

HALTERDE ARTAN BAR AĞIRLIĞININ BAR KİNEMATİĞİ VE GÜÇ ÇIKTISI ÜZERİNE ETKİLERİ

Erbil HARBİLİ¹, Serdar ARITAN²

¹Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

²Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

ÖZ

Bu çalışmanın amacı artan bar ağırlığının bar kinematikleri ve güç çıktıları üzerindeki etkisini araştırmak ve yarışma sırasında elit haltercilerin koparma tekniklerini değerlendirmektir. Çalışmada saniyede 50 alan kayıt yapabilen 2 adet S-VHS video kamera kullanılarak Türkiye Büyükler Halter Şampiyonası sırasındaki koparma kaldırışlarının görüntüleri kaydedildi. Sekiz haltercinin üç koparma teşebbüsünden başarılı olan en ağır iki koparma kaldırışının kinematik analizi için APAS (Ariel Dynamics, San Diego, CA) yazılımı kullanıldı ve barın ve vücudun uzaysal koordinatları yazılım vasıtasıyla Doğrudan doğrusal Dönüşüm (DLT) algoritması ile hesaplandı. İşaretlenen tüm noktaların zamana bağlı yer değiştirme verisi kesme frekansı 4 Hz olan alçak geçiren sayısal filtre ("Butterworth") kullanılarak filtrelendi. Başarılı koparma kaldırışları arasındaki kinematik farklılıkların analizinde bağımlı gruplarda t-testi kullanıldı. Çalışmada, artan bar ağırlığının başarılı koparma tekniklerinin evre süreleri arasında anlamlı bir farklılığa neden olmadığı, barın yatay yer değiştirmesini, 1. çekiş ve toplam güç çıktısını, verimliliği ve barın düşüş yüksekliğinde anlamlı bir değişime neden olmadığı bulunmuştur. Ancak artan bar ağırlığı ile barın dikey hızı, maksimum yüksekliği ($p<0.05$) ve 2. çekişin güç çıktıları arasında anlamlı bir azalma bulunmuştur ($p<0.05$). Sonuçta, bar kütleindeki artışa rağmen evre sürelerinin benzer oluşu ve dikey hız ve yer değiştirmenin azalması 2. çekişteki güç çıktısındaki azalmanın en önemli kinematik değişkeni olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Biyomekanik, Koparma, Halter*

EFFECTS OF INCREASED LOAD ON BARBELL KINEMATIC AND POWER OUTPUT IN WEIGHTLIFTING

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate effects of increased load on barbell kinematics and power outputs and evaluate snatch technique of the elite weightlifters during competition. In the study, snatch lifts were recorded by using two S-VHS cameras operating at 50 fields per second APAS (Ariel Performance Analysis System, San Diego USA) software was used for 3D kinematic analysis of the heaviest successful two snatch lifts among the 3 lift attempts of each subject. Spatial co-ordinates of body

and barbell were calculated using the Direct Linear Transformation (DLT) procedure by APAS software. A low pass butterworth digital filter with a 4 Hz cut-off frequency was used for the filtering the raw coordinate data. The t-test for dependent samples was used for the statistical treatment of data. In this study, there was no difference between successful snatch lifts in duration of the phases, horizontal displacements, first pull, total pull, efficiency and drop displacement of the bar. However, effects of increased load were significantly differences between successful snatch lifts on maximum height of barbell and its vertical velocity ($p<0.05$), and there was significantly difference between successful snatch lifts in power outputs of second pull ($p<0.05$). In conclusion, despite increased load, durations of phases were similar each other and the lesser the vertical barbell velocity and decreasing of maximum height are the most important kinematic variables in reducing power output in the second pull.

Key Words: Biomechanics, Snatch, Weightlifting

GİRİŞ

Halter'de en önemli amaçlardan biri daha büyük ağırlıkları kaldırmayı sağlayan tekniğin geliştirilmesidir (Schilling ve diğ., 2002; Campos, 2006). Bilindiği gibi halterde yarışma performansını sıkı kurallarla kontrol edildiği için haltercilerin teknikleri arasında büyük değişimler beklenmez. Ancak yarışma sırasında tüm teşebbüsler sonunda hedef en büyük ağırlığı kaldırmak olduğuna göre bar ağırlığındaki artışların teknik üzerindeki etkilerini biyomekanik açıdan sorgulamak ve farklılıkları ortaya koymak oldukça önemlidir. Yarışma sırasında koparma performansının biyomekaniğini araştıran çalışmalarda; çok yetenekli ve yetenekli haltercilerin (Burdett, 1982; Enoka, 1988), cinsiyetlerin (Garhammer, 1991; Gourgoulis ve diğ., 2002), genç ve yetişkin haltercilerin (Gourgoulis ve diğ., 2004) teknikleri arasındaki kinematik farklılıkların karşılaştırıldığı görülmektedir. Burdett (1982)'a göre, çok yetenekli haltercilerin yetenekli haltercilere göre barı dikey ekseninde daha az yükseğe çektiği ve bu durum çekiş sırasında bar üzerinde yapılan

işte mekanik bir avantaj oluşturmaktadır. Enoka (1988) bar ağırlığı ve teknik becerinin eklemlerdeki gücü diz eklemi başta olmak üzere etkilediğini bildirmektedir. Ayrıca Enoka (1988) yetenekli ve daha az yetenekli halterciler arasındaki temel farklılığın daha çok tekniğin çekiş evresinde gerçekleşen çift diz bükülme fazındaki geçici düzenlenmeden kaynaklandığını belirtmektedir. Cinsiyetler arasındaki farklılıklara bakıldığında kadın haltercilerde erkek haltercilere göre daha düşük güç değerleri görülmekte (Garhammer, 1991), kadın haltercilerin geçiş evresinde dizlerini erkeklerden daha yavaş ve daha az bükükleri, 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 bulunmuştur (Gourgoulis ve diğ., 2002). Araştırmacılar, bu mekanik farklılıkları kısmen kadınların haltere erkeklerden daha sonra katılımcı olmalarına bağlamaktadır. Gourgoulis ve diğ., (2004)'nin bir diğer çalışmasında

yetişkin haltercilerle genç halterciler arasındaki temel farklılık yetişkin haltercilerin teknik açıdan daha üst seviyede ve gücün baskın bir oranda daha yüksek olmasına bağlanmaktadır.

Bu çalışmalarda ortak nokta haltercilerin başarılı maksimal kaldırışların karşılaştırılmasıdır. Artan bar ağırlığının koparma tekniği üzerindeki kinematik etkilerini sorgulayan çalışmalar incelendiğinde ise, bar ağırlığı arttıkça koparma tekniğinin evrelerinde güç çıktısının, barın maksimum dikey hızının ve çekiş yüksekliğinin azaldığı, çekiş sürelerinin yaklaşık saniyenin yüzde biri civarında uzadığı görülmektedir (Garhammer, 1993; Garhammer, 2002). Bu bulgulara benzer bir çalışma Hoover ve diğ., (2006) tarafından yapılmış ve 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. Erkeklerde ise Garhammer (2001)'in yaptığı çalışmada 1999 Dünya Gençler Şampiyonasında altın madalya alan haltercinin (VA: 57.2 kg) üç başarılı koparma tekniğinin kinematik analizinde (95 kg, 100 kg ve 102.5 kg) barın maksimum dikey eksen hızının sırasıyla 2.17 m/s, 1.95 m/s ve 1.70 m/s olduğunu, barın ikinci çekiş sonrası dikey eksende ulaştığı maksimum yüksekliğin sırasıyla 1.03 m, 1.02 m ve 0.91 m olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada bir diğer sporcunun (VA:61.6 kg)) üç başarılı koparma tekniğinin kinematik analizinde (142.5 kg, 148 kg ve 150 kg) barın maksimum dikey eksen hızının sırasıyla 1.92 m/s, 1.88 m/s ve 1.82 m/s olduğunu, barın ikinci çekiş sonrası

dikey eksende ulaştığı maksimum yüksekliğin sırasıyla 0.93 m, 0.91 m ve 0.89 m olduğu bulunmuştur. Bar kinematiğindeki değişimleri gösteren bu bulgular bar ağırlığındaki artışların barın dikey hızında yavaşlama, yer değiştirmesinde ve güç çıktılarında da azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Bunun yanında barın aşırı yatay hareketleri özellikle bar altına girişte haltercinin dengesini bozan bir risk olarak görülmektedir (Hoover ve diğ., 2006). Bu nedenle 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 çekişin sonundan maksimal yüksekliğe ulaştığı noktaya kadar olan maksimum yatay mesafedir (halterciye doğru pozitif yer değiştirme).

Bu çalışmanın amacı artan bar ağırlığının bar kinematiği ve güç çıktıları üzerindeki etkisini araştırmak ve değerlendirmektir.

YÖNTEM

Araştırma Grubu: Araştırmada Türkiye Büyükler Halter Şampiyonasına (Kırıkkale, 2003) katılan elit erkek haltercilerin tüm koparma kaldırışlarının video görüntüleri kaydedildi. Şampiyonaya katılan on üç elit halterciden sekizi en az iki başarılı koparma kaldırışı yapmış ve sekiz halterciden sadece ikisi üç koparma teşebbüsünde de başarılı olmuştur. Bu çalışmada sekiz haltercinin üç koparma teşebbüsünden başarılı olan en ağır iki koparma kaldırışı kinematik analiz için seçilmiştir.

Tablo 1. Elit haltercilerin fiziksel özellikleri ve seçilen koparma kaldırışları

Halterci no	Kategori (kg)	Boy (m)	VA (kg)	Başarılı koparma teşebbüsleri	
				Bar kütlesi (kg)	Bar kütlesi (kg)
1	62	1.46	60.4	1S-100	2S-115
2	62	1.48	62.0	1S-130	2S-135
3	69	1.67	68.9	1S-115	2S-120
4	77	1.70	76.0	1S-145	2S-150
5	85	1.70	81.8	2S-155	3S-160
6	85	1.76	82.1	1S-150	2S-155
7	85	1.76	82.3	1S-160	2S-165
8	105	1.78	100.5	1S-162.5	2S-167.5

1S: Birinci koparma teşebbüsü, 2S: İkinci koparma teşebbüsü, 3S: Üçüncü koparma teşebbüsü

Veri Toplama Araçları: Yarışma sırasında görüntü kaydı için saniyede 25 kare (50 alan/s) S-VHS kayıt yapabilen iki adet kamera (Panasonic NV-MS2b) kullanıldı. Kameralar, optik eksenini haltercinin frontal düzlemi ile yaklaşık 45° açı yapacak şekilde yerleştirildi. Pozlama hızı 1/500 olacak şekilde ayarlandı. Görüntü alanını üç boyutlu olarak tanımlayabilmek için üzerinde 12 nokta işaretli (2.5 x 2.5 x 2 m) ebatlarında kalibrasyon kafesi kullanıldı.

Verilerin toplanması: Türkiye Halter Şampiyonası sırasında kaydedilen görüntüler görüntü yakalama kartı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarıldı. Hareket analizi yazılımında her iki kamera görüntüsü barın yerden ayrılışı dikkate alınarak eşleştirildi. Haltercilerin vücudunun ve barın kinematik verisini elde etmek için vücut üzerinde 18 antropometrik nokta, ayrıca bar üzerinde de 2 nokta işaretlendi. Bu noktalar Ariel Performans Analiz Sistemi (Ariel Dynamics, San Diego, CA)

yazılımı kullanılarak sayısallaştırıldı. Sayısallaştırılan noktaların uzaysal konumları kalibrasyon kafesinin değerleri kullanılarak Doğrudan Doğrusal Dönüşüm (DLT) algoritması ile hesaplandı. İşaretlenen tüm noktaların zamana bağlı yer değiştirme verisi kesme frekansı 4 Hz olan alçak geçiren sayısal filtre ("Butterworth") kullanılarak filtrelendi.

Verilerin analizi

Koparma tekniğinde evrelerin belirlenmesi:

Koparma tekniğinin evreleri haltercinin sağ diz eklem açısı (Baumann ve diğ., 1988) ve barın dikey eksen konumu (Gourgoulis ve diğ., 2004) referans alınarak belirlendi (Şekil 1).

(a) 1. çekiş : Barın yerden ayrılışından maksimum diz ekstansiyonuna kadar.

(b) Geçiş : Maksimum diz ekstansiyonundan maksimum diz fleksiyonuna kadar.

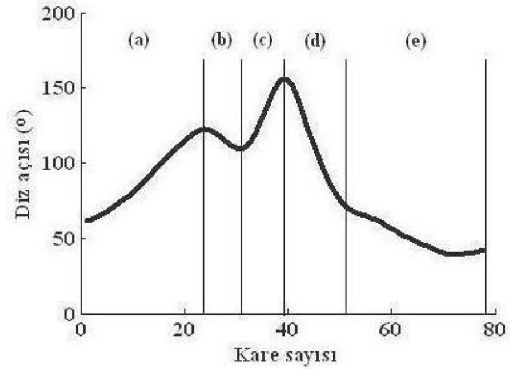
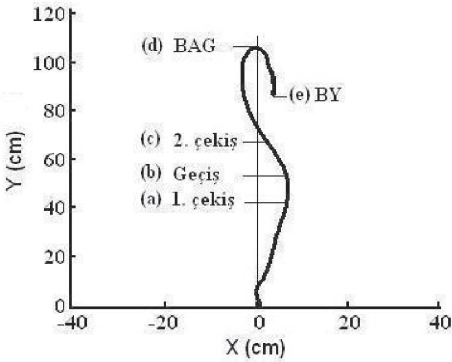
(c) 2. çekiş : maksimum diz fleksiyonundan 2. maksimum diz ekstansiyonuna kadar.

(d) Bar altına giriş (BAG) : 2. maksimum diz ekstansiyonundan barın maksimum yüksekliğine kadar.

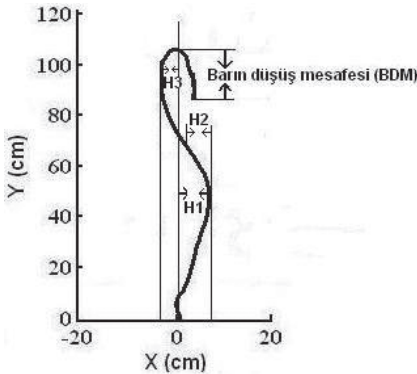
(e) Barın yakalanması (BY): Barın maksimum yüksekliğinden tam skuat pozisyonunda sabitlenmesine kadar.

Kameraların görüntüleme hızına bağlı olarak saniyede 50 adet görüntü kare-

sinin 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 ve 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



Şekil 1: Koparma tekniğinin evrelerinin belirlenmesini sağlayan bar yörüngesi ve sağ diz ekleme açısı



Şekil 2: Koparma tekniğinde barın yatay yer değiştirmesi ve barın düşüş mesafesi

ve ikinci çekiş sırasında bar üzerinde yapılan iş Garhammer (1993) tarafından ayrıntılı olarak tanımlanan metodolojiye göre barın potansiyel ve kinetik enerjisinin toplamı olarak hesaplandı ($W=\Delta ME$, W =iş, ME =Mekanik enerji). 1. çekiş ve 2. çekiş sırasında haltercinin güç çıktısı ise her evrede yapılan işin o evredeki süreye bölünmesi ile bulundu.

Verilerin Analizi: Elit haltercilerin başarılı koparma teşebbüslerinin kinematik veriler üzerindeki etkisini ve aralarındaki farklılıkları araştırmak için evrelerin süreleri, barın evrelere göre yatay yer değiştirmesi,

dikey ekseninde ulaştığı maksimum yükseklik ve hız değerleri belirlendi ve 1. çekiş ve 2. çekiş için hesaplanan mekanik iş ve güç çıktıları değerleri hesaplandıktan sonra verinin istatistiksel analizinde normal dağılımı test etmek için Kolmogorov-Smirnov testi, varyansın homojenliği için ise Levene testi kullanıldı. Başarılı koparma tekniklerinde artan bar ağırlığının kinematik veriler ile mekanik iş ve güç çıktıları üzerindeki etkisi bağımlı gruplarda t-testi kullanılarak belirlendi. Anlamlılık seviyesi 0.05 kabul edildi.

BULGULAR

Başarılı koparma kaldırışlarında artan bar ağırlığının bar kinematikleri ve güç

çtıları üzerindeki etkileri ve aralarındaki farklılıklar aşağıdaki tablolarda ve grafiklerde sunulmuştur.

Artan bar ağırlığının (+5 kg) başarılı koparma kaldırışlarındaki evrelerin süreleri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Haltercilerin her iki koparma kaldırışında artan bar ağırlığının 1. çekiş, geçiş ve 2. çekiş evrelerinin sürelerini değiştirmediği, ancak en ağır koparma kaldırışında (A2) barın yakalanma (BY) ve toplam çekiş sürelerinin bir önceki koparma kaldırışının (A1) aynı evrelerinin sürelerine göre anlamlı bir fark olmamasına rağmen uzadığı görülmüştür.

Tablo 2. Üç koparma teşebbüsünden başarılı olan en ağır iki koparma kaldırışında evre sürelerinin analizi

Evrelerin süresi	N	Koparma teşebbüsü		t değeri
		A1	A2	
1. çekiş (s)	8	0.45±0.05	0.44±0.05	1.18
Geçiş (s)	8	0.13±0.02	0.14±0.03	-1.98
2. çekiş (s)	8	0.17±0.01	0.17±0.02	-1.00
BAG (s)	8	0.24±0.01	0.24±0.01	1.52
BY (s)	8	0.28±0.06	0.33±0.10	-1.90
Toplam çekiş (s)	8	1.28±0.11	1.34±0.16	-1.55

Tablo 3. Üç koparma teşebbüsünden başarılı olan en ağır iki koparma kaldırışında barın yatay yer değiştirmesi

Evreler	N	Koparma teşebbüsü		t değeri
		A1	A2	
H1 (cm)	8	7.90±2.40	7.20±2.80	1.40
H2 (cm)	8	-2.60±4.40	-2.20±3.10	0.71
H3 (cm)	8	5.10±3.40	4.40±3.30	1.02

H1: 1. çekiş sırasında maksimum yatay değiştirme

H2: 1. çekişin sonundan 2. çekişin sonuna kadar olan maksimum yatay yer değiştirme

H3: 2. çekişin sonundan maksimum bar yüksekliğine kadar olan maksimum yatay yer değiştirme

Şekil 2’de gösterildiği gibi barın yatay yer değiştirmesi Garhammer (1985) göre H1, H2 ve H3 olarak düzenlenmiştir. H1, H2 ve H3’de barın yatay yer değiştirmesi her iki koparma kaldırışında da benzer bulunmuştur. Koparma kaldırışlarında artan bar ağırlığının barın yatay hareketinde anlamlı bir farklılığa neden olmaması nedeniyle her iki koparma kaldırışında barın birbirine benzer bir hareket seyri izlediğini göstermiştir.

Verimlilik: Toplam dikey işe toplam dikey ve yatay işin yüzde oranı; Y_{maks} : 2. çekişten sonra barın ulaştığı maksimum yükseklik; V_{ymaks} : 2. çekişte barın dikey ekseninde ulaştığı maksimum hız; BDM: Barın maksimum yükseklikten haltercinin bar altına girdiği ana kadar olan dikey yer değiştirmesi

* $p < 0.05$

1. çekiş evresindeki güç çıktısı ile toplam güç çıktısı A1 ve A2’de arasında benzerlik gösterirken, 2. çekişteki güç çıktıları A1’de A2’ye göre daha yüksektir ($t_{(7)} = 2.41$, $p < 0.05$). Barın yatayda yaptığı işin belirleyici olduğu verimlilik değişkeninde A1 ve A2’nin benzer olduğu ve barın düşüş

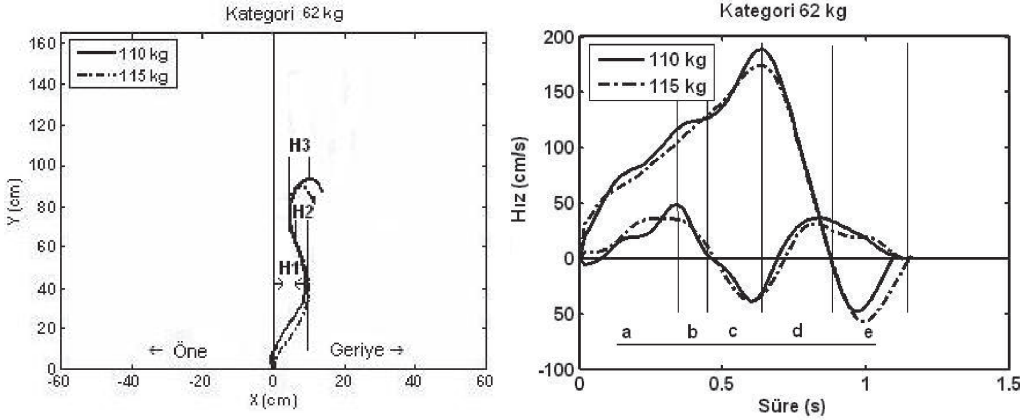
mesafesinin de A1 ve A2’de anlamlı bir değişim göstermediği bulunmuştur. Barın hem maksimum yüksekliği ($t_{(7)} = 3.92$, $p < 0.05$) hem de dikey maksimum hızının ($t_{(7)} = 4.24$, $p < 0.05$) A2’de A1’e göre azaldığı bir başka deyişle barın maksimum yüksekliğinin azaldığı ve barın dikey hızında yavaşlama olduğu görülmektedir.

TARTIŞMA

Garhammer (1980, 1982, 1985, 1993, 2002) yarışma ortamında aynı haltercinin kaldırdığı ağırlık arttırıldığında, çekiş sürelerinin uzadığını, maksimum ve ortalama çekiş hızlarının, maksimum bar yüksekliğinin ve güç çıktılarının azaldığını bildirmektedir. Bu çalışmalarda elde edilen bulgular koparma kaldırışlarından daha çok silkmene çekiş evrelerinin analizini kapsamaktadır. Dolayısıyla silkmeye kaldırılan ağırlık koparmaya göre daha fazla olduğu için çekiş evrelerinin süreleri silkmeye daha belirgin şekilde uzamaktadır. Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda artan bar ağırlığının etkisiyle evrelerin süresi literatürde belirtildiği gibi uzamamış, sadece barı yakalama evre-

Tablo 4. Üç koparma teşebbüsünden başarılı olan en ağır iki koparma kaldırışının bar kinematikleri ve güç çıktıları

Evreler	N	Koparma teşebbüsü		t değeri
		A1	A2	
1. çekişte güç (W)	8	1275.62±50.90	1238.25±185.96	0.82
2. çekişte güç (W)	8	3079.25±439.31	2853.25±403.00	2.41*
Toplam güç (W)	8	1776.87±180.41	1717.62±233.22	1.91
Verimlilik (%)	8	96.37±1.99	97.12±1.12	1.65
Y_{maks} (cm)	8	101.90±6.90	98.70±7.50	3.92*
V_{ymaks} (cm/s)	8	194.70±8.60	185.50±9.03	4.24*
BDM (cm)	8	11.30±3.90	12.70±4.20	2.18



Şekil 3: (a) Halterci no.1'in başarılı koparma kaldırışlarının tipik bar yörüngesi (tüm evreler), (b) barın dikey ve yatay hızları (düz çizgi 110 kg koparma kaldırışında dikey ve yatay hızı, kesikli çizgi 115 kg koparma kaldırışında dikey ve yatay hızı).

sinde ve toplam sürede belirgin bir uzama gözlenmiştir. Bu çalışmadaki koparma teşebbüsleri incelendiğinde görüleceği gibi analizi yapılan haltercilerin neredeyse tümünde 1. ve 2. teşebbüsler başarılıdır. Haltercinin zorlandığı maksimal ağırlık olan 3. teşebbüs tüm halterciler tarafından (halterci no. 5 hariç) başarılı bir şekilde kaldırılamadığı için önemli bulguların elde edilmesi muhtemel olan bu ağırlığın kinematiklerinin incelenmesini olanaksızlaştırmıştır. Koparma tekniğini inceleyen çalışmada Gourgoulis ve diğ. (2004) 1. çekişin süresini yetişkinlerde (ortalama bar kütlesi: 137.28 kg) 0.48 s, geçişi 0.14 s ve 2. çekişi 0.15 s, ergenlerde (ortalama bar kütlesi: 113.36 kg) sırasıyla 0.51 s, 0.13 s ve 0.26 s olarak bulmuşlardır. Değerler bu çalışmadaki sürelerle benzerlik göstermektedir.

Koparma tekniğinin evreleri arasındaki biyomekanik farklılıkları belirleyen ve

koparma kaldırışının teknik bileşenlerini değerlendiren çalışmalarda dizin maksimum ekstansiyonuna kadar barın dikey eksen hızının sürekli arttığı ve 1. çekişte mekanik işin 2. çekişe göre daha fazla (Enoka, 1979; Bartonietz, 1996; Gourgoulis ve diğ., 2004), 2. çekişin 1. çekiş evresine göre daha yüksek mekanik güç gereksinimi ile sonuçlandığını ve bu sonucunda çekişin daha kuvvetli ve daha kısa zaman aralığında gerçekleştiği gösterilmiştir (Garhammer ve diğ., 2002). Öte yandan birçok çalışmada mekanik gücün 1. çekişe göre 2. çekiş evresinde daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Stone ve diğ., 1998; Gourgoulis ve diğ., 2000; Garhammer, 1985; Garhammer, 1991). Mekanik iş ve güç çıktıları 1. çekişin kuvvet karakterli, 2. çekişin ise daha çok güç karakterli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Isaka ve diğ. (1996) çekişten sonra bar yüksekliğinin optimal bir şekilde

de 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.

Barın aşırı yatay yer değiştirmesi maksimum dikey kuvvet üretimi için zararlı olmasına rağmen, bir miktar yatay yer değiştirme vücudun kaldıraç sistemlerini kullanması için gerekli bir durumdur (Hoover ve diğ., 2006). Garhammer (1985)'a göre barın yatay yer değiştirmesinin 1. çekiş evresinde 3-9 cm, 2. çekiş evresinde 3-18 cm ve barın maksimum yüksekliğe ulaştığı noktada 3-9 cm aralığında değişmektedir. Bu çalışmada barın yatay yer değiştirmesinin 1. çekiş evresinde A1 ve A2 için sırasıyla 3-10 cm, 2-10 cm, 2. çekiş evresinde 1-8 cm, 1-6 cm ve barın maksimum yüksekliğe ulaştığı noktada 0-9 cm, 1-8 cm aralığında değiştiği görülmüştür. Bu değerler artan bar ağırlığının barın yatay yer değiştirmesini azalmaya ve bir anlamda yatay hareketin sınırlandırıldığını göstermektedir. Verimlilik bulgusu da bunu destekleyerek artma eğilimi göstermektedir.

Artan bar ağırlığının etkisinin en belirgin görüldüğü bar kinematikleri arasında yer alan barın dikey eksen hızında (Vy-maks) yavaşlama ve dikey ekseninde ulaştığı maksimum yüksekliğinde (Ymaks) görülen azalış daha önce yapılan çalışmalarla uyumludur. Koparma tekniği sırasında artan bar ağırlığının bar kinematikleri

üzerine olan etkisinin karşılaştırıldığı sınırlı sayıdaki çalışmalara göre hem erkek hem de kadın haltercilerde, çekiş sırasında barın dikey ekseninde ulaştığı maksimum yüksekliğin ve dikey hızın azaldığı, barın maksimal yükseklikten düşüş mesafesinin arttığı ve haltercinin bar altına giriş süresinin uzadığı, Hoover (2006) ve Garhammer (1980, 1982, 1985, 1993, 2001) tarafından bildirilmektedir. Güç çıktıları karşılaştırıldığında, 1. çekişte güç çıktılarının A2'de azalma eğiliminde olmasına rağmen birbirine benzer olması ve 2. çekişte önemli oranda düşüş göstermesinin temel nedenleri arasında evrelerin sürelerinin aynı olması nedeniyle doğrudan barın dikey eksenindeki yer değiştirme ve hızındaki azalmadan etkilendiği görülmektedir. Bar ağırlığının artışından dolayı bar kinematığında barın dikey ekseninde ulaştığı maksimum yüksekliğin azalması ve dikey hızında yavaşlama 2. çekişteki güç çıktısının düşmesine neden olmaktadır.

Sonuç olarak, her iki başarılı kaldırış sırasında artan bar ağırlığının bar kinematikleri üzerine etkisinin evrelerin süresinden daha çok barın dikey yer değiştirme ve hızındaki azalmayla ilişkili olduğu görülmektedir. Bar kütleindeki artışa rağmen evre sürelerinin benzer oluşundan yola çıkıldığında barın dikey hız ve yer değiştirmesindeki belirgin azalışlar 2. çekişteki güç çıktısındaki azalmanın en önemli kinematikleri olarak görülebilir. 2. çekişte güç çıktısı, dikey hız ve yüksekliğin azalması haltercilerin tekniklerini ve antrenman düzeylerini daha da geliştirmeleri gerektiğini gösteriyor. Koparma tekniğinde çekişin önemi göz önüne alındığında, sporcuların son denemelerindeki artan bar ağırlığına bağlı başarısız kaldırışların

nedenlerinin bir kısmını anlamak hiçte zor olmamaktadır. Çünkü maksimal ağırlıkta aynı kinematiklerin biraz daha azalacağı düşünülürse elit halterciler açısından tekniğin daha da geliştirilmesi ve antrenmana bağlı performans artışının sağlanması önemli olarak görülmektedir.

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. *International 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.
- 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, Fuanto K. (1996). Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement in elite asian weightlifters. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 508-516.
- Schilling BK, Stone MH, O'Braynt HS, Fry AC, Coglianese RH, Pierce KC. (2002). Snatch technique of collegiate national level weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 551-555.
- 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.