

ELİT HALTERCİLERDE KOPARMA TEKNİĞİNİN KARŞILAŞTIRMALI BİYOMEKANİK ANALİZİ

Erbil HARBİLİ, Serdar ARITAN

Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, koparma kaldırışı sırasında bara uygulanan kuvveti, yapılan işi ve güç değerlerini hesaplayarak elit halterciler arasındaki kinetik farklılıkları göstermektir. Bu çalışmaya 71. Dünya halter şampiyonasında 56 kg'da dereceye giren üç elit erkek halterci denek olarak alındı. Koparma kaldırışlarının görüntü kayıtları saniyede 25 kare (50 alan/s) kayıt yapabilen iki adet S-VHS (Panasonic NV-MS2b) marka kamera ile yapılmıştır. Görüntüler APAS (Ariel Performans Analiz Sistemi, Ariel Dynamics, San Diego, CA) hareket analizi yazılım programında halterci üzerinde 18 antropometrik nokta ve bar üzerinde 2 nokta işaretlenerek sayısallaştırılmıştır. Barın sayısallaştırılan her iki ucuna ait yerdeğiştirme verilerinden barın orta noktasının yerdeğiştirme verisi hesaplanmıştır. Ters dinamik (inverse dynamics) yöntemi ile bara uygulanan kuvvet ve bu kuvvetin yaptığı iş ve güç değerleri hesaplanmıştır. Sonuçta, koparma tekniğinde vücut pozisyonu, barın maksimal yüksekliği, uygulanan kuvvet, yapılan iş ve güç gibi kinematik ve kinetik faktörlerin halterciler arasındaki teknik farklılığın belirleyicisi olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Halter, Koparma, Hareket analizi, Mekanik iş, Mekanik güç

COMPARATIVE BIOMECHANICAL ANALYSIS OF THE SNATCH TECHNIQUE IN ELITE WEIGHTLIFTERS

ABSTRACT

The purpose of this study is to show the kinetic differences between elite weightlifters, by calculating the force applied to the bar, work done on the bar and power output by weightlifters during a snatch technique. Three elite weightlifters who were the medal winners in the 56 kg category during the 71st men's world weightlifting championships, participated

Geliş tarihi : 16.12.2005

Yayına kabul tarihi : 10.06.2006

in this study. Two cameras operating at 25 frames per second (50 field/per second) were used to record the attempts of the weightlifters. Selected 18 anthropometric points on the weightlifters' body and 2 points on the bar were digitized. The force applied to the bar, work done and power output were calculated using an inverse dynamic analysis that combined the displacement of the midpoint of the bar. In conclusion, it has been shown that the kinematic and kinetic factors, such as work, power, the force applied, the maximal height of the bar and the position of the body, were characteristics of technical difference between weightlifters in snatch lifts.

Key Words: *Weightlifting, Snatch, Motion analyse, Mechanical work, Mechanical power*

GİRİŞ

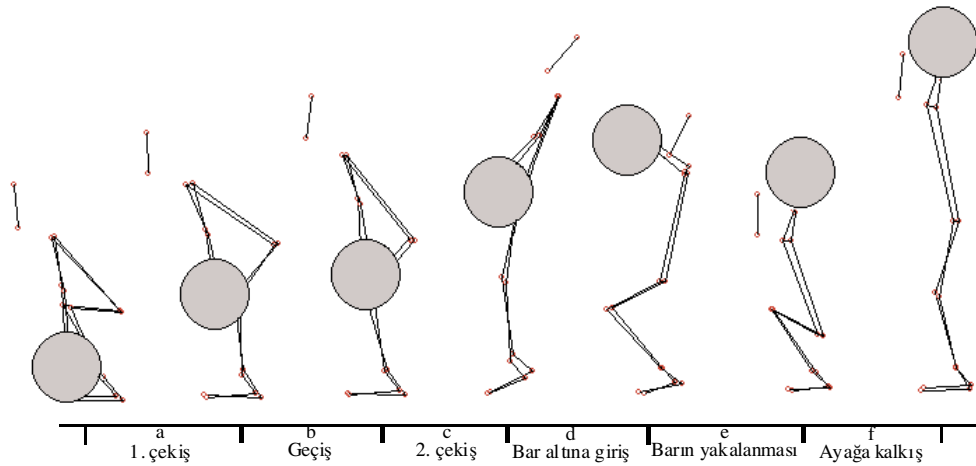
Sportif hareketlerin dinamik yapısının anlaşılmasını kolaylaştıran kinetik ve kinematik analizler spor biyomekaniğinde sıklıkla kullanılan yaklaşımlardır (Souza, Shimada ve Koontz, 2002). Olimpik halterde biyomekanik analizler, çekiş evrelerinde vücut ile barın bir sistem olarak yere uyguladığı kuvvetin doğrudan ölçüldüğü kinetik analizleri, eklem açıları ile bar yörüngesinin incelendiği açısız ve doğrusal kinematiği ve bar üzerinde yapılan iş, güç ve enerji hesaplamalarını içermektedir (Bartoniets, 1996; Enoka, 1979; Enoka, 1988; Garhammer, 1980; Garhammer, 1982; Gourgoulis ve ark., 2002; Isaka, Okada ve Fuanto, 1996; Stone, O'Braynt, Williams ve Johnson, 1998; Schilling ve ark., 2002; Souza ve ark., 2002). Olimpik halterde çekiş sırasında kuvvet değişiminin doğrudan değerlendirildiği ilk araştırmalardan biri olan Enoka (1979)'nın çalışmasında 1. çekiş evresinde yer reaksiyon kuvvetinin dikey bileşeninin 2471 N olduğu, ancak geçiş evresinde bu değer azalarak 1425 N'a düştüğü ve 2. çekiş evresinde 2809 N ile zirve yaptığı tespit edilmiştir.

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 ivmelenmeyle ilişkili olduğu gözlenmiştir. Bartoniets (1996) ise geçiş evresinde, bir başka deyişle 1. çekiş ile 2. çekiş arasında barın hızındaki kısa süreli azalmanın kabul edilebilir olduğunu, ancak bu azalmadan dolayı 2. 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. 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 zorlaştı-

ğını ve yatayda yapılan işin arttığını belirtmektedir.

Olimpik halterde stil kaldırış olarak adlandırılan koparma tekniği, barın sürekli tek bir hareketle baş üzerine kaldırılması ve tam skuat pozisyonunda yakalanan barla birlikte ayağa kalkılmasıdır (IWF, 2005). Koparma tekniği, sürekli tek bir hareket olmasına karşın altı temel evreden oluşmaktadır. Şekil 1 bu evreleri göstermektedir: (a) 1. çekiş evresi (b) geçiş evresi (c) 2. çekiş evresi, (d) bar altına giriş evresi, (e) barın yakalanması (f) ayağa kalkış evresi. Barın yerden ayrılışından haltercinin bar altına girerek barı baş üstünde yakaladığı Şekil 1a-e arasındaki evreler, tüm hareketin teknik olarak en zor ve en önemli parçası olarak gösterilmektedir (Burdett, 1982; Enoka, 1979; Garhammer, 1980; Gourgoulis, Aggeloussis, Kalivas, Antoniou ve Mavromalis, 2004).

Koparma tekniğinin oldukça karmaşık olan mekanik yapısı göz önüne alındığında; tekniğin çekiş evresinin dinamiği, hem başarılı bir kaldırışta hem de daha fazla ağırlığın kaldırılmasında önemli bir süreçtir. Dolayısıyla kaldırış sırasında bara uygulanan kuvvet, bu kuvvetin yaptığı iş ve güç insan vücudunun sınırlarını tanımlamakta ve performans düzeyinin biyomekanik kriterlerini oluşturmaktadır (Garhammer, 1982; Garhammer, 1993; Garhammer ve Takano, 1992). Olimpik halterde müsabaka şartlarının oluşturduğu baskı ortamı ve fiziksel gücün zirvede oluşu, Dünya klasmanındaki haltercilerden toplanan veriden elde edilecek bilgiyi son derece önemli kılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın amacı; koparma tekniğinde, başlangıç pozisyonundan barın yakalanma evresinin sonuna kadar olan süreçte, elit haltercileri bara uygulanan kuvvetler ve bu



Şekil 1. Koparma tekniğinin evreleri.

Tablo 1. Deneklerin fiziksel özellikleri

| Denek ^a | Yaş (yıl) | Vücut kütlesi (kg) | Bar kütlesi (kg) |
|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| D1 | 28 | 55.96 | 138.5 ^b |
| D2 | 31 | 55.98 | 127.5 |
| D3 | 25 | 55.38 | 122.5 |

^aDenekler kazandıkları madalyaya göre sıralanmıştır. ^bDünya rekoru

kuvvetlerin yaptığı iş ve güç değerleri açısından karşılaştırmaktır.

YÖNTEM

Denekler: Bu çalışmaya 71. Dünya Halter Şampiyonası'nda 56 kg kategorisinde dereceye giren üç elit erkek halterci denek olarak alınmıştır.

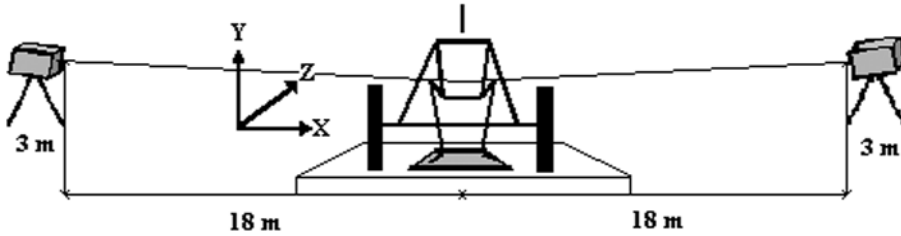
Veri Toplama Araçları: Yarışma sırasında görüntü kaydı için saniyede 25 kare (50 alan/s) S-VHS kayıt yapabilen iki adet kamera (Panasonic NV-MS2b) kullanıldı. Kameraların optik eksenini deneklerin kaldırış yaptığı platformu yaklaşık 45° açıyla görececek şekilde yerleştirildi. Pozlama hızı 1/500 olacak şekilde ayarlandı (Şekil 2).

Görüntü alanını üç boyutlu olarak tanımlayabilmek için üzerinde 12 nokta işaretli (2.5 x 2.5 x 2 m) ebatlarında kalibrasyon kafesi kullanıldı.

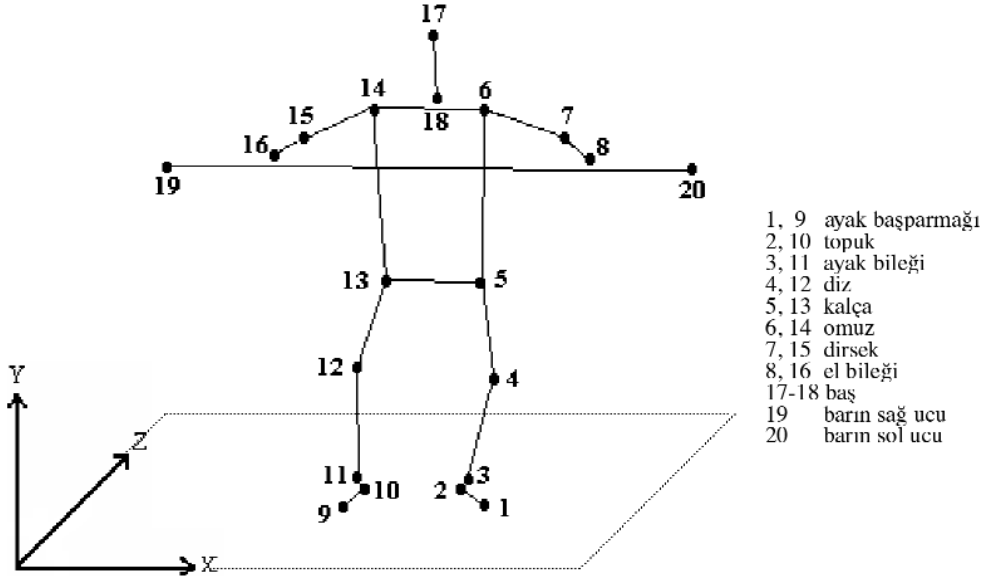
Verilerin Toplanması: Deneklerin ve barın kinematik verisini elde etmek için vücut üzerinde 18 antropometrik nokta, ayrıca bar üzerinde de 2 nokta işaretlendi (Şekil 3). Bu noktalar Ariel Performans Analiz Sistemi (Ariel Dynamics, San Diego, CA) yazılımı kullanılarak sayısallaştırıldı. Sayısallaştırılan noktaların uzaysal konumları kalibrasyon kafesinin değerleri kullanılarak Direkt Doğrusal Dönüşüm (DLT) algoritması ile hesaplandı. İşaretlenen tüm noktaların zamana bağlı yerdeğiştirme verisi kesme frekansı 4 Hz olan alçak geçiren sayısal filtre ("Butterworth") kullanılarak filtrelendi.

Verilerin Analizi

Koparma tekniğinde evrelerin belirlenmesi: Koparma tekniğinin evreleri haltercinin sol diz ekleme açısı ve barın dikey eksen konumu referans alınarak belirlendi (Gourgoulis ve ark., 2004).



Şekil 2. Görüntü alanı ve kamera konumlarının şematik gösterimi.



Şekil 3. Koparma tekniği için oluşturulan model. Bar ve halterci üzerinde sayısallaştırılan antropometrik noktalar.

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

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

(c) 2. çekiş: 1. maksimum diz fleksiyonundan 2. maksimum diz ekstansiyonuna kadar.

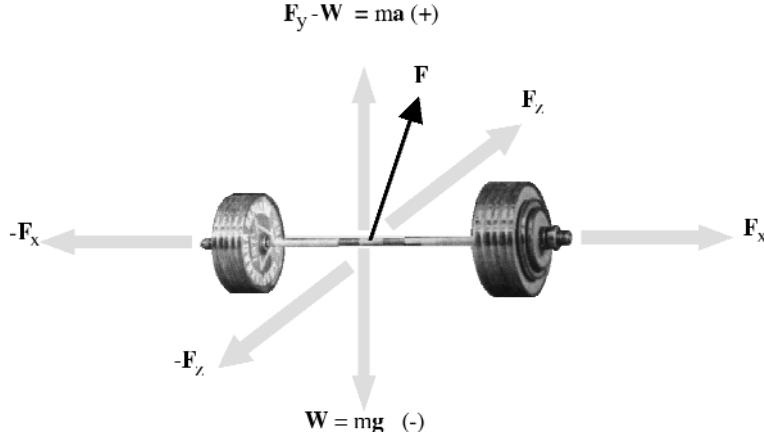
(d) Bar altına giriş (BAG): 2. maksimum diz ekstansiyonundan barın maksimum yüksekliğine kadar.

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

Barın sayısallaştırılan her iki ucuna ait yerdeğiştirme verisinin ortalaması alınarak bar orta noktasının yerdeğiştirme verisi hesaplandı. Barın yerdeğiştirme veri-

sinden bara uygulanan kuvvet, bar üzerinde yapılan iş ve güç değerleri hesaplamalarında temel fizik bağıntıları kullanıldı. Bar üzerinde yapılan iş, bara uygulanan kuvvetin üç boyutlu dik bileşenleri ile o yöndeki yerdeğiştirmelerin skaler çarpımının toplamı, güç ise yapılan işin birim zamana oranından hesaplandı (Radin ve Folk, 1982).

Koparma kaldırışında bara uygulanan kuvvetin dikey eksen bileşeni F_y , barın dikey eksen yönündeki hareketine ters yönde etki eden yerçekimi kuvveti W ve uygulanan kuvvetin yatay eksen bileşenleri F_x ve F_z olarak tanımlandı (Şekil 4).



Şekil 4. Bar üzerinde etkili olan kuvvetlerin serbest cisim diyagramı.

BULGULAR

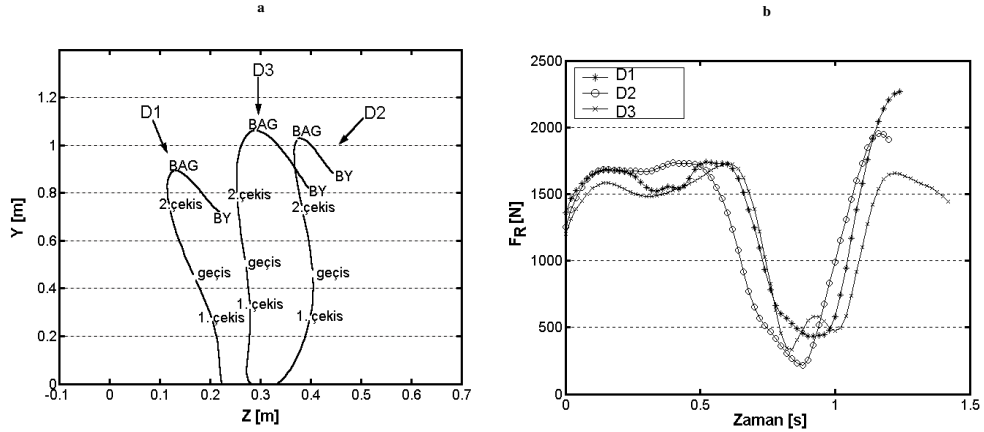
Koparma kaldırışı sırasında her evrede bara uygulanan kuvvetin ortalaması (F_R), barın dikey ekseninde ulaştığı yükseklik (Y_{maks}), evrelerin süreleri (t) ve dikey eksenindeki maksimum hız (V_{maks}) değerleri Tablo 2’de görülmektedir. Bar üzerinde yapılan iş ve güç değerleri Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 2 incelendiğinde, D1 müsabaka-kada D2 nin kaldırdığı ağırlıktan yaklaşık % 9, denek 3 ün kaldırdığı ağırlıktan ise % 13 daha fazla ağırlık kaldırmaktadır. Kuvvet değerleri halterciler arasında benzer davranışlar sergilemekle birlikte D2 çekiş sırasında bara daha fazla kuvvet uygulamaktadır. Kaldırılan ağırlıkla ilişkili olarak D2 ve D3’ün dikey eksen-

Tablo 2. Her evrede bara uygulanan kuvvetin ortalaması (F_R), barın dikey ekseninde ulaştığı maksimum yükseklik (Y_{maks}) ve maksimum hız (V_{ymaks}) ile evrelerin süreleri (t).

| Evre | D1 (BA=1358 N) | | | | D2 (BA =1250 N) | | | | D3 (BA =1201 N) | | | |
|----------|----------------|-------------------|------------|----------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------------|-----------------|-------------------|------------|----------------------|
| | F_R (N) | Y_{maks} (m) | t (s) | V_{ymaks} (m/s) | F_R (N) | Y_{maks} (m) | t (s) | V_{ymaks} (m/s) | F_R (N) | Y_{maks} (m) | t (s) | V_{ymaks} (m/s) |
| 1. çekiş | 1596 | 0.25 | 0.40 | 1.06 | 1636 | 0.26 | 0.40 | 1.35 | 1511 | 0.30 | 0.50 | 1.32 |
| Geçiş | 1654 | 0.43 | 0.56 | 1.40 | 1721 | 0.44 | 0.52 | 1.77 | 1692 | 0.48 | 0.62 | 1.79 |
| 2. çekiş | 1419 | 0.72 | 0.76 | 1.65 | 1374 | 0.70 | 0.68 | 1.99 | 1395 | 0.76 | 0.76 | 2.07 |
| BAG | 530 | 0.89 | 0.94 | - | 463 | 1.01 | 0.90 | - | 504 | 1.06 | 0.98 | - |
| BY | 1499 | 0.72 | 1.28 | - | 1264 | 0.88 | 1.36 | - | 1291 | 0.82 | 1.40 | - |

BA: Bar ağırlığı



Şekil 5. (a) Evrelere göre bar yörüngesinin sagittal düzlem görünümü. (b) Bara uygulanan kuvvet (0.02 s aralıklarla anlık değerler).

deki maksimum hız değerleri benzerken, D1'in daha düşük değerler sergilediği görülmektedir. Barın zeminden ayrılışından yakalandığı evreye kadar geçen süre ve barın ulaştığı maksimal yükseklik açısından D1'in değerleri daha düşüktür. Şekil 5a, barın kaldırışlar sırasında izlediği yörüngeleri göstermektedir. D1'in bar yörüngesi aynı zamanda hem yatay hem de dikey eksenlerdeki yer değiştirmesi belirgin bir şekilde farklılaşmaktadır. Bar, zeminden ayrıldıktan sonra yakalama

evresine kadar başlangıç pozisyonuna göre yatay eksende tüm halterciler için 0.03-0.13 m aralığında yer değiştirmektedir. Bu değerler sırasıyla D1 = 0.03 m, D2 = 0.13 m, D3 = 0.12 m' dir.

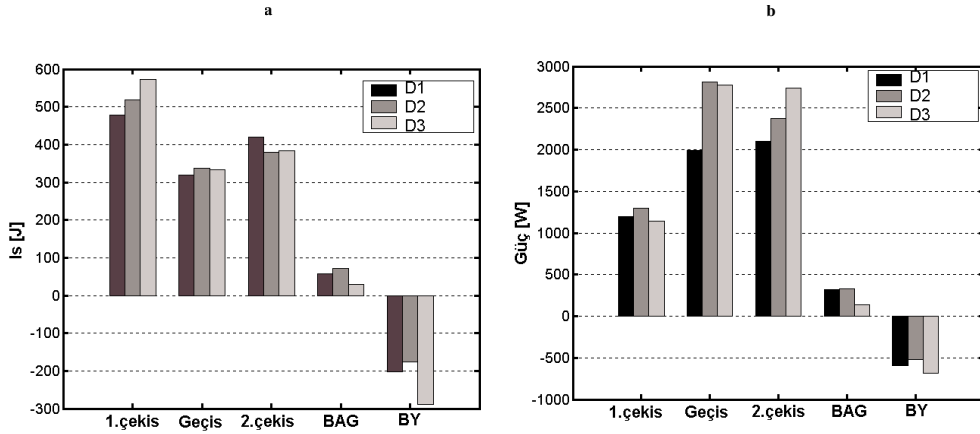
Tablo 3'de tüm denekler için maksimum iş değerleri 1. çekiş evresinde gerçekleşmektedir. Bar üzerinde yapılan iş geçiş evresinde azalma gösterirken 2. çekiş evresinde artış gözlenmektedir.

En düşük iş değeri bar altına giriş evresinde gözlenirken, barın yakalanması

Tablo 3. Deneklerin evrelere göre iş ve güç değerleri.

| Evre | D1 | | D2 | | D3 | |
|----------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | İş (J) | Güç (W) | İş (J) | Güç (W) | İş (J) | Güç (W) |
| 1. çekiş | 477.4 | 1193.5 | 517.6 | 1294.0 | 571.9 | 1143.9 |
| Geçiş | 318.5 | 1991.2 | 338.1 | 2817.3 | 333.1 | 2776.1 |
| 2. çekiş | 419.8 | 2099.0 | 380.4 | 2377.6 | 383.2 | 2737.2 |
| BAG | 57.5 | 319.5 | 71.6 | 325.8 | 30.1 | 137.2 |
| BY | -202.8 | -596.4 | -175.7 | -516.9 | -289.1 | -688.1 |

W: watt, J: joule, D1: denek 1, D2: denek 2, D3: denek 3



Şekil 6. (a) Her evrede yapılan toplam işi ve (b) güç değerini göstermektedir.

evresinde barın hareket yönünde meydana gelen değişimden kaynaklanan negatif iş değerleri görülmektedir (Şekil 5). D1, 1. çekiş ve geçiş evrelerinde D2 ve D3'e göre daha az iş yaparken, 2. çekiş evresinde daha fazla iş yapmaktadır. Güç değerlerinin değişimi incelendiğinde, 1. çekişte benzer değerler görülürken, geçiş ve 2. çekiş evresinde D1'in güç değerleri daha düşüktür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Koparma tekniğinin çekiş evresinde bar kinematiğinden 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 yerdeğiştirmesi diz ek-

lemindeki açısal yerdeğiştirme referans alınarak değerlendirildiğinde, çekişin çift diz bükülme tekniği ("Double Knee Bend") olarak isimlendirilen fleksiyon periyodu ile ayrılan iki ekstansiyon evresinden oluştuğunu bildirmektedir. Bu teknik, 2. 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 anlaşılabilceği sonucu öne çıkmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, Gourgoulis ve ark., (2004) tarafından dizin maksimum ekstansiyonuna kadar barın dikey eksen hızının sürekli arttığı ve 1. çekişte mekanik işin daha fazla olduğu belirtilmektedir. Garhammer, Kauhanen ve Hakkinen (2002) ise çift diz bükülme tekniğinin mekanik avantajını vurgulayarak koparma tekni-

ğinde 2. çekişin 1. çekiş evresine göre daha yüksek mekanik güç gereksinimi ile sonuçlandığını ve bu sonucunda çekişin daha kuvvetli ve daha kısa zaman aralığında gerçekleşmesi ile ortaya çıktığını bildirmektedir. Öte yandan, birçok çalışmada mekanik gücün 2. çekiş evresinde daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Garhammer, 1985; Garhammer, 1991; Gourgoulis ve ark., 2000). Bu çalışmanın 1. çekiş evresindeki iş değerleri ve 2. çekiş evresindeki güç değerleri literatürle benzerlik göstermektedir. Anlık kuvvet değerleri göz önüne alındığında da (Şekil 5b), kuvvetteki ilk artışın 1. çekişle karakterize olduğu, geçiş evresinde ise kuvvetin korunduğu, 2. çekiş evresinde ise başlangıçta bir artış ve sonra bar dikey ekseninde maksimal yüksekliğine ulaşıncaya kadar kuvvette keskin bir azalış olduğu görülmektedir. Mekanik iş ve güç çıktıları 1. çekişin kuvvet karakterli, 2. çekişin ise daha çok güç karakterli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, Isaka ve ark., (1996) çekışten 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. Bu sonucu bar altına giriş evresinde barın ulaştığı maksimal yükseklikler (sırasıyla 0.89 m, 1.01 m, 1.06 m) desteklemektedir. D1'in diğerlerine göre avantajlı olduğu açık bir şekilde görülmektedir.

Garhammer (1991) ise elit ağır siklet haltercilerin çeşitli ağırlık kaldırma egzersizlerinde güç çıktılarının göğüs pres-te 415 W, skuatta 900 W ve sabit omuzlamada 3413 W olduğunu bildirmektedir. Bir beygir gücünün yaklaşık 746 W olduğu düşünüldüğünde, kuvvetin ne kadar kısa sürede uygulandığı önem kazanmaktadır. Garhammer (1985, 1993, 2002) yarışma ortamında aynı siklet haltercinin kaldırdığı ağırlık arttırıldığında, çekiş sürelerinin uzadığını, maksimum ve ortalama çekiş hızlarının, maksimum bar yüksekliğinin ve güç çıktılarının azaldığını bildirmektedir. Tablo 2'de D1'in 2. çekiş evresinde bara uyguladığı kuvvet ve bu kuvvetin yaptığı iş diğerlerinden yüksek olmasına rağmen güç değeri düşüktür. Bununla birlikte D1'in 2. çekiş evresinin süresi diğerlerine göre daha uzundur (sırasıyla 0.20, 0.16 ve 0.18 s). Y_{maks} değerleri karşılaştırıldığında çekişin benzer olduğu, farklılıkların BAG ve BS evrelerinde gerçekleştiği gözlenmektedir. V_{ymaks} verileri karşılaştırıldığında ise literatürü destekleyen benzer bulgular görülmektedir. Ancak bu araştırmadaki haltercilerin farklı bireyler olması ve dolayısıyla her ne kadar D1 diğerlerine göre daha fazla ağırlığı kaldırıyor olsa da

maksimum bar yüksekliğinin azalma nedeni kaldırılan ağırlığın artışından çok, kaldırışın teknik bileşenlerine, vücut üye uzunluklarına ve diğer mekanik faktörlerle bağlı olduğunu düşündürmektedir.

Sonuçta, koparma kaldırışında vücut pozisyonu, barın maksimal yüksekliği, bara uygulanan kuvvet, yapılan iş ve güç gibi kinematik ve kinetik faktörlerin teknik farklılıkları belirleyen etmenlerden olduğu sonucuna varılmasına rağmen, koparma kaldırışında teknik farklılıkların uygulanan kuvvetin vücut üye uzunlukları ile ilişkilendirilerek dinamik bir yaklaşımla değerlendirilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir.

Yazışma Adresi (Corresponding Address)

*Dr. Erbil HARBİLİ
Hacettepe Üniversitesi
Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu
06800 Beytepe / ANKARA
e-posta: erbilh@hacettepe.edu.tr*

KAYNAKLAR

- Bartonietz, K.E. (1996). Biomechanics of the snatch: Toward a higher training efficiency. **NSCA**. June, 24-31.
- Burdett, R.G. (1982). Biomechanics of the snatch technique of highly skilled and skilled weightlifters. **Research Quarterly**. 53(3), 193-197.
- Enoka, R.M. (1979). The pull in Olympic weightlifting. **Med. Sci. Sports**. 11, 131-137.
- Enoka, R.M. (1988). Load and skill-related changes in segmental contributions to a weightlifting movement. **Med. Sci. Sports Exerc.** 20(2), 178-187.
- Garhammer, J. (1980). Power production by Olympic weightlifters. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12(1), 54-60.
- Garhammer, J. (1982). Energy flow during Olympic weightlifting. **Med. Sci. Sports Exerc.** 14(5), 353-360.
- Garhammer, J. (1985). Biomechanical profile of Olympic weightlifters. **Int. J. Sport Biomech.** 1, 122-30.
- Garhammer, J. (1991). A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. **Int. J. Sport Biomech.** 7, 3-11.
- Garhammer, J. & Takano, B. (1992). Training for weightlifting. Komi, P.V. (Ed). **Strength and Power in Sport**. Blackwell Scientific Publications.
- Garhammer, J. (1993). A review of power output studies of olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. **J. Strength Cond. Res.** 7(2), 76-89.
- Garhammer, J., Kauhanen, H. & Hakkinen, K.A. (2002). Comparison of performances by woman at the 1987 and 1998 world weightlifting championships. **Science for Success Congress**. Jyväskylä, Finland, October.
- Garhammer, J. (2002). Barbell trajectory, velocity and power changes: Six attempt and four world records. **Weightlifting**, 19(3), 27-30.
- Gourgoulis, V., Aggelousis, N., Mavromatis, G. & Garas, A. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. **J. Sport Sci.** 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. **J. Strength Cond. Res.** 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. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 44, 126-31.
- IWF (2005). Technical rules. <http://www.iwf.net/iwf/doc/technical.pdf>
- Radin, S.H. & Folk, R.T. (1982). **Physics for Scientists and Engineers.** Englewood Cliffs, Prentice Hall. (chap:13-14).
- Isaka, T., Okada, T. & Fuanto, K. (1996). Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement in elite asian weightlifters. **J. Appl. Biomech.** 12, 508-516.
- Schilling, B.K., Stone, M.H., O'Braynt, H.S., Fry A.C., Coglianesi, R.H. & Pierce, K.C. (2002). Snatch technique of collegiate national level weightlifters. **J. Strength Cond. Res.** 16(4), 551-555.
- Souza, AL., Shimada SD. & Koontz, A. (2002). Ground reaction forces during the power clean. **J. Strength Cond. Res.** 16(3), 423-427.
- Stone, M.H., O'Braynt, H.S., Williams, F.E. & Johnson, R.L. (1998). Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. **NSCA.** August, 30-38.