

KUVVET ANTRENMANININ VÜCUT KOMPOZİSYONU VE BAZI HORMONLAR ÜZERİNE ETKİSİ

Sultan HARBİLİ¹, Ufuk ÖZERGİN², Erbil HARBİLİ¹, Hasan AKKUŞ³

¹Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

²Başkent Üniversitesi Konya Uygulama ve Araştırma Merkezi

³Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu

ÖZET

Bu çalışmada, genç hentbol oyuncularında 6 haftalık kuvvet antrenmanının vücut kompozisyonu, Total tiroksin (TT4), büyüme hormonu (BH), total testosteron (TT) ve insülin hormonları üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmaya yaşları 19.25 ± 1.77 yıl, boyları 181.68 ± 8.73 cm ve vücut ağırlıkları 71.00 ± 10.15 kg olan 17 erkek hentbolcu sezon sonunda katıldı. Çalışma grubuna 6 hafta boyunca birer gün arayla 6 tekrar maksimal (6 TM) kuvvet antrenmanı uygulandı. Tek bir antrenman dozunun etkisi ile 6 haftalık antrenmanın gerek bazal ve gerekse antrenman sonrası hormon değerlerine etkisini ortaya koyabilmek için antrenman periyodunun ilk antrenmanı öncesi ve sonrası ile periyodun son antrenmanı öncesi ve sonrası kan örnekleri alınarak radioimmünoassay (RIA) yöntemi ile hormon seviyeleri tespit edildi. Antrenman periyodunun başlangıcında ve sonunda vücut kompozisyonu ve bacak, sırt ve pençe kuvvet değerleri ölçüldü. Çalışma periyodunun gerek ilk ve gerekse son antrenmanında TT4, BH ve TT salınımında artış ($P<0.01$), insülin hormonu plazma düzeylerinde ise ilk antrenman sonunda anlamlı bir düşüş gözlenirken ($P<0.01$), antrenman periyodunun son antrenmanında bir değişime rastlanmamıştır ($P>0.05$). Dinlenim hormon değerlerinde ise 6 haftalık kuvvet antrenmanının bir değişikliğe yol açmadığı görülmüştür ($P>0.05$). Kuvvet antrenmanı periyodu sonrası vücut ağırlığında değişim olmaksızın vücut yağ yüzdesinde azalma, yağsız vücut kütlelerinde artış gözlemlendi ($P<0.01$). Kuvvet değerleri incelendiğinde pençe, sırt ve bacak kuvvetinin 6 hafta sonunda anlamlı bir şekilde arttığı gözlemlendi ($P<0.01$). Çalışmanın sonucunda, kan hormon konsantrasyonunun egzersize akut yanıt gösterirken, 6 haftalık antrenmanın bazal hormon düzeyinde bir değişikliğe yol açmadığı bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Kuvvet antrenmanı, Testosteron, Büyüme hormonu, Tiroksin, İnsülin, Vücut kompozisyonu.

Geliş tarihi : 18.10.2005

Yayına kabul tarihi : 31.05.2006

**THE EFFECTS OF STRENGTH TRAINING ON BODY COMPOSITION AND
SOME HORMONES**

ABSTRACT

In this study, the effects of strength training on body composition and the plasma levels of total thyroxine (TT4), growth hormone (GH), total testosterone (TT) and insulin have been examined. 17 male handball players, (19.25 ± 1.77 years old, 181.68 ± 8.73 cm height and 71.00 ± 10.15 kg weight) participated in the study during the transition period of their training season. Subjects were underwent six weeks of strength training which was consisted of training and resting days followed each other. Just before and after the first and last training period, plasma hormone levels were evaluated. Percent body fat along with leg, back and handgrip strength were measured. Compared to pretraining values, plasma TT4, GH and TT levels increased significantly following strengt training in both first and last training bouts. Plasma insulin levels were significantly lower following the first training bout (P<0.05). Six weeks of training did not effect basal hormone levels. On the other hand, strength training resulted in a decrease in body fat percent and an increase in fat free body mass. We have concluded that, one of the responses of the body to acute exercise is the changes in hormone levels. On the other hand, 6 weeks of strength training did not affect the plasma hormone levels.

Key Words: *Strength training, Total testosterone, Growth hormone, Total thyroxine, Insulin, Body composition*

GİRİŞ

Ağır direnç egzersizleri kas kuvvetinde artışlarla birlikte kas hipertrofisini de uyaran etkili bir mekanizmadır (Fry ve ark., 1991; Staron ve ark., 1991). Kuvvet antrenman sürecinde kas kuvvetindeki ilk artışların kas-sinir sistemi (nöral) adaptasyonlarından kaynaklandığı, daha sonraki kuvvet artışlarında ise kas hipertrofi mekanizmasının etkili olduğu bilinmektedir (Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen, Komi, 1988; Komi, 1986; Sale, 1988). Kas hipertrofisi miyofibril pro-

teinlerinin artması sonucunda kas çapının büyümesi olarak tanımlanır. Kuvvet antrenmanına hipertrofi cevabı kasın geç bir adaptasyonudur ve antrenmanın minimum 6-8 hafta uygulanmasını gerektirir (Deschenes ve ark., 1993; Hakkinen, Pakarinen, ve Kallinen, 1992; Ruther, Golden, Harris ve Dudley, 1995). Tekrarlayan kuvvetli kasılmalar (ağır direnç egzersizleri) ve bu kasılmaların yol açtığı mekanik stres, hipertrofi mekanizmasında görev alan bir çok fizyolojik sürecin aktifleşmesini sağlar (Kraemer

ve ark., 1998a; Kraemer ve ark., 1999; Viru, Jansson, Viru ve Sundberg, 1998). Bu fizyolojik süreçlerin başında, endojen anabolik hormon ve büyüme faktörlerinin egzersize bağlı olarak salınımlarının artması gelmektedir (Hakkinen ve ark., 1992). Anabolik hormonlar hipertrofi sürecinde pozitif yönde etkili olan hormonlardır. Ağır direnç egzersizleri sırasında kas liflerinin yapısı zarar görür ve kas proteinleri yıkıma uğrar. Hem egzersiz sırasında yıkılan kas proteinlerinin yerine konması, hem de egzersiz sonrası iskelet kasının tekrar düzenlenmesi için protein sentezinin artması gerekmektedir. Endojen anabolik hormonlar direnç egzersizi sırasında ve sonrasında artarak doğrudan veya dolaylı yollarla protein sentezini uyarırlar. Kasta protein sentezinin artması hipertrofi mekanizmasında etkili bir rol oynar (Kraemer ve ark., 1990; Kraemer ve ark., 1998b). Fakat direnç egzersizlerine verilen hormonal cevaplar her zaman hipertrofiye denk gelmeyebilir (Pullinen, Mero, MacDonald, Pakarinen ve Komi, 1998). Anabolik hormonlar ve doku büyümesi arasındaki ilişkinin tam olarak belirlenememesinde, dolaşımdaki anabolik hormon konsantrasyonunun, doku seviyesindeki anabolizmayı tam olarak yansıtmaması önemli bir sınırlayıcı faktör olabilir (Kraemer ve ark., 1990). Keza uygulanan direnç egzersizi protokolü, egzersizin volümü (set x tekrar x yoğunluk) ve şiddeti hormonal cevapların büyüklüğünü önemli derecede

etkilemektedir. Düşük şiddetten yüksek şiddete giden, kısa dinlenme aralıklı ve büyük kas gruplarına stres yükleyen direnç çalışmaları daha büyük akut hormonal cevaplara neden olur (Kraemer ve ark., 1988; Kraemer ve Ratamess, 2005). Yüksek dirençlerle ve büyük kas grupları ile yapılan direnç antrenmanlarının anabolik hormonları daha fazla arttırdığı ve egzersiz sonrası süreçte düşük şiddetli egzersize göre hormon konsantrasyonunun daha yüksek düzeylerde kaldığı belirtilmektedir (Gotshalk ve ark., 1997). Bunun yanında uygulanan tekrar sayısı egzersizin uzun süreli anabolik etkileri açısından önemlidir. Ağırlık antrenmanında katabolize olan proteinlerin kütlesi, 1 tekrarda yıkılan protein oranı ile tekrar sayısının çarpımına eşittir. 1 tekrar maksimum (1TM)'da protein yıkılım oranı yüksekken, tekrar sayısının az olmasından dolayı toplam yıkılan protein miktarı azdır. Buna karşın 5-10 TM'de protein yıkılım oranı orta düzeyde iken, toplam yıkılan protein miktarı yüksektir. 25 ve üzeri TM'de ise protein yıkılım oranı düşüktür ve bunun sonucunda toplam yıkılan protein miktarı düşüktür (Zatsiorsky, 1995). Eğer kasta anabolik etki yaratılmak isteniyorsa egzersizlerin 5-10 tekrarlarda ve yüksek şiddetlerde planlanması gerekmektedir. Literatür incelendiğinde direnç egzersizlerine akut hormonal cevapları inceleyen bir çok çalışma mevcutken, kronik değişiklikleri inceleyen antrenman dizaynlarına daha

sınırlı sayıda rastlanmaktadır (Hakkinen ve Pakarinen, 1991; Kraemer ve ark., 1998a). Bu durum direnç egzersizlerinin anabolik etkisi değerlendirilirken, hormonların anabolizmadaki rolünü açıklamakta yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, hipertrofi oluşumu için en kısa süre olan 6 hafta ve anabolizmayı etkili bir şekilde uyaran 6 tekrar maksimal (6 TM) kuvvet antrenmanının testosteron, büyüme hormonu, insülin ve tiroksin gibi anabolik hormonlar üzerine hem akut hem de kronik etkileri, aynı zamanda kuvvet antrenmanının vücut kompozisyonu ve kuvvet değerleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

YÖNTEM

Denekler: Bu çalışmaya yaşı 19.25 ± 1.77 yıl, boyu 181.68 ± 8.73 cm ve vücut ağırlığı 71.00 ± 10.15 kg olan 17 erkek hentbol oyuncusu sezon sonunda katılmıştır.

Verilerin Toplanması

Boy ve vücut ağırlığı ölçümü: Ağırlık antrenman programının ilk antrenmanından önce deneklerin boyları 1 mm'ye kadar hassas boy skalası (Holtain Ltd., UK) ile ölçüldü. Deneklerin vücut ağırlıkları ise, antrenman periyodu öncesi ve antrenman periyodu sonrası sadece şort giydirilerek baskül ile ölçüldü.

Vücut yağ yüzdesinin hesaplanması: Vücut kompozisyonunu belirleyebilmek için ağırlık antrenmanı periyodunun baş-

langıcında ve ağırlık antrenman periyodunun sonunda uyluk ve abdominal deri kıvrımı kalınlıkları skinfold kaliper (Holtain Ltd., UK) ile ± 2 mm hassasiyetle ölçüldü.

Vücut yağ yüzdesi Doğu (1981) formülü'ne göre (VYY) hesaplandı.

$VYY = 2.662566 * 0.5819738 * \text{Abdominal deri kıvrımı kalınlığı} + 0.2770687 * \text{Uyluk deri kıvrımı kalınlığı}$

Yağ kütlesi (YK) ve Yağsız vücut kütlesi (YVK) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplandı.

$YK = \text{Vücut ağırlığı} * VY$

$YVK = \text{Vücut ağırlığı} - \text{Yağ kütlesi}$

Kuvvet Ölçümleri

Pençe kuvveti: Pençe kuvveti denek ayakta dik duruş pozisyonunda, kol ve vücut arasındaki yaklaşık 45°'lik açıyla izometrik dinamometre (Takkei-Hand Grip) kullanılarak ölçüldü. Ölçümler baskın olan koldan gerçekleştirildi (Heyward, 2002).

Sırt kuvveti: Sırt kuvveti ölçümünde sırt ve bacak (Takkei-Back &Lift) dinamometresi kullanıldı. Denekler dinamometre sehпасına ayaklarını yerleştirdikten sonra, dizler ve kollar gergin, sırt düz ve gövde hafif öne eğik pozisyonunda, elleri ile kavradıkları dinamometre barını dikey olarak maksimum oranda yukarı çekerek ölçümü gerçekleştirdiler (Heyward, 2002).

Bacak kuvveti: Bacak kuvveti ölçümünde sırt ve bacak (Takkei- Back &

Lift) dinamometresi kullanıldı. Denekler dizleri (130-140cm) durumunda dinamometre sehпасına ayaklarını yerleştirdikten sonra, kollar gergin, sırt düz ve gövde hafif öne eğik pozisyonda, elleri ile kavradıkları dinamometre barını dikey olarak maksimum oranda, dizleri ekstensiyona getirene kadar sırt kullanılmadan sadece bacaklar kullanılarak yukarı çektiler (Heyward, 2002). Tüm kuvvet ölçümleri 3 defa tekrarlandı ve en iyi dereceler kg cinsinden kaydedildi.

Ağırlık Antrenmanı Programı

Maksimal kuvvetin belirlenmesi: Deneklerin 6 tekrarda kaldırılan maksimum ağırlık (6 TM) antrenman periyodu başlamadan üç gün önce belirlendi. Deneklere, yarım çökme (*squat*), yatarak göğüs-ten itme (*bench press*) ve oturuşta gövdeden öne bükülme (*good morning*) hareketleri gösterildi. Her hareketin 6 TM kuvvetini tespit etmek amacıyla deneklerin kaldırabilecekleri tahmini ağırlık belirlenerek 6 TM da yapmaları istendi. Kaldırdıkları ağırlığa ve hissettikleri zorluk derecesine göre 2.5-5 kg eklenerek hareketi tekrar yapmaları sağlanarak 6TM değerleri elde edildi

Araştırma grubuna, 6 TM bench pres, yarım squat ve good morning hareketlerinden oluşan 6 haftalık ağırlık antrenman programı uygulandı. Antrenmanlar hafta boyunca birer gün arayla yapıldı ve setler arası 2 dk. dinlenme verildi.

Bench pres% 50 6 tekrar 1 set
% 75 6 tekrar 1 set
% 100 6 tekrar 4 set

Yarım squat% 50 6 tekrar 1 set
% 75 6 tekrar 1 set
% 100 6 tekrar 4 set

Good morning% 50 6 tekrar 1 set
% 75 6 tekrar 1 set
% 100 6 tekrar 4 set

Hormon Ölçümleri: Antrenman periyodunun ilk antrenmanından önce (IAÖ) ve sonra (İAS) ve 6. haftanın son antrenmanından önce (SAÖ) ve sonra (SAS) deneklerin brachial venlerinden 5 cc kan örneği alındı. Kan örnekleri santrifüj edilerek serumları ayrıştırıldı. Çalışmanın bitiminden 2 hafta sonra kan serumlarından insülin, total tiroksin (TT4), total testosteron (TT) ve büyüme hormonu (BH), seviyeleri RIA (Radioimmünoassay) yöntemi ile *Coat A Count* kitleri kullanılarak belirlendi. Antrenman öncesi kan örnekleri standart bir yemekten 3 saat sonra alındı

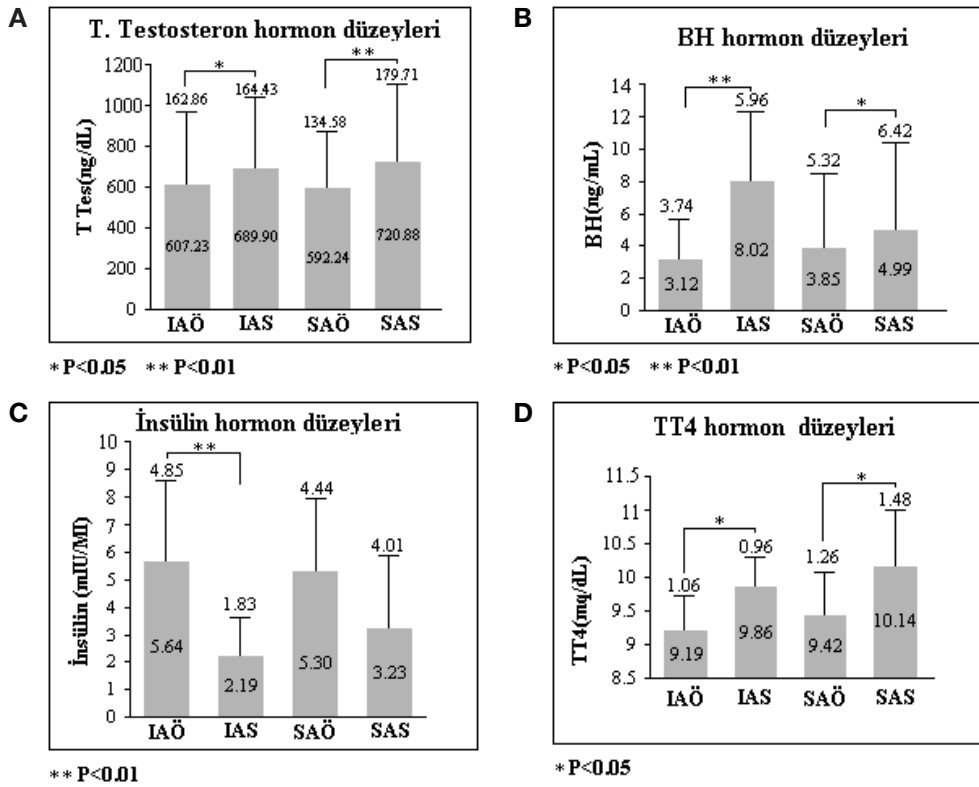
Verilerin Analizi: Araştırma grubundan elde edilen verilerin ortalama ve standart sapmaları hesaplandı. Antrenman uygulamasının başında ve sonunda ön test ve son testler arasındaki farklılığın tespiti için SPSS istatistik programında eşleştirilmiş "t" testi ile 0.05 anlamlılık seviyesinde değerlendirildi.

BULGULAR

6 haftalık 6 TM kuvvet antrenman periyodu sonrasında kan hormon konsantrasyonu, vücut kompozisyonu ve kuvvet değerlerinde meydana gelen değişimler aşağıdaki şekil ve tablolarda ayrıntılı olarak verilmiştir.

Şekil 1'de TT4, BH ve TTestosteron hormonunun hem ilk antrenmandan

hem de son antrenmandan sonra akut olarak arttığı bulunmuştur ($P<0.01$). İnsülin seviyesinin ilk antrenman sonrasında anlamlı olarak azaldığı ($P<0.01$), son antrenman sonrasında ise azalma olmasına rağmen bu azalmanın anlamlı olmadığı bulunmuştur. 6 haftalık antrenman periyodu sonunda hiçbir hormonun bazal değerlerinde değişim bulunmamıştır.



Şekil 1. Antrenman periyodu öncesi ve antrenman periyodu sonrası hormon değişimleri

Tablo 1. Antrenman periyodu öncesi (APÖ) ve antrenman periyodu sonrası (APS) çalışma grubunun vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, yağ miktarı ve yağsız vücut kütlesi değişimleri.

Vücut Kompozisyonu Değişkenleri	n	APÖ	APS	t değeri
Vücut ağırlığı (kg)	17	71.00 ± 10.15	71.15 ± 9.91	-0.50
Vücut yağ yüzdesi (%)	17	19.75 ± 7.22	14.48 ± 4.23	6.50*
Yağ kütlesi (kg)	17	14.30 ± 6.38	10.42 ± 4.23	5.57*
Yağsız vücut kütlesi (kg)	17	56.69 ± 7.58	60.72 ± 8.22	-6.88*

*P<0.001

Tablo 2. Antrenman periyodu öncesi (APÖ) ve antrenman periyodu sonrası (APS) çalışma grubunun pençe, sırt ve bacak kuvveti değişimleri.

Kuvvet Değişkenleri	n	APÖ	APS	t değeri
Pençe kuvveti (kg)	17	43.71 ± 6.37	46.17 ± 7.73	-3.51*
Sırt kuvveti (kg)	17	101.42 ± 18.58	109.59 ± 17.77	-4.88*
Bacak kuvveti (kg)	17	91.81 ± 17.72	103.96 ± 17.58	-6.62*

*P<0.001

Tablo 1'e göre, çalışma grubunun antrenman periyodu öncesi vücut ağırlıkları ve antrenman periyodu sonrası vücut ağırlıkları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($P>0.05$). Vücut yağı yüzdesi ve yağ miktarında antrenman periyodu sonrasında anlamlı bir azalma olurken ($P<0.001$), yağsız vücut kütlesinde ise anlamlı bir artış bulunmuştur ($P<0.001$).

Tablo 2'ye göre, çalışma grubunun antrenman periyodu öncesi ve antrenman periyodu sonrası pençe, sırt ve bacak kuvveti arasında anlamlı farklılık bulunmuştur ($P<0.001$).

TARTIŞMA

Bu çalışmada, kuvvet antrenmanının total testosteron, tiroksin, büyüme ve insülin hormonları üzerine akut ve kronik etkileri, aynı zamanda antrenmanın kuvvet ve vücut kompozisyonu üzerine etkisi araştırılmıştır.

Testosteron: Çalışma periyodunun gerek ilk ve gerekse son antrenmanından sonra TT salınımında artış gözlenirken ($P<0.01$), dinlenme testosteron konsantrasyonunun 6 haftalık kuvvet antrenmanı sonucunda değişmediği görülmüştür. Bu sonuçlar testosterondaki değişimlerin literatürle benzer bir şekilde akut olduğunu ve bazal değerlerin değişmediğini göstermektedir (Şekil 1. A).

Kuvvet antrenmanlarına hormonal yanıtları inceleyen ilk çalışmalarda, yüksek şiddetli (% 80-100) ve 5-10 tekrarlı büyük kas gruplarına yönelik kuvvet egzersizlerinin testosteron seviyesini akut olarak arttırdığı gösterilmiştir (Hakkinen, Pakarinen, Newton, ve Kraemer, 1998; Kraemer ve ark., 1990, Kraemer ve ark., 1991). Egzersiz sonrası testosterondaki bu akut artışın, hem testosteron sentez hızının artmasından, hem de eliminasyon hızının azalmasından kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Cadoux-Hudson, Few, İmss ve ark., 1985). Çalışmada dinlenme testosteron konsantrasyonunun literatürle uyumlu bir şekilde değişmediği bulunmuştur (Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen, Komi, 1985; Hakkinen ve Pakarinen, 1991; Kraemer ve ark., 1988). Bununla birlikte testosteronun metabolik seviyesinin artabileceği veya elit sporcularda daha yüksek olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Cadoux-Hudson ve ark., 1985; Hakkinen ve ark., 1985). Bazal testosteron seviyesinin elit erkek haltercilerde 2 yılın üzerindeki direnç egzersizleri sonucunda arttığı (Hakkinen ve ark. 1988), bununla birlikte 1 yıldan kısa periyotlarla yapılan çalışmaların serum testosteron konsantrasyonunu değiştirmede gösterilmiştir (Fahey, Rolph, Moungmee, Nagel, Mortara, 1976; McCall, Byrnes, Fleck, Dickinson ve Kraemer, 1999). Yoğun antrenmanların hipotalamus – hipofiz eksenini etkilemesi metabolik seviyedeki bu artışın nedeni olarak gösteril-

mektedir (Hakkinen ve ark., 1998). Bu çalışmada uygulanan antrenman süresi dinlenme testosteron konsantrasyonunda değişime neden olacak uzunlukta değildir. Bunlara ilaveten egzersiz şiddeti testosteron cevabı açısından önemlidir. Direnç egzersiz protokollerinden, %100 yüklerle uygulananın % 70 yüklerle uygulananadan daha fazla testosteron artışına neden olduğu gösterilmiştir (Raastad, Bjoro ve Hallen, 2000). Bu durumun testosteron mekanizmasında uyarıcı rol oynayan kan laktatının ve adrenerjik aktivitenin, yüksek şiddetli egzersizlerde daha fazla artmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Raastad ve ark., 2000). Bu çalışmada benzer bir şekilde yüksek şiddetli bir egzersiz protokolü uygulanmıştır. Testosterondaki artışlar egzersiz şiddetinin yeterli uyarıyı sağladığını desteklemektedir. Anabolik cevaplar ile sirkadiyen ritim ilişkisinin incelendiği bir çalışmada ise şiddeti % 75 olan, 8-10 tekrarlı tek bir direnç egzersizine verilen hormonal cevaplar, öğleden önce ve öğleden sonra ölçülmüştür. Öğleden sonra yapılan egzersizin, sabah egzersizine göre testosteron / kortizol oranını pozitif yönde etkilediği gözlenmiştir (Bird ve Tarpenning, 2004). Bu çalışmada ise, antrenmanlar öğleden sonra 17.00-18.00 saatleri arasında uygulanmıştır. Kortizol düzeyleri ölçülmemesine rağmen YVK'sindeki artış anabolik cevaplarda testosteronun rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Büyüme Hormonu: Antrenman peri-

yodunun gerek ilk ve gerekse son antrenmanından sonra BH konsantrasyonunda artış gözlenirken ($P<0.05$), bazal değerlerin değişmediği ve antrenmana verilen cevaplar arasında fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 1 B).

Bir çok çalışmada çok tekrar kısa dinlenme aralıklı (1 dakika) ve daha fazla iş yüküyle yapılan kombine direnç çalışmalarının daha düşük iş yükü ve uzun dinlenme aralıkları ile yapılan çalışmalardan daha fazla BH cevabı oluşturduğu bilinmektedir (Kraemer ve ark., 1990; Kraemer ve ark., 1991; Kraemer ve ark., 1993). Büyüme hormonuna verilen cevaplar bazal değişimlerden çok akut cevaplardır (Kraemer ve ark., 1998b; McCall ve ark., 1999). Direnç antrenmanına verilen BH cevabı deneklerin antrenman durumuna göre değişmektedir. Antrenmansız bireylerde ve antrenmanın ilk haftalarında verilen BH cevaplarının, antrenmanlılara ve antrenmanın son haftalarına göre daha fazla olduğu, antrenmansız bireylerin direnç antrenmanı programının erken dönemlerinde antrenmanlılara göre daha yüksek hormonal değişimler sergileyebilecekleri belirtilmektedir (Kraemer ve ark., 1998a; Staron ve ark., 1994). Nitekim bu çalışmanın ilk antrenmanı sonrası BH artışı % 157 iken, periyodun son antrenmanında bu oran % 29'a gerilemiştir. Bu bulgu, yukarıdaki çalışmalar ile paralel bir bulgudur ve hormonal cevapların yorumlanmasında önemlidir. Çalışmada 6 tekrar maksimal, 4 set üzerinden uygulan-

mıştır. Farklı set ve tekrar sayıları ve dinlenme aralığı BH cevapları açısından önemlidir. Üç ve bir setle yapılan direnç çalışmasında yüksek set sayısının daha yüksek BH cevabına neden olduğu ve bu cevabın antrenman sonlandırıldıktan sonra bile daha yüksek devam ettiği bildirilmiştir (Gotshalk ve ark., 1997). Tekrar sayıları ve dinlenme aralığının etkisi ise 5 ve 10 tekrarlarda, 1 ve 3 dakika dinlenme aralığında sınanarak en yüksek hormon salınımının 10 tekrar 1 dakika grubunda olduğu gözlenmiştir (Kraemer ve ark., 1990). Çalışmada uygulanan maksimal kuvvet antrenmanı yüksek şiddetli bir antrenmandır ve büyüme hormonu cevapları bunu desteklemektedir.

Tiroksin: Hem antrenman periyodunun ilk antrenmanında hem de son antrenmanında total tiroksin hormon değerlerinin akut olarak arttığı gözlenmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte bazal değerlerin değişmediği ve antrenmana verilen cevaplar arasında fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 1 D). Bu sonuçlar, tiroksin hormonundaki değişimlerin literatürle uyumlu olarak akut değişimler sergilediğini göstermektedir. Yapılan bir çalışmada 1 yıllık antrenman periyodunun haltercilerin dinlenme total tiroksin hormon konsantrasyonunu değiştirmedeği gözlemlenmiştir (Alen, Pakarinen, Hakkinen ve ark., 1993). Kısa süreli antrenmanın etkisini incelemek için yapılan başka bir çalışmada (Pakarinen, Hakkinen, ve Alen, 1991), 1 haftalık yoğun kuvvet ant-

renmanı sonucunda tiroksin hormonunun serum konsantrasyonunun azaldığı fakat serbest tiroksin seviyesinde değişim olmadığı belirlenmiştir. Tiroksin hormonunun serum konsantrasyonundaki bu azalmanın antrenmanın oluşturduğu hipotalamik stres sonucunda tiroid stimulan hormonun baskılanmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir (Pakarinen ve ark., 1991). Yukarıdaki çalışmanın süresinin kısıtlılığı antrenmana adaptasyonun değerlendirilmesi açısından yeterli olmayabilir. Bu çalışmada aralarda ölçüm alınamaması, antrenmana cevap ve adaptasyon açısından haftalık değişimlerin değerlendirilmesini sınırlamıştır.

İnsülin: Antrenman periyodunun ilk antrenmanı sonrasında insülin düzeyinde anlamlı bir azalma gözlenirken ($P<0.01$), periyodun son antrenmanı sonrası insülin düzeyinde azalma olmasına rağmen fark anlamlı değildir. Aynı zamanda bazal değerlerin değişmediği ve antrenmana verilen cevaplar arasında fark olmadığı bulunmuştur (Şekil 1-C).

İnsülinin glikoz alımını artırdığı, protein yıkımını baskıladığı, protein sentezinde rol oynadığı bilinmektedir. Bu etkileri sonucunda anabolik süreçte etkili olduğu düşünülmektedir (Biolo, Williams, Fleming, Wolfe 1999). Çalışmada insülin konsantrasyonunun egzersizle birlikte azaldığı bulunmuştur. Bu bulgu literatürle uyumlu bir sonuçtur (Fluckey ve ark., 1994; Raastad ve ark., 2000). İnsülin konsantrasyonundaki azalmanın neden-

lerinden biri, glikozun hücreye alınmasında insülinden bağımsız mekanizmaların aktifleşmesi olarak gösterilirken (Sakamoto ve Goodyear, 2002), bir diğer neden olarakta insülinin eliminasyonundaki artış gösterilmektedir. Direnç egzersizi sonrası üriner insülin konsantrasyonunun arttığına gösterilmesi, eliminasyondaki artışı desteklemektedir (De Palo ve ark., 2003). Bu çalışmada, ilk antrenman sonrası insülin miktarındaki azalma % 61 bulunmuştur, periyodun son antrenmanından sonra insülindeki azalmanın % 39 olduğu gözlenmiştir. Bu durum glikoz metabolizmasının antrenmana adaptasyon gösterdiğinin bir işaretidir.

Çalışmada 6 haftalık kuvvet antrenman periyodu sonrasında deneklerin vücut kompozisyonunda değişimler gözlenmiştir. Antrenman periyodu öncesi ile sonrası arasında vücut ağırlıklarında anlamlı bir değişim bulunmazken vücut yağ yüzdesinde anlamlı bir azalma yağsız vücut kütlelerinde ise artma gözlenmiştir ($P<0.001$). Vücut kompozisyonu ile ilgili bu bulgular kuvvet antrenmanının bir yandan anabolik etki ile yağsız vücut ağırlığını arttırırken, bir yandan da vücut yağ yüzdesinde azalma meydana getirerek vücut kompozisyonunu üzerinde değişimlere neden olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, 6 haftalık maksimal kuvvet antrenmanının vücut ağırlığında bir değişim olmaksızın vücut yağ yüzdesinde azalma ve yağsız vücut kütlelerinde artışa yol açarak vücut kom-

pozisyonunu değiştirdiği, egzersize hormonal cevapların akut olduğu ve bazal hormon konsantrasyonlarının antrenmanla değişmediği anlaşılmıştır. Bu sonuçlar kuvvet çalışmalarının hormonal değişimler yoluyla anabolik süreçte önemli rol oynadığını ve kas kütlesinin artmasında pozitif bir etki sağladığını düşündürmektedir. Bu çalışma doku büyümesi ve yeniden yapılanmasında, hormon konsantrasyonundaki kronik bir değişimden ziyade akut hormonal yanıtların daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Yazışma Adresi (Corresponding Address)

Sultan HARBİLİ
Hacettepe Üniversitesi
Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu
06800 Beytepe / ANKARA
e-posta: sultanh@hacettepe.edu.tr

KAYNAKLAR

- Alen, M., Pakarinen, A. & Hakkinen, K. (1993). Effects of prolonged training on serum thyrotropin and thyroid hormones in elite strength athletes. **J Sports Sci.**, 11(6), 493-7.
- Biolo, G., Williams, B.D., Fleming, R.Y. & Wolfe, R.R. (1999). Insulin action on muscle protein kinetics and amino acid transport during recovery after resistance exercise. **Diabetes.**, 48(5), 949-57.
- Bird, S.P. & Tarpenning, K.M. (2004). Influence of circadian time structure on acute hormonal responses to a single bout of heavy-resistance exercise in weight-trained men. **Chronobiol Int.**, 21(1),131-46.
- Cadoux-Hudson, T.A., Few, J.D. & Imms, F.J. (1985). The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young man. **Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.**, 54(3), 321-325.
- Deschenes, M.R., Maresh, C.M., Crivello, J.F., Armstrong, L.E., Kraemer, W.J. & Covault, J. (1993). The effects of exercise training of different intensities on neuromuscular junction morphology. **J. Neurocytol.**, 22(8), 603-615.
- De Palo, E.F., Gatti, R., Lancerin, F, De Palo, C.B., Cappella, E., Solda, G. & Spinella, P. (2003). Effects of acute, heavy-resistance exercise on urinary peptide hormone excretion in humans. **Clin Chem Lab Med.**, 41(10),1308-13.
- Doğu, G. (1981). Development of an Equation to Predict The Percent Body Fat of 18-25 Years Old Turkish Males Through Skinfold Testing. Unpublished Doctorate Dissertation, Oklahoma.
- Fahey, T.D., Rolph, R., Moungee, P., Nagel, J. & Mortara, S. (1976). Serum Testosterone, body composition, and strength of young adults. **Med Sci Sports Exerc.**, 8(1), 31-34.
- Fluckey, J.D., Hickey, M.S., Brambrink, J.K., Hart, K.K., Alexander, K. & Craig, B.W. (1994). Effects of resistance exercise on glucose tolerance in normal and glucose-intolerant subjects. **J Appl Physiol.**, 77(3),1087-92.
- Fry, A.C., Kraemer, W.J., Weseman, C.A., Conroy, B.P., Gordon, S.E., Hoffman, J.R. & Maresh, C.M. (1991). The effects of an off-season strength and conditioning program on starters in women's intercollegiate volleyball. **J Appl Sport Sci Res.**, 5(1),174-181.

- Gotshalk, L.A., Loebel, C.C., Nindl, B.C., Putukian, M., Sebastianelli, W.J., Newton, R.U., Hakkinen, K. & Kraemer, W.J. (1997). Hormonal responses of multiset versus single-set heavy-resistance exercise protocols. **Can J Appl Physiol.**, 22(3), 244-55.
- Heyward, V.H. (2002). **Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription**. Human Kinetics. 4. Edition. p:116.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kaahanen, H. & Komi, P.V. (1985). Serum hormones during prolonged training of neuromuscular performance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.**, 53(4), 287- 293.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kaahanen, H. & Komi, P.V. (1988). Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. **J Appl Physiol.** 65(6), 2406-12.
- Hakkinen, K. & Pakarinen, A. (1991). Serum hormones in male strength athletes during intensive short term strength training. **Eur J Appl Physiol.**, 63(3-4), 194 –199.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A. & Kallinen, M. (1992). Neuromuscular adaptations and serum hormones in women during short term intensive strength training. **Eur J Appl Physiol.**, 64(2), 106-111.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1998). Acute hormone responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. **Eur J Appl Physiol.**, 77(4), 312-19.
- Komi, P.V. (1986). Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic, and mechanical factors. **Int J Sports Med.** 7(Suppl 11), 10-15.
- Kraemer, W.J. (1988). Endocrine responses to resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc.**, 20 (Suppl 5), 152-7.
- Kraemer, W.J., Marchitelli, L., Gordon, S.E., Harman, E., Dziados, J.E., Mello, R., Frykman, P., Mccurry, D. & Fleck, S.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. **J Appl Physiol.**, 69(4), 1442-50
- Kraemer, W.J., Godon, S.E., Fleck, S.C., Marchitelli, L.J., Mello, R., Dziados, J.E., Friedl, K., Harman, E., Maresh, C. & Fry, A.C. (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. **Int J Sports Med.**, 12 (2), 228-235.
- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., Dziados, J.E., Harman, E.A., Marchitelli, L.J., Gordon, S.E., Mello, R., Frykman, P.N., Koziris, L.P. & Triplett, N.T. (1993). Change in hormonal concentrations after different heavy - resistance exercise protocols in women. **J Appl Physiol.**, 75 (2), 594-604.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R.U., McCormik, M., Nindl, B.C. & Volek, J.S. (1998a). Acute hormonal responses to heavy resistance exercise in younger and older men. **Eur J Appl Physiol.**, 77(3), 206-11.
- Kraemer, W.J., Staron, R.S., Hagerman, F.C., Hikida, R.S., Fry, A.C., Gordon, S.E., Nindl, B.C., Gotshalk, L.A., Volek, J.S., Marx, J.O., Newton, R.U. & Hakkinen, K. (1998b). The effects of short-term resistance training on endocrine function in men and women. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol.**, 78 (1), 69-76.
- Kraemer, W.J., Hakkinen, K., Newton, R.U., Nindly, B.C., Volek, J.S., McCormic, M., Gotshalk, L.A., Gordon, S.E., Fleck, S.J., Campbell, W.W., Putuki-

- an, M. & Evans, W.J. (1999). Effect of heavy resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older man. **J Appl Physiol.**, 87(3), 982-992.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. (2005). Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports Med.**, 35(4), 339-361.
- McCall, G.E., Byrnes, W.C., Fleck, S.J., Dickinson, A. & Kraemer, W.J. (1999). Acute and chronic hormonal responses to resistance training designed to promote muscle hypertrophy. **Can J Appl Physiol.**, 24(1), 96-107.
- Pakarinen, A., Hakkinen, K. & Alen, M. (1991). Serum thyroid hormones, thyrotropin and thyroxine binding globulin in elite athletes during very intense strength training of one week. **J Sports Med Phys Fitness.**, 31(2), 142-6.
- Pullinen, T., Mero, A., MacDonald, E., Pakarinen, A. & Komi, P.V. (1998). Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes. **Euro J Appl Physiol.** 77(5), 413-20.
- Raastad, T., Bjoro, T., Hallen, J. (2000). Hormonal response to high- and moderate – intensity strength exercise. **Euro J Appl Physiol.** 82(1-2), 121-128.
- Ruther, C.L., Golden, C.L., Harris, R.T. & Dudley, G.A. (1995) Hypertrophy resistance training and the nature of skeletal muscle activation. **J Strength Cond. Res.** 9(3), 155-159
- Sakamoto, K. & Goodyear, L.J. (2002). Exercise Effects on Muscle Insulin Signaling and Action Invited Review: Intracellular signaling in contracting skeletal muscle. **J Appl Physiol.** 93(1), 369-83.
- Sale, D. (1988). Neural adaptation in strength training. **Med Sci Sports Exerc.** 20(suppl 5), 5135- 5145.
- Staron, R.S., Leonardi, L.J., Karapondo, D.L., Malicky, E.S., Falkel, J.E., Hagerman, F.C. & Hikida, R.S. (1991). Strength and skeletal muscle adaptations in heavy resistance trained women after detraining and retraining. **J Appl Physiol.** 70(2), 631- 640.
- Staron, R.S., Karapondo, D.L., Kraemer, W.J., Fry, A.C., Gordon, S.E., Falkel, J.E., Hagerman, F.C. & Hikida, R.S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy resistance trained in man and women. **J Appl Physiol.** 76(3), 1247-55
- Viru, M., Jansson, E., Viru, A. & Sundberg, C.J. (1998). Effects of restricted blood flow on exercise-induced hormone changes in healthy men. **Euro J Appl Physiology.** 77(6), 517-22.
- Zatsiorsky, V.M. (1995). **Science and Practice of Strength Training.** Human Kinetics.