,04	2,31
$Z_{2\text{ç iş}}$ (J)	38,14 ± 21,65	44,00 ± 33,11	22,85 ± 18,25	3,40
$Y_{\text{TopVAMiş}}$ (J)	338,85 ± 119,73	337,85 ± 109,13 <sup>b</sup>	326,14 ± 104,44	7,28*
$Y_{2\text{VAMiş}}$ (J)	140,42 ± 36,60	132,00 ± 41,88	108,85 ± 25,39 <sup>c</sup>	8,71**

$1_{\text{ç iş}}$  : 1. çekiş dikey iş,  $2_{\text{ç iş}}$  : 2. çekiş dikey iş,  $Y_{\text{Topiş}}$  : Toplam dikey iş,  $Z_{\text{Topiş}}$  : Toplam yatay iş,  $Z_{2\text{ç iş}}$  : 2. çekiş yatay iş  $Y_{\text{TopVAMiş}}$  : Toplam VAM iş,  $Y_{2\text{VAMiş}}$  : 2. çekiş VAM iş.

\*  $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$  <sup>a</sup>  $p < 0,05$  düzeyinde 1TM80'den farklı, <sup>b</sup>  $p < 0,05$  düzeyinde 1TM100'den farklı, <sup>c</sup>  $p < 0,05$  düzeyinde 1TM60'den farklı

koparma kaldırışındaki iş değerinden değerden daha düşüktür ( $p<0,01$ ). Koparma kaldırışlarında VAM'nin toplam dikey işi ve ikinci çekişte yaptığı dikey iş artan bar ağırlığına bağlı olarak azalmaktadır. İkinci çekiş dikey iş, toplam yatay iş ve ikinci çekiş yatay iş değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Tablo 3'te birinci çekiş dikey güç değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmektedir ( $F_{(2,12)} = 23,25$ ,  $p<0,01$ ). 1TM100'ün birinci çekiş dikey güç değeri 1TM60'a göre daha yüksektir ( $p<0,01$ ). Koparma tekniğinde 1TM'nin farklı yüzdelerinde yapılan kaldırışların ikinci çekiş dikey güç de-

ğerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 38,94$ ,  $p<0,01$ ). 1TM60, 1TM80 ve 1TM100 ikinci çekiş dikey güç değerlerinin her biri arasında anlamlı bir fark bulunurken ( $p<0,05$ ), en yüksek değer 1TM100 ile yapılan kaldırışta elde edildiği görülmektedir ( $p<0,01$ ). Kaldırışlarda 1TM60, 1TM80 ve 1TM100'ün toplam dikey güç sonuçları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 26,47$ ,  $p<0,01$ ). Bu anlamlı fark 1TM60'ın 1TM80 ve 1TM100 değerlerinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır ( $p<0,01$ ). Toplam yatay güç arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 4,58$ ,  $p<0,05$ ).

**Tablo 3.** 1TM bar ağırlığının % 60, % 80 ve % 100'ünde yapılan koparma kaldırışlarındaki güç çıktısının ortalama, standart sapma ( $\bar{x} \pm Ss$ ) ve varyans analizi sonuçları

Değişkenler	1TM60	1TM80	1TM100	F
	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	
$1_{\text{ç}} \text{ güç (W)}$	817,71 ± 239,49	1008,42 ± 231,76	1081,28 ± 199,27 <sup>c</sup>	23,25**
$2_{\text{ç}} \text{ güç (W)}$	2026,71 ± 443,31 <sup>a</sup>	2309,00 ± 462,55 <sup>b</sup>	2595,28 ± 569,45 <sup>c</sup>	38,94**
$Y_{\text{Topgüç}} \text{ (W)}$	1174,28 ± 231,36 <sup>a</sup>	1413,85 ± 239,20	1467,28 ± 241,09 <sup>c</sup>	26,47**
$Z_{\text{Topgüç}} \text{ (W)}$	71,14 ± 35,88	76,42 ± 54,79 <sup>b</sup>	48,71 ± 40,40	4,58*
$Z_{2\text{ç}} \text{ güç (W)}$	170,42 ± 89,89	200,57 ± 155,84	126,28 ± 118,70	2,66
$Y_{\text{TopVAMgüç}} \text{ (W)}$	477,14 ± 182,15	469,14 ± 141,89 <sup>b</sup>	417,28 ± 119,90	11,79*
$Y_{2\text{VAMgüç}} \text{ (W)}$	647,57 ± 239,29	598,71 ± 213,94	558,28 ± 172,81 <sup>c</sup>	6,69*
$\text{Top}_{\text{güç}} \text{ (W)}$	1722,57 ± 441,44	1959,28 ± 422,40	1933,42 ± 392,29	4,56
$\text{Top}_{\text{relgüç}} \text{ (W/kg)}$	22,28 ± 2,13	25,85 ± 3,07	25,28 ± 2,98	5,17
$2_{\text{ç}} \text{ topgüç (W)}$	2844,57 ± 727,61 <sup>a</sup>	3108,28 ± 804,50	3279,85 ± 849,77 <sup>c</sup>	19,45**
$2_{\text{ç}} \text{ toprelgüç (W/kg)}$	37,28 ± 4,34	40,28 ± 4,88	42,71 ± 3,03 <sup>c</sup>	16,72**

$1_{\text{ç}} \text{ güç}$ : 1. çekiş dikey güç,  $2_{\text{ç}} \text{ güç}$ : 2. çekiş dikey güç,  $Y_{\text{Topgüç}}$ : Toplam dikey güç,  $Z_{\text{Topgüç}}$ : Toplam yatay güç,  $Z_{2\text{ç}} \text{ güç}$ : 2. çekiş yatay güç,  $Y_{\text{TopVAMgüç}}$ : VAM toplam dikey güç,  $Y_{2\text{VAMgüç}}$ : 2. çekiş toplam dikey VAM güç,  $\text{Top}_{\text{güç}}$ : Toplam güç,  $\text{Top}_{\text{relgüç}}$ : Toplam relatif güç,  $2_{\text{ç}} \text{ topgüç}$ : 2. çekiş toplam güç,  $2_{\text{ç}} \text{ toprelgüç}$ : 2. çekişte toplam relatif güç.

\*  $p<0,05$  \*\*  $p<0,01$  <sup>a</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM80'den farklı, <sup>b</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM100'den farklı, <sup>c</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM60'den farklı

1TM100'de toplam yatay gücün 1TM80' e göre anlamlı düzeyde azaldığı görülmektedir ( $p<0,05$ ).

1TM'nin yüzdelerinde yapılan kaldırışların toplam VAM dikey güçleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 11,79$ ,  $p<0,05$ ). Anlamlı fark 1TM80 ve 1TM100 toplam VAM dikey güç değerlerinden kaynaklanmaktadır ( $p<0,05$ ). Koparma kaldırışlarının ikinci çekişi sırasında VAM dikey güçlerinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 6,69$ ,  $p<0,05$ ). 1TM100'ün ikinci çekişinde VAM dikey güç 1TM60'ın ikinci çekiş VAM dikey gücüne göre anlamlı derecede düşüktür ( $p<0,05$ ). Kaldırışların ikinci çekiş toplam güç değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 19,45$ ,  $p<0,01$ ). 1TM80'in ikinci çekişi sırasında toplam güç değeri 1TM60'dan yüksek ( $p<0,01$ ) ve 1TM100'ün ikinci çekiş

toplam güç değeri de 1TM60 ve 1TM80'den yüksektir ( $p<0,01$ ). İkinci çekişte toplam relatif güç sonuçları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 16,72$ ,  $p<0,01$ ). Bu fark 1TM100 ile 1TM60 arasındaki anlamlı farklılıktan kaynaklanmaktadır ( $p<0,01$ ). İkinci çekiş yatay güç, toplam güç ve toplam relatif güç değerlerinde anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Tablo 4'te 1TM'nin yüzdelerinde yapılan koparma kaldırışlarında barın maksimum dikey yer değiştirmeleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 136,11$   $p<0,01$ ). Koparma kaldırışında barın dikeyde ulaştığı maksimum yüksekliğin anlamlı bir şekilde sırasıyla 1TM60, 1TM80 ve 1TM100'de giderek azaldığı görülmektedir ( $p<0,01$ ). Barın dikey ekseninde ulaştığı maksimum hızlar arasında

**Tablo 4.** 1TM bar ağırlığının % 60, % 80 ve % 100'ünde yapılan koparma kaldırışlarındaki kinematik değişkenlerin ortalama, standart sapma ( $\bar{x} \pm Ss$ ) ve varyans analizi sonuçları

Değişkenler	1TM60	1TM80	1TM100	F
	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	$\bar{x} \pm Ss$	
$Y_{maks}$ (m)	1,16 ± 0,9 <sup>a</sup>	1,06 ± 0,8 <sup>b</sup>	0,97 ± 0,7 <sup>c</sup>	136,11**
$V_{ymaks}$ (m/s)	2,30 ± 0,18 <sup>a</sup>	2,02 ± 0,18 <sup>b</sup>	1,79 ± 0,17 <sup>c</sup>	159,053**
$Y_{VAMmaks}$ (m)	0,45 ± 0,04	0,44 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,43 ± 0,03 <sup>c</sup>	23,22**
$V_{yVAMBAG}$ (m/s)	-1,49 ± 0,16 <sup>a</sup>	-1,73 ± 0,14 <sup>b</sup>	-1,97 ± 0,13 <sup>c</sup>	38,96**
1.çekiş (s)	0,42 ± 0,06	0,40 ± 0,03 <sup>b</sup>	0,46 ± 0,04	3,38*
Geçiş (s)	0,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,03	7,38*
2.çekiş (s)	0,20 ± 0,04	0,20 ± 0,04	0,18 ± 0,03	1,67
Verimlilik (%)	94,57 ± 1,98	95,28 ± 2,81 <sup>b</sup>	97,00 ± 2,00 <sup>c</sup>	8,81**
$T_{VAMBAG}$ (s)	0,75 ± 0,10	0,69 ± 0,6	0,65 ± 0,7	2,67
$B_{düş\ mes}$ (m)	0,24 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,04	0,13 ± 0,03 <sup>c</sup>	14,92**

$Y_{VAMmaks}$ : VAM'nin maksimum dikey yer değiştirmesi,  $V_{yVAMBAG}$ : VAM'nin bar altına giriş hızı,  $T_{VAMBAG}$ : VAM'nin bar altına giriş süresi,  $B_{düş\ mes}$ : barın düşüş mesafesi.

\*  $p<0,05$  \*\*  $p<0,01$  <sup>a</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM80'den farklı, <sup>b</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM100'den farklı, <sup>c</sup>  $p<0,05$  düzeyinde 1TM60'den farklı

da anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 159,05$ ,  $p < 0,01$ ). Barın maksimum dikey yer değiştirmesinde görülen anlamlı azalmaya barın dikey hızında görülen yavaşlamanın da eşlik ettiği görülmektedir ( $p < 0,01$ ).

Haltercilerin 1TM'nin % 60, % 80 ve % 100 ünde yapılan koparma kaldırışlarının bar altına giriş evresinde VAM'ın dikey hızları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 38,96$ ,  $p < 0,01$ ). 1TM'nin %60'ıyla yapılan koparma kaldırışlarında VAM'ın ortalama dikey hızı -149,39 cm/s ile 1TM'nin % 80 (-172,57 cm/s) ve 1TM'nin % 100 (-196,80 cm/s)'ünde yapılan koparma kaldırışlarındaki VAM'ın dikey hızına göre düşüktür. Diğer yandan 1TM'nin % 80'i ile yapılan koparma kaldırışlarında VAM'ın dikey hızı da 1TM'nin % 100'ündeki VAM'ın dikey hızına göre daha düşüktür. Aynı şekilde VAM'ın dikey yer değiştirmesinin 1TM'nin % 60, % 80 ve % 100'ü ile yapılan koparma kaldırışlarında anlamlı farklılık gösterdiği bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 23,22$ ,  $p < 0,01$ ). 1TM'nin %60'ı ve %80'i ile yapılan koparma kaldırışlarının çekiş sırasında VAM'ın ulaştığı yüksekliğin birbirine benzer olduğu (sırasıyla, 45,04 ve 44,02 cm), 1TM'nin %100'ü ile yapılan koparma kaldırışında ise VAM'ın yüksekliğinin %60 ( $p < 0,01$ ) ve %80'e ( $p < 0,05$ ) göre anlamlı düzeyde azaldığı bulunmuştur. Koparma kaldırışların teknik verimlilikleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 8,81$ ,  $p < 0,01$ ). Teknik verimlilikte 1TM100, 1TM60 ve 1TM80'den daha yüksektir ( $p < 0,01$ ). Barın düşüş mesafesi değerlerinde anlamlı bir farklılık bulunmuştur ( $F_{(2,12)} = 14,92$ ,  $p < 0,01$ ). 1TM60 ve 1TM80 ile 1TM60 ve 1TM100 arasında anlamlı bir farklılık vardır ( $p < 0,01$ ).

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı elit seviyedeki haltercilerin 1TM'nin yüzdelerindeki koparma kaldırışlarında artan bar ağırlığının bar ve vücut kinematikleri üzerine olan etkisini incelemek ve koparma tekniğinin biyomekanik analizini yapmaktır.

**Barın maksimum yüksekliği ve hızı:** Haltercilerin 1TM bar ağırlığının yüzdelerinde yaptıkları koparma kaldırışlarında barın maksimum dikey yer değiştirme ( $Y_{maks}$ ) değerlerinin bar ağırlığı arttıkça düştüğü görülmüştür. Garhammer (1985, 1993, 2002)'in yaptığı çalışmalarda yarışma ortamında haltercinin kaldırdığı ağırlık arttırıldığında barın maksimum dikey yer değiştirme değerlerinin azaldığı bildirilmektedir. Gourgoulis ve diğ., (2004) yaptığı çalışmada elit seviyedeki haltercilerin yaptıkları kaldırışlarda barın maksimum dikey yer değiştirmesi ortalama 125 cm, Gourgoulis ve diğ., (2002) başka bir araştırmasında ise 115 cm bulunmuştur. Bu çalışmada ise 1TM bar ağırlığının % 100'ünde sporcuların yaptıkları kaldırışlarda barın maksimum ortalama yer değiştirmesi 97 cm olarak bulunmuştur. Aradaki farkın en büyük nedeni Gourgoulis ve diğ.,'nin yaptığı çalışmadaki grup ile bu çalışmadaki grup arasındaki boy farkı başta olmak üzere fiziksel farklılıkların bulunmasıdır. Haltercilerden SA'nın yaptığı kaldırışta barın maksimum yer değiştirmesi ile Garhammer (1985)'in yaptığı çalışmada aynı vücut ağırlığına sahip ve aynı bar ağırlığını kaldıran haltercinin yaptığı kaldırışta barın maksimum yer değiştirme değeri aynıdır. Ayrıca aynı çalışmada başka bir sporcunun aynı vücut ve bar ağırlığı ile yaptığı kaldırışta barın maksimum yer değiştirme değerleri ile bu çalışmadaki haltercilerden BS ve HY'nin kal-

dışılarındaki barın maksimum yer değıştirme değeri benzerlik göstermektedir. Aynı haltercinin farklı bar ağırlığı ile yaptığı koparma kaldırışlarında artan bar ağırlığının en belirgin etkisi barın maksimum yüksekliğinin azalmasıdır. Bu durum haltercinin boy uzunluğundan bağımsız olarak meydana gelmektedir.

Koparma tekniğinde barın hız-zaman ilişkisi özellikle maksimum dikey hız antrenörlerin ilgilendiğı kadarı ile önemli bir boyuttur. Baumann ve diğ., (1988)'ine göre koparma tekniğı sırasında elit haltercilerde iki tip hız eğrisi vardır. İlki çekiş sırasında dikey hızda iki maksimum tepenin (Şekil 5'te görüldüğü gibi), ikincisi ise çekişte dikey hızda bir maksimum tepenin görülmektedir. Çekiş sırasında barın hızında bir maksimum tepenin gözlenmesi daha iyi haltercilerin bir karakteristiğı olduğu ve birinci durumun iyi haltercilerde nadiren görüldüğü bildirilmektedir (Baumann ve diğ., 1988). Bu çalışmada haltercilerin yaptıkları koparma kaldırışlarında bar ağırlığının artmasıyla beraber barın dikey hızı ( $V_{maks}$ ) azalmıştır. Kategorilerde vücut ağırlığının artışına bağılı olarak barın maksimum dikey hızı artarken (Baumann ve diğ., 1988), elit haltercilerde maksimal ağırlıkların kaldırılması sırasında genelde barın maksimum hızının azaldığı gösterilmiştir (Garhammer 1983, 1995). Bu nedenle artan bar ağırlığının barın dikey hızını doğrudan etkileyen mekanik bir faktör olduğu söylenebilir. Gourgoulis ve diğ., (2004) yaptığı çalışmada bildirilen barın maksimum dikey hızı ile bu çalışmadaki dikey hız benzerlik göstermektedir. Bu çalışmadaki barın maksimum dikey hızı ile Garhammer (1993)'in yaptığı çalışmadaki benzer fiziksel özelliğe sahip ve benzer ağırlık kaldıran haltercilerin kaldırışlarında gözlenen barın maksimum dikey hızın bir-

birine yakın olduğu görülmektedir. Isaka ve diğ., (1996)'nın araştırmasında ise barın maksimum hızı 186 cm/s olarak bildirilmiştir. Bu çalışmadaki 1TM bar ağırlığının % 100'ündeki ortalama değeri ise 179 cm/s dir. Isaka ve diğ., de bu çalışmadaki gibi yatay ve dikey bar hareketlerini incelemişlerdir. Değerler arasındaki küçük farklar sporcuların fiziksel ve teknik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Hoover ve diğ., (2006)'nın bayan halterciler üzerinde yaptıkları çalışmada da ağırlık arttıkça barın maksimum dikey hızının azalması diğer çalışmalarla beraber bu çalışmayı desteklemektedir.

Vücut ve bar bir sistem olarak değerlendirildiğinde, bar ağırlığı arttıkça bar yüksekliğinin ve dikey hızının azalmasıyla birlikte, sistemi oluşturan vücudun kinematikleri de değişmektedir. Bu değişimin en belirgin göstergesi bar altına giriş evresinde vücut ağırlık merkezinin dikey hızıdır. ikinci çekişte sistemin kinematik karakteristiğı incelendiğinde, ikinci çekişin sonunda gövdenin tam ekstansiyonu gerçekleşmekte ve bu sırada vücut ağırlık merkezi maksimum yüksekliğine, bar ise maksimum hızına ulaşmaktadır (Enoka, 1979). Bu andan itibaren ikinci 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. 1 TM'nin yzdelelerinde yapılan koparma kaldırışlarında, VAM'in yer çekimi yönünde hareket etmesinden kaynaklı negatif dikey hız değeri ( $V_{yVAMBAG}$ ) giderek artmış ve vücudun bar altına girişi hız-

lanmıştır. VAM'ın bar altına giriş süresinin ( $T_{VAMBAG}$ ) kısalması da VAM'ın bar altına giriş hızını arttırdığını destekleyen en belirgin göstergedir (Tablo 4). Halterci için bar altına girişte VAM'ın dikey hızının artmasının sağladığı en önemli avantaj barın düşüş mesafesinde görülen azalmayla belirginleşmektedir. Teknik açıdan daha kısa sürede hızlı hareket ederek vücudun bar altına girmesi ağırlığın kontrol edilebilmesini bir başka deyişle barın sabitlenmesini kolaylaştırmaktadır.

**Bar üzerinde yapılan iş:** Halterde koparma tekniğinin kinematik analizini yapmayı amaçlayan bu çalışmada haltercilerin yaptığı kaldırışlarda birinci çekiş ve ikinci çekiş iş değerlerinde barın ağırlığı arttıkça iş değerlerinde artış olduğu bulunmuştur. Tüm çekiş evresi incelendiğinde toplam dikey işinde artış gösterdiği görülmektedir. Yapılan koparma kaldırışlarında barın yüksekliği ve dikey hızı azalmasına rağmen yapılan işin artması, kaldırış sırasında sistemde baskın kütlelerin bar olduğunun açık bir göstergesidir. Gourgoulis ve diğ., (2004)'nin yaptıkları çalışmada ki birinci çekiş iş değerleriyle bu çalışmada 1TM bar ağırlığının %100'ünde bulduğumuz değerler birbirine benzerlik göstermektedir. Gourgoulis ve diğ., (2002)'nin yaptıkları çalışmada 523 J'lük bir ortalama değer bulunmuştur. Bu değer bu çalışmadaki bulunan değerden (630.85 J) ve Gourgoulis ve diğ., (2004) nin buldukları değerden (602.37 J) daha düşüktür. Bu değerler arasında görülen farklılığın temelinde kaldırılan bar ağırlığının ve çekiş sırasında bar kinematiklerinin farklı olması yatmaktadır. Bu çalışmaya alınan milli haltercilerden GA ve SA'nın birinci çekiş iş değerleri Harbili ve Arıtan (2005) in yaptığı çalışmadaki aynı

vücut ağırlığına sahip ve birbirine yakın ağırlıklar kaldıran haltercilerle benzerlik göstermektedir.

1 TM bar ağırlığının % 60'ında yapılan koparma kaldırışının ikinci çekişinde elde edilen iş değeri % 80'i ve % 100'ün de yapılan kaldırışlardaki ikinci çekiş iş değeri ortalamalarından düşüktür. Ancak 1TM bar ağırlığının % 80'i ve % 100'ün de yapılan kaldırışlardaki ikinci çekiş iş değerleri birbirine benzerdir. Gourgoulis ve diğ., (2002) yaptıkları çalışmada ikinci çekiş iş değerlerini ortalama 409 J, Gourgoulis ve diğ., (2004) ise 388 J olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ki değer 1TM bar ağırlığının %80'i ve %100'ün de 511 J' dür. Yapılan çalışmalar ile bu çalışma arasındaki farkın en büyük nedeni Gourgoulis ve diğ., (2002, 2004)'nin yaptığı iki çalışmada da iş hesabına VAM'ın yaptığı işi eklememeleridir. Dolayısıyla toplam iş düşmektedir. Harbili ve Arıtan (2005)'in yaptıkları araştırmada buldukları ikinci çekiş iş değerleriyle bu çalışma da benzer fiziksel özelliklere sahip ve benzer ağırlıkları kaldıran haltercilerin ikinci çekiş iş değerleri de benzerlik göstermektedir.

Barın dikey eksende hareketinin yanında yatay eksen hareketinin de koparma tekniğinde önemli olduğu vurgulanmaktadır (Schilling ve diğ., 2002). Çünkü koparmada yapılması zorunlu olan barın yatay hareket, kaldırış sırasında ek bir ivmelenmeye ve işe neden olmaktadır (Bumann ve diğ., 1988). Bu çalışmada haltercilerin 1 TM'nin yüzdelerinde yapılan koparma kaldırışlarında toplam yatay iş değerlerinde istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık bulunmadığı için kaldırışlardaki yatay işlerin birbirine benzer olduğu görülmüştür. Ancak teknik verimlilik yatay işte azalmanın önemini destekleyen bir

değişkendir. Dolayısıyla koparma kaldırırlarında artan bar ağırlığının bar kinematikleri üzerine olan etkisini gösteren teknik verimliliğin maksimal bar ağırlığında % 60 ve % 80'e göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bulunan değerler göstermiştir ki sporcular daha verimli bir kaldırış yapmak için barın yatay hareketini azalmakta muhtemelen bara uygulanan kuvvetin dikey bileşeni artmaktadır. Yatay işin azalması bar ağırlığı artıkça hareketin dikeyde gerçekleştiğinin bir kanıtı olarak görülebilir.

**VAM'ın yaptığı iş:** Garhammer (1993) yapılan iş hesaplarında potansiyel ve kinetik enerjinin toplamını ifade eden mekanik enerji değişimini kullanmakta ve ikinci çekiş sonunda VAM'ın dikeyde maksimum noktaya ulaştığını ve bu anda VAM'ın hızının sıfıra yakın olması nedeniyle kinetik enerjisinin ihmal edilebilir olduğunu belirtmektedir. Dolayısıyla VAM'ın dikey ekseninde yaptığı işin sadece potansiyel enerjiden hesaplanmasını önermektedir. İkinci çekiş VAM iş ve toplam VAM iş değerlerinde bar ağırlığı artıkça düşüş olduğu bulunmuştur. VAM'ın dikey ekseninde yaptığı işin azalması VAM'ın dikey ekseninde ulaştığı yüksekliğin düşmesiyle doğrudan ilişkilidir. Kaldırırlarda VAM'ın ulaştığı yüksekliğin azalması barın dikey eksen kinematiğinde görülen azalmalara benzer bir davranıştır. Ancak bar üzerinde yapılan işte gözlenen artış ile VAM'ın yaptığı işte görülen azalma uyum göstermemektedir. Bardaki azalan yer değiştirme ve hıza rağmen mekanik enerjideki değişim düşünülüğünde bar üzerinde yapılan işin artışını destekleyen tek faktörün artan bar kütlesi olduğu görülmektedir. Burada en önemli değişken ise barın dikey ekseninde yaptığı işe barın kinetik enerjisinin kat-

kısıdır. Bu bulgular, kaldırışın başarılı olabilmesi için haltercinin bara daha çok dikeyde kuvvet uyguladığını göstermektedir ve bu durumu bar üzerinde yapılan yatayda işin azalması da desteklemektedir.

**Koparma tekniğinin çekiş evrelerinde güç çıktısı:** Çekiş, halterde barın dikey ekseninde baş üzerine kaldırılmasını sağlayan ve hareketi tanımlayan kinematiklerin değişkenlik gösterdiği bir evredir. Bazı çalışmalarda koparma tekniğinde çekiş üç evreye ayrılarak biyomekanik analizler yapılmaktadır (Garhammer 1980). Bu evreler birinci çekiş, geçiş ve ikinci çekiş evresidir. Koparma ve silkme teknikleri sırasında tam bir çekiş barın platformla teması kestiği andan vücudun tam açıldığı çekişin yapılabildiği en son nokta olan barın maksimum hızına ulaştığı ana kadar olan zaman aralıklarında tanımlanır (Garhammer 2001). İkinci çekiş ise bar diz yüksekliğini geçtikten sonra tam çekişin gerçekleştiği ana kadar olan süreçtir. Bu evre Garhammer (2001)'e göre güç evresidir ve bar diz yüksekliğini geçtikten sonra kalçalar öne hareket ederek bara doğru yaklaşır. Enoka (1979) bu durumu diz eklemindeki yer değiştirmeyi dikkate alarak çift diz bükülme fazı olarak adlandırmaktadır. Enoka (1979)'ya göre bu fazda diz eklemine iki ekstansiyonun bir fleksiyonla ayrılması söz konusudur. Diz eklemine açılal hareketindeki ekstansiyonlar ve fleksiyon ikinci çekiş evresinin güç evresi olmasında önemli kinematik değişkenler olarak görülmektedir. Baumann ve diğ., (1988) diz eklemine hareket yapısındaki bu açılal değişimlerin özellikle geçiş evresindeki diz fleksiyonu sonrası diz ekstensör kaslarında depolanan elastik enerjinin ikinci çekiş evresine aktarılal olarak ikinci çekiş ev-

resinin güç evresi olmasına büyük katkı sağladığını vurgulamaktadır. Bu görüşü Gourgoulis ve diğ., (2004) çalışmasında elde edilen bulgularda desteklemektedir. Gourgoulis ve diğ., (2004) çalışmalarında birinci çekiş evresinin kuvvet, ikinci çekiş evresinin ise güç karakterli olduğunu bildirmektedir. Birinci çekişin kuvvete dayalı olmasının nedeni olarak birinci çekiş süresinin uzaması, ikinci çekişin güç karakterli olmasının nedeni de ikinci çekiş sürenin kısa olması gösterilmiştir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar görülmekte, artan bar ağırlığına bağlı olarak birinci çekiş ve geçiş evrelerinin süresi uzarken, ikinci çekişin süresi kısalmaktadır. Bu durumda birinci çekişin kuvvet ikinci çekişin ise güç karakterli olduğunu açıklayan bir bulgudur.

Garhammer (2001)'a göre güç sporları olarak adlandırılan skuat ve "deadlift" gibi kaldırışlarda güç çıktısının koparma ve silme gibi tekniğe dayalı sporlara göre daha fazla olduğu belirtilmektedir. Bar ağırlığındaki % 5 gibi küçük bir azalmanın bile hareketin hızındaki artışa ve kaldırışın daha kısa zaman aralığında gerçekleşmesine yansımakta ve dolayısıyla güç çıktısını arttırabilmektedir. Aynı araştırmada bar ağırlığı arttıkça (% 92.7, % 97.6 ve % 100) dikey ekseninde bar üzerinde yapılan işten hesaplanan toplam çekiş ve ikinci çekiş güç çıktısının azaldığı bulunmuştur. Dolayısıyla Garhammer'ın bulguları ile bu çalışmadaki 1 TM'nin yüzdelerinde yapılan koparma kaldırışlarının toplam ve ikinci çekiş güç değerlerindeki anlamlı artışlar birbiri ile çelişkili görülmektedir. Garhammer'ın çalışmasında artan bar ağırlığına bağlı olarak güç değerlerinin giderek azalması koparma kaldırışla-

rının yüzdeleri ile yakından ilişkilidir. Çünkü Garhammer'ın bulgularında hem performansının zirvesinde olan haltercilerin yarışma ortamının getirdiği yarışma stresine maruz kalmaları söz konusu hem de 1 TM bar ağırlığı ve bu ağırlığa çok yakın yüzdelerde yapılan koparma kaldırışları sporcunun performansının sınırlarında zorlayan düzeyde olması güç değerlerindeki azalmanın kaynağı olarak görülebilir. Bu çalışmada ise bar ağırlığı arttıkça güç çıktısında da görülen artışların 1 TM'deki yüzde değişimin geniş bir aralığa sahip olması, bir başka deyişle 1 TM bar ağırlığına yakın bar ağırlıkları ile kaldırışların yapılmamasıdır. Bu durumda etkili olabilecek bir diğer faktör haltercilerin performans düzeyleri ile güç çıktısı arasındaki sıkı ilişkidir. Garhammer (2001)'in çalışmasından farklı olarak bu çalışmada, elit halterciler müsabaka döneminin ilk hazırlık kampında haftada bir gün çıkılan maksimal ağırlıklar dikkate alınarak belirlenen 1 TM'lerin yüzdelerinde koparma kaldırışları yapmıştır. Ölçümler, haltercilerin yarışmaya hazırlık periyodunun başlangıcında alındığı için koparma performansları henüz zirveye ulaşmamıştı. Gourgoulis ve diğ., (2004) nın yaptıkları çalışmada ikinci çekiş ortalama güç değerlerini 2506 W olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki ortalama değer ise 3279 W'dır. Sporcuların benzer vücut ağırlıklarında ve benzer ağırlık kaldırmalarına rağmen oluşan bu farkın nedeni Gourgoulis ve diğerlerinin ikinci çekiş güç çıktısına VAM'ın ve barın yatay hareketi sırasında yapılan işten hesaplanan güç değerlerini eklememeleridir. Garhammer (1985) farklı vücut ağırlığına sahip sporcular üzerinde yaptığı çalışmada haltercilerin vücut ağırlıklarının artışıyla ikinci çekiş



güç değerlerinin de arttığını bildirmiştir. Aynı şekilde bu çalışmada da haltercilerin vücut ağırlıkları arttıkça ortaya çıkan ikinci çekiş güç değerlerinin arttığı gözlenmiştir. İki çalışma arasındaki değerlerde bireysel olarak farklılık vardır. Bu çalışmada ki ikinci çekiş güç değerleri Garhammer (1985)'in bildirdiği değerlerden daha düşüktür. Bunun en büyük nedeni ise; sporcuların vücut ağırlığının, kaldırılan bar ağırlıklarının, barın yatay hareketinin ve dikey hareketinin farklı olması ile VAM'ın dikey hareketlerinin farklı olmasına bağlıdır. Garhammer (1993, 1985)'e göre bar ağırlığı artırıldığında koparma ve silkmenin çekiş evrelerinin sürelerinin uzadığı, maksimum ve ortalama çekiş hızının, maksimum bar yüksekliğinin ve güç çıktılarının azaldığı bulunmuştur.

Sonuç olarak koparma tekniğinde bar ağırlığı artırıldığında barın ulaştığı yükseklik ve hız azalmasına karşın vücudun bar altına girişi hızlanmıştır. Bar ve vücuttan oluşan sistemde bar ağırlığının artması, çekiş evresinde barın doğrusal kinematığında azalmaya, vücudun doğrusal kinematığında artışa neden olmuştur.

**Yazar Notu :** Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Programında yapılan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**Yazışma Adresi (Corresponding Address):**

Dr. Erbil HARBİLİ

Selçuk Üniversitesi

Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

Alaeddin Keykubat Kampüsü, 42003

Selçuklu KONYA

e-posta: eharbili@selcuk.edu.tr

**KAYNAKLAR**

- Bartonietz KE. (1996). Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency. *National Strength & Conditioning Association*, June, 24-31.
- Baumann W, Gross V, Quade K, Galbierz P, Schwirtz A. (1988). The snatch technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4:68-89.
- Burdett RG. (1982). Biomechanics of the snatch technique of highly skilled and skilled weightlifters. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53(3), 193-197.
- Campos J, Poletaev P, Cuesta A, Pablos C, Carratala V. (2006). Kinematical analysis of the snatch in elite weightlifters of different weight categories. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4):843-50.
- Enoka RM. (1979). The pull in Olympic weightlifting. *Medicine Science in Sports*, 11, 131-137.
- Enoka RM. (1988). Load and skill-related changes in segmental contributions to a weightlifting movement. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 20(2), 178-187.
- Garhammer J. (1980). Power production by Olympic weightlifters. *Medicine & Science in Sports and Exercise*, 12(1), 54-60.
- Garhammer J. (1982). Energy flow during Olympic weightlifting. *Medicine & Science in Sports and Exercise*. 14(5), 353-360.
- Garhammer J. (1985). Biomechanical profile of Olympic weightlifters. *Inter-*

- national Journal of Sport Biomechanics*, 1, 122-30.
- Garhammer J. (1991). A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 3-11.
- Garhammer J, Takano B. (1992). Training for weightlifting. (PV Komi, Ed.). *Strength and Power in Sport*. (s. 357-362). Blackwell Scientific Publications.
- Garhammer J. (1993). A review of power output studies of olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7(2), 76-89.
- Garhammer J. (2001). Barbell trajectory, velocity and power changes: Six attempt and four world records. *Weightlifting*, 19(3), 27-30.
- Garhammer J, Kauhanen H, Hakkinen KA. (2002). Comparison of performances by woman at the 1987 and 1998 world weightlifting championships. *Science for Success Congress*, Jyvaskyla, Finland, October.
- Gourgoulis V, Aggelousis N, Mavromatis G, Garas A. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. *Journal of Sport Science*, 18, 643-52.
- Gourgoulis V, Aggeloussis N, Antoniou P, Chritoforidis C, Mavromatis G, Garas A. (2002). Comparative 3-Dimensional kinematic analysis of the snatch technique in elite male and female Greek weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 359-366.
- Gourgoulis V, Aggeloussis N, Kalivas V, Antoniou P, Mavromatis G. (2004). Snatch lift kinematics and bar energetics in male adolescent and adult weightlifters. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44, 126-31.
- Harbili E, Arıtan S. (2005). Elit haltercilerde koparma tekniğinin karşılaştırmalı biyomekanik analizi. *Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 16(3):124-134.
- Hoover DL, Carlson KM, Christensen BK, Zebas CJ. (2006). Biomechanical analysis of women weightlifters during the snatch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3):627-33.
- Isaka T, Okada T, Fuento K. (1996). Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement in elite asian weightlifters. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 508-516.
- Reiser FR, Smith SL, Rattan R. (1996). Science and technology to enhance weightlifting performance: The olympic program. *National Strength & Conditioning Association*, August:43-51.
- Schilling BK, Stone MH, O'Braynt HS, Fry AC, Coglianesi RH, Pierce KC. (2002). Snatch technique of collegiate national level weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 551-555.
- Souza AL, Shimada SD, Koontz A. (2002). Ground reaction forces during the power clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3):423-427.
- Stone MH, O'Braynt HS, Williams FE, Johnson RL. (1998). Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. *National Strength & Conditioning Association*, August, 30-38.