

## EGZERSİZ ESNASINDA ENERJİ TÜKETİMİNDE LEPTİN Mİ KARNİTİN Mİ DAHA ETKİLİDİR?

Nevzat DEMİRCİ<sup>1</sup>

### ÖZET

Leptin, enerji alımı ve tüketimindeki değişikliklerin bir sensörü olarak iş görür. Fazla enerji alımında vücutta yağ birikmesine engel olduğu bilinse de, enerji kısıtlandığında konsantrasyonu azaldığı için leptinin anti-açlık hormonu olduğu söylenebilir. Leptin eksikliğinin obezite ile sonuçlandığı, günümüzde artık oldukça iyi bilinen ve kabul edilmiş bir gerçektir. Egzersizin enerji tüketimini artırarak enerji dengesini değiştirdiği ve yağ kitlesinin azalmasına neden olduğu bilinmektedir. Egzersizin leptin üzerine etkilerini inceleyen birçok araştırmanın temelinde bu gerçek yatmaktadır. Karnitin ise, uzun zincirli yağ asitlerinin beta oksidasyonu için mitokondri matriksine taşınmasına aracılık ederek yağ metabolizmasında önemli bir rol oynar. Karnitin yağ asitlerini hücredeki mitokondriye (yağ yakma odası) taşır. Bu da vücudun gereksiz fazla yağ kütlelerinden kurtulup kilo kaybının yağ dokusundan verilmesini sağlar. Bu nedenle, bu derleme yazısında egzersizde leptin mi, karnitin mi daha fazla kalori harcanmasına neden olur sorusunu cevaplandırmak amaçlanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Egzersiz, Leptin, L-Karnitin, Enerji

## ARE LEPTIN OR CARNITINE MORE EFFECTIVE IN CONSUMING ENERGY DURING DOING EXERCISE?

### ABSTRACT

Leptin studies such as a sensor of changes in getting and consuming energy. As if it is known that it stops the collecting of body fat while getting more energy, it may be said that it is an anti-hunger hormon when the energy is decreased because of lessening the concentration. It is known well and accepted reality that the lack of Leptin leads to obese. It is known that exercise changes the balance of energy and decreases the body fat mass by increasin the energy consuming. In the basement of many researches carried out by a lot of researchers about the effect of exercises on Leptin, there is the same reality. Carnitine plays an important role in lipid metabolism by transporting long-chain fatty acids into the mitochondria for beta-oxidation. Carnitin carries body fat acids into the mitocondria (firing room of body fat). It provides giving weigh loose from the body fat tissues after leaving the body fat mass. For that reason, in this study it was planned to answer the question of if the Leptin or Carnitin are more effective to spend more calory.

**Keywords:** Exercise, Leptin, L-Carnitine, Energy

---

<sup>1</sup>Kafkas Üniversitesi Eğitim Fakültesi Özel Eğitim Bölümü Yardımcı Doçent

**İletişim/Corresponding Author:** Nevzat DEMİRCİ

**Geliş Tarihi / Received :** 21.12.2012

Tel: +90 4742251352e-posta: e-posta:nevzatdemirci44@hotmail.com

**Kabul Tarihi / Accepted:** 12.06.2013

## GİRİŞ

Organizmada pek çok kompleks fonksiyonun sürdürülebilmesi, sürekli olarak enerji üretimi ile gerçekleşir. Egzersiz sırasında yapılan egzersizin tipine ve süresine bağlı olarak da enerji gereksinimi artar. Bu gereksinimin ya organizma tarafından karşılanması ya da egzersizin hemen sonlandırılması gerekir (1). 1994 yılında tanımlanan leptin hormonu, başlıca yağ dokusu hücrelerinden salgılanan bir hormon olup, hipotalamus düzeyinde etki ederek iştahı azaltmaktadır. Ayrıca, vücutta enerji tüketimini artırarak kilo artışına engel olmaktadır (2). Leptin, enerji alımındaki ve tüketimindeki değişikliklerin bir sensörü olarak iş görür. Fazla enerji alımında vücutta yağ birikmesine engel olduğu bilinse de, sınırlı enerji alımında enerji tüketimini kısıtlayarak açlığa fizyolojik uyumu sağladığı için leptinin bir anti-açlık hormonu olduğu söylenebilir. Egzersizin enerji tüketimini artırarak enerji dengesini değiştirdiği ve yağ kitlesinin azalmasına neden olduğu bilinen bir gerçektir. Egzersizin leptin üzerine etkilerini inceleyen birçok araştırmanın temelinde bu gerçek yatmaktadır (3). Enerji dengesini değiştirebilecek ölçüde enerji tüketimine yol açan egzersizler leptin düzeylerinin değişmesine yol açmaktadır. Kısa süreli (<60 dakika) egzersizler leptin düzeylerinde değişikliğe yol açmazken, uzun süreli (≥60 dakika) egzersizlerin ise leptin düzeylerinde azalmaya neden olduğu ileri sürülmektedir (4, 5).

L-karnitin serbest yağ asidi (Free Fatty Acids, FFA) metabolizmasında ve glikoz oksidasyonunda önemli rol oynayan doğal bir aminoasittir. Yağ asidi metabolizması üzerine temel etkisi; FFA'nin mitokontri içine transportunu gerçekleştirerek  $\beta$ - oksidasyonuna uğramalarını sağlamaktadır (6). Kas ve bir çok doku için gerekli enerji, trigliserit (TG) hidrolizasyonu ile açığa çıkan FFA'nin hücre içine girerek mitokondriumda  $\beta$ -oksidasyona uğraması ile sağlanır. Hücre içinde CoA ile aktive olan FFA, açıl grubunun karnitin'e bağlanması ile mitokondrial matrikse taşınarak asetil CoA'ya indirgenir. Böylece kimyasal enerji (ATP) büyük ölçüde, açıl-CoA ların  $\beta$ -oksidasyonu ile lipidlerden sağlanır. Karnitin, mitokondride oluşan açıl gruplarını sitozole taşıyarak hücre membran stabilizasyonunu da etkiler (7).

Serbest yağ asitleri dayanıklılık egzersizleri sırasında temel yakıt olarak kullanılır ve vücudun FFA metabolizmasındaki artışı glikojen depolarının idareli kullanımını sağlarken egzersizler daha uzun bir süre sürdürülebilmektedir. Çünkü karnitin, yağ asitlerinin oksidasyonunun artırılmasında rol alarak hem yağlardan daha fazla enerji üretilmesine hem de kas glikojen depolarının ekonomik kullanımına yardımcı olduğu ileri sürülmektedir.

## **I. LEPTİN**

Leptin 167 amino asitten oluşan bir peptit olarak sentezlenmekte ve 21 amino asitlik sinyal peptidin molekülünden ayrılmasından sonra 146 amino asitlik 16 kDa molekül ağırlığında bir peptit hormon olarak kan dolaşımına salgılanmaktadır (8). Leptin başlıca beyaz yağ dokuda üretilmekle beraber leptin geni ayrıca plasental ve fetal dokularda, meme bezi, mide, kaslar ve kahverengi yağ dokuda da eksprese edilmektedir (9, 10). Leptin, etkilerinin çoğunu merkezi sinir sisteminde ve periferik dokularda (akciğer, böbrek, karaciğer, kalp, pankreasın endokrin kısmında, adrenal bezler, uterus, ovaryum, testis, hematopoitik hücreler, iskelet kası, adipoz doku vb.) bulunan reseptörleri ile etkileşerek gösterir (11, 12).

## **II. LEPTİNİN FİZYOLOJİK ETKİLERİ**

Leptin sirkadiyen bir ritime sahiptir, kan seviyeleri kortizolün aksine gece artar, gecenin ortasında (03:00'te) en yüksek düzeyine ulaşır (13). Yaşlanmayla birlikte plazma leptin seviyesi azalır, bu azalma kadınlarda daha belirgindir ve vücut kitle indeksi (VKİ) ve diğer endokrin değişikliklerden bağımsızdır (14). Leptin seviyesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan obezite, aşırı beslenme, bozulmuş böbrek fonksiyonları, insülin, glukoz, glukokortikoidler, tümör nekrozis faktör-alfa (TNF-alfa), östrojen, endotoksin, interlökin-1 (IL-1) ve alkol serum leptin seviyesini artırırken; androjenler, açlık beta adrenerjik reseptör agonistleri, büyüme hormonu, soğuğa maruz kalma, egzersiz, somatostatin, c-AMP, sigara ve serbest yağ asitleri ise serum leptin düzeyini azaltır (15).

Leptin eksikliğinin obezite ile sonuçlandığı, günümüzde artık oldukça iyi bilinen ve kabul edilmiş bir gerçektir (16). Obez insanlarda serum leptin konsantrasyonları obezite göstergeleri olan VKİ ve vücut yağ kitlesi oranı ile pozitif bir korelasyon göstermektedir (4, 17). Bununla birlikte, leptin antiobezite etkisini başlıca enerji alımını azaltarak (iştahın azaltılarak daha az gıda alınması) ve enerji harcanımını artırarak (sempatik sinir sistemi aktivasyonu, termogenezis, artmış oksijen tüketimi) göstermektedir (18).

## **III. LEPTİN ENERJİ DENGESİ VE EGZERSİZ**

İştah artışında önemli rol oynayan nöropeptit Y'nin leptin tarafından baskılandığı, leptinin fazla enerji alımında ise vücutta yağ birikmesine engel olduğu ileri sürülmüştür.(19, 20). Enerji tüketimindeki güçlü değişikliklerin serum leptin düzeylerinin değişmesine yol açabildiğini bildiren Leal-Cerro ve ark. (21), maraton koşucularında 2800 kalorilik enerji

tüketiminden sonra leptin düzeylerinin azaldığını göstermişlerdir. Essig ve ark (9), VO<sub>2</sub>max'ın % 70'inde yapılan egzersizlerden hemen ve 24 saat sonra değişmeyen leptin konsantrasyonlarının 48 saat sonra % 30 azaldığını bulmuşlardır. Olive ve ark. (4) leptin değerlerinin VO<sub>2</sub>max'ın % 70'inde yapılan 60 dakikalık egzersizden hemen sonra değişmediğini, 24 ve 48 saat sonra ise % 18 ve % 40 azaldığını bildirmişlerdir. Gökbel ve ark. (22), sıçanlarda zorlu egzersizden 48 saat sonra leptin düzeyinin azaldığını göstermişlerdir. Egzersizin enerji tüketimini artırarak enerji dengesini değiştirdiği ve yağ kitlesinin azalmasına neden olduğu bilinen bir gerçektir. Egzersizin leptin üzerine etkilerini inceleyen birçok araştırmamanın temelinde bu gerçek yatmaktadır (Tablo 1).

Bugüne kadar egzersizin leptin seviyelerine etkileriyle ilgili farklı sonuçların bulunmuş olması egzersizdeki leptin değişikliklerinden gıda alımındaki dalgalanmaların ve diğer faktörlerin sorumlu olabileceğini akla getirmekle beraber, enerji dengesini ya da vücut yağ kitlesini etkileyecek yoğunluktaki egzersizlerin leptin salgılanmasını değiştirdiği söylenebilir. Ayrıca fiziksel egzersizlerin plazma leptin konsantrasyonlarını azaltarak enerji alımını arttıracığı beklenmektedir. Dolayısıyla, egzersiz ile artan enerji harcaması benzer bir enerji alımı ile telafi edilecektir.

#### **IV. L- KARNİTİN**

Yapı olarak koline benzeyen, 3 metilli bir amino asit olan L-karnitin ( $\beta$ -hidroksi- $\gamma$ -trimetilamonyum butirik asit) küçük, suda eriyebilen vitamin-benzeri bir maddedir. Hücrede enerji üretimi için beta-oksidasyona uğrayacak olan uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondri matriksine taşınmasında kofaktör rolü oynar (Judith L Flanagan). İlk kez 1905 yılında hayvan kaslarından izole edilen karnitin kimyasal yapısı 1927'de belirlenmiştir. L-karnitin, lipid katabolizmasında çok önemli rolü olan kuartern bir amino bileşiğidir. Karnitin, açıl- Co-A bileşiklerinin membran transportu, özellikle uzun zincirli yağ asitlerinin intramitokondrial transportu için esansiyel faktördür. Dokuda yeterli konsantrasyonda karnitin yoksa uzun zincirli yağ asitlerinin oksidasyonu engellenir ve hücresel enerji metabolizması bozulur. Karnitin % 75'i diyetten vücuda alınmaktadır. Ayrıca % 25'i vücutta iskelet kası,kalp, beyin, karaciğer ve böbrek gibi organlarda esansiyel amino asitler olan lizin ve metioninden endojen olarak sentezlenebilmektedir (31).

**Tablo 1.** Egzersizin Leptin ve Enerji Dengesi Üzerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar

Yazarlar	Kişi Sayısı (n)	Süresi	Araştırılan Parametreler	Sonuçlar
Dirlewanger M et al (1999), (23)	n: 4 (erkek) n: 7 (bayan)	3 gün, günde 2 kez 30 dak. Egzersiz yaptırıldı	Plazma leptin düzeylerine bakıldı	Enerji dengesi azalmasına rağmen leptin konsantrasyonu değişmedi.
George A et al (1999), (24)	n: 6 (erkek) n: 3 (bayan)	Kısa süreli egzersiz yaptırıldı	Leptin ve enerji dengesine bakıldı	Leptin düzeylerindeki azalmanın enerji dengesinden olabileceği belirtildi.
Essind DA et al (2000), (5)	n.19 (sağlıklı orta yaşlı bayan)	6 ay süre ile haftada 3 gün günde 60 dak egzersiz yaptırıldı	Serum leptin düzeylerine bakıldı	Serum leptin düzeylerin de anlamlı değişiklik olmadı.
Reseland JE et al (2001),(25)	n: 186 (erkek)	1 yıl süre ile uzun süreli egzersiz yaptırıldı	Plazma leptin düzeyi, vücut kitle indeksi(VKİ) gıda alımının azaltılması	Plazma leptin düzeylerinde anlamlı azalma, artan fiziksel aktivite ile yağ kütlesinde azalma gözlemlendi.
Olive JL et al (2001), (4)	n: 9(erkek) sporcu	1,24,48 saatlik%70 şiddetinde kısa süreli egzersiz yaptırıldı	Plazma leptin konsantrasyonu ve enerji dengesine bakıldı	Leptin düzeylerinin 1 saatlik egzersizden sonra değişmediği 24 ve 48 saat sonra ise %18 ve %40 azaldığı belirlendi.
Gomez Merino Det al (2002), (26)	n: 26 (erkek)	4 haftalık kısa süreli egzersiz yaptırıldı	leptin düzeyleri ve VKİ'ne bakıldı	VKİ'de azalma olmadan serum leptin düzeylerin azalma gözlemlendi.
Sütken E ve Ark (2006), (27)	n: 7 (erkek) n: 7 (bayan) atlet	4 ay uzun süreli orta şiddette egzersiz yaptırıldı	leptin düzeyleri ve VKİ'ne bakıldı	Uzun süreli orta şiddette egzersizin vücut yağ yüzdesinin azalmasına bağlı olarak leptin düzeylerini baskıladığı gözlemlendi.
Azizi M et al (2011), (28)	n:24 (Bayan)	8 hafta süre ile haftada 3 gün günde 30 dak aerobik antrenman yaptırıldı	serum leptin düzeylerine bakıldı	Serum leptin düzeylerde azalma ve kilo kaybı gözlemlendi
Koushki MH et al (2012), (29)	n: 23 Erkek öğrenci	3 Ay süre ile % 60-85 şiddetinde Koşu egzersizi	Plazma leptin, glikoz, insülin, laktat düzeylerine bakıldı	Plazma leptin, glikoz, insülin, düzeylerinde azalma, laktat konsantrasyonunda ise artış gözlemlendi.
Shahram S et al (2012), (30)	n:30 (bayan) öğrenci	12 hafta, haftada 3 gün %80 şiddeti egzersiz yaptırıldı	leptin düzeyleri ve VKİ'ne bakıldı	Leptin düzeylerinde ve VKİ'de azalma olduğu belirlendi

## V. L-KARNİTİN VE FİZYOLOJİK ETKİLERİ

Karnitinin esas görevi, mitokondrial matriks geçişi için, uzun zincirli yağ asitlerinin açıl karnitine dönüşmesini sağlamaktır (32). Karnitin, enerji oluşması için keton metabolizmasında görev alır ve dallı-zincirli amino asitlerin (valin, lösin ve izolösin) enerjiye dönüşmesinde rol oynar (33). İnsanların kaslarındaki karnitin miktarı ile bioenerjistik yollar arasındaki ilişki, subra-fizyolojik karnitin konsantrasyonunun yararları ile ilgili bazı spekülasyonlara neden olmuştur. Karnitinin egzersiz performansı üzerine fizyolojik ve biyokimyasal etkileri çeşitli spesifik mekanizmalarla gerçekleşmektedir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Karnitin İlavesinin Egzersiz Performansı Üzerine Fizyolojik Ve Biyokimyasal Etkileri

---

1.	Kaslardaki yağ asidi oksidasyonunu artırır (34),
2.	Kas glikojen depolarının ekonomik kullanımına yardımcı olur (35),
3.	Kaslarda kullanılan glikoz, yağ asidi substratlarını değiştirir (36),
4.	Substratların oksidasyonunu kolaylaştırır (37),
5.	Kaslardaki asilkarnitin üretimini artırarak asil-CoA içeriklerini azaltır (38,39),
6.	Asil-CoA'yı azaltarak piruvat dehidrojenazei aktifleştirir (35),
7.	Kas yorgunluğunu azaltır (40),
8.	Antrenman süresince karnitin kaybını yeniler (35),
9.	Toksik asil grupların içeriklerini azaltır (41),
10.	Kaslara gelen kan akımını arttırmak için sekonder vasodilatasyonu artırır (35).

---

Karnitinin mitokondriyal yağ asidi oksidasyonu için gerekli olması, karnitin miktarı arttığında yağ asidi oksidasyonunun da artabileceği ihtimalini doğurmaktadır (34). Keza, karnitinin kaslarda yağ asidi oksidasyonunu artırarak kasların glikojen kullanımını dolayısıyla da kas yorgunluğunu azalttığı ifade edilmiştir (42). Karnitinin egzersiz esnasındaki glikoz oksidasyonu; asetil karnitin miktarını artırıp, asetil-CoA aktivasyonunu azaltarak piruvat dehidrojenazei aktifleştirmek suretiyle artırdığı, dolayısıyla da laktat birikimini azalttığı bilinmektedir (43). Şiddetli egzersizlerde iskelet kasındaki karnitin bileşiklerinden asetilkarnitin miktarı azaltılarak, karnitinin organizmadaki miktarı dengede tutulmuş olur (44).

## VI. L- KARNİTİN, ENERJİ DENGESİ VE EGZERSİZ

Karnitin hücrede enerji üretimi için beta-oksidasyona uğrayacak olan uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondri matriksine taşınmasında önemli rol oynayarak, vücudun fazla yağ kütlelerinden kurtulup kilo kaybının yağ dokusundan verilmesini sağlar. Karnitin sporcuların bedensel performans potansiyellerini holistik (bütünsel) olarak yükseltir ve onları kısa sürede gerçekten sağlam hale getirir. Kasların gücünü artırır. Mevcut kas kitlesini korur, geliştirir ve yeni kas gelişimini sağlar. Ekstrem performans gösterme durumlarında vücudu incinme ve yırtılmalardan korur, kas yaralanmalarını azaltır. Kas ağrıları, yorgunluk ve bitkinliği azaltır (45).

Normal beslenme yoluyla vücudunuzun günlük karnitin alımı ortalama 20-25 mg'dır. Yoğun spor yapıldığında veya stres altında iken günlük L -Karnitin gereksinimi 1200 mg'a kadar yükselir. Bu durumda vücudumuz L- karnitin ihtiyacını kaslardaki proteinleri parçalayarak (lysine ve methionin amino asitlerini) sentezleyerek karşılar, vücudumuz 1 gr L-karnitin üretebilmek için 30 gr kas kitlesini eritir. Bir maraton koşusunda vücut 2 gr' dan fazla L- karnitin kaybeder. Sporcular ihtiyaçları olan ekstra L karnitin` i mutlaka dışarıdan takviye etmelidirler. L-Karnitin`in sporcular için en büyük yararlarından biri de karnitin`in vücut hücrelerine oksijen alımını hızlandırma yeteneğidir ( % 6 ya kadar ). Bu da ağır fiziksel aktivite zamanında ihtiyaç duyulan oksijenin daha yüksek oranda mevcudiyetini sağlar. Fiziksel yorgunluğu giderir. Egzersiz esnasında kaslarda laktik asit birikimi olur ve bu yorgunluğa sebep olur. Egzersiz öncesi L- karnitin kullanımı kaslarda laktik asit birikimini azaltarak yorgunluk ve bitkinliğin başlamasını geciktir. Bununla birlikte, Sporcularının karnitin kullanma sebepleri, uzun zincirli yağ asitlerini mitokondri matriksine taşınmasında gerekli bir aracı olarak görev yapmaları ve bu özelliğinden dolayı yüksek yoğunluklu egzersizlerde karnitin, yağ asitlerinin oksidasyonunun artırılmasında rol alarak hem yağlardan daha fazla enerji üretilmesine hem de kas glikojen depolarının ekonomik kullanımına yardımcı olmak, maksimal oksijen tüketimini (VO<sub>2</sub>max) artırmak şeklinde sıralanabilir (22, 46). L- karnitin`nin egzersiz ve enerji dengesi üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar (Tablo 3)'te gösterilmiştir.

**Tablo 3. L- Karnitin'nin Egzersiz ve Enerji Dengesi Üzerine Etkileri ile İlgili Çalışmalar**

Yazarlar	Kişi Sayısı (n)	Süreler	Araştırılan Parametreler	Sonuçlar
Marconi C et al (1985), (42)	n: 6 yürüyüş yarışçısı	2 hafta süre ile egzersiz yaptırıldı	VO <sub>2</sub> max, RQ bakıldı (solunum katsayısı) 2 gr/kg/gün oral yolla	VO <sub>2</sub> max'da artış oldu, RQ'de değişiklik gözlenmedi
Greig C et al (1987),(47)	n: 9 antrenmanlı kişi	14 gün süre ile egzersiz yaptırıldı	VO <sub>2</sub> max ve laktat düzeylerine bakıldı 2 gr/kg/gün oral yolla	VO <sub>2</sub> max ve laktatta değişiklik belirlenemedi.
Dragan GL et al (1987),(48)	n:40 elit atlet	21 gün süre ile egzersiz yaptırıldı	VO <sub>2</sub> max düzeylerine bakıldı 3 gr/kg/gün oral yolla	VO <sub>2</sub> max arttı
Vecchiet L et al (1990) (49)	n:10 Antrenmanlı genç erkekler	her 3 dak bir 50 W artışla bisiklet ergometresinde egzersiz yaptırıldı	Egzersizden önce 2 gr/kg/gün karnitin verildi, laktat düzeyine bakıldı	Egzersiz öncesi karnitin kullanımının VO <sub>2</sub> max'da artış, laktat düzeylerinde azalma belirlendi.
Arenas J et al (1991), (50)	n: 24 atlet	6 ay antrenman yaptırıldı	Kas karnitin miktarı bakıldı, 2 gr/kg/gün karnitin	Antrenmanın kas karnitin miktarını engellediği tespit edildi.
Huertas R et al (1992), (51)	n: 14 atlet	4 hafta antrenman yaptırıldı	Mitokondriyal elektron taşınmasında enzim Aktivitelerine bakıldı 4 gr/kg/gün karnitin	Karnitin ile ilgili enzim aktivitelerinde artış gözlemlendi.
Arenas J et al (1994), (52)	n:16 uzun mesafe koşucuları	4 hafta düzenli egzersiz yaptırıldı	Kas piruvat dehidrojenaz ve karnitin palmitoyltransferaz aktivitesine bakıldı 2 gr/kg/gün karnitin verildi	Piruvat dehidrojenazı arttırdı. Fakat karnitin palmitoyltransferaz aktivitesinde değişiklik belirlenmedi.
Çetin E (2004), (53)	n: 6 (erkek) n: 6 (bayan)	Haftada 6 gün düzenli egzersiz	Sporcular 3 gruba ayrıldı. 1. grup 7 gün kreatin, 2. Gruba 7 gün 2 gr/kg/gün karnitin verildi	Sporcularda kreatin ve karnitin yüklemesinin yarışma performansını etkilemediği belirlendi
Gültük S ve Ark (2006), (54)	n: 20 adet erkek wistar albino sıçan üzerinde yüzme testi yaptırıldı	20 gün süre ile deney gurubuna 100 mg/kg/ gün karnitin verildi	Karnitin'in dayanıklılık üzerine etkisine bakıldı	Karnitin'in dayanıklılık performansını olumlu etkileyeceği belirtildi. Karnitin'in bu etkisinin VO <sub>2</sub> max'ı arttırarak yapabileceği ileri sürüldü.
Smith WA et al (2008), (55)	n: 20 erkek ve bayan	8 hafta süre ile aerobik ve anaerobik egzersiz yapıldı	Egzersiz öncesi 1 gr/kg/gün karnitin verildi	L- karnitin kullanımının aerobik ve anaerobik egzersiz üzerinde etkilerinin olduğu belirlendi
Benjamin T et al (2011), (56)	n: 14 sağlıklı sporcu	12 hafta süresince haftada 3 gün, günde 30 dak. %50-%80 şiddetinde bisiklet ergometresinde egzersiz yaptırıldı	Total karnitin, VKİ ve laktat düzeylerine bakıldı	Egzersiz şiddeti arttıkça laktat düzeylerinde artış, VKİ'de azalma ve ATP üretiminde artış gözlemlendi.



Egzersiz ile birlikte ilave karnitinden maksimal sonuç elde etmek için; uygulama süresinin, izlenecek yolun ve dozun çok iyi bilinmesi gerekir. Özellikle de uygulanacak doz, karnitin farmakokinetiğini önemli derecede etkiler. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle; ya performans ya da metabolizmayı artırıcı yönde geliştirilmiştir. Diyetle alınan L- karnitin egzersiz performansını arttırdığı ve iyileşmede de faydalı olduğu bazı çalışmalarda (57, 558, 59) gösterilmiştir. Buna karşın bazı çalışmalarda ise (60, 61) herhangi bir faydası tespit edilememiştir. Karnitin ilavesinin laktat birikimini azaltmak, VO<sub>2</sub>max ve yağ asidi oksidasyonunu artırarak egzersiz esnasında enerji tüketiminde etkinliğini gösterdiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte; L-karnitin maksimum oksijen tüketimi ve solunum katsayısı üzerinde yararlı olmadığını söyleyen çalışmalarda bireysel farklılıklar ya da metodolojik yaklaşımlar bu sonucu çıkarmış olabilir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bilgilerden yola çıkarak; leptin beyin (özellikle hipotalamus) üzerindeki negatif “feedback” etkisi ile gıda alımını azaltarak enerji metabolizmasını düzenler. Böylece obezite gelişimini engellemiş olur. Kısacası leptin, beyinde kilo alımına neden olan anabolik sinyal iletimini inhibe ederek, enerji harcanmasını arttıran katabolik sinyal iletimini ise aktifleştirerek kilo alımını engellemiş olur. Diğer taraftan; L- karnitin yağ asitlerini mitokondrilere taşıyarak, yağdan enerji üretilmesini sağlar. Aynı zamanda kas glikojen depolarını ekonomik olarak kullanarak, yoğun egzersizlerde karbonhidratların tüketimine bağlı olarak oluşabilecek laktik asit birikimini buna bağlı olarakda yorgunluk hissini önler.

Sonuçta; egzersiz esnasında performansı ve enerji tüketimini arttırarak kilo kaybını hızlandırmak için L-karnitin daha etkili olabileceği, form tutmak ve ekstra kilo alımını engellemek amacıyla yapılan uzun süreli egzersizlerde ise, leptinin biyolojik etkilerinin daha baskın olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Leptin, karnitin ve egzersizdeki enerji metabolizması üzerine bir çok çalışma yapılmış olmasına rağmen, hala birçok aydınlatılmamış noktalar bulunmaktadır. Egzersiz sırasında yada sonrasında leptin ve karnitin sentez mekanizmaların düzenlenmesi, bu mekanizmalar üzerinde bireysel ve cinsiyetler yönünden farklılıkların ortaya konması, ayrıca, karnitin kullanımını leptin seviyelerine etkilerini ve yukarıda bahsedilen faktörlerin bu seviyelere olan etkilerinin inceleneceği araştırmalar leptin karnitin ve egzersiz arasındaki ilişkinin aydınlatılmasına ışık tutacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Ersoy G. Egzersiz Ve Spor Performansı İçin Beslenme. Ata ofset.I. Baskı ,Ankara – 2006. s: 7-13
2. Matthew WH, Joseph AH. Plasma Leptin and Exercise.Sports Med 2003; 33 (7): 473-482.
3. Üçok K, Gökbel H. Egzersizin Leptin Düzeylerine Etkileri. Genel Tıp Derg 2004;14(3):121-124.
4. Olive JL, Miller MS, Miller GD. Differential Effects Of Maximal- And Moderate- Intensity Runs On Plasma Leptin In Healthy Trained Subjects. Nutrition. 2001;17:365-9.
5. Essig DA, Alderson NL, Ferguson MA, Bartoli WP, Durstine JL. Delayed Effects Of Exercise On The Plasma Leptin Concentration. Metabolism. 2000;49:395–399.
6. Nemoto S, Aoki M, Dehua C, Iami Y. Effect Of Carnitine On Cardiac Function After Cardioplgic Ischemia In Nconatal Rabbit Heart. Ann Thorac Sur. 2001; 71: 254-9.
7. Hoppel C. The Physiological Role Of L-Carnitine. Lcarnitine And It's Role İn Medicine From Function To Therapy. Ferrari R, Dimorro S, Sherwood G. Academic press Ltd London 1992, pp 5-21.
8. Barb CR, Hausmane GJ, Housekneche KL. Biology Of Leptin In The Pig. Domestic Animal Endocrinology. 2001; 21: 297-317.
9. Friedman JM, Halaas JL: Leptin And Regulation Of Body Weight In Mamals. Nature 1998; 395:763-770.
10. Considine RV. Regulation Of Leptin Production. Endocrine & Metabolic Disorders. 2001; 2: 357-363.
11. Teker Z, Özer G, Topaloğlu K, Mungan NÖ, Yüksel B. Leptin Yapı Ve Fizyolojisi. Arsiv, 2002; 11: 30-40.
12. Baile CA, Della-Fera MA, Martin RJ. Regulation Of Metabolism And Body Fat Mass By Leptin. Annual Review of Nutrition. 2000; 20: 105-127.
13. Jequier E: Leptin Signaling Adiposity And Energy Balance. Ann N Y Acad Sci. 2002; 967: 379-388.
14. Isidori AM, Strollo F, More M, Caprio M, Aversa A, Moretti C et al. Leptin And Aging: Correlation With Endocrine Changes In Male And Female Healthy Adult Populations Of Different Body Weights. J Clin Endocrinol Metab. 2000; 85:1954-1962.

15. Margetic S, Gazzola C, Pegg GG, Hill RA: Leptin: A Review Of Its Pheripheral Actions And Interactions. *Int J Obesity*. 2002; 26:1407-1433.
16. Tokuda T, Matsui T, Yano H. Effects Of Light And Food On Plasma Leptin Concentrations In Ewes. *Animal Science*. 2000; 71: 235-242.
17. Kraemer RR, Johnson LG, Haltom R, Kraemer GR, Hebert EP, Gimpel T, et al. Serum Leptin Concentrations In Response To Acute Exercise In Postmenopausal Women With And Without Hormone Replacement Therapy. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1999;221:171-7..
18. Kraemer RR, Chu H, Castracane VD. Leptin and Exercise. *Minireview. Experimental Biology and Medicine*. 2002; 227:701-708.
19. Hickey MS, Calsbeek DJ. Plasma Leptin And Exercise: Recent Findings. *Sports Med*. 2001;31:583-9.
20. Kowalska I, Strackowski M, Gorski J, Kinalska I. The Effect Of Fasting And Physical Exercise On Plasma Leptin Concentrations İn High-Fat Fed Rats. *J Physiol Pharmacol* 1999; 50:309-20.
21. Houmard JA, Cox JH, MacLean PS, Barakat HA. Effect Of Short-Term Exercise Training On Leptin And Insulin Action. *Metabolism* 2000;49:858-61.
22. Gökbel H, Baltacı AK, Üçok K, Okudan N, Moğulkoç R. Ratlarda Zorlu Egzersizde Serum Leptin Düzeylerindeki Değişme Ve Çinko Eksikliği Takviyesiyle İlişkisi. I. Leptin Sempozyumu. 20-22 Haziran 2003; Konya. p: 45.
23. Dirlewanger M, Di Vetta V, Giusti V, Schneiter P, Jéquier E, Tappy L. Effect Of Moderate Physical Activity On Plasma Leptin Concentration in Humans. *Eur J Appl Physio*. 1999; 79:331-5.
24. George A, Kyriasis BS. The effects of Single Exercise Bout on Plasma Leptin Concentration In Obese Male. *University of Athens. Greece*, 1994; 1-64.
25. Reseland JE, Anderssen SA, Solvoll K, Hjermann I, Urdal P, Holme I, Drevon C. Effect Of Long-Term Changes In Diet And Exercise On Plasma Leptin Concentrations. *Am J Clin Nutr*. 2001;73:240–245.
26. Gomez-Merino D, Chennaoui M, Drogou C, Bonneau D. and Guezennec YC. Decrease İn Serum Leptin After Prolonged Physical Activity In Men, *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2002; 1594-159.

27. Sütken E, Balköse N, Özdemir F, Alataş Ö, Tunalı N, Çolak Ö ve ark. Uzun ve Kısa Süreli Egzersizde Profesyonel Sporcularda Leptin Seviyelerinin İncelenmesi, T.rk Klinik Biyokimya Derg. 2006; 4(3): 115-120.

28. Azizi M. The Effect Of 8-Weeks Aerobic Exercise Training On Serum Leptin In Un-Trained Females, Procedia - Social And Behavioral Sciences. Volume 15, 2011; pp: 1630–1634.

29. Koushki1 MH, Hamedinia MR, Mollanovruzi A. The Response of Plasma Leptin and Some Selected Hormones to One Session of Progressive Running in Non-athlete Males. Iranian Journal of Health and Physical Activity (2012) 3 (1), 50-55.

30. Shahram S, Elham Y, Heshmatolah P, Abdolali B. The Effect Of Intermittent Aerobic Exercise On Serum Leptin And İnsulin Resistance Index In Overweight Female Students, Annals of Biological Research. 2012, 3 (6):2636-2641.

31. Borum PR. Carnitine. Ann Rev Nutr. 1983;3:233-259.

32. Jogl G, Hsiao YS, Tong L. Structure And Function Of Carnitine Acyltransferases. Ann NYAcad Sci.2004; 1033:17-29.

33. Platell C, Kong SE, McCauley R, Hall JC. Branched-Chain Amino Acids. J Gastroenterol Hepatol. 2000; 15(7):706-17.

34. Gorostiaga EM, Maurer CA, Eclache JP. Decrease In Respiratory Quotient During Exercise Following L-Carnitine Supplementation. Int J Sports Med. 1989;10:169– 74.

35. Brass EP. Supplemental Carnitine And Exercise. AM J Clin Nutr. 2000; 72:618-23.

36. Brass EP, Hiatt WR. Carnitine Metabolism During Exercise. Life Sci. 1994;54 (19): 1383-93.

37. Dario-Labonia W. Carnitine Effect On Anemia In Hemodialyzed Patient Treated Erythropoietin. Am J Kidney Dis. 1995; 26 (5): 757-767.

38. Ciman M. Carnitine: Transport And Function. Adu Clin Enzymol. 1986; 4: 93-102.

39. Wiles JD, Bird SR, Hopkins J, Riley M. Effect Of Caffeinated Coffe On Running Speed, Respiratory Factors, Blood Lactate And Perceived Exertion During 1500 M Trieadmill Running. Br J Sports Med. 1992; 26: 116-120.

40. Çoşkun Ö, Kutlubay R, Yakan B. Yoğun Müsküler Egzersiz Sonrasında Sıçan Karaciğerinde Görülen Morfolojik Ve Serum Biyokimyasal Değişiklikleri Ve Karnitinin Etkisi. T Klin Tıp Bilimleri. 1999; 19: 209-214.

41. Mansour H.H. Protective Role Of Carnitine Ester Against Radiation- Induced Oxidative Stress In Rats. *Pharmacological Research*. 2006; 54 (3): 165-171.

42. Marconi C, Sessi G, Carpinelli A, Cerretelli P. Effects of L-Carnitine Loading On The Aerobic And Anaerobic Performance Of Endurance Athletes. *Eur J Appl Physiol*. 1985;54:131-5.

43. Uziel G, Garavaglia B, Di Donato S. Carnitine Stimulation Of Pyruvate Dehydrogenasecomplex (PDHC) In Isolated Human Skeletal muscle Mitochondria. *Muscle Nerve*. 1988; 11:720-4.

44. Hiatt WR, Regensteiner JG, Wolfel EE, Ruff L, Brass EP. Carnitine And Acylcarnitine Metabolism During Exercise In Humans. Dependence on Skeletal Muscle Metabolic State. *J Clin Invest*. 1989;84:1167-73.

45. Karlic H, Lohninger A. Supplementation Of L-Carnitine In Athletes: Does It Make Sense? *Nutrition*. 2004; 20: 709-715.

46. Masuzaki H, Hosoda K, Ogawa Y, Shigemoto M, Satoh N, Mori K Ve Ark: Augmented Expression Of obese (Ob) Gene During The Process Of Obesity In Genetically Obese-Hyperglycemic Wistar Fatty (Fa/Fa) Rats. *FEBS Lett*. 1996; 378:267-271.

47. Greig C, Finch KM, Jones DA, Cooper M, Sargeant AJ, Forte CA. The Effect Of Oral Supplementation With L-Carnitine On Maximum And Submaximum Exercise Capacity. *Eur J Appl Physiol*. 1987;56:457-60.

48. Dragan GI, Vasiliu A, Georgescu E, Dumas I. Studies Concerning Chronic And Acute Effects Of L-Carnitine On Some Biological Parameters in Elite Athletes. *Physiologie*. 1987;24:23-8.

49. Vecchiet L, Di Lisa F, Pieralisi G, Ripari P, Menabò R, Giamberardino Ma Et Al. Influence Of L-Carnitine Administration On Maximal Physical Exercise. *European Journal Of Applied Physiology And Occupational Physiology* December 1990, Volume 61, Issue 5-6, pp 486-490.

50. Arenas J, Ricoy JR, Encinas AR, et al. Carnitine In Muscle, Serum, And Urine Of Nonprofessional Athletes: Effects Of Physical Exercise, Training, And L-Carnitine Administration. *Muscle Nerve*. 1991;14:598-604.

51. Huertas, R., Campos, Y., Diaz, E., Esteban, J., Vecchiet, L., Montanari, G., D'Iddio, S. Respiratory Chain Enzymes In Muscle of Endurance Athletes: Effects of L-Carnitine. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 1992; 15, 188(1), 102-107.

52. Arenas J, Huertas R, Campos Y, Diaz AE, Villalon JM, Vilas E. Effects Of L-Carnitine On The Pyruvate Dehydrogenase Complex And Carnitine Palmitoyl Transferase Activities In Muscle Of Endurance Athletes. *FEBS Lett.* 1994;341:91–3.

53. Çetin E. Karnitin ve Kreatin Yüklemesinin Kayaklı Koşucularda 5 Km Klasik Ve 10 Km Serbest Stil Yarışma Performansına Etkisi. *Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi. Cilt 5, Sayı 2, (2004); 299-304.*

54. Gültük S, Demirkazık A, Erdal S, Demir T. Sıçanlarda Karnitinin Yüzme Egzersizi Dayanıklılık Süresine Etkisi. *Erciyes Tıp Dergisi (Erciyes Medical Journal).* 2007;29(2):101-105.

55. Smith WA, Fiy AC, Tschame LC, Bloomer RJ. Effects Of Glycine Propionly – L-Carnitine On Aerobic And Anaerobic Exercise Performance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism.* 2008; 18(1): 19-36.

56. Benjamin T.Wall, Francis B. Stephens, Dumitru Constantin-Teodosiu, Kanagaraj Marimuthu Ian A. Macdonald and Paul L. Greenhaff. Chronic Oral Ingestion of L-Carnitine And Carbohydrate Increases Muscle Carnitine Content And Alters Muscelfuel Metabolism During Exercise In Humans. *J Physiol.* 589.4 (2011); pp 963–973.

57. Brass EP, Hoppel CL, Hiatt WR. Effect Of Intravenous L-Carnitine On Carnitine Homeostasis And Fuel Metabolism During Exercise In Humans. *Clin Pharmacol Ther.* 1994; 55:681–92.

58. Oyono-Enguelle S, Freund H, Ott C, et al. Prolonged Submaximal Exercise And L-Carnitine In Humans. *Eur J Appl Physiol.* 1988;58:53–61.

59. Barnett C, Costill DL, Vukovich MD, et al. Effect of L-Carnitine Supplementation On Muscle And Blood Carnitine Content And Lactate Accumulation During High Intensity Sprint Cycling. *Int J Sports Nutr.* 1994;4:280–8.

60. Siliprandi N, Di Lisa F, Pieralisi G, et al. Metabolic Changes Induced By Maximal Exercise In Human Subjects Following L-Carnitine Administration. *Biochim Biophys Acta.* 1990;1034:17–21.

61. Natali A, Santoro D, Brandi LS, et al. Effects Of Acute Hypercarnitinemia During Increased Fatty Substrate Oxidation In Man. *Metabolism.* 1993;42:594–600.

