



**Cebraill Gençođlu, Elif Akkuş**

Erzurum Technical University, Erzurum-Turkey  
cebrail.gencoglu@erzurum.edu.tr; akkuse@atauni.edu.tr

DOI	<a href="http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.3.1B0091">http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2020.15.3.1B0091</a>	
ORCID ID	0000-0002-0990-9224	0000-0001-5812-1997
CORRESPONDING AUTHOR	Cebraill Gençođlu	

**EGZERSİZE TİROİD HORMON YANITLARI**

**ÖZ**

Endokrin sistem vücudun hemen hemen tüm dokularında fonksiyonel olarak görev yapabilmekte ve sinir sistemi ile birlikte insan vücudunun en temel iki ana sisteminden biri olarak sınıflandırılmaktadır. Endokrin sistem vücudun normal işlevlerinin ve hemeostazın sürdürülmesine yardım eder, vücudu egzersize ve çeşitli stresli ortamlara hazırlar ve vücudun göstermiş olduğu çeşitli adaptasyonlarda önemli rol oynar. Bu gibi fonksiyonları sayesinde endokrin sistem; egzersiz esnasındaki performansın devam ettirilmesine, insan vücudunda antrenmanlara kronik adaptasyonun sağlanmasına ve sonuç olarak da egzersiz ve spor performansının geliştirilmesine yardımcı olur. Tiroid hormonları; tiroid bezlerinden salgılanan T<sub>3</sub> (triiodotronin), T<sub>4</sub> (tiroksin) ve kalsitonin olarak sınıflandırılır. Egzersiz esnasında değişimler gösterebilen tiroid hormonları; karbonhidrat metabolizması, solunum frekansının artırılması, arteryel basıncın ve kalp atım hızının artırılması gibi birçok fizyolojik görevlere sahiptir. Dolayısıyla bu çalışmanın amacı; tiroid bezlerinden salgılanan T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> ve kalsitonin hormonları ve bu hormonların egzersiz ile olan ilişkilerinin güncel literatür ışığında incelenmesidir.

**Anahtar Kelimeler:** Endokrin Sistem, Spor, Triiodotronin, Tiroksin, Egzersiz

**THYROID HORMONE RESPONSES TO EXERCISE**

**ABSTRACT**

The endocrine system is located in almost all systems of the body, and together with the nervous system, it is considered as one of the two major systems in the human body. The endocrine system helps maintain the normal functions of the body and hemeostasis, prepares the body for exercise and various stressful environments, and plays an important role in various adaptations of the body. Thanks to such functions, the endocrine system; It helps maintain performance during exercise, ensure chronic adaptation to training in the human body, and consequently improve exercise and sports performance. Thyroid hormones are classified as T<sub>3</sub> triiodotronin, T<sub>4</sub> thyroxine and calcitonin secreted from the thyroid glands. Thyroid hormones that can change during exercise have many physiological functions such as carbohydrate metabolism, increasing respiratory frequency, increasing arterial pressure and heart rate. Therefore, the aim of this study is to investigate the hormones T<sub>3</sub> (triiodotronin), T<sub>4</sub> (thyroxine) and calcitonin secreted from the thyroid glands and their relationship with exercise in the light of current literature.

**Keywords:** Endocrine System, Sport, Triiodotronin, Thyroxin, Exercise

**How to Cite:**

Gençođlu, C. ve Akkuş, E., (2020). Egzersize ve Tiroid Hormon Yanıtları, Medical Sciences (NWSAMS), 15(3):71-80, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.3.1B0091.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Egzersiz insan vücudunda gerek antropometrik gerek fizyolojik açıdan çeşitli değişimlere yol açtığı (vücut yağ kütlelerinde azalma, hipoertrofi, güç-kuvvet kazanımı vb.) [1] ve bu değişimler sonucunda görülebilecek dayanıklılık ve kuvvet gibi bazı performans değişkenlerinin sportif başarıyı etkileyen unsurlar arasında olduğu bilinen bir gerçektir [2 ve 3]. Egzersiz sırasında veya sonrasında görülen bu değişimler, birtakım enzimatik ve hormonal uyumları da beraberinde getirmektedir [4 ve 5]. Hormonların çeşitliliği, homeostazın sağlanmasındaki etkin rolleri, egzersiz, stres vb. durumlarda değişiklikler göstermesi gibi nedenlerden dolayı hormonlar; yıllardır spor bilimcilerin üzerinde çalıştığı ve sürekli güncelliğini korumayı başaran konulardan biri haline gelmiştir [6 ve 8]. Farklı ortamlar, farklı tip ve yoğunluktaki egzersizler, farklı hava sıcaklıkları, cinsiyetler, farklı etnik kökenler gibi birçok değişken üzerinde hormonların fonksiyonları çalışılmış ve halen günümüzde de çalışılmaya devam edilmektedir [6, 9 ve 10]. Bu çalışmanın amacı; tiroid bezlerinden salgılanan T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> ve kalsitonin hormonları ve bu hormonların egzersiz esnasında uğradığı değişimlerin güncel literatür ışığında incelenmesidir.

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışma egzersiz ile ilişkili tiroid hormonlarından T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> hormonlarının, farklı tür egzersizlere vermiş olduğu yanıtların güncel literatür ışığında değerlendirilmesini kapsar. Literatürde tiroid hormonunun egzersiz ile olan ilişkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır. Bizim çalışmamız bu çelişkili sonuçların değerlendirildiği bir derleme çalışmasıdır.

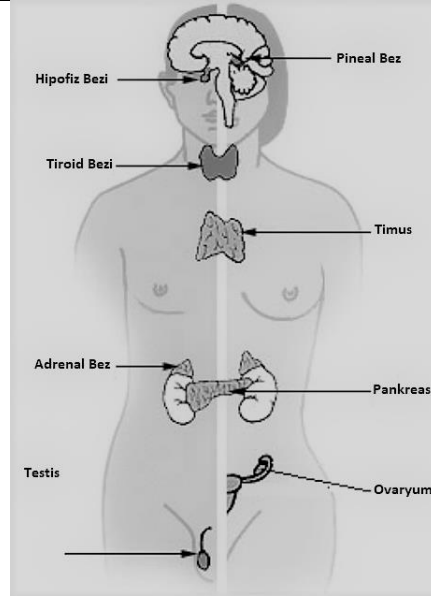
## 3. ENDOKRİN SİSTEM VE HORMONLAR (ENDOCRIN SYSTEM AND HORMONES)

Endokrin sistem vücudun hemen hemen tüm dokularında fonksiyonel olarak görev yapabilir ve sinir sistemi ile birlikte insan vücudunun en temel iki ana sisteminden biri olarak sınıflandırılmaktadır [7]. Endokrin sistem vücudun normal işlevlerinin sürdürülmesine yardım eder, vücudu egzersize ve çeşitli stresli ortamlara hazırlar ve vücudun göstermiş olduğu çeşitli adaptasyonlarda önemli rol oynar. Bu gibi fonksiyonları sayesinde endokrin sistem; egzersiz esnasındaki performansın devam ettirilmesine, insan vücudunda antrenmanlara kronik adaptasyonun sağlanmasına ve sonuç olarak da egzersiz ve spor performansının geliştirilmesine yardımcı olur [7]. Farklı egzersiz türleri (örn. aerobik veya anaerobik) farklı nöroendokrin tepkilere neden olmaktadır [11 ve 12]. Literatürde her ne kadar aerobik antrenmanların nöroendokrin sistem üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar daha fazla olsa da aerobik ve anaerobik egzersizlerin hormonal yanıtları karşılaştırıldığında, her bir hormonun veya bileşiğin tepkisi bu iki antrenman türünde farklı olmaktadır. Bu nedenle, farklı metabolik ve mekanik gereksinimlere nöroendokrin yanıtları yorumlarken egzersiz uyarıcısının talepleri ve değişkenleri göz önünde bulundurulmalıdır [11 ve 13]. Hormonlar vücudumuzdaki çeşitli bezlerden salgılanır ve her bir hormon bir veya birden fazla dokuda görev alabilir. Hormonlara ait bu spesifik görevler canlılık faaliyetlerinin sürdürülmesinde etkili rol oynar [9]. İnsan vücudundaki hormonların salgılandığı bezler Şekil 1' de gösterilmiştir. Endokrin bezlerden salgılanan hormonlar; enzim sistemlerinin aktive edilmesinde, hücreler arası haberleşme ve madde alışverişi sırasındaki hücre zarının geçirgenliğinin artırılmasında, iskelet veya düz kas kontraksiyonunda ya da gevşemesinde, protein sentezinin uyarılmasında, hücrelerin salgı fonksiyonlarının başlatılmasında ve düzenlenmesinde görev alırlar [13]. Salınan

hormonlar, diğer hormonların konsantrasyonlarını ve gücünü de değiştirebilir. Tablo 1'de bazı önemli hormonlar ve bu hormonların temel fonksiyonlarını gösterilmektedir.

Tablo 1. Vücudumuzdaki hormonların salgılandığı bezler ve fonksiyonları [7]  
(Table 1. Hormones secreted glands in our body and their functions)

Bezler	Hormon	Görevi
Ön Hipofiz Bezi	Growth Hormon (Büyüme Hormonu)	Doku büyümesinde, protein sentezinde yağ mobilizasyonunda IGF-1 (İnsülin benzeri büyüme faktörü) salınımında, glikoz kullanımında, kolajen sentezinin artırılmasında ve kıkırdak büyümesinde görev alır
	ACTH (Adrenokortikotropik hormon)	Gluko-kortikoid salgılanmasını uyarır
	Beta-endorfinler	Aneljezik görev üstlenir
	LH (Luteinleştirici Hormon)	Erkeklerde testosteron hormonlarının üretiminde, kadınlarda ise yumurtalıklarda ve cinsiyet hormonlarının salınımında görev alır
	FSH (Folikül Uyarıcı Hormon)	Erkeklerde sperm üretiminde, kadınlarda yumurtalıkların Graaf foliküllerinin olgunlaşmasında görev alır
	TSH (Tiroid Uyarıcı Hormon)	T <sub>3</sub> ve T <sub>4</sub> hormonlarının salınımının başlatılmasında görev alır
	Prolaktin Hormonu	Memeliler tarafından süt üretiminin uyarılmasında ve progesteron hormon salgılanmasında görev alır
Arka Hipofiz Bezi	MSH (Melanosit Uyarıcı Hormon)	Melanositlerin ve deri pigmentasyonunun uyarılmasında görev alır
	ADH (Anti-diüretik Hormon)	Böbreklerde, suyun geri emilimini artırır
Trioid Bezi	Oksitoksin	Meme bezlerinden süt alınımını ve uterusun (rahim) kasılmasını uyarır
	T <sub>3</sub> , T <sub>4</sub>	Bazal metabolik hızın ve katekolaminlere olan hassasiyetinin artırılmasında ve protein sentezinde görev alır
Paratiroid Bezi	Kalsitonin	Kandaki kalsiyum seviyesinin düşürülmesinde, kemiklerin kalsiyum alımının artırılmasında görev alır
	Paratiroid Hormon	Kemiklerde osteoklast aktivitesinin ve kan kalsiyum seviyesinin artırılmasında, kan fosfat seviyesinin düşürülmesinde görev alır
Pankreas	İnsülin	Kan şekerinin düşürülmesinde, hücre içine glikoz ve amino-asitlerin taşınmasında ve protein sentezinde görev alır
	Glukagon	Kan şekerinin yükseltilmesinde görev alır
Adrenal Korteks	Kortizol	Glukoneojenez, glikoz yedeklenmesi, yağ yakımı ve amino asitlerin proteinelere dönüşmesinin baskılanması gibi metabolik süreçlerde görev alır
	Aldosteron	Su ve sodyumun geri emiliminde görev alır
Karaciğer	IGFs (İnsülin Benzeri Büyüme Hormonları)	Protein sentezinde, büyüme-onarım ve gelişme süreçlerinde görev alırlar
	Anjiyotensin	Vazokonstriksiyon ve aldosteron hormon salınımında görev alır
Yumurtalıklar	Östrojen	Kadın cinsiyet karakteristiklerinin belirlenmesi, büyüme, kemik oluşumu ve HDL'nin artırılması gibi süreçlerde görev alır
	Progesteron	Kadın cinsiyet karakteristiklerinin belirlenmesi ve hamilelik süreçlerinde görev alır
Testisler	Testosteron (Androjen)	Büyüme, erkek cinsiyet karakteristiğinin belirlenmesi, protein sentezi, sinirsel uyarılar ve kan volümünün düzenlenmesinde görev alır
Kalp	Atrial Peptid	Sodyum, potasyum ve sıvı volümünü düzenler
Böbrek	Renin	Böbrek fonksiyonlarının yürütülmesinde görev alır
	EPO (Eritropoietin)	Kırmızı kan hücrelerinin üretilmesinde görev alır
Adipoz Doku	Leptin (Tokluk) Hormonu	Enerji harcamasının artırılmasında ve iştahın azaltılmasında rol oynar
Mide	Ghreltin (Açlık) Hormonu	İştahı artırır ve büyüme hormonu salgılanmasının artırılmasında görev alır
	Nöropeptid Y	Besin alımının artırılmasında, fiziksel aktivitenin ise düşürülmesinde görev alır



Şekil 1. Endokrin bezler [9]  
(Figure 1. Endocrine glands)

#### 4. ENDOKRİN SİSTEM VE EGZERSİZ (ENDOCRIN SYSTEM AND EXERCISE)

Endokrin sistem, hemeostazın sürdürülmesinden sorumlu hormonları salgılayan organların, dokuların ve çeşitli bezlerin görev aldığı ve sinir sistemi ile birlikte vücudun en karmaşık sistemlerinden biri olarak nitelendirilen bir ağ yapısıdır [5].

Tablo 2. Egzersiz ile ilişkili bazı hormonlar ve fonksiyonları  
[5 ve 14]

(Table 2. Some hormones and their functions associated with exercise)

Hormon	Sentezlendiği /Salgılandığı Yer	Egzersiz Sırasındaki Sentezi/Salgısı	Egzersiz Esnasındaki Fonksiyonu
Katekolaminler (Epinefrin ve norepinefrein)	Adrenal medulla	Artar	İskelet kasında kuvvet üretimi, periferik vazokonstriksiyon, lipoliz, iskelet kasında ve karaciğerde glikojenoliz
Glukagon	Pankreas (alfa hücreleri)	Artar	Glikoneojenez, karaciğerde glikojen sentezi, kan glikoz düzeyinin artırılması
İnsülin	Pankreas (beta hücreleri)	Azalı	Lipolize izin verici etki, kan glikoz düzeyinin düşürülmesi
Anjiyotensin II	Dolaşım	Artar	Sempatik sinir sistemi aktivitesi, ADH salgısının artırılması, aldosteron salgılanması
ADH (Anti-diüretik hormon)	Arka hipofiz	Artar	Böbreklerden su geri Emilimi, vazokonstriksiyon
Aldosteron	Adrenal korteks	Artar	Böbreklerden sodyum geri Emilimi
Kortizol	Adrenal korteks	Artar	Proteoliz (proteinlerin daha küçük polipeptitlere veya amino asitlere parçalanması)
IGF-1	Karaciğer	Şiddetli Antrenman Esnasında Artar	Hücre büyümesi ve çoğalması
Testosteron	Testis, ovaryumlar ve adrenal bez	Şiddetli Antrenman Esnasında Artar	Glikoz metabolizması, protein sentezi
Büyüme Hormonu	Hipofiz bezi	Şiddetli Antrenman Esnasında Artar	Lipoliz, hücre büyümesi ve çoğalması, IGF-1 üretiminin uyarılması

Sinir sistemi ve endokrin sistemin egzersize yanıtları birbirlerinden farklıdır. Sinir sistemi egzersiz esnasında çok çabuk fizyolojik yanıtlar üretebilirken, endokrin sistemin egzersize olan yanıtları dakikalar hatta saatler alabilir [9 ve 14]. Vücudumuzdaki birçok hormon egzersiz ile direkt ve/veya indirekt ilişki içerisindedir. Egzersiz ile ilişkili başlıca hormonlar, egzersiz sırasındaki salgı mekanizmaları ve fonksiyonları Tablo 2'de gösterilmiştir.

### 5. TİROİD FİZYOLOJİSİ (THYROID PHYSIOLOGY)

Tiroid bezi iki amino asit bazlı  $T_3$  ve  $T_4$  hormonlarını ve kalsitonin hormonunu salgılar. Yetişkinlerde 25-30 gram ağırlığına kadar ulaşabilen tiroid bezi, kelebek şekli görünümündedir ve vücuttaki en büyük endokrin bezlerden bir tanesidir [9]. Vücudumuzda larinksin altında ve trakeanın ön tarafında olmak üzere tiroid bezi nefes borusunun üst ve ön kısmına yerleşmiştir. Bu bezin hemen üzerinde ve oldukça küçük olan paratiroid bezi bulunmaktadır fakat tiroid ve paratiroid bezleri, salgıladığı hormonlar ve bu hormonların fonksiyonları bakımından birbirlerinden ayrılmaktadırlar [9, 15 ve 16]. Tiroid bezi, kolloid denilen bir salgı maddesi ile dolu çok sayıda follikülden oluşmaktadır. Bu folliküller, epitel hücreler ile döşelidir. Kolloidin ana bileşeni ise tiroid hormonlarını da içeren, glikoprotein yapıda olan bir triglobulindir. Tiroid bezinin dakikadaki kan akımı, bez ağırlığının yaklaşık olarak beş katıdır [14 ve 15]. Tiroid hormonlarının organizma üzerine etkileri, salınım hızları yavaş olduğu için geç ortaya çıkabilir ancak bu etkiler uzun süre devam edebilmektedir [15]. Tiroid salgıları temel olarak ön hipofiz bezinden salgılanan TSH hormonu tarafından kontrol edilir. Tiroid bezi tarafından salgılanan metabolik olarak aktif hormonların %93'ü  $T_4$ , %7'si ise  $T_3$  hormonudur. Bu iki hormonun işlevleri nitelik olarak aynı olabilir fakat etkinin hızı ve şiddeti yönünden farklılık göstermektedirler.  $T_3$  hormonu,  $T_4$  hormonundan yaklaşık dört kat daha güçlüdür ancak kanda  $T_3$  hormonu,  $T_4$  hormonuna göre çok daha az miktarda bulunur ve kanda kalış süresi daha kısadır [14 ve 15].

### 6. $T_3$ ve $T_4$ HORMONLARI ( $T_3$ AND $T_4$ HORMONES)

Tiroid bezinin salgıladığı  $T_3$  ve  $T_4$  hormonları vücudun metabolizma hızının düzenlenmesinde ve hızlandırılmasında önemli rol oynar. Tiroid bezlerinin yokluğunda bazal metabolik hız yaklaşık %40-50 oranında yavaşlamakta ve tiroid hormonlarının aşırı salgılandığı durumlarda ise bazal metabolik hızın dinlenik duruma göre %60-100 artırılmasına yol açar [15]. Tiroid hormonları  $T_3$  ve  $T_4$  çoğunlukla taşıyıcı proteinlere (tiroksin bağlayıcı globulin, prealbumin ve albümin) bağlı olarak dolaşımda salınır.  $T_4$  genelde  $T_3$ 'ten yaklaşık 20 kat daha fazla bir ömre sahip olduğu için dolaşımda daha çok bulunur. Hedef dokularda ise  $T_4$  çoğunlukla daha güçlü olan  $T_3$  formuna dönüşür [17 ve 18].

Tiroid hormonlarının [15];

- Metabolik hormonların yapımı ve sentezlenmesi,
- Oksijen tüketiminin artırılması,
- Gen transkripsiyonunun artırılması,
- Büyüme ve gelişme üzerine etkileri,
- Hücrel metabolik aktivitenin artırılması,
- Mitokondrilerin sayısının ve aktivitesinin artırılması,
- Karbonhidrat ve yağ metabolizmalarının uyarılması ve artırılması,
- Vitamin gereksiniminin artırılması,

- Kalp hızının, atım gücünün ve arteriyel basıncın artırılması,
- Diğer endokrin bezlerin uyarılması,
- Cinsel işlevler üzerine etkisi (tiroid hormon eksikliğinde libido kayıplarının görülmesi vs.)
- Solunum frekansının artırılması gibi fizyolojik işlevleri bulunmaktadır.

#### **7. KALSİTONİN HORMONU (CALCITONINE HORMONE)**

Tiroid bezi aynı zamanda kalsiyum metabolizmasında önemli rol oynayan kalsitonin hormonunun salgılanmasından da sorumlu endokrin bezdir. Kalsitonin parathormon ile birlikte kalsiyum metabolizmasının düzenlenmesinde aktif olarak görev alır [19 ve 20]. Parathormon kan kalsiyum seviyelerinin artırılmasında rol oynarken, kalsitonin ise kan kalsiyum seviyelerinin düşürülmesinde görev alır [19]. Kalsiyum iyonlarının; kas kasılması, kanın pıhtılaşması, sinirsel reaksiyonlarda nörotransmitter etkinin başlatılması ve daha birçok fizyolojik görevleri bulunmaktadır. Parathormon, kemiklerin kalsiyum ve fosfat emilimine neden olur. Kalsitonin hormonu ise parathormon mekanizmasının aksine kalsiyum seviyelerinin azaltılmasında ve idrar ile kalsiyum atımının hızlandırılmasında görev alır [9 ve 20].

#### **8. HİPERTİROİDİZM VE HİPOTİROİDİZM (HYPERTHYROIDISM AND HYPOTHYROIDISM)**

Hipertiroidizm; tiroid hormonlarının aşırı salgılanması sonucu görülen metabolik rahatsızlıktır. Tiroid uyarıcı hormon (TSH) T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub> hormonlarının bozukluğundan kaynaklanabilir [21 ve 22]. Bu durum aynı zamanda tiroid bezinin hipertrofiye uğramasına ve guatr oluşumunu da yol açabilir. Bireylerde aşırı kilo kaybı, agresif tutum sergileme, taşikardi (kalp atımının hızının normal değerlerin üstünde olması), kaslarda güçsüzlük, uykusuzluk, sürekli yorgun hissetme gibi belirtilere neden olabilmektedir [9, 15 ve 21]. Hipotiroidizm ise tiroid hormonlarının yetersiz salınımı anlamına gelmektedir. Belirtileri, hipertiroidizmin etkilerinin tam tersi yönünde görülür. Örn. şişmanlık, sürekli uyuşuk hissetme, soğuğa karşı hassasiyet, bradikardi (kalp atımının hızının normal seviyelerin altında olması), tembellik vb. gibi. Doğuştan hipotiroid olan çocuklara kreten nedir ve bu duruma da kreatinizm denmektedir. Kreatinizm: Tiroid hormonlarının yokluğu sonucu ortaya çıkan tablodur. Bu durumda ise çocuklarda cücelik, zekâ geriliği vb. durumlar görülebilir [21 ve 22].

#### **9. TİROİD HORMONLARINA EGZERSİZ YANITLARI (THYROID HORMONE RESPONSES TO EXERCİSE)**

Tiroid hormonlarının bazal metabolizma hızını, protein sentezini ve katekolaminlerin etkisini arttırdığı bilinmektedir. Fakat tiroid hormonlarının farkı türdeki egzersizlere olan yanıtları net değildir. Aerobik egzersizin T<sub>3</sub> ve T<sub>4</sub>'ü yoğunluğa bağlı bir şekilde yükselttiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır [7 ve 17]. Ancak bununla birlikte tiroid hormonlarının egzersiz esnasında akut olarak yükselmediğini gösteren çalışmalar da literatürde yer almaktadır [18]. Uzun süreli egzersiz dönemlerinde tiroid hormonların tutarsız değişiklikler sergilediği ortaya konulmuştur [18]. Direnç antrenmanları sırasında tiroid hormonlarının rolü belirsizdir, ancak diğer hormonlarla olan etkileşimleri üzerinde çalışmalar bulunmaktadır. Hayvanlarda, liotironinin (triiodotironin hormonunun üretilmiş formu) reseptörü ile daha yüksek androjen konsantrasyonları sayesinde güçlendirilen etkileşiminin, mRNA'yı yukarı regüle ettiği gösterilmiştir [23]. Orta düzeyde antrenmanlı bireyler ve ileri düzeyde antrenmanlı kürekçiler üzerine yapılan çalışmalarda T<sub>4</sub> hormon [24], fT<sub>4</sub> (plazmadaki serbest

tiroid hormonu) [24] ve  $fT_3$  (plazmadaki serbest triiyodotronin) [25] ve TSH [25] seviyelerinin dinlenik durumda anlamlı olarak düştüğü raporlanmıştır. Pakarin ve ark. (1991) sekiz elit erkek halterci üzerine yapmış oldukları bir çalışmada; bir haftalık çok yoğun kuvvet antrenman periyodunun maksimum güç ve hipofiz-tiroid fonksiyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada antrenman döneminde TSH,  $T_4$  ve  $T_3$  hormonlarının serum konsantrasyonlarında anlamlı düzeylerde bir azalma raporlanmış, ancak  $fT_4$ , dönüşümlü  $T_3$  ( $rT_3$ ) ve TBG (tiroid hormon taşıyıcı globülin) seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadığı görülmüştür [26]. Sonuçlar, egzersiz stresinin hipofiz ve/veya hipotalamik seviyeyi etkilediğini, TSH salgılanmasını azalttığını ve bu gibi durumların da tiroid bezinin fonksiyonlarında bir miktar azalmaya yol açtığını göstermektedir.

Bir başka çalışmada hipofiz-tiroid sisteminin egzersize olan yanıtları 11 elit haltercide, bir yıllık kuvvet antrenmanı dönemi öncesinde, sırasında ve sonrasında incelenmiştir [27]. Toplam 1 yıllık antrenman süresi boyunca serum TSH (diğer adıyla tirotropin),  $T_4$ ,  $fT_4$ ,  $T_3$  ve TBG konsantrasyonlarında sistematik bir değişiklik görülmediği raporlanmıştır. Müsabaka öncesi antrenman döneminde (15-18. Haftalar), azalmış olan antrenman hacmiyle beraber serum  $T_4$ ,  $fT_4$  ve  $T_3$  konsantrasyonlarında da kademeli bir artış görülmüştür. Ana müsabakadan hemen önce (19-20. Haftalar) ise antrenman yoğunluğu arttıkça ve hacim daha da azaldıkça, belirtilen bu değişikliklerin başlangıç seviyelerine döndüğü tespit edilmiştir. Güç-kuvvet sporlarının elit sporcularda, gündelik yapılan yoğun antrenmanların hipofiz-tiroid fonksiyonunda büyük değişikliklere yol açmayacağı, ancak normal aralıkta yapılan antrenmanlarının hipofiz-tiroid fonksiyonunda sadece küçük fizyolojik tepkilere yol açtığı sonucuna varılmıştır. Direnç antrenmanlarının tiroid fonksiyonunu değiştirebileceği bu çalışmalar ile anlaşılmaktadır; ancak, bu değişikliklerin net etkileri şu anda spekülataftır. Tiroid hormonlarının, vücuttaki sıkı homeostatik kontrol nedeniyle direnç antrenmanları sırasında aşırı derecede yükselmeleri beklenmemektedir [27 ve 28].

Marcus ve ark., (1985) tarafından kadın atletler üzerine yapılmış olan bir çalışmada; tiroid hormon konsantrasyonlarının özellikle de  $T_4$  seviyelerinin sedanter kadınlara göre atlet kadınlarda daha düşük olduğu raporlanmıştır [29]. Tartışmalı bir şekilde, Boyden ve ark. (1982) tarafından yapılan bir çalışmada egzersizin, plazma  $T_4$  ve  $fT_4$  seviyelerini değiştirmede,  $T_3$  seviyelerinde ise azalmaya neden olduğu bulunmuştur [30]. Bu çalışmadan iki yıl sonra yine Boyden ve ark. tarafından yapılan başka bir çalışmada ise dayanıklılık antrenmanlarının  $T_3$  hormonunda anlamlı derecede azalmaya ve bununla birlikte  $T_4$  seviyelerinde ise anlamlı derece bir artışa yol açtığı görülmüştür [31]. Ek olarak, serum  $fT_4$  ve  $T_3$  seviyeleri amenoreik ve hipoöstrojenik koşucularda, sedanter kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur [31]. Egzersiz yoğunluklarının farklı olması, bu çalışmalardaki sonuçların farklılaşmasına yol açan faktörlerden bir tanesinin olabileceği düşünülmektedir. Dayanıklılık antrenmanları, vücut yağ oranını azaltan ve enerji taleplerinin artırılmasına neden olan sert bir fiziksel strestir ve bu süreçler kısmen tiroid hormonları tarafından düzenlenir [32]. Tiroid uyarıcı hormon olan TSH aynı zamanda östrojen hormonlarının da kontrolü altındadır [33]. Fiziksel egzersiz, kadınların ön hipofiz-tiroid ekseninin işlevini farklı mekanizmalarla etkileyebilir. Böylesi antrenmanların hipofiz-tiroid eksenini üzerinde bir etkiye neden olabilmektedir. Egzersizin bu faktörler üzerinde etkileri farklı spor branşlarında çalışılmış ve çelişkili sonuçlara rastlanmıştır [29-31, 34]. Yapılan araştırmalar sonucunda; TSH ve tiroid hormonlarının



yorucu egzersize hem azalan hem değişmeyen hem de artan yanıtları bildirilmiştir.

#### 10. SONUÇ VE ÖNERİLER (RESULTS AND CONCLUSIONS)

Hormonların insan metabolizması ve dolayısıyla egzersiz performansı üzerine olan etkileri kaçınılmazdır. Tiroid hormonlarının egzersize olan etkileri şu şekilde özetlenebilir [5, 9 ve 15];

- Karbonhidrat metabolizmasını etkiler, karbonhidrat kullanımını ve mitokondrideki oksidatif enzimleri artırarak dayanıklılık egzersizlerinde performansın artmasına neden olur.
- Protein sentezine olan etkilerinden dolayı kaslarda hipertrofiye neden olan faktörlerden biridir.
- Glikoliz ve glikoneojenez süreçlerini hızlandırarak egzersiz esnasında glikozun yakıt olarak kullanımını artırır.
- Tiroid hormonları yağ metabolizmasına olan etkileri sayesinde, yağ depolarından serbest yağ asitlerinin salınımına ve bu yağların yakıt olarak kullanılmasına yardım eder.

Bu çalışma, tiroid hormonlarının egzersize olan yanıtlarının ortaya koyulduğu çalışmaları detaylıca inceleyen bir derleme çalışmasıdır. Literatürde tiroid hormonunun egzersiz ile olan ilişkilerini inceleyen çalışmalar bulunmaktadır ancak T<sub>4</sub> ve T<sub>3</sub> gibi tiroid hormonlar üzerinde farklı sporcu grupları üzerine gelecekte yapılacak olan çalışmalar, bu konudaki çelişkili sonuçların aydınlatılması bakımından faydalı olacaktır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Fry, C. and Kraemer, W.J., (1997). Resistance Exercise Overtraining and Overreaching. Sports Medicine. 23(2):106-129.
- [2] İnce, İ., Ulupınar, S., and Özbay, S., (2020). Body Composition Isokinetic Knee Extensor Strength and Balance as Predictors of Competition Performance in Junior Weightlifters. Isokinetics and Exercise Science. No Preprint. pp:1-8.
- [3] Ozan, M., Buzdağlı, Y., Şıktar, E., et al., (2020). The Effect of Protein and Carbohydrate Consumption during 10-Week Strength Training on Maximal Strength and Body Composition. 06/23:2322-3537.
- [4] Hackney, A.C. and Dobridge, J.D., (2009). Thyroid Hormones and the Interrelationship of Cortisol and Prolactin: Influence of Prolonged, Exhaustive Exercise. Endokrynologia Polska, 60(4):252-257.
- [5] Ehrman, J.K., Kerrigan, D., and Keteyian, S., (2018). Advanced Exercise Physiology: Essential Concepts and Applications: Human Kinetics.
- [6] Ozbay, S., Ulupınar, S., Şebin, E., et al., (2020). Acute and Chronic Effects of Aerobic Exercise on Serum Irisin, Adropin, and Cholesterol Levels in the Winter Season: Indoor Training Versus Outdoor Training. Chinese Journal of Physiology, 63(1):21.
- [7] Ratamess, N.A., (2012). ACSM's Foundations of Strength Training and Conditioning, pp:516: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
- [8] İnce, İ., (2020). Metabolik Bozukluklara Karşı Egzersiz ile İlişkili Yeni Bir Miyokin: İrisin. Türk Spor Bilimleri Dergisi, 3(1):44-50.
- [9] Günay, M., Şıktar, E., Cicioğlu, İ., et al., (2018). Egzersiz-Antrenman ve Hormonal Uyumlar, Ankara: Gazi Kitabevi.
- [10] Galbo, H., (19929). Endocrine Factors in Endurance. Encyclopaedia of Sports Medicine, II:116-126.





- [11] Kraemer, W.J., (1988). Endocrine Responses to Resistance Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise.*, 20(5).
- [12] WKraemer, W.J., Ratamess, N.A., and Komi, P., (2003). Endocrine Responses and Adaptations to Strength and Power Training. *Strength and Power in Sport.* 2:361-86.
- [13] McMurray, R.G. and Hackney, A.C., (2000). Endocrine Responses to Exercise and Training.
- [14] Medicine, A.C.O.S., (2006). ACSM's advanced exercise physiology: Lippincott Williams & Wilkins.
- [15] Guyton, A.C., Hall, J.E., Çavuşoğlu, H., et al., (2007). Tıbbi Fizyoloji: Nobel Tıp Kitabevleri.
- [16] Brent, G.A., (1994). The molecular Basis of Thyroid Hormone Action. *New England Journal of Medicine*, 331(13):847-853.
- [17] Ciloglu, F., Peker, I., Pehlivan, A., et al., (2005). Exercise Intensity and Its Effects on Thyroid Hormones. *Neuroendocrinology Letters*, 26(6):830-834.
- [18] Premachandra, B., Winder, W., Hickson, R., et al., (1981). Circulating Reverse Triiodothyronine in Humans During Exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 47(3):281-288.
- [19] Yıldırım, S., Katiboğlu, B., Bilgin, Ö., et al., (1996). Kalsitoninin Alveoler Kemik İyileşmesi Üzerine Etkisinin Deneysel Araştırılması. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 30(1):17-20.
- [20] Copp, D.H., Cameron, E., Cheney, B.A., et al., (1962). Evidence for Calcitonin—a New Hormone from the Parathyroid that Lowers Blood Calcium. *Endocrinology*. 70(5):638-649
- [21] Karabağ, F., (2006). Hipertiroidizm ve Hipotiroidizm Olgularında Oksidatif Stres Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- [22] Çorapçioğlu, D., (2004). Hipertiroidizm. *Türkiye Klinikleri Endokrinoloji Dergisi*. 2(1):30-39.
- [23] Cardone, A., Angelini, F., Esposito, T., et al., (2000). The Expression of Androgen Receptor Messenger RNA is Regulated by Tri-iodothyronine in Lizard Testis. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 72(3-4):133-141.
- [24] Pakarinen, A., Alén, M., Häkkinen, K., et al., (1988). Serum Thyroid Hormones, Thyrotropin and Thyroxine Binding Globulin During Prolonged Strength Training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 57(4):394-398.
- [25] Simsch, C., Lormes, W., Petersen, K., et al., (2002). Training Intensity Influences Leptin and Thyroid Hormones in Highly Trained Rowers. *International Journal of Sports Medicine*. 23(6):422-427.
- [26] Pakarinen, A., Häkkinen, K., and Alen, M., (1991). Serum Thyroid Hormones, Thyrotropin and Thyroxine Binding Globulin in Elite Athletes During Very Intense Strength Training of One Week. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 31(2):142.
- [27] Alen, M., Pakarinen, A., and Häkkinen, K., (1993). Effects of Prolonged Training on Serum Thyrotropin and Thyroid Hormones in Elite Strength Athletes. *Journal of Sports Sciences*, 11(6):493-497.
- [28] Kraemer, W.J. and Ratamess, N.A., (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4):339-361.
- [29] Marcus, R., Cann, C., Madvig, P., et al., (1985). Menstrual Function and Bone Mass in Elite Women Distance Runners: Endocrine and Metabolic Features. *Annals of Internal Medicine*. 102(2):158-163.



- 
- [30] Boyden, T.W., Pamentor, R.W., Stanfort, P., et al., (1982). Evidence for Mild Thyroidal Impairment in Women Undergoing Endurance Training. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 54(1):53-56.
- [31] Boyden, T.W., Pamentor, R.W., Rotkis, T.C., et al., (1984). Thyroidal Changes Associated with Endurance Training in Women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(3):243-246, 1984.
- [32] Hohtari, H., Pakarinen, A., and AKaupilla, A., (1987). Serum Concentrations of Thyrotropin, Thyroxine, Triiodothyronine and Thyroxine Binding Globulin in Female Endurance Runners and Joggers. *European Journal of Endocrinology*, 114(1):41-46.
- [33] Labrie, F., (1978). New Aspects of the Control of Pituitary Hormone Secretion.
- [34] Warren, M.P., (1980). The Effects of Exercise on Pubertal Progression and Reproductive Function in Girls. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 51(5):1150-1157.